



Plan-MER

warmteprogramma Diemen

Warmteprogramma Diemen

Gemeente Diemen

29 mei 2026

Project
Opdrachtgever

Plan-MER warmteprogramma Diemen
Gemeente Diemen

Document
Status
Datum
Referentie

Warmteprogramma Diemen
Definitief
29 mei 2026
148567/26-008.124

Projectcode
Projectleider
Projectdirecteur

148567
J.M.G. Ketelaar MSc
K.A. Haans MSc

Auteur(s)
Gecontroleerd door
Goedgekeurd door

L. Essink MSc, L.M. Voglezang MSc, mr. S.A.M. van der Heijden, S.I. Jonkman MSc
L.F. de Visser-Bleijenberg MSc
J.M.G. Ketelaar MSc

Paraaf



Adres

Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs B.V. | Deventer
Daalsesingel 51c
Postbus 24087
3502 MB Utrecht
+31 (0)30 765 19 00
www.witteveenbos.com
KvK 38020751

Het kwaliteitsmanagementsysteem van Witteveen+Bos is gecertificeerd op basis van ISO 9001.
© Witteveen+Bos

Niets uit dit document mag worden veeleenvoudigd en/of openbaar gemaakt in enige vorm zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Witteveen+Bos, noch mag het zonder dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd, behoudens schriftelijk anders overeengekomen. Tekst- en datamining van (delen van) dit document, evenals enige verwerking of reproductie ervan door middel van kunstmatige intelligentie technologieën is uitdrukkelijk niet toegestaan, behoudens schriftelijk anders overeengekomen. Dit document (of delen ervan) mag niet worden veeleenvoudigd en/of anderszins worden gebruikt op enigerlei wijze voor het trainen van kunstmatige intelligentie technologieën, behoudens schriftelijk anders overeengekomen. Witteveen+Bos aanvaardt geen aansprakelijkheid voor enigerlei schade die voortvloeit uit of verband houdt met het wijzigen van de inhoud van het door Witteveen+Bos geleverde document.

INHOUDSOPGAVE

1	SAMENVATTING	8
1.1	Aanleiding voor een milieueffectrapportage bij het warmteprogramma voor gemeente Diemen	8
1.2	Onderzoeksaanpak	8
1.3	Onderzochte alternatieven	10
1.4	Resultaten algemene effectbeoordeling	15
1.4.1	Geluid, trillingen en EMV	18
1.4.2	Bodem en water	19
1.4.3	Natuur en biodiversiteit	21
1.4.4	Lucht	21
1.4.5	Circulariteit	22
1.4.6	Ruimtelijke kwaliteit	22
1.4.7	Verkeer	23
1.4.8	Erfgoed	23
1.4.9	Hittestress en koeling	23
1.4.10	Veiligheid	24
1.5	Het warmteprogramma	24
2	INLEIDING	27
2.1	Aanleiding	27
2.2	Begrippenlijst	27
2.3	Doelstelling van het warmteprogramma	28
2.4	Leeswijzer	28
3	HET WARMTEPROGRAMMA EN DE MER-PROCEDURE	29
3.1	Warmteprogramma	29
3.2	MER-procedure	30
3.2.1	MER-(beoordelings-)plicht	30
3.2.2	Procedurestappen	31
3.3	Welke buurten worden meegenomen in het warmteprogramma?	32
3.3.1	Plan- en studiegebied	32
4	KADERS VANUIT WETGEVING EN BELEID	35

4.1	Wettelijk en beleidskader	35
5	AARDGASVRIJE WARMTE IN DIEMEN	38
5.1	Inleiding in het warmtesysteem	38
5.1.1	Warmtebronnen	38
5.1.2	Warmtetransport	38
5.1.3	Warmteopslag	39
5.1.4	Aanpassingen aan de gebouwen	39
5.1.5	Opwaardering	39
5.1.6	Piekvoorziening	39
5.2	Verdieping op verschillende warmtebronnen	39
5.2.1	Restwarmte	40
5.2.2	Warmte uit de bodem	40
5.2.3	Warmteopslag	41
5.2.4	Elektrische warmte	41
5.2.5	Warmte uit gas	42
5.3	Hoe het warmtesysteem van Diemen eruit kan zien	42
5.3.1	Bronnen	42
5.3.2	Transport	43
5.3.3	Isolatie van huizen	43
5.3.4	Opslag	43
6	ONDERZOEKSAANPAK	44
6.1	Beoordelingskader	44
6.2	Methodiek op hoofdlijnen	45
6.2.1	Wet- en regelgeving	45
6.2.2	Beschrijven referentiesituatie	45
6.2.3	Ingreep-effectrelaties vaststellen	46
6.2.4	Buurttypologie	46
6.2.5	Effectbeschrijving en -beoordeling per alternatief	47
6.2.6	Effectenanalyse op buurtniveau	47
6.2.7	Mitigerende maatregelen	47
6.2.8	Leemten in kennis	47
6.2.9	Advies voor monitoring	47
6.3	Alternatieven voor Diemen	48
6.3.1	Trechters van alternatieven	48
7	TOELICHTING ALTERNATIEVEN	49
7.1	MT-warmtenet	49
7.1.1	Bronnen	49
7.1.2	Geothermie	50
7.1.3	Datathermie	51
7.1.4	Aquathermie	53

7.2	ZLT-warmtenet	54
7.2.1	Warmteoverdrachtstation (WOS)	54
7.2.2	Datathermie	55
7.2.3	Aquathermie	56
7.3	Warmtepomp	57
7.3.1	Lucht-water-warmtepomp	57
7.3.2	Bodemwarmtepomp	58
8	REFERENTIESITUATIE	60
8.1	Thematische huidige situatie	60
8.1.1	Geluid en trillingen	60
8.1.2	Trillingen	61
8.1.3	Elektromagnetische velden	61
8.1.4	Bodem	61
8.1.5	Water	64
8.1.6	Natuur en biodiversiteit	67
8.1.7	Lucht	71
8.1.8	Circulariteit	73
8.1.9	Ruimtelijke kwaliteit	73
8.1.10	Verkeer	74
8.1.11	Erfgoed	74
8.1.12	Hittestress en koeling	76
8.1.13	Veiligheid	77
8.2	Autonome ontwikkelingen	78
8.2.1	Gemeentelijke uitbreiding	78
8.2.2	Geluid	78
8.2.3	Bodemkwaliteit	79
8.2.4	Water	79
8.2.5	Luchtkwaliteit	79
8.2.6	Ruimtegebruik	80
8.2.7	Hittestress en koeling	80
9	MILIEUONDERZOEK	81
9.1	Geluid en trillingen	81
9.1.1	Geluid	81
9.1.2	Geïnduceerde seismiciteit en trillingen	87
9.2	Elektromagnetische velden	96
9.3	Bodem en water	99
9.3.1	Bodemkwaliteit	99
9.3.2	Risico op zettingen	105
9.3.3	Ondergronds ruimtegebruik	108
9.3.4	Grondwater	113
9.3.5	Drinkwater	118
9.3.6	Oppervlaktewater	120
9.4	Natuur en biodiversiteit	124

9.4.1	Beschermde gebieden	124
9.4.2	Beschermde soorten	128
9.5	Lucht	138
9.6	Circulariteit	143
9.6.1	Totaal materiaalgebruik	144
9.6.2	Circulair materiaalgebruik	153
9.7	Ruimtelijke kwaliteit	160
9.7.1	Zichtbaarheid en beleving	160
9.7.2	Bovengronds ruimtegebruik	164
9.8	Verkeer	168
9.9	Erfgoed	172
9.9.1	Archeologische waarden	172
9.9.2	Cultuurhistorische waarden	178
9.10	Hittestress en koeling	183
9.11	Veiligheid	190
10	SLOTBESCHOUWING	191
10.1	Samenvattende effectbeoordelingstabel	191
10.2	Vergelijking van de alternatieven	194
10.2.1	Relatief weinig effecten warmtepompen	194
10.2.2	Sterk negatieve effecten bij geothermie	194
10.2.3	Onderscheidende negatieve effecten	196
10.2.4	Relatief veel ondergronds ruimtegebruik bij aquathermie	196
10.2.5	Inzichten op buurtniveau	196
11	MILIEUEFFECTEN VAN HET WARMTEPROGRAMMA	198
11.1	Wat staat er in het warmteprogramma?	198
11.2	Wat zijn de bijbehorende effecten?	199
11.2.1	Effecten van alle gekozen alternatieven	199
11.2.2	Effecten zowel bij MT-warmtenet op datathermie als ZLT-warmtenet op datathermie	200
11.2.3	Effecten specifiek bij MT-warmtenet op datathermie	201
11.2.4	Effecten specifiek bij ZLT-warmtenet op datathermie	202
11.2.5	Effecten bij bodemwarmtepomp	202
11.2.6	Effecten bij lucht-water-warmtepomp	203
12	LEEMTEN IN DE KENNIS EN AANZET TOT MONITORING	204
12.1	Leemten in kennis	204
12.2	Aanzet tot monitoring	204
13	REFERENTIES	206

Bijlage(n)**Aantal pagina's**

I	Uitgangspunten warmtesysteem	5
II	Onderzoek trillingen geothermie	25

SAMENVATTING

1.1 Aanleiding voor een milieueffectrapportage bij het warmteprogramma voor gemeente Diemen

Milieueffectrapportage bij het warmteprogramma gemeente Diemen

Gemeenten in Nederland moeten volgens de Wet gemeentelijke instrumenten warmtetransitie (Wgiw) vastleggen hoe zij buurten aardgasvrij willen maken. De gemeente Diemen werkt een aanpak uit en legt dit eind 2026 vast in het gemeentelijke warmteprogramma. Het warmteprogramma beschrijft hoe de gemeente circa 11.500 woningen voor 2040 aardgasvrij wil maken, en borduurt daarmee voort op de afspraken uit de [\[Transitievisie Warmte\]](#) (TVW) uit 2021.

Voordat het warmteprogramma wordt vastgesteld, doorloopt de Gemeente Diemen een aantal stappen. De gemeente werkt de Transitievisie Warmte verder uit naar een warmteprogramma, waarbij per buurt wordt onderzocht welke warmteoplossing het meest geschikt en haalbaar is. De gevolgen van technieken voor mens, natuur en leefomgeving worden hiervoor onderzocht. Hierbij wordt niet alleen gekeken naar technische en duurzame aspecten, maar ook naar zogeheten koppelkansen. Dit betekent dat de gemeente de warmtetransitie waar mogelijk combineert met andere werkzaamheden in de openbare ruimte, zoals de ophoging van het maaiveld in het kader van groot onderhoud.

Rol van het milieueffectrapport

Dit onderzoek wordt gedaan door het opstellen van een milieueffectrapport (MER) en het doorlopen van de bijbehorende procedure (MER). Dit is nodig omdat het warmteprogramma kaderstellende keuzes bevat voor besluiten die mogelijke effecten hebben op de omgeving en het milieu. Dit betekent dat de aanpak om woningen aardgasvrij te maken invloed kan hebben op de leefomgeving. Bijvoorbeeld, als er in een wijk een warmtenet wordt aangelegd, kan dat tijdelijk voor geluidsoverlast zorgen. Omdat het warmtenet in de grond wordt gelegd kan het daarnaast ook de structuren en het leven in de bodem aantasten. Het doel van het MER is ervoor te zorgen dat het milieubelang volwaardig wordt meegenomen in het maken van keuzes over het warmteprogramma.

Vervolgstappen in de procedure van het warmteprogramma

Gelijktijdig met de terinzagelegging van het ontwerp warmteprogramma wordt het bijbehorende plan-MER ter inzage gelegd. Eenieder kan hier een zienswijze op indienen. Na de verwerking van zienswijzen en het advies van de Commissie MER kan het definitieve warmteprogramma en bijbehorende plan-MER worden vastgesteld.

1.2 Onderzoeksaanpak

Het onderzoek in dit plan-MER is uitgevoerd in drie stappen:

- 1 als eerste is gekeken naar welke milieueffecten er worden verwacht bij de verschillende mogelijkheden om wijken aardgasvrij te maken. Bijvoorbeeld via een warmtenet op basis van restwarmte of door een individuele warmtepomp. Deze verschillende mogelijkheden noemen we alternatieven;
- 2 als tweede is gekeken of bepaalde wijken en buurten gevoeliger zijn voor bepaalde milieueffecten. Bijvoorbeeld omdat er veel waarden in de ondergrond zitten of al veel bestaande geluidhinder;

3 tot slot zijn de effecten van deze alternatieven met elkaar vergeleken in de slotbeschouwing.

Beoordelingskader en beoordelingsschaal

In de onderstaande tabel is opgenomen welke milieueffecten zijn onderzocht. Deze zijn onderzocht per alternatief.

Tabel 1.1 Beoordelingskader en beoordelingsmethode

Thema	Aspect	Indicator	Fase	Beoordeling
geluid, trillingen en EMV	geluidshinder	toename geluidsbelasting	aanleg- en gebruiksfase	semi-kwantitatief
	Geïnduceerde seismiciteit en trillingen	hinder of schade door trillingen	aanleg- en gebruiksfase	semi-kwantitatief
	elektromagnetische velden	toename hinder door elektromagnetische velden	gebruiksfase	semi-kwantitatief
bodem en water	bodemkwaliteit	impact op de biologische, chemische en fysische bodemkwaliteit en de diepere ondergrond en op bodemleven in de leeflaag	aanleg- en gebruiksfase	kwalitatief
	drinkwater	impact op beschermingsgebieden en kwaliteit van het drinkwater in nabijgelegen leidingen	gebruiksfase	kwalitatief
	oppervlaktewater	thermisch effect op waterleven	gebruiksfase	semi-kwantitatief
	grondwater	de hydrologische en thermische impact op grondwater	aanleg- en gebruiksfase	semi-kwantitatief
	risico op zettingen	mate van inklinking van bodem	aanleg- en gebruiksfase	semi-kwantitatief
	ondergronds ruimtegebruik	inpasbaarheid in de ondergrond	aanleg- en gebruiksfase	semi-kwantitatief
lucht	luchtkwaliteit	uitstoot van fijnstof (PM10, PM2.5) en stikstofoxide (NO _x)	aanlegfase	semi-kwantitatief
natuur en biodiversiteit	beschermde gebieden (Natura2000, NNN, weidevogelgebieden)	impact op instandhoudingsdoelstellingen N2000, en kernkwaliteiten NNN en overige gebieden	aanleg- en gebruiksfase	kwalitatief
natuur en biodiversiteit	beschermde soorten	impact op beschermde soorten	aanleg- en gebruiksfase	Kwalitatief
circulariteit	circulair materiaalgebruik	hergebruik bestaand materiaal	aanlegfase	kwalitatief
	totaal materiaalgebruik	mate waarin (kritische) materialen benodigd zijn	aanlegfase	kwalitatief
ruimtelijke kwaliteit	zichtbaarheid en beleving	effect op gebruikswaarde en belevingswaarde	gebruiksfase	kwalitatief
	bovengronds ruimtegebruik	totaal benodigd bovengronds ruimtegebruik en inpasbaarheid in de openbare ruimte	gebruiksfase	semi-kwantitatief
verkeer	verkeershinder	mate van verkeershinder voor gemotoriseerd verkeer, fietser en voetgangers	aanlegfase	kwalitatief

Thema	Aspect	Indicator	Fase	Beoordeling
erfgoed	archeologische waarden	behoud archeologische waarden	aanlegfase	kwalitatief
	cultuurhistorische en monumentale waarden	behoud cultuurhistorische waarden	gebruiksfase	kwalitatief
hittestress en koeling	effect van warmteopwekking of koeling op hittestress	mate van verandering in hittestress in verschillende wijken na introductie alternatieve warmtetechniek	gebruiksfase	semi-kwantitatief
veiligheid	externe veiligheid	effect van techniek op externe veiligheid	aanleg- en gebruiksfase	kwalitatief

De verschillende aspecten van de milieuthema's uit het beoordelingskader krijgen een beoordeling. Dit gebeurt op basis van een vijfpuntsschaal. Met deze vijfpuntsschaal wordt onderscheid gemaakt tussen activiteiten met een sterk negatief of negatief effect en activiteiten met een sterk positief of positief effect ten opzichte van de referentiesituatie.

Tabel 1.2 Beoordelingsschaal

Score	Betekenis	Wanneer toegekend
++	sterk positief effect	effecten die bijdragen aan sterke verbetering van de milieukwaliteit ten opzichte van de referentiesituatie
+	positief effect	effecten die bijdragen aan verbetering van de milieukwaliteit ten opzichte van de referentiesituatie
0	neutraal effect	geen of nauwelijks effecten op het milieu ten opzichte van de referentiesituatie
-	negatief effect	effecten die door hun aard, omvang en schaal leiden tot een verslechtering van het milieu ten opzichte van de referentiesituatie. Er treedt geen onherstelbare schade op voor het systeem en eventuele normen worden niet overschreden
--	sterk negatief effect	effecten die door hun aard, omvang en schaal leiden tot een sterke verslechtering van het milieu ten opzichte van de referentiesituatie. Dit zijn vaak effecten die (onherstelbare) schade toebrengen aan het systeem of tot een normoverschrijding leiden

Referentiesituatie

Het warmteprogramma beschrijft de planning voor de komende 10 jaar van de warmtetransitie in Diemen. Voor de beoordeling van de effecten in het MER wordt daarom het zichtjaar 2036 gebruikt. Met dat jaar in gedachten als peildatum wordt gekeken wat de situatie is als het warmteprogramma volgens plan is uitgevoerd, en hoe dit verschilt van de huidige situatie. Om de milieueffecten van het plan te kunnen beoordelen en alternatieven te vergelijken is een vergelijkingsbasis nodig. In MER-termen heet dit de 'referentiesituatie'. Dit is de situatie wanneer het warmteprogramma niet wordt uitgevoerd, maar wel al het andere vastgestelde beleid en de andere plannen in de omgeving, die in de huidige situatie nog niet gerealiseerd zijn, worden meegenomen. Deze nog te realiseren, maar reeds vastgestelde plannen worden de 'autonome ontwikkelingen' genoemd.

1.3 Onderzochte alternatieven

Om de alternatieven voor Diemen te bepalen is er gekeken naar de beschikbare warmtebronnen en de technische opties (warmtesystemen) die passend zijn voor de gemeente en passend zijn bij de keuzes die de gemeente in haar warmteprogramma wil maken.

Niet alle mogelijke combinaties van warmtebron en warmtesysteem zijn onderzocht. Het MER richt zich op onderscheidende alternatieven die relevant zijn voor besluitvorming. Dit betekent dat alternatieven duidelijk van elkaar verschillen in de effecten die kunnen optreden. Op deze manier wordt inzichtelijk welke gevolgen elk alternatief heeft, en kan op basis daarvan een weloverwogen keuze worden gemaakt. Een onderzoek naar alternatieven met vergelijkbare effecten heeft daarentegen weinig toegevoegde waarde in de besluitvorming. Een bron zoals waterstof is niet opgenomen omdat het momenteel schaars is en niet voldoende mogelijkheid biedt om op korte termijn te verwarmen. Er zijn in totaal drie alternatieven onderzocht, waarvan één met drie varianten en twee met twee varianten.

Collectieve alternatieven:

- 1 midden-temperatuur (MT-)warmtenet, met als bron:
 - a. geothermie;
 - b. datathermie;
 - c. aquathermie;
- 2 zeer-lage-temperatuur (ZLT-)warmtenet, met als bron:
 - a. datathermie;
 - b. aquathermie;

Individuele alternatieven:

- 3 warmtepomp:
 - a. bodemwarmtepomp;
 - b. lucht-water-warmtepomp.

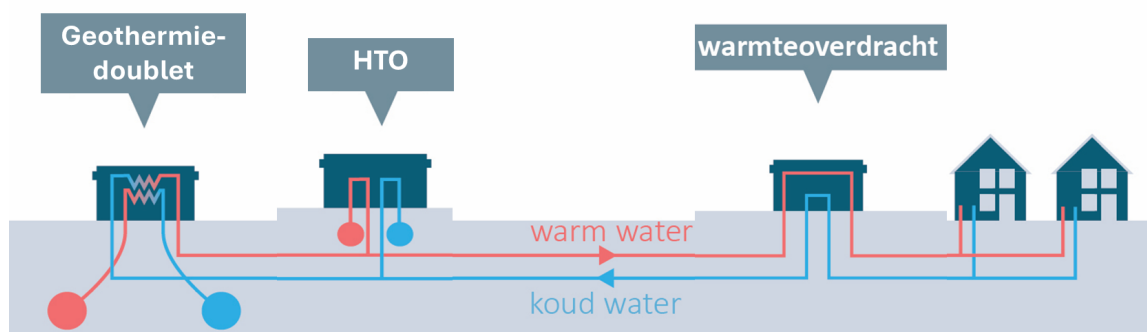
Hieronder volgt een korte beschrijving van de zeven alternatieven. De verschillende technieken en het ruimtesbeslag van de alternatieven en varianten staan uitgebreid beschreven in hoofdstuk 6.

Alternatief 1a - MT-warmtenet met geothermie als bron

In een MT-warmtenet wordt warmte gewonnen bij een bron. Deze warmte wordt vervolgens door water getransporteerd naar een wijk of stad via transportleidingen waar het gedistribueerd wordt naar gebouwen. Bij geothermie wordt de warmte uit de aarde gewonnen via een systeem van twee boorputten. Uit de diepe ondergrond wordt heet water naar boven gepompt. Het afgekoelde water wordt vervolgens weer teruggebracht in dezelfde diepe ondergrond. De opgepompte warmte wordt bovengronds verwerkt in een geothermie-energiecentrale. In deze centrale wordt de warmte overgedragen naar de transportleidingen. Om de warmte die omhoog is gehaald op te slaan wordt gebruikt gemaakt van een hoge temperatuur opslag (HTO) opslagsysteem. Vanuit de bron en opslag wordt de warmte naar het warmteoverdrachtstation (WOS) vervoerd.

In het WOS wordt de warmte van de transportleidingen overgedragen naar het warmtenet. Het MT-warmtenet bestaat uit twee leidingen: een aanvoer- en een retourleiding. In deze leidingen wordt water met een temperatuur van circa 70 °C vervoerd. In de buurten wordt de warmte gedistribueerd naar de woningen. Voor een MT-warmtenet moeten huizen geïsoleerd met minimaal schillabel D of hoger. Vanwege de groeiende elektriciteitsvraag moeten er meer transformatorhuisjes worden geplaatst. In de onderstaande afbeelding is het alternatief schematisch weergegeven.

Afbeelding 1.1 Geothermie MT-warmtenet systeem



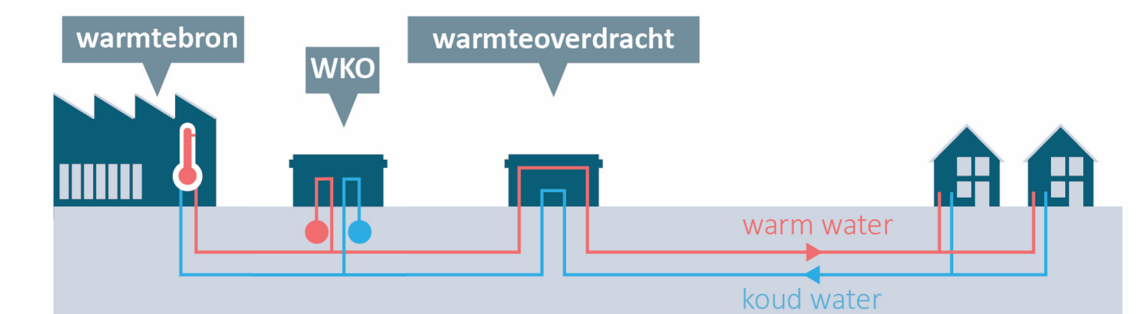
Alternatief 1b - MT-warmtenet met datathermie als bron

Datathermie is restwarmte die gewonnen wordt door koelprocessen in datacenters. Dit is een stabiele restwarmtebron die het hele jaar warmte kan leveren.

In en nabij Diemen zijn enkele datacenters: Switch aan de Treubweg en Equinix op Sciencepark in Amsterdam. Uit deze datacenters komt het hele jaar restwarmte vrij van circa 30 °C. De warmte afkomstig van het datacenter wordt, deels opgeslagen en vanuit de opslag en bron naar een WOS getransporteerd. In het WOS wordt de temperatuur van de warmte verder omhoog gebracht d.m.v. warmtepompen tot circa 75 °C. Daar wordt het overgedragen aan het MT-warmtenet.

Het MT-warmtenet bestaat uit twee leidingen: een aanvoer- en een retourleiding. In deze leidingen wordt water met een temperatuur van circa 70 °C vervoerd. In de buurten wordt de warmte gedistribueerd naar de woningen. Vanwege de groeiende elektriciteitsvraag moeten er meer transformatorhuisjes worden geplaatst. Op onderstaande afbeelding is het alternatief schematisch weergegeven.

Afbeelding 1.2 Datathermie MT-warmtenet systeem



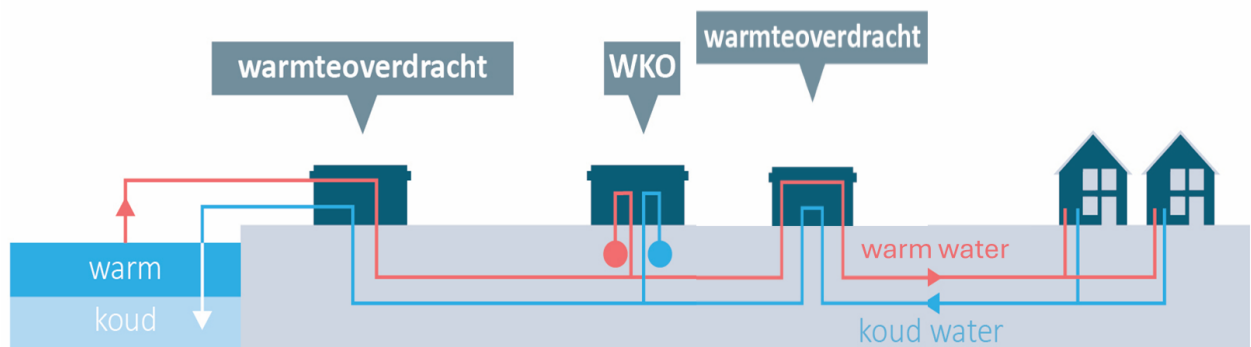
Alternatief 1c - MT-warmtenet met aquathermie als bron

In Diemen is er potentie voor het winnen van warmte uit het Amsterdam-Rijnkanaal. Deze bron levert warmte in de zomer en heeft gedurende een periode van mei tot september een gemiddelde temperatuur van circa 20 °C [bron: [Rijkswaterstaat, 2024](#)]. Om de warmte te winnen wordt er een inlaatinstallatie gebruikt. De gewonnen warmte wordt deels opgeslagen in een WKO en deels naar het WOS getransporteerd. In het WOS wordt de warmte verder met warmtepompen opgewaardeerd tot circa 75 °C en daar overgedragen aan het MT-warmtenet.

Het MT-warmtenet bestaat uit twee leidingen: een aanvoer- en een retourleiding. In deze leidingen wordt water met een temperatuur van circa 70 °C vervoerd. In de buurten wordt de warmte gedistribueerd naar de

woningen. Vanwege de groeiende elektriciteitsvraag moeten er meer transformatorhuisjes worden geplaatst. Op onderstaande afbeelding is het alternatief schematisch weergegeven.

Afbeelding 1.3 Aquathermie MT-warmtenet systeem

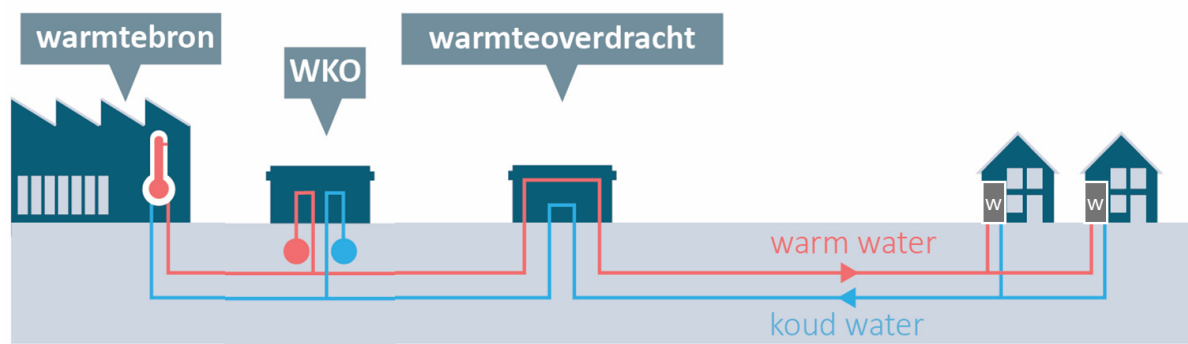


Alternatief 2a - ZLT-warmtenet met datathermie als bron

Bij een ZLT-warmtenet wordt in tegenstelling tot een MT-warmtenet water met zeer lage temperatuur naar de huizen getransporteerd. De temperatuur is circa 20 - 25 °C. Bij de gebouwen zijn in dit geval water-water warmtepompen nodig die de warmte verder opwaarderen naar de temperatuur nodig voor ruimteverwarming en tapwater. Voor een ZLT-warmtenet moeten huizen goed geïsoleerd zijn, minimaal schillabel B of hoger. Op onderstaande afbeelding is het alternatief schematisch weergegeven.

Bij dit alternatief wordt net als bij alternatief 1b restwarmte uit de datacenters in en nabij Diemen gebruikt. De warmte afkomstig van het datacenter wordt, deels opgeslagen en vanuit de opslag en bron naar een WOS getransporteerd. In het WOS wordt de overgedragen aan het ZLT-warmtenet.

Afbeelding 1.4 Datathermie ZLT-warmtenet systeem

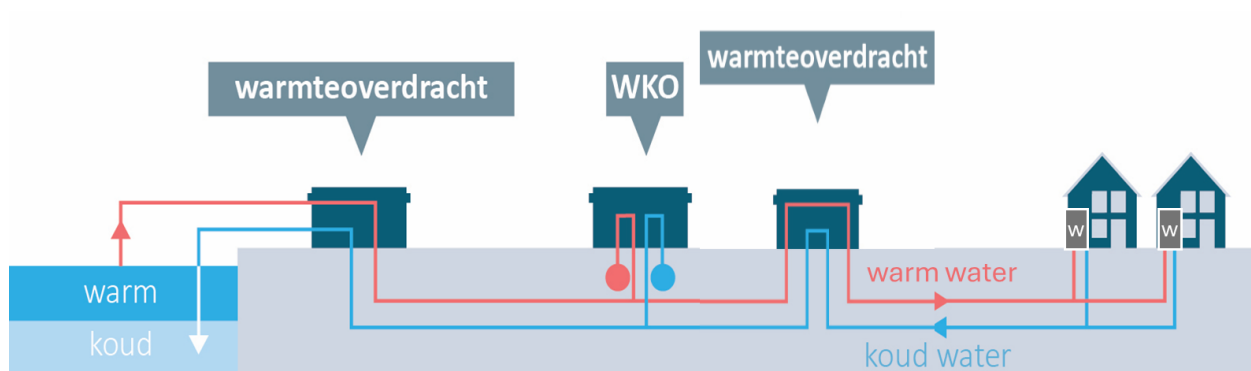


Alternatief 2b - ZLT-warmtenet met aquathermie als bron

Bij een ZLT-warmtenet wordt in tegenstelling tot een MT-warmtenet water met zeer lage temperatuur naar de huizen getransporteerd. De temperatuur is circa 20 - 25 °C. Bij de gebouwen zijn in dit geval water-water warmtepompen nodig die de warmte verder opwaarderen naar de temperatuur nodig voor ruimteverwarming en tapwater. Op onderstaande afbeelding is het alternatief schematisch weergegeven.

In Diemen is er potentie voor het winnen van warmte uit het Amsterdam-Rijnkanaal. De gewonnen warmte wordt deels opgeslagen in een WKO en deels naar het WOS getransporteerd. In het WOS wordt de overgedragen aan het ZLT-warmtenet.

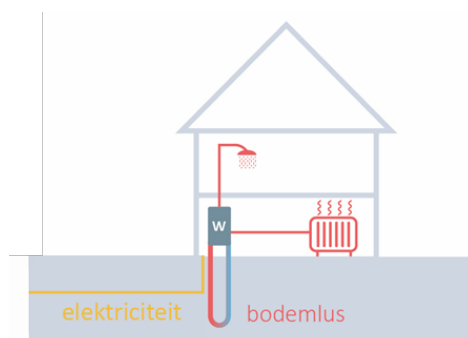
Afbeelding 1.5 Aquathermie ZLT-warmtenet systeem



Alternatief 3a - Bodemwarmtepomp

Een bodem-warmtepomp gebruikt energie uit de bodem middels een bodemlus, die met behulp van elektriciteit wordt opgewaardeerd tot het gewenste niveau voor in de woning. Binnenshuis bestaat de installatie uit dezelfde onderdelen als de luchtwarmtepompinstallatie: Er moet een boiler, een binnenunit en een opslagvat worden geplaatst. De bodemlus wordt meestal in de tuin of oprit gesitueerd, binnen de perceelgrenzen. Gezien er met elektriciteit wordt opgewaardeerd zal de elektriciteitsvraag toenemen en extra transformatorhuisjes worden toegevoegd in de wijk.

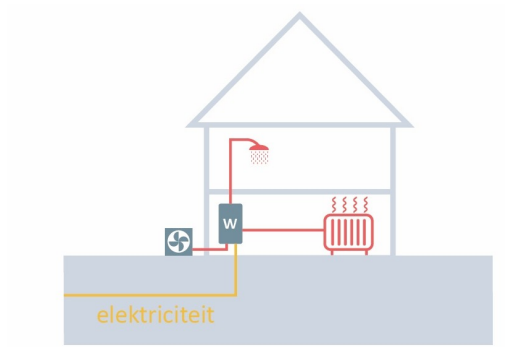
Afbeelding 1.6 Bodem-warmtepomp systeem



Alternatief 3b - Lucht-water-warmtepomp

Een lucht-water-warmtepomp vereist een installatie die bestaat uit een buitenunit, een binnenunit, een boiler en een opslagvat. Het belangrijkste verschil met de bodemwarmtepomp-installatie is dat de warmte wordt gehaald uit de buitenlucht waarvoor een buitenunit wordt gebruikt. Dit betekent dat er geen bodemlus hoeft te worden aangelegd. Voor warmtepompen moeten huizen goed geïsoleerd zijn, minimaal schillabel B of hoger. Gezien er met elektriciteit wordt opgewaardeerd zal de elektriciteitsvraag toenemen en extra transformatorhuisjes en kabelverbindingen worden toegevoegd in de wijk.

Afbeelding 1.7 Lucht-warmtepompsysteem



1.4 Resultaten algemene effectbeoordeling

De milieueffecten van de onderzochte alternatieven zijn beschreven en beoordeeld per aspect in de onderstaande tabel. De beoordeling vindt plaats ten opzichte van de referentiesituatie.

Tabel 1.3 Samenvattende effectbeoordelingstabel

Thema	Aspect	Fase	MT-warmtenet	MT-warmtenet	MT-warmtenet	ZLT-warmtenet	ZLT-warmtenet	Warmtepomp	Warmtepomp
			Geothermie	Datathermie	Aquathermie	Datathermie	Aquathermie	Bodemwarmtepomp	Lucht-water-warmtepomp
geluid, trillingen en EMV	geluidshinder	aanlegfase	-	0	0	0	0	0	0
		gebruiksfase	0	0	0	0	0	0	-
	geïnduceerde seismiciteit en trillingen	aanlegfase	--	-	-	-	-	0	0
		gebruiksfase	-	0	0	0	0	0	0
	elektromagnetische velden	gebruiksfase	0	0	0	0	0	0	0
bodem en water	bodemkwaliteit	aanlegfase chemisch	0	0	0	0	0	0	0
		aanlegfase biologisch	-	-	-	-	-	0	0
		gebruiksfase chemisch	0	0	0	0	0	0	0
		gebruiksfase biologisch	-	-	-	0	0	0	0
	risico op zettingen	aanleg - en gebruiksfase	-	-	-	-	-	0	0
	ondergronds ruimtegebruik	aanleg - en gebruiksfase	0	-	--	-	--	-	0
	grondwater	aanlegfase	-	0	0	0	0	--	0
		gebruiksfase	-	-	-	-	-	0	0
	drinkwater	gebruiksfase	-	-	-	0	0	0	0

Thema	Aspect	Fase	MT-warmtenet	MT-warmtenet	MT-warmtenet	ZLT-warmtenet	ZLT-warmtenet	Warmtepomp	Warmtepomp
			Geothermie	Datathermie	Aquathermie	Datathermie	Aquathermie	Bodemwarmtepomp	Lucht-water-warmtepomp
	oppervlaktewater	gebruiksfase	0	0	-	0	-	0	0
natuur en biodiversiteit	beschermde gebieden	aanlegfase	--	0	0	0	0	0	0
		gebruiksfase	0	0	0	0	0	0	0
	beschermde soorten	aanleg - en gebruiksfase	-	-	-	-	-	-	-
lucht	luchtkwaliteit	aanlegfase	--	-	-	-	-	0	0
circulariteit	circulair materiaalgebruik	aanlegfase	--	-	-	-	-	0	0
ruimtelijke kwaliteit	zichtbaarheid en beleving	gebruiksfase	-	-	-	-	-	-	-
	bovengronds ruimtegebruik	gebruiksfase	--	-	-	-	-	0	0
verkeer	verkeershinder	aanlegfase	0	0	0	0	0	0	0
erfgoed	archeologische waarden	aanlegfase	-	-	-	-	-	-	-
	cultuurhistorische en monumentale waarden	gebruiksfase	-	-	-	-	-	0	0
hittestress en koeling	effect van warmteopwekking of koeling op hittestress	gebruiksfase	-	-	-	+	+	+	0

Onderstaande paragrafen beschrijven per thema de belangrijkste milieueffecten en de aandachtspunten van de effectbeoordelingen.

1.4.1 Geluid, trillingen en EMV

Geluid

Bij de aanlegfase is alleen bij geothermie een aanzienlijk hoog geluidsniveau en daarnaast duurt een geothermische boring een lange periode (meer dan 6 maanden). In de gebruiksfase is er bij lucht-water-warmtepomp cumulatie van geluid in dichtbebouwde buurten. Bij andere varianten en alternatieven is er geen aanzienlijke geluidsproductie.

Voor buurttypen met een (deels) omsloten bouwblok of met een perceelbreedte minder dan 10 meter geldt dat er een hoger risico is op cumulatie van geluid. Dit geldt voor de buurten in het noorden en westen van de gemeente waaronder bijvoorbeeld Centrum Oost en West, Oud Diemen en Scheepskwartier. Deze buurten worden negatief beoordeeld. Bij buurttypen bedrijventerrein en buitengebied is er voldoende perceelbreedte om cumulatie te voorkomen, deze buurttypen zijn neutraal beoordeeld. Dit gaat bijvoorbeeld om de buurten Gemeenschapspolder, Overdiempolder en Sportpark De Diemen.

Mitigerende maatregelen

Voor de aanleg van geothermie kunnen tijdelijk geluidsschermen worden geplaatst rond de werkzone. Voor lucht-water-warmtepompen zijn diverse maatregelen mogelijk om geluidshinder te minimaliseren, zoals plaatsing op het dak, in een technische ruimte of garage, het toepassen van een geluidsisolatie of het plaatsen van schuttingen of bomen. Verder is het mogelijk om op warmtepompen een avond- en nachtmodus toe te laten, waarmee het geluidsniveau verlaagd kan worden.

Trillingen

Bij de aanleg van warmtenetten ontstaan trillingen door werkzaamheden zoals heien, graven, intrillen en zwaar verkeer. Bij geothermie kan tijdens het boren geïnduceerde seismiciteit (aardbevingen) optreden. De locaties voor geothermie zijn nog niet vastgesteld, maar uit onderzoek blijkt dat hinder binnen en om potentiegebieden mogelijk is. De exacte impact hiervan op de potentiegebieden vraagt om verder onderzoek en metingen. Tijdens de gebruiksfase van geothermie blijft er een restrisico op seismische activiteit door drukverschillen. Voor vergunningverlening moet het effect op de ondergrond uitgebreid worden onderzocht en aangetoond dat het risico op seismiciteit niet toeneemt. De uitkomsten van het 3D-geothermieonderzoek uit 2025 zullen de ligging van breuklijnen beter in kaart brengen. Dit moet worden meegenomen in de verdere besluitvorming over geothermie. Voor dit aspect zijn de warmtepompen neutraal beoordeeld en hebben dus de voorkeur vanuit dit aspect.

Mitigerende maatregelen

Voor alle varianten geldt dat monitoring van trillingen en geïnduceerde seismiciteit (indien aanwezigheid van breuken) tijdens de aanleg- en gebruiksfase cruciaal is, om effecten in een vroeg stadium te registreren en te mitigeren d.m.v. risicoplannen en continue bodemonitoring.

Elektromagnetische velden

In het voorzorgsbeleid van de GGD wordt geadviseerd om bij componenten van het elektriciteitsnetwerk te voorkomen dat mensen langdurig verblijven in een magneetveld dat (jaargemiddeld) sterker is dan 0,4 microtesla. Voor de ondergrondse kabels en transformatorhuisjes zijn geen specifieke afstanden of maatregelen aanbevolen in het voorzorgsbeleid. Daarom zijn er voor alle alternatieven geen effecten.

Mitigerende maatregelen

Bij de inpassing van transformatorhuisjes kan 4 meter afstand worden aangehouden van gevoelige gebouwen om te voldoen aan de indicatieve 0,4-microtesla contour.

1.4.2 Bodem en water

Bodemkwaliteit

Bij de aanleg van zowel MT- als ZLT-warmtenetten kan het saneren van de bodem, als er sprake is van verontreinigde grond, voor een positief effect op de chemische bodemkwaliteit zorgen. Een MT-warmtenet en ZLT-warmtenet hebben een negatief effect op de biologische bodemkwaliteit door verstoring van de bodem en verlaging grondwaterpeil. In de gebruiksfase heeft een MT-warmtenet een negatief effect op de biologische bodemkwaliteit door opwarming van de bodem door de warmteleidingen, terwijl ZLT-warmtenetten en individuele warmtepompen geen effecten hebben in de gebruiksfase. Een geothermieput kan bij aanleg een positief hebben op de chemische bodemkwaliteit als bodemsanering moet worden toegepast bij de aanleg. Voor de warmtepompen treden geen effecten op ten aanzien van bodemkwaliteit. Deze hebben dus de voorkeur vanuit dit milieuaspect.

In Diemen verschilt de huidige bodemkwaliteit per buurt. Voor buurten waar de bodem verontreinigd is, kan sanering van deze bodem benodigd zijn bij werkzaamheden in de bodem. Dit kan een positief effect tot gevolg hebben op de bodemkwaliteit.

Mitigerende maatregelen

Leidingen kunnen extra worden geïsoleerd om de opwarming van de bodem te beperken. Hierdoor zal het negatieve effect op de biologische bodemkwaliteit bij MT-warmtenetten worden gemitigeerd.

Risico op zettingen

Bij de aanleg van MT- en ZLT-warmtenetten wordt de grondwaterstand tijdelijk verlaagd om droge werkomstandigheden te creëren. Dit vergroot het risico op oxidatie en inklinking van veengrond, waardoor bodemdaling kan optreden. In de gebruiksfase veroorzaken de leidingen en bouwconstructies een blijvende bouwlast, die verdere zetting en verzakking van de bodem kan veroorzaken. Ook kan opwarming van de bodem door warme leidingen de oxidatie versnellen, vooral bij MT-warmtenetten. Voor de warmtepompen treden geen effecten op ten aanzien van zettingen. Deze hebben dus de voorkeur vanuit dit aspect.

Mitigerende maatregelen

Het aanbrengen van een voorlast, zoals ophoogzand, kan het risico op zettingen aanzienlijk verminderen doordat de bodem vooraf gecontroleerd inklinkt en stabiliseert. Ook technische ingrepen zoals grondverbetering, funderingspalen, geotextiel of grondinjecties kunnen worden toegepast om de bodem te verstevigen en de belasting beter te dragen. Deze maatregelen maken de bodem beter bestand tegen verzakkingen bij aanleg van constructies.

Ondergronds ruimtegebruik

Bij de aanleg van warmtenetten ontstaat aanzienlijk ondergronds ruimtebeslag. ZLT-warmtenetten hebben grotere leidingdiameters dan MT-warmtenetten, waardoor zij meer ondergrondse ruimte innemen. Een warmtenet op basis van geothermie vraagt ruimte voor geothermieputten en warmteonderstations, maar is relatief beperkt in ondergronds oppervlak (in totaal 1,20 ha). Datathermie en aquathermie vergen respectievelijk 30 en 80 hectare ondergronds ruimtegebruik voor WKO-systemen. Door het grote ondergronds ruimtegebruik van aquathermie is deze variant sterk negatief beoordeeld.

Bodemwarmtepompen vragen circa 42 hectare voor bodemlussen op basis van de warmtevraag in Diemen. Lucht-water-warmtepompen vragen geen extra ondergrondse ruimte. Voor dit aspect zijn lucht-water-warmtepompen en een MT-warmtenet met als bron geothermie neutraal beoordeeld en hebben dus de voorkeur vanuit dit aspect.

Op buurtniveau is de breedte van de straten en de drukte in de ondergrond relevant. Zo is in smalle straten de ruimte in de ondergrond waarschijnlijk beperkt door andere functies, zoals drinkwaterleidingen of kabels. In de buurten in het centrum is de drukte in ondergrond groter, dan bijvoorbeeld in de Gemeenschapspolder, de Diemerpolder, Overdiemerpolder en Overdiemen.

Grondwater

Bij de aanleg van een warmtenet moeten de leidingen in droge grond worden gelegd. Om dit mogelijk te maken wordt waar nodig de grondwaterstand verlaagd. Bij het bemalen van grondwater kunnen verontreinigingen worden aangetrokken. Daarnaast worden bij boringen voor de variant geothermie aardlagen doorboord, waardoor lekkages kunnen ontstaan tussen bodemlagen en de stroming van het grondwater kan worden verstoord. Door de schaal van de werkzaamheden voor een geothermieput wordt het MT-warmtenet met geothermie als bron in de aanlegfase negatief beoordeeld.

Voor aquathermie en datathermie geldt dat in de gebruiksfase de WKO's grondwater onttrekken en terugvoeren uit warmtebronnen en het warmtenet. Dit kan in de gebruiksfase de natuurlijke grondwaterstroming hydrologisch beïnvloeden.

Tijdens de aanleg van bodemwarmtepomp-systemen kunnen de scheidende lagen doorboord worden. Het drukverschil tussen deze lagen kan tot menging van grondwater leiden en daarmee de verspreiding van verontreinigingen. Bij bodemwarmtepompen bestaat bovendien een aanzienlijk risico dat het boorgat na boring niet goed wordt afgedicht, wat lekkage en verspreiding kan vergroten. Hierdoor is de bodemwarmtepomp sterk negatief beoordeeld op dit aspect. Voor dit aspect zijn lucht-water-warmtepompen neutraal beoordeeld en hebben dus de voorkeur vanuit dit aspect.

Mitigerende maatregelen

Voorafgaand aan de boring voor geothermie wordt er vooronderzoek uitgevoerd en maatregelen genomen waarmee getracht wordt verontreiniging van het grondwater te voorkomen.

Drinkwater

Bij het MT-warmtenet kan door de transporttemperaturen (75 °C) de bodem binnen 0,5 meter van de warmteleiding 2 tot 3 graden opwarmen, waardoor nabijgelegen drinkwaterleidingen mogelijk opgewarmd worden. Voor dit aspect zijn de andere varianten en alternatieven neutraal beoordeeld en hebben dus de voorkeur vanuit dit aspect.

Mitigerende maatregelen

Het is mogelijk om op de plekken waar afgeweken moet worden op de Vewin afstandsnormen (de normen die de minimale afstand tussen drinkwater- en warmtenetleidingen bepalen) herinrichting van de ondergrond te overwegen. Daarnaast kunnen warmtenetleidingen extra geïsoleerd worden om negatieve effecten op drinkwaterleidingen bij de toepassing van warmteoplossingen te voorkomen.

Oppervlaktewater

Het gebruik van aquathermie heeft het grootste risico op effecten op oppervlaktewater. Het gebruik van aquathermie kan leiden tot aquatische effecten door veranderingen in temperatuur en waterkwaliteit, wat mogelijk effecten heeft op ecosystemen zoals vissen, planten en micro-organismen. De totale ecologische impact hangt wel sterk af van lokale omstandigheden zoals debiet, nutriëntenbelastingen en monitoring. Voor dit aspect zijn de andere varianten en alternatieven neutraal beoordeeld en hebben dus de voorkeur vanuit dit aspect.

Mitigerende maatregelen

De effecten van aquathermie op het oppervlaktewater kunnen worden beperkt door de installatie zorgvuldig te ontwerpen en te beheren. Een belangrijke maatregel is het beperken van temperatuurverschillen tussen het ingenomen en teruggevoerde water. Door warmtewisselaars direct in het water te plaatsen in plaats van op de wal, wordt de warmte geleidelijker uitgewisseld en blijft de temperatuurverandering kleiner.

Daarnaast kan een warmte-koudeopslag (WKO) worden toegepast om warmte tijdelijk op te slaan. Hierdoor hoeft niet op piekmomenten veel warmte uit het oppervlaktewater te worden gehaald of teruggegeven. De warmte-uitwisseling wordt zo beter over het jaar verdeeld, waardoor grote temperatuurschommelingen in het water worden voorkomen. Dit helpt om negatieve effecten op waterkwaliteit, vissen, planten en andere waterorganismen te beperken.

1.4.3 Natuur en biodiversiteit

Beschermde gebieden

De aanleg van een geothermieput vereist langdurig gebruik van zwaar materieel, wat kan leiden tot stikstofdepositie in nabijgelegen Natura 2000-gebieden, zoals Botshol op 3,4 km afstand. Omdat deze afstand te kort is om uit te sluiten dat er geen effect optreedt, en er geen elektrisch alternatief is, bestaat er een reëel risico op aanzienlijke effecten op het beschermde gebied. De overige alternatieven worden aangelegd met lichter materieel en leiden daarom tot een lagere stikstofuitstoot. Deze alternatieven hebben dus de voorkeur vanuit dit aspect. In de vervolgfases, als de omvang van de werkzaamheden en locaties van ingrepen duidelijk worden, moeten gedetailleerde AERIUS berekening worden uitgevoerd.

Mitigerende maatregelen

Behalve de werkzaamheden voor de aanleg voor de geothermieput zijn de werkzaamheden voor de warmtepompen en warmtenetten mogelijk met elektrisch materieel uit te voeren.

Beschermde soorten

De aanwezigheid van beschermde soorten is van veel parameters afhankelijk. Effecten op verschillende soortgroepen zijn beschreven, maar omdat de exacte locaties van de ingrepen nog niet bekend zijn, geldt voor alle alternatieven een risico op negatieve effecten op beschermde soorten. Tussen de alternatieven is hierin geen onderscheid te maken.

Op buurniveau geldt dat buurten waarin Natuurnetwerk Nederland of de Ecologische structuur ligt een hoger risico hebben op negatieve effecten. Centrum West en de Stammerdijk hebben een laag risico op negatieve effecten op beschermde soorten. Voor de overige buurten geldt dat er een hoog risico is.

Mitigerende maatregelen

Voorafgaand aan de werkzaamheden kan een inspectie op nesten worden uitgevoerd en kunnen werkzaamheden zoveel mogelijk buiten kwetsbare periodes, zoals het broedseizoen, en overdag plaatsvinden om verstoring van dieren te minimaliseren. Nachtelijke werkzaamheden kunnen worden beperkt of uitgevoerd met gerichte verlichting om groene structuren en watergangen te ontzien. In een vervolgfase is een uitgebreide natuurtoets nodig om de aanwezigheid van beschermde soorten vast te stellen en passende mitigerende maatregelen te bepalen.

1.4.4 Lucht

De aanleg van zowel MT- als ZLT-warmtenetten gaan gepaard met langdurige werkzaamheden. Tijdens deze werkzaamheden wordt materieel gebruikt met verbrandingsmotoren die bij gebruik een negatieve invloed hebben op de luchtkwaliteit. De werkzaamheden per straat zijn gefaseerd en verspreid over meerdere jaren, waardoor de impact op de luchtkwaliteit over tijd en ruimte gespreid wordt. De variant met geothermie is een langdurige, intensieve ingreep wat een aanzienlijke uitstoot veroorzaakt door zwaar materieel. Deze variant is daardoor relatief het slechtst beoordeeld. Voor warmtepompen zijn de werkzaamheden per woning kort en met minder zwaar materieel, waardoor de uitstoot van het aansluiten van één warmtepomp beperkt is. Het grote aantal woningen zorgt ervoor dat de totale uitvoeringsperiode zich uitstrekt over meerdere jaren. Hierdoor blijft de uitstoot per locatie beperkt. De warmtepompen hebben dus de voorkeur vanuit dit aspect.

Wanneer de luchtkwaliteit in een buurt in de referentiesituatie al slechter was, zal een ingreep in die buurt doorgaans een groter effect hebben. Dit komt doordat er in dergelijke gebieden meer ruimte is voor verslechtering van de luchtkwaliteit. Enkel de buurt Stammerdijk heeft een laag risico op verslechtering van de luchtkwaliteit. De buurten rondom het centrum en in het noorden van Diemen hebben veelal een hoog risico op verslechtering. Voor de overige buurten geldt dat het risico gemiddeld is.

Mitigerende maatregelen

Voor steeds meer licht materieel is een elektrische variant beschikbaar. Door zoveel mogelijk elektrisch materieel te gebruiken, kunnen de effecten op luchtkwaliteit tijdens de aanleg sterk worden verminderd.

1.4.5 Circulariteit

Bij aanleg van zowel MT- als ZLT-warmtenetten wordt PUR gebruikt als isolatiemateriaal voor de warmteleidingen. Dit materiaal is niet terug te winnen. Geothermie heeft een hoge materiaalbelasting en de geothermieput kan niet worden teruggewonnen en is daarom relatief het slechtst voor de circulariteit. Warmtepompen zijn relatief gunstig voor circulariteit, maar de bodemlus bij een bodemwarmtepomp mag niet worden teruggewonnen. Dit verlaagt de circulariteit voor deze variant. Voor dit aspect worden de warmtepompen neutraal beoordeeld en hebben dus de voorkeur vanuit dit aspect.

1.4.6 Ruimtelijke kwaliteit

Zichtbaarheid en beleving

Voor elk van de alternatieven worden installaties toegevoegd aan de openbare ruimte. Voor zowel een MT-warmtenet betreft dit onderstations. Bij de alternatieven ZLT-warmtenet en warmtepomp worden transformatorhuisjes toegevoegd aan de buitenruimte. Het toevoegen van gebouwen met een technische uitstraling in een uniforme wijk valt erg op. De beleving van de wijk verandert voor de bewoners. In buurten met een hoge bebouwingsdichtheid, beperkte buitenruimte en zichtbaarheid van gevels en balkons zijn individuele installaties direct zichtbaar in de openbare ruimte. Door de locatie en het ontwerp van deze gebouwen aan te passen aan hun omgeving en/of het in te passen in het groen kan dit effect verminderd worden. Voor dit aspect zijn alle alternatieven negatief beoordeeld.

In buurttypen met een tuin is de visuele impact van lucht-water-warmtepompen beperkt, omdat daar de mogelijkheid is om installaties uit het directe zicht van de openbare ruimte te plaatsen. Op bedrijventerreinen is de visuele impact ook beperkt, omdat technische installaties hier al deel uitmaken van het stedelijke en landschappelijke beeld. Buurten met hoge bebouwingsdichtheid, beperkte buitenruimte en de zichtbaarheid van gevels en balkons ervaren de grootste visuele hinder, door een versnipperd gevelbeeld en het verlies van ruimtelijke samenhang in de wijk. In Diemen hebben (delen van de) buurten rondom het centrum een hoog risico op negatieve effecten op zichtbaarheid en beleving. Dit geldt ook voor het noordoosten van de buurten de Vogelweide, Scheepskwartier en Vlindertuin. De overige buurten hebben een laag risico.

Mitigerende maatregelen

Door de locatie en het ontwerp van deze gebouwen aan te passen aan hun omgeving en/of het in te passen in het groen kan dit effect verminderd worden. Om visuele effecten te beperken, zijn collectieve oplossingen, centrale plaatsing of integratie in gemeenschappelijke technische voorzieningen de meest geschikte aanpak.

Bovengronds ruimtegebruik

Voor het ZLT-warmtenet en warmtepompen is een netverzwaring nodig waardoor extra transformatorhuisjes in de buurten worden geplaatst. Voor het MT-warmtenet en ZLT-warmtenet worden in de buurten onderstations geplaatst, waarbij in het geval van een MT-warmtenet ook e-boilers als piekvoorziening zijn geplaatst. Daarnaast is er bij de bronnen voor de MT- en ZLT-warmtenetten een openbaar ruimtebeslag door de bron zelf en de warmteoverdrachtstations. In het bijzonder bij geothermie leidt de boorlocatie en geocentrale tot een aanzienlijk ruimtegebruik bij de bron. Dit leidt ertoe dat het bovengrondse ruimtegebruik van de MT-warmtenet en ZLT-warmtenet negatief worden beoordeeld en de variant MT-warmtenet met geothermie zeer negatief. Door het beperkte ruimtegebruik van de transformatorhuisjes voor de warmtepompen zijn deze neutraal beoordeeld en hebben dus de voorkeur vanuit dit aspect.

Ruimtebeslag in de openbare ruimte heeft meer effect op een buurt als de hoeveelheid openbare ruimte in de buurt beperkt is. In de meeste buurten van Diemen is het percentage openbare ruimte hoger dan 30 %, in

deze buurten wordt verwacht dat het bovengrondse ruimtebeslag inpasbaar is. In de buurten Sportpark de Diemen, Verrijn Stuart en Stammerdijk is het percentage openbare ruimte tussen de 15 - 30 %. In deze buurten is het ruimtegebruik een groter aandachtspunt.

1.4.7 Verkeer

Bij de aanleg van zowel MT-als ZLT warmtenetten is er tijdelijk hinder door werkzaamheden. De verwachting is dat in Diemen de effecten zeer beperkt zijn. Bij warmtepompen zijn er geen effecten op verkeer. Alle alternatieven zijn neutraal beoordeeld.

Als graafwerkzaamheden bij de A1 plaatsvinden kan grote verkeershinder plaatsvinden door de grote verkeersdruk op deze weg. De buurten Buytenstede, Vogelweide, Scheepskwartier, Biesbosch, Harmonielaan, Buitenlust en Vlindertuin zijn bereikbaar vanuit 2 toegangswegen. Afsluiting van deze wegen ten behoeve van de aanleg van een warmtenet kan de bereikbaarheid van deze wijk negatief beïnvloeden. Voor deze kritieke plekken zal extra aandacht besteed moeten worden voor mitigeren van eventuele negatieve effecten.

1.4.8 Erfgoed

Archeologie

Bij de alternatieven warmtepomp en ZLT-warmtenet moet het stroomnet worden uitgebreid, wat een negatief effect op de archeologische waarden kan hebben. Het stroomnet vraagt de grootste verzwaring bij de variant luchtwarmtepomp, waardoor deze het grootste risico op een negatief effect heeft. De aanleg van warmtenetten brengt een beperkte kans op archeologische verstoring met zich mee, omdat deze meestal onder bestaande infrastructuur plaatsvindt waar al bodembegroeiing is geweest. Wel kunnen indirecte effecten optreden, zoals veranderingen in grondwaterstand of zuurstofgehalte. Ook wanneer de bodem ter plaatse al eerder is geroerd, kan een wijziging van deze omstandigheden leiden tot verdere aantasting van het resterende archeologische bodemarchief. Hierdoor kan de ingreep zich beperken tot de sleufzone, maar het effect plaatsvinden op een groter gebied dan alleen de directe ontgraving. Ook bij bodemwarmtepompen zijn bodemingrepen nodig, die direct en/of indirect archeologische waarden kunnen beïnvloeden. Alle alternatieven hebben bij dit aspect daarom een negatieve beoordeling.

Cultuurhistorie

Voor de varianten met een warmtenet treden negatieve effecten op door het ruimtebeslag van verschillende bovengrondse installaties, zoals warmteoverdrachtstations en onderstations. Deze installaties zijn kleinschalig en de locatiekeuze is flexibel, waardoor rekening kan worden gehouden met cultuurhistorisch waardevolle gebieden. Daarnaast geldt bij alle alternatieven dat het isoleren van gebouwen de architectonische waarde kan beïnvloeden, maar in Diemen zijn relatief weinig monumenten, dus het risico is beperkt.

1.4.9 Hittestress en koeling

Negatieve effecten op hittestress en koeling worden verwacht bij het MT-warmtenet door verstening van de openbare ruimte door het plaatsen van extra onderstations. De varianten met een ZLT-warmtenet en de bodemwarmtepomp veroorzaken een positief effect. Hier wordt isolatie toegepast, wat zorgt voor een verlaging van de hittestress in de woning mits ventilatie wordt toegepast. Daarnaast hebben de warmtepompen in deze alternatieven zelf mogelijkheid tot koelen, waardoor de inzet van airco's voorkomen en er minder hitte-uitstoot is. De lucht-water-warmtepomp leidt alleen lokaal tot een kleine temperatuurstijging.

Voor de buurten rondom en in het centrum en in het westen van Diemen geldt dat de risico op hittestress het hoogst is. Door meer dichte bebouwing en minder koeling door beplanting in deze buurten kan hitte minder makkelijk verdwijnen. Verdere verstening van deze omgeving, opwarming van het straatoppervlak en de warmte-uitstoot van buitenunits van warmtepompen en airconditioners zorgen daarom in deze buurten voor een extra negatief effect.

Mitigerende maatregelen

Hittestress kan worden beperkt met passieve koeling zoals zonneschermen en groen, waardoor minder warmte door airco's en warmtepompen wordt uitgestoten. Onderstations en transformatorhuisjes kunnen zo geplaatst worden dat groen behouden blijft en verstening beperkt wordt, bijvoorbeeld in bestaande gebouwen. Extra isolatie van MT-warmtenetleidingen vermindert warmte-uitstraling naar de straat.

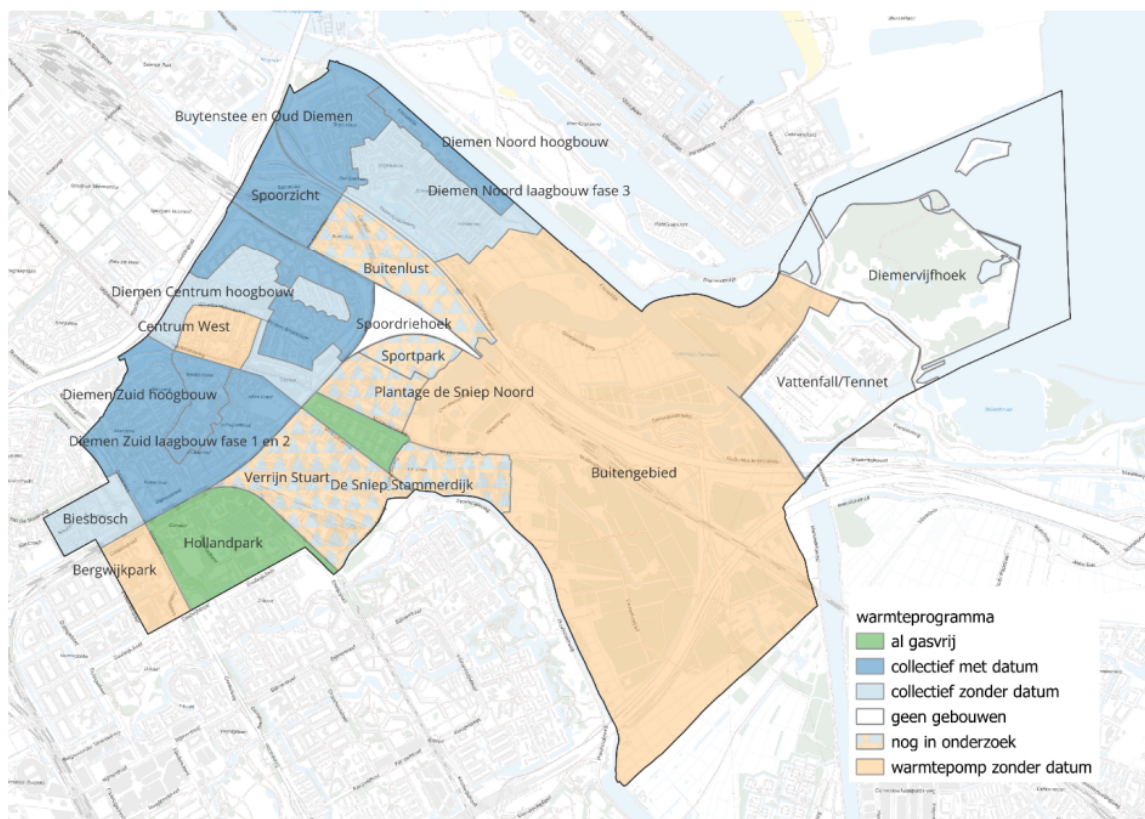
1.4.10 Veiligheid

Het warmteprogramma verhoogt het risico voor omwonenden niet, omdat er geen nieuwe risicobronnen worden toegevoegd. Daarom hebben alle alternatieven geen effecten op externe veiligheid. Daarnaast worden werkzaamheden nabij bestaande risicobronnen vooraf getoetst aan de regels uit het omgevingsplan en beoordeeld op veiligheid. De effecten op veiligheid zijn daarom niet apart beoordeeld voor de verschillende alternatieven.

1.5 Het warmteprogramma

In het warmteprogramma is per buurt beschreven welk alternatief (warmtetechniek en warmtebron) wordt toegepast. Dit is weergegeven op afbeelding 1.8. Op de afbeelding is te zien dat voor de meeste buurten aan de westzijde wordt ingezet op een collectief warmtenet op basis van datathermie vanuit de datacenters. Op bedrijventerreinen, en andere buurten is een mix van een warmtenet en warmtepompen mogelijk. Dit moet in veel gevallen nog wel verder wordt onderzocht. In de gebieden Bergwijkpark, Centrum West en Buitengebied is al wel zeker dat een warmtenet geen optie is en wordt ingezet op lucht-water-warmtepompen en bodemwarmtepompen. Tabel 1.4 toont in een tabel de gekozen warmtetechniek per gebied.

Abbeelding 1.8 Het warmteprogramma



Tabel 1.4 Gekozen warmtetechnieken per gebied in het warmteprogramma

Gebieden	Fasering	Alternatief
Diemen Zuid hoogbouw	1 ^e fase (2025-2030)	MT-warmtenet op datathermie
Diemen Zuid laagbouw fase 1 en 2	1 ^e fase (2025-2030)	MT-warmtenet op datathermie
Diemen Centrum hoogbouw	1 ^e fase (2025-2030)	MT-warmtenet op datathermie
Spoorzicht	1 ^e fase (2025-2030)	mix van MT-warmtenet op datathermie en warmtepompen
bedrijventerrein Verrijn Stuart	1 ^e fase (2025-2030)	mix van MT-warmtenet op datathermie en warmtepompen
Buytenstee en Oud Diemen	2 ^e fase (2030-2035)	mix van MT-warmtenet op datathermie en warmtepompen
plantage de Sniep Noord	2 ^e fase (2030-2035)	ZLT-warmtenet op datathermie
Diemen Noord hoogbouw	2 ^e fase (2030-2035)	MT-warmtenet op datathermie
bedrijventerrein De Sniep en Stamerdijk	2 ^e fase (2030-2035)	mix van ZLT-warmtenet op datathermie en warmtepompen
Diemen Noord laagbouw fase 3	3 ^e fase (2035-2040)	warmtepompen
Buitenlust	3 ^e fase (2035-2040)	mix van MT-warmtenet op datathermie en warmtepompen
Diemen Centrum laagbouw	3 ^e fase (2035-2040)	mix van MT-warmtenet op datathermie en warmtepompen
Diemen Centrum West	3 ^e fase (2035-2040)	warmtepompen
Biesbosch	3 ^e fase (2035-2040)	MT-warmtenet op datathermie

Gebieden	Fasering	Alternatief
kantorengedebied Bergwijkpark	3 ^e fase (2035-2040)	warmtepompen
buitengebied	3 ^e fase (2035-2040)	warmtepompen

De effecten van de gekozen alternatieven zijn beschreven in paragraaf 1.4. Waar mogelijk wordt hier ook beschreven welke gebieden een hoger risico hebben op effecten, zoals bijvoorbeeld bij ondergronds ruimtegebruik.

INLEIDING

2.1 Aanleiding

De gemeente Diemen streeft ernaar in 2040 een fossielvrije gemeente te zijn. Deze ambitie vloeit voort uit het nationale Klimaatakkoord (2019), dat Nederland in 2050 fossielvrij wil maken. De gemeente Diemen werkt daarom momenteel aan een warmteprogramma voor haar gemeente, waarin ze afspraken wil maken over het aardgasvrij maken van wijken. Met de inwerkingtreding van de Wet gemeentelijke instrumenten warmtetransitie (Wgiw) wordt dit een verplicht programma onder de omgevingswet. Het warmteprogramma is de opvolger van de Transitievisie Warmte uit 2021. In de Transitievisie Warmte gaf de gemeente een globaal pad aan voor de warmtetransitie. In het warmteprogramma worden de plannen herijkt met geleerde lessen uit de afgelopen jaren. Het warmteprogramma beschrijft de plannen voor het verduurzamen én aardgasvrij maken van de buurten in de komende tien jaar. Het beschrijft in welke gebieden de gemeente de komende jaren aan de slag gaat en wat de verwachte aanpak is.

Het verduurzamen en aardgasvrij maken van woningen in de gemeente heeft mogelijke effecten op de leefomgeving en het milieu. De gemeente onderzoekt deze effecten, en vergelijkt verschillende warmteoplossingen. De resultaten van dit onderzoek worden ingezet bij de verdere ontwikkeling van het warmteprogramma.

Dit plan-milieueffectrapport (plan-MER) is het resultaat van de plan-milieueffectrapportage (plan-MER) en beschrijft voor de verschillende milieuaspecten het milieuonderzoek en wat de resultaten hiervan zijn. Dit document geeft input voor de onderbouwing van het besluit over het warmteprogramma. Daarnaast laat het plan-MER zien welke maatregelen kunnen worden genomen om negatieve effecten te voorkomen of te beperken.

2.2 Begrippenlijst

Tabel 2.1 Begrippenlijst

Begrip	Toelichting
alternatief	in een milieueffectrapport heeft de term 'alternatief' een specifieke betekenis: een mogelijke manier om het beoogde doel te bereiken. In dit plan-MER zijn vier van zulke alternatieven onderzocht
MER	de procedure milieueffectrapportage (MER) is een wettelijk vastgelegd instrument dat overheden ondersteunt bij besluitvorming over grote ingrepen. De procedure bevat verplichte momenten voor participatie en inspraak. Het doel is de milieueffecten van een voorgenomen activiteit goed in beeld te brengen en om na te gaan of hetzelfde resultaat ook met minder milieubelasting kan worden bereikt
MER- plichtige activiteiten	MER-plichtige activiteiten zijn plannen en projecten waarvoor het volgens de wet verplicht is een milieueffectrapport (MER) op te stellen. Voor programma's kan er sprake zijn van een plan-MER-plicht, als het een wettelijk voorgeschreven programma is en het programma een kader vormt voor besluiten voor MER-(beoordelings-)plichtige projecten
MER	een milieueffectrapport (MER) is het eindresultaat van de milieueffectrapportageprocedure (MER). Kort gezegd: het MER is het rapport, de MER is de procedure waaruit dat rapport voortkomt

Begrip	Toelichting
plan-MER en Project-MER	binnen de milieueffectrapportage (MER) wordt onderscheid gemaakt tussen een plan-MER en een project-MER. Een plan-MER onderbouwt beleidsmatige of strategische keuzes in ruimtelijke plannen, zoals een bestemmingsplan of structuurvisie. Een project-MER onderbouwt een concreet project en maakt onderdeel uit van een vergunningaanvraag. Het detailniveau van een project-MER is hoger dan dat van een plan-MER, omdat op dat moment meer concrete informatie beschikbaar is
RES	Regionale Energiestrategie
TVW	de Transitievisie Warmte (TVW) is een plan van de gemeente waarin staat hoe en wanneer wijken overstappen van aardgas naar duurzame manieren van verwarmen en koken
variant	binnen een milieueffectrapport wordt met de term 'variant' een nadere uitwerking of aanpassing van een alternatief bedoeld. Een variant past binnen de hoofdlijn van het alternatief, maar verschilt op één of meerdere punten in de invulling ervan
omgevingsplan	het omgevingsplan bevat de gemeentelijke regels voor de fysieke leefomgeving. Onder de omgevingswet heeft elke gemeente één integraal omgevingsplan waarin al deze regels zijn vastgelegd

2.3 Doelstelling van het warmteprogramma

Het warmteprogramma beschrijft de plannen voor het verduurzamen én aardgasvrij maken van de buurten in Diemen in de komende tien jaar. Voor 2040 wil de gemeente circa 11.500 woningen aardgasvrij maken. In het warmteprogramma zal het tijdspad inzichtelijk worden gemaakt. Het warmteprogramma borduurt voort uit afspraken uit de [Transitievisie Warmte](#) (TVW) uit 2021.

In de TVW werd een globaal pad geschetst voor de warmtetransitie in Diemen. De transitievisie noemde als uitgangspunten voor de warmtetransitie: zo betaalbaar mogelijk, samen doen, werken in stappen, isoleren, collectieve warmteoplossingen onderzoeken, natuurinclusiviteit, koelen in verband met klimaatadaptatie en gebruik van natuurlijke koudemiddelen. De nadruk lag op isoleren en zoeken naar lokale initiatieven om mee samen te werken. De afgelopen jaren is de gemeente aan de slag gegaan met de uitgangspunten van de transitievisie.

2.4 Leeswijzer

In hoofdstuk 1 wordt ingegaan op de aanleiding van het warmteprogramma in Diemen. Hoofdstuk 2 beschrijft de wettelijke plicht en inhoud van het warmteprogramma, de MER-plicht en het studiegebied van dit plan-MER. In hoofdstuk 3 wordt ingegaan op de regelgeving en beleidsdocumenten voor het warmteprogramma en plan-MER. In hoofdstuk 4 staat beschreven welke systemen er zijn voor de warmtetransitie en welke een mogelijkheid zijn in Diemen. Hoofdstuk 5 beschrijft de milieuthema's die worden onderzocht en de methodiek die bij de milieueffectrapportage wordt toegepast. In hoofdstuk 6 worden de alternatieven beschreven waarvan de milieueffecten worden onderzocht. Hoofdstuk 7 beschrijft de referentiesituatie voor de verschillende milieuthema's. In hoofdstuk 8 zijn de milieuonderzoeken per thema beschreven en is de beoordeling per alternatief beschreven. In hoofdstuk 9 is de slotbeschouwing gegeven, met aandachtspunten en aanbevelingen, leemten in kennis en aanbevelingen voor onderzoek en monitoring. In hoofdstuk 10 worden de milieueffecten in relatie tot het warmteprogramma beschouwd, waarbij per alternatief wordt toegelicht welke effecten optreden en welke rol het warmteprogramma daarin speelt.

HET WARMTEPROGRAMMA EN DE MER-PROCEDURE

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de wettelijke plicht om een warmteprogramma op te stellen en de inhoud van het warmteprogramma (paragraaf **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**). Vervolgens wordt beschreven waarom er sprake is van een plan-MER-plicht en de stappen uit de MER-procedure die gevolgd worden (paragraaf 3.2). Paragraaf 3.3 gaat in op het plan- en studiegebied van dit plan-MER.

3.1 Warmteprogramma

Met de wijziging van de omgevingswet door de Wgiw wordt het warmteprogramma een verplicht programma. Op grond van de omgevingswet moeten alle gemeenten in Nederland een warmteprogramma opstellen om de voorkeursoplossingen voor warmte te presenteren die in 2050 aardgas moeten vervangen.

In het warmteprogramma is beschreven in welke gebieden de gemeente de komende 10 jaar aan de slag gaat en hoe deze gebieden aardgasvrij worden gemaakt. Het warmteprogramma is de opvolger van de Transitievisie Warmte van de gemeente Diemen uit 2021. In de Transitievisie Warmte gaf de gemeente een globaal pad aan voor de warmtetransitie.

In de Wgiw is de verplichting opgenomen dat alle gemeenten, naar verwachting, uiterlijk eind 2027 hun warmteprogramma hebben vastgesteld en elke vijf jaar herijken. De Wgiw is inmiddels in de Eerste Kamer besproken en de beoogde inwerkingtreding is 1 juli 2026. Onder de Wgiw hangt het Besluit gemeentelijke instrumenten warmtetransitie (Bgiw).

Besluit gemeentelijke instrumenten warmtetransitie (Bgiw)

Er is op dit moment nog geen definitieve versie van het Bgiw bekend. Het Bgiw is ter beoordeling voorgelegd bij de Eerste en Tweede Kamer. Beide Kamers hadden tot eind september 2025 de mogelijkheid opmerkingen in te dienen, waarna het besluit voor een advies naar de Raad van State wordt gestuurd. Naar verwachting treedt het Bgiw op 1 juli 2026 in werking zonder grote wijzigingen.

In het ontwerp-Bgiw staat wat er in een warmteprogramma moet worden beschreven:

- een overzicht van de locaties waarvoor in het omgevingsplan een warmtetransitie gebied kan worden aangewezen, het aantal gebouwen die op die locaties aanwezig zijn en het aantal gebouwen waarin methaangas wordt gebruikt voor milieubelastende activiteiten die op die locaties worden verricht;
- een overzicht van de togedachte energie-infrastructuur ter vervanging van de aansluiting op methaangas voor de gebouwen per locatie;
- het aantal gebouwen dat voorafgaand aan de aansluiting op de togedachte energie-infrastructuur naar verwachting wordt geïsoleerd;
- een beschrijving van de togedachte energie-infrastructuur in relatie tot het alternatief voor methaangas met de laagste totale nationale kosten;
- een beschrijving van de verwachte indicatieve warmtebehoefte van de gebouwen aan het begin en het einde van de periode;
- en een beschrijving van de uitvoering en de resultaten van het vorige warmteprogramma met een samenvatting van de voorgenoemde elementen.

Het laatste punt geldt niet voor het eerste warmteprogramma dat de gemeente vaststelt. Het warmteprogramma heeft betrekking op een periode van ten minste 10 jaar, tot uiterlijk 31 december 2049. In 2050 moet heel Nederland aardgasvrij zijn.

3.2 MER-procedure

Om te beoordelen of de afspraken die vastgelegd worden in het warmteprogramma nadelige gevolgen voor het milieu kunnen hebben, wordt een milieueffectenrapportage uitgevoerd. De MER-procedure helpt om het milieubelang een volwaardige plaats in de besluitvorming te geven. De resultaten van de milieueffectenrapportage worden in een milieueffectrapport opgeschreven. De informatie uit het milieueffectenrapport wordt betrokken bij de besluitvorming over het warmteprogramma. In deze paragraaf wordt eerst ingegaan op de plan-MER-plicht voor het warmteprogramma. Vervolgens worden de stappen van de MER-procedure besproken.

3.2.1 MER-(beoordelings-)plicht

De regels over de MER-procedure volgen uit de Europese MER-richtlijn en smb-richtlijn. Deze Europese regels zijn geïmplementeerd in de omgevingswet en verder uitgewerkt in het omgevingsbesluit en bijlage V bij het besluit. Het type MER-procedure - plan-MER, project-MER of MER-beoordeling - hangt af van de aard en reikwijdte van de activiteit en van het type besluit dat wordt genomen.

Programma's onder de omgevingswet zijn plan-MER-plichtig wanneer het programma:

- een wettelijk of bestuursrechtelijk voorgeschreven programma betreft;
- het programma een kader vormt voor besluiten voor MER-(beoordelings-)plichtige projecten.

Wettelijk voorgeschreven programma

Met de inwerkingtreding van de Wgiw wordt het warmteprogramma een verplicht programma onder de omgevingswet. Naar verwachting treedt de Wgiw in op 1 januari 2026.

Kaderstellend

Als in het warmteprogramma kaderstellende uitspraken staan die de gemeente wil doen om buurten aardgasvrij te maken, moet een onderzoek worden gedaan naar de milieueffecten van het warmteprogramma. Kaderstellend betekent hier dat het programma richting geeft aan toekomstige besluiten of projecten met mogelijk aanzienlijke milieueffecten.

Een programma is kaderstellend als het voorwaarden bevat voor de goedkeuring of uitvoering van projecten door het bevoegd gezag. Dit kan gaan om criteria voor de locatie, de omvang of de wijze van uitvoering. Het kader moet concreet zijn en in zekere mate bindend voor een later te nemen MER-(beoordelings-)plichtig besluit. Alle MER-(beoordelings-)plichtige projecten zijn vermeld in bijlage V van het Omgevingsbesluit en zijn MER-(beoordelings-)plichtig als ze boven de drempel van kolom 2 uitkomen.

De volgende concrete projecten en de daarvoor benodigde besluiten die onderdeel kunnen zijn van een warmteprogramma zijn MER-(beoordelings-)plichtig:

- B4 geothermische boring;
- C1 thermische centrales en andere verbrandingsinstallaties voor de productie van elektriciteit, stoom of warm water;
- J9 buisleiding voor warmtetransport;
- K1 onttrekken/aanvullen van grondwater (dit is nodig voor een warmtekoede-opslag);
- L2 installaties voor de verwijdering van niet-gevaarlijke afvalstoffen.

De gemeente Diemen is van plan in verschillende buurten warmtenetten te gaan aanleggen. Ten behoeve van de aanleg van de warmtenetten zullen de volgende MER-(beoordelings-)plichtige activiteiten plaatsvinden: B4, C1, J9 en K1.

In het warmteprogramma zullen kaders worden opgenomen voor de realisatie van de warmtenetten en de uitvoering van voorgenoemde activiteiten. Het warmteprogramma is daarmee kaderstellend.

Passende beoordeling

Als een warmteprogramma niet als kaderstellend geldt voor projecten die onder de MER-(beoordelings-) plicht vallen, kan er alsnog een plan-MER-plicht van toepassing zijn wanneer een 'passende beoordeling' vereist is voor het programma. Deze beoordeling, die op basis van de Habitatrichtlijn wordt uitgevoerd, kijkt naar de gevolgen van plannen voor Natura 2000-gebieden. Dit kan relevant zijn voor een warmteprogramma, vooral bij de keuze van het tracé voor een collectief warmtenet dat zich in of nabij een Natura 2000-gebied bevindt of door effecten van geothermie. De gemeente Diemen ligt nabij Natura 2000-gebieden Markermeer & IJmeer, Oostelijke Vechtplassen, Botshol en Naardermeer (zie paragraaf 8.1.7).

3.2.2 Procedurestappen

Nu er sprake is van een plan-MER-plicht voor het warmteprogramma van gemeente Diemen, dienen de stappen uit de plan-MER procedure te worden doorlopen, zie afbeelding 3.1. In deze paragraaf worden deze stappen verder toegelicht.

Afbeelding 3.1 Plan-MER procedure



Vaststellen reikwijdte en detailniveau

Het bevoegd gezag, de gemeente Diemen, is verplicht om de wettelijke adviseurs te raadplegen over de reikwijdte en detailniveau van de informatie in het milieueffectrapport (MER). Dit kan door het opstellen van een notitie reikwijdte en detailniveau (NRD), maar is in principe vormvrij. Beschreven moet worden welke warmteoplossingen (de reikwijdte) en welke thema's (het detailniveau) in het plan-MER worden onderzocht.

Voor het warmteprogramma Diemen heeft de raadpleging van de wettelijke adviseurs plaatsgevonden door middel van het toelichten van de reikwijdte en detailniveau in een brief. De gemeente heeft ervoor gekozen geen Notitie Reikwijdte en Detailniveau (NRD) op te stellen. De gemeente beargumenteert dat de NRD een gebruikelijk middel is, maar niet verplicht. Daarnaast wil de gemeente voortbouwen op de onderzoekaanpak van de gemeente Utrecht en de landelijke adviezen van het Nationaal Programma Lokale Warmtetransitie (NPLW) opvolgen. Verder wil de gemeente graag de energietransitie versnellen en kiest dus voor versnelling van de procedure, door geen gebruik te maken van een zienswijzeprocedure voor het bepalen van de reikwijdte en detailniveau.

In de brief aan de wettelijke adviseurs heeft de gemeente de reikwijdte en detailniveau toegelicht, zoals is uitgewerkt in hoofdstuk 4 en 5 van dit plan-MER.

Opstellen milieueffectrapport

Door de gemeente wordt vervolgens een MER opgesteld. Het MER bevat de informatie die redelijkerwijs mag worden vereist, ook gelet op de stand van kennis en beoordelingsmethoden en de inhoud van het programma.

Terinzagelegging ontwerp-warmteprogramma en MER

Na het opstellen van het MER wordt het MER samen met het ontwerp-warmteprogramma ter inzage gelegd. Eenieder kan op het MER en het ontwerp-warmteprogramma zienswijzen indienen. De termijn voor het indienen van zienswijzen is 6 weken, met ingang van de dag waarop het ontwerpprogramma ter inzage wordt gelegd. Daarnaast wordt uiterlijk op het moment van terinzagelegging van het MER de Commissie MER in de gelegenheid gesteld om te adviseren over het MER. De commissie MER is een onafhankelijk en deskundige commissie, die adviseert over de inhoud en kwaliteit. Doordat een MER is opgesteld voor het programma, geldt er een minimumtermijn van 2 weken tussen het aflopen van de inzage termijn en het vaststellen van het programma. Deze termijn verzekert dat de zienswijzen, het advies van de commissie MER en reacties van andere adviseurs beoordeeld en betrokken kunnen worden bij de vaststelling van het warmteprogramma.

Vaststellen warmteprogramma

Vervolgens stelt de gemeente het warmteprogramma vast. In het warmteprogramma vermeldt de gemeente in ieder geval hoe rekening is gehouden met het MER en het advies van de commissie MER. Daarnaast bevat het programma in ieder geval een samenvatting van de milieuoverwegingen die zijn betrokken bij het vaststellen van het programma en de redenen om te kiezen voor het vastgestelde programma (waarbij in ieder geval de in het milieueffectrapport beschreven redelijke alternatieven worden betrokken). Verder moet in het warmteprogramma de monitoringsmaatregelen worden beschreven.

Monitoring

Het plan-MER bevat een voorstel om de milieueffecten waar nog geen zicht op is of onzekerheid over bestaat, te monitoren. De resultaten van de monitoring moet de gemeente elektronisch beschikbaar stellen. Als er sprake is van onvoorziene nadelige milieueffecten, dan neemt de gemeente passende maatregelen om dit zoveel mogelijk te beperken of ongedaan te maken.

3.3 Welke buurten worden meegenomen in het warmteprogramma?

3.3.1 Plan- en studiegebied

Het plangebied is het grondgebied van de gemeente Diemen. Het plangebied is op kaart weergegeven op afbeelding 3.3. Het studiegebied is het gebied waarin milieueffecten kunnen voorkomen. Dit kan groter zijn dan het plangebied. Voor effecten door stikstof kunnen effecten bijvoorbeeld tot een afstand van 25 kilometer reiken.

Het warmteprogramma is bedoeld voor het grondgebied van de gemeente Diemen. Het doel is gebouwen een duurzame warmtevoorziening (verwarming, koken en warm kraanwater) te geven als alternatief voor aardgas. De verduurzaming van de Vattenfall-centrale valt buiten het warmteprogramma, omdat de centrale via een eigen traject de verduurzaming aanpakt. De opgave voor aardgasvrij verwarmen in het warmteprogramma focust op bestaande bouw, nieuwbouw wordt dus niet meegenomen in de opgave omdat deze woningen niet met aardgas verwarmd worden. Een aantal buurten in de gemeente Diemen zijn al aardgasvrij. Deze buurten worden daarom niet meegenomen in het warmteprogramma en het plan-MER. Dit zijn:

- Holland Park;
- Holland Park West;
- Plantage de Sniep Zuid;
- Campus Diemen Zuid.

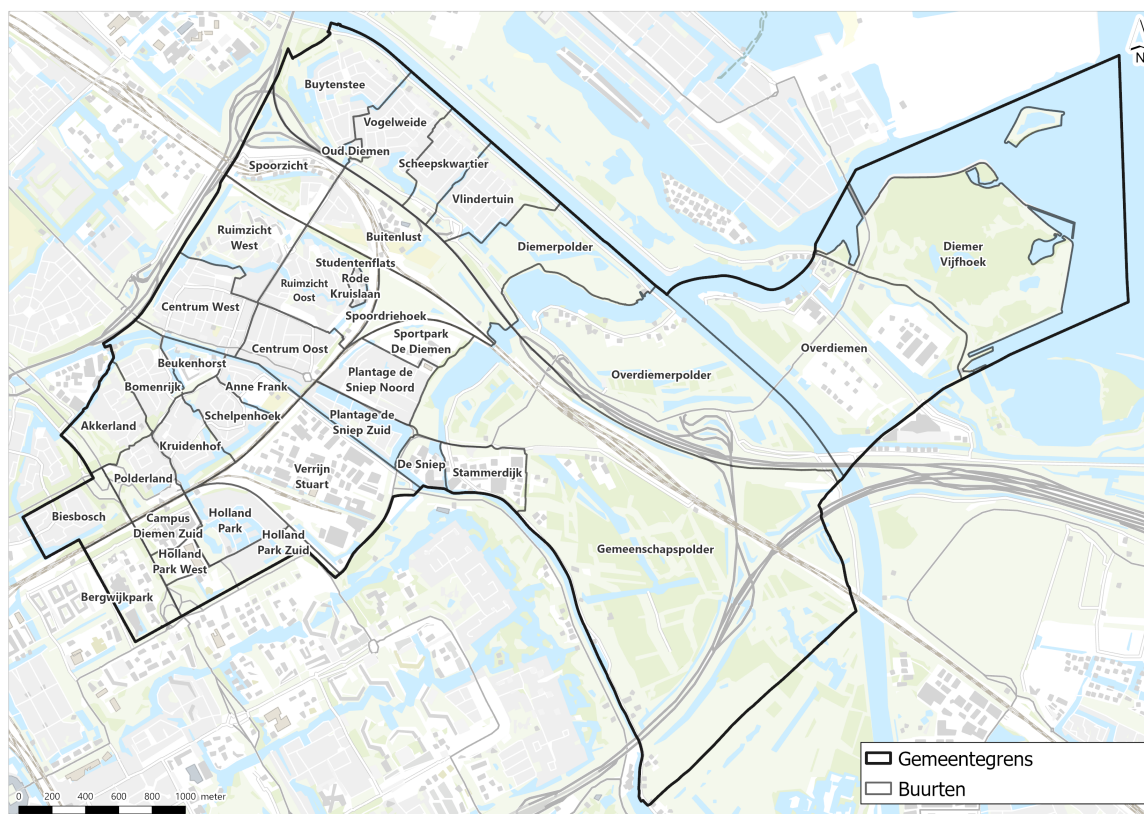
In de buurt Holland Park Zuid worden nieuwe woningen gebouwd en vindt gebiedsontwikkeling plaats. De nieuwbouw in deze buurt wordt aardgasvrij, omdat de gemeente in haar Omgevingsvisie heeft vastgelegd dat alle nieuwbouw tenminste energieneutraal en aardgasvrij moet zijn. Deze gebiedsontwikkeling is momenteel al bezig (bron: gemeente Diemen). Dit betekent dat deze ontwikkeling plaats vindt ongeacht de uitrol van het warmteprogramma. Daarom is dit een autonome ontwikkeling. Deze ontwikkeling wordt

meegenomen in de referentiesituatie (zie hoofdstuk 6). Deze buurt wordt ook niet meegenomen in het warmteprogramma van de gemeente;

- de buurt Overdiemen is niet in z'n geheel onderdeel van het plangebied. Het deel ten westen van de S114 is geen onderdeel van de doelstelling in het warmteprogramma, omdat hier alleen het terrein van Vattenfall en van TenneT zijn gevestigd en deze geen onderdeel zijn van het warmteprogramma. De boerderij net ten westen van de S114 is wel onderdeel van het plangebied;
- ten slotte bevinden zich in bepaalde buurten geen woningen. Deze buurten vallen buiten de reikwijdte van het warmteprogramma en worden daarom niet onderzocht. De buurten waar dit voor geldt zijn:
 - Spoordriehoek;
 - Diemer Vijfhoek.

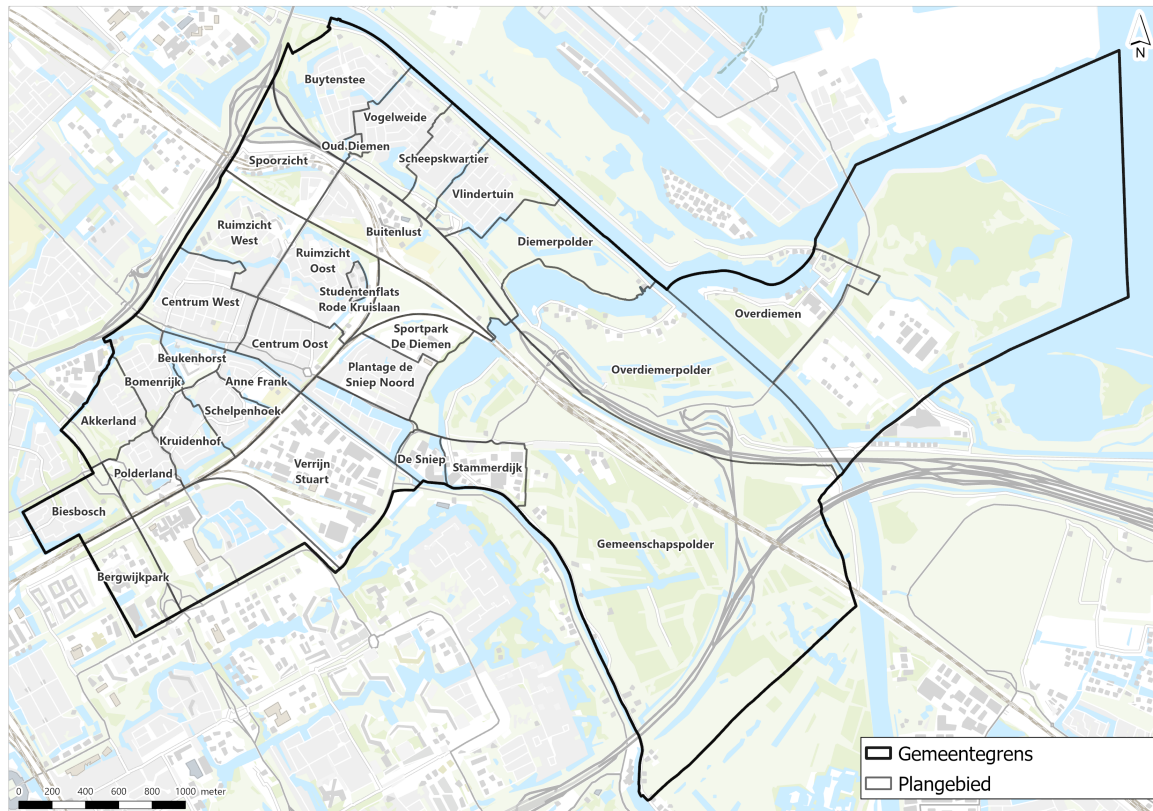
Afbeelding 3.2 toont alle buurten in de gemeente Diemen.

Afbeelding 3.2 Alle buurten in de gemeente Diemen



Afbeelding 3.3 toont alle delen van de gemeente Diemen die wel onderdeel zijn van het plangebied van het plan-MER.

Afbeelding 3.3 Plangebied plan-MER warmteprogramma Diemen



Studiegebied

Milieueffecten kunnen verder reiken dan het plangebied. Het studiegebied voor het MER is het gebied tot waar er nog sprake is van te verwachten, maatgevende effecten als gevolg van het warmteprogramma. De omvang van het studiegebied kan dus variëren per onderzocht aspect en wordt per aspect vastgesteld in het MER.

KADERS VANUIT WETGEVING EN BELEID

4.1 Wettelijk en beleidskader

In tabel 4.1 zijn de relevante regelgeving en beleidsdocumenten voor dit plan-MER uitgewerkt. Hierbij is een onderscheid gemaakt tussen beleid op internationaal en Europees, nationaal, provinciaal, regionaal en lokaal niveau. Naast de onderstaande regelgeving en beleid die zien op het plan-MER en het warmteprogramma, is er ook nog relevante regelgeving en beleid voor de verschillende milieuaspecten die worden besproken in dit plan-MER. Zie hiervoor hoofdstuk 4.

Tabel 4.1 Wettelijk en beleidskader

Wettelijk en beleidskader	Relevantie
Internationaal en Europees	
Europese Green Deal (2019) en Europese Klimaatwet (2021)	de Europese Green Deal bestaat uit een pakket beleidsinitiatieven met als einddoel klimaatneutraliteit in 2050. Eén van de initiatieven is de Europese Klimaatwet, waarin een kader is vastgelegd voor de vermindering van de broeikasgasemissies in de EU tot en met 2050. De wet bevat een bindende doelstelling voor de vermindering van broeikasgasemissies in 2030 en de mogelijkheid om een doelstelling voor de vermindering van broeikasgasemissies in 2040 vast te stellen
Klimaatakkoord van Parijs (2015)	het Klimaatakkoord van Parijs is een internationaal verdrag dat de ondertekenaars ertoe verplicht klimaatverandering tegen te gaan. In het akkoord is vastgelegd dat gemiddelde mondiale temperatuurstijging moet ruim onder 2 °C blijven, met inspanningen om de stijging verder te beperken tot 1,5 °C. De Europese Unie heeft in 2016 dit akkoord met namens Nederland ondertekend
Internationaal Klimaatrapport IPCC	het klimaatpanel, het Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), is de organisatie van de Verenigde Naties. Dit panel evalueert de risico's van klimaatverandering en brengt iedere 7 jaar een rapport uit. In maart 2023 heeft het IPCC een synthese-rapport gepubliceerd. Dit rapport biedt een overzicht van alle wetenschappelijke kennis over klimaat aan beleidsmakers op basis van de rapporten uit de opsomming. In de komende jaren zal het synthese-rapport de basis vormen voor nieuwe klimaatplannen van overheden
Nationaal	
Wet gemeentelijke instrumenten warmtetransitie (Wgiw)	de Wet gemeentelijke instrumenten warmtetransitie is erop gericht om gemeenten de bevoegdheden te geven die nodig zijn om regie te voeren in de wijk- of gebiedsgerichte aanpak van de warmtetransitie. Met de Wgiw wordt het warmteprogramma een verplicht wettelijk programma onder de omgevingswet
Wet collectieve warmte (Wcw)	de Wet collectieve warmte moet ervoor zorgen dat collectieve warmtesystemen de komende jaren verder kunnen worden ontwikkeld. Zodat er meer betrouwbare en duurzame warmtesystemen komen. De Wcw treedt naar verwachting in werking op 1 januari 2026 en vervangt de huidige Warmtewet
Mijnbouwwet	met de wijziging van de Mijnbouwwet op 1 juli 2023 is er specifieke regelgeving voor aardwarmte opgenomen. Met de wijziging is een eigen methode van regulering en vergunningverlening voor aardwarmte opgenomen

Wettelijk en beleidskader	Relevantie
omgevingswet	de omgevingswet bevat de kaders van het recht voor de fysieke leefomgeving. De omgevingswet geeft onder andere de grondslag voor de MER-(beoordelings-)plichten en bevat regels voor het opstellen van een programma
Besluit kwaliteit leefomgeving	in het Besluit kwaliteit leefomgeving (Bkl) staan regels over omgevingswaarden, instructieregels, beoordelingsregels en regels voor monitoring. Met het Besluit gemeentelijke instrumenten warmtetransitie (Bgiw) worden aan het Bkl instructieregels toegevoegd die eisen stellen aan de inhoud van een warmteprogramma
Besluit activiteiten leefomgeving	in het Besluit activiteiten leefomgeving (Bal) staan algemene regels voor activiteiten in de fysieke leefomgeving
Besluit bouwwerken leefomgeving	in het Besluit bouwwerken leefomgeving (Bbl) staan regels over veiligheid, duurzaamheid en bruikbaarheid van bouwwerken
Omgevingsbesluit	in het Omgevingsbesluit staan regels over het bevoegd gezag voor omgevingsvergunningen, over procedures, handhaving en uitvoering, en over het Digitaal Stelsel omgevingswet (DSO). Het Omgevingsbesluit bevat daarnaast regels over milieueffectrapportages
Klimaatwet (2020 - herziening 2023)	in de Nederlandse Klimaatwet is vastgelegd dat Nederland in 2050 klimaatneutraal moet zijn met een reductie van 95 % op de broeikasgasemissies ten opzichte van 1990. Als tussendoel moet de uitstoot in 2030 met 55 % zijn verminderd. De in deze wet geformuleerde emissiereductiedoelen zijn in 2023 aangescherpt (van -49 % naar -55 % in 2030). De wet legt de wettelijke kaders en doelstellingen vast
Nationaal Klimaatakkoord (2019)	het Nederlandse Klimaatakkoord bevat een pakket met maatregelen om de uitstoot van broeikasgassen in 2030 met 49 % te verminderen ten opzichte van 1990
Klimaatplan 2021-2030	het Klimaatplan is tot stand gekomen op grond van de Klimaatwet. Het bevat de hoofdlijnen van het klimaatbeleid voor de komende 10 jaar
Nationaal Plan Energiesysteem (2023)	het Nationaal Plan Energiesysteem vormt de kabinetsvisie op het energiesysteem tot 2050. In dit plan wordt uiteengezet hoe kan worden gebouwd, bespaard, verdeeld en verbonden voor een duurzaam en rechtvaardig energiesysteem, nu en in de toekomst
Nationaal Isolatieprogramma	het Nationaal Isolatieprogramma is vastgesteld voor het versneld isoleren van woningen. Het doel van het Nationaal Isolatieprogramma is om tot en met 2030 2,5 miljoen woningen te isoleren. De nadruk ligt daarbij op de 1,5 miljoen slecht geïsoleerde woningen (energielabel E, F en G)
Programma versnelling verduurzaming Gebouwde Omgeving	het doel van dit programma is de versnelling van de verduurzaming in de gebouwde omgeving. De manier waarop de verduurzaming versneld moet worden staat in het programma. De kern is om door een mix van normering, beprijzing, financiering, subsidiering en ondersteuning een duurzame woning voor iedereen binnen bereik gaan brengen
Nationale Omgevingsvisie (NOVI) en Nota Ruimte (ontwerpversie d.d. 6 oktober 2025)	de Nota Ruimte is de nationale omgevingsvisie, die de NOVI uit 2020 zal vervangen. De Nota Ruimte zal het nieuwe kader vormen voor al het rijksbeleid over de fysieke leefomgeving. Het bevat de langetermijnvisie van het Rijk op de ruimtelijke inrichting van Nederland en maakt ruimtelijke keuzes voor 2030 en 2050, met een doorkijk naar 2100
Structuurvisie Ondergrond (2018)	de Structuurvisie Ondergrond richt zich op duurzaam, veilig en efficiënt gebruik van bodem en ondergrond, waarbij benutten en beschermen met elkaar in balans zijn. De minister en staatssecretaris van Infrastructuur en Waterstaat werken in samenspraak met andere ministeries aan een nationaal Programma Bodem, Ondergrond en Grondwater. Het programma moet bijdragen aan gezonde bodems en duurzaam gebruik van ondergrond en grondwater
Provinciaal	
Omgevingsvisie NH2050	in de Omgevingsvisie NH2050 hebben de provinciale staten ambities geformuleerd om koers te zetten richting de toekomst. De leidende hoofdambitie in de Omgevingsvisie NH2050 is de balans tussen economische groei en leefbaarheid. Een gezonde en veilige leefomgeving, die goed is voor mens, plant én dier, is een voorwaarde voor een goed economisch vestigingsklimaat. Tegelijkertijd is duurzame economische ontwikkeling een voorwaarde voor het kunnen investeren in een prettige leefomgeving

Wettelijk en beleidskader	Relevantie
Noord-Hollandse Klimaataanpak	in de Noord-Hollandse Klimaataanpak is de ambitie om in 2030 55 % minder CO ₂ uit te stoten ten opzichte van 1990 en om tegen 2050 klimaatneutraal te zijn uitgewerkt. De Klimaataanpak biedt een visie op een schoon, groen en klimaatbestendig Noord-Holland en een toekomstbestendig energiesysteem
Energievisie 2.0	de provincie Noord-Holland heeft samen met netbeheerders en gemeenten de Energievisie 2.0 gemaakt. Hierin staan de basiskeuzes voor een duurzaam, betrouwbaar en toekomstbestendig energiesysteem
Warmtetransitie: de Noord-Hollandse aanpak	met deze aanpak wil de provincie de gemeenten ondersteunen bij het verduurzamen van de warmtevoorziening van de gebouwde omgeving
Regionaal	
Regionale Energiestrategie Noord-Holland Zuid	de gemeente Diemen valt onder de RES-regio Noord-Holland Zuid. Het deel van de RES dat over warmte gaat, heet de Regionale Structuur Warmte (RSW). De RSW beschrijft hoe de beschikbare warmtebronnen en de warmtevraag in de regio op een logische, efficiënte en betaalbare wijze aan elkaar kunnen worden gekoppeld en welke consequenties dit heeft voor het aanleggen van warmtenetten
Waterbeheerprogramma Amstel, Gooi en Vecht 2022-2027	in het WBP wordt aangegeven dat oppervlaktewater en afvalwater warmte en koude bevatten die benut kunnen worden. Grondwater kan gebruikt worden om thermische energie in op te slaan (Warmte Koude Opslag). Aquathermie kan onder bepaalde voorwaarden voorzien in een groot deel van de warmtevraag van woningen en bijdragen aan de behoefte aan koelwater. Omdat onttrekken van thermische energie aan oppervlaktewater een risico kan betekenen voor de (ecologische) waterkwaliteit vergt dit een zorgvuldige overweging en afweging, samen met de gemeenten en andere partners
Gemeentelijk	
Omgevingsvisie Diemen 2040	de Omgevingsvisie van Diemen beschrijft op hoofdlijnen de lange termijn keuzes in de leefomgeving. Nieuwe ontwikkelingen in Diemen moeten in beginsel bijdragen aan deze langetermijnvisie. In de Omgevingsvisie is aandacht voor de samenhang tussen thema's waaronder ook sociaal-maatschappelijke thema's zoals duurzaamheid, veiligheid en gezondheid
Geactualiseerde Aanpak isolatie en energiebesparing koopwoningen Diemen (2023-2026)	de Aanpak isolatie en energiebesparing koopwoningen is de uitwerking van de gemeente Diemen voor de meerjarige aanpak die aansluit bij het Nationaal Isolatieprogramma en vormt de basis voor de aanvraag van de gelden

5

AARDGASVRIJE WARMTE IN DIEMEN

Een warmtesysteem bestaat uit verschillende (technische) onderdelen die in wisselende opstellingen kunnen worden ingezet om een buurt aardgasvrij te maken. Grofweg zijn er warmtebronnen, distributiesystemen, opslagsystemen aanpassingen aan woningen en bijbehorende systemen. De keuze voor een bepaalde bron of aanpassing aan de woning is sterk bepalend voor welke keuzes er kunnen worden gemaakt voor een CO₂-vrije oplossing. In dit hoofdstuk wordt in paragraaf 5.1 eerst uitgelegd uit welke componenten een warmtesysteem bestaat. Vervolgens wordt in paragraaf 5.2 ingegaan op de verschillende bronnen die voor deze warmtesysteemcomponenten gebruikt kunnen worden. In paragraaf 5.3 wordt tenslotte beschreven welke bronnen en systemen aanwezig en geschikt zijn voor het warmtesysteem in Diemen.

5.1 Inleiding in het warmtesysteem

5.1.1 Warmtebronnen

Warmtebronnen voorzien in warmte. De warmte uit de bron wordt via warmtewisselaars overgedragen aan het water in het leidingnet, voordat het wordt getransporteerd. Warmtebronnen kunnen heel lokaal zijn, zoals lucht of bodem, of centraal, zoals oppervlakte- afvalwater en industrie. Afhankelijk van de gekozen bron verschilt het temperatuurniveau en de capaciteit van de gewonnen warmte (denk aan de hoeveelheid beschikbare warmte en de continuïteit van levering). Dit is bepalend voor het aantal gebouwen dat je met een bepaalde bron van warmte kan voorzien.

5.1.2 Warmtetransport

Wanneer een warmtebron niet nabij de woning is, is distributie van de warmte nodig. Vaak wordt water als medium gebruikt om warmte te transporteren. Deze distributie gebeurt via geïsoleerde leidingen onder de grond en vaak bestaat het transport uit een aan- en afvoerbuis. Om te garanderen dat er altijd warm water beschikbaar is bij de woning, op de juiste temperatuur en met voldoende druk, zijn energiecentrales, warmtebuffers, warmteoverdrachtsstations en onderstations in verschillende samenstellingen nodig. Deze centrales en stations kunnen in bestaande gebouwen worden geplaatst, maar soms zijn hier ook nieuwe gebouwen voor nodig. Voor de overdracht en transport van warmte (ook wel distributie) is elektriciteit nodig.

Warmte wordt gedistribueerd via warmtenetten die met warmte worden gevoed door transportleidingen. Zowel transportleidingen als warmtenetten bestaan uit dubbele leidingen, aanvoer- en retourleidingen. In deze systemen, worden verschillende soorten componenten onderscheiden:

- transportleidingen; hierbij wordt warmte over grote afstand getransporteerd naar warmtenetten in de buurten;
- distributieleidingen in de buurten waarmee de warmte naar individuele gebruikers van het net wordt gedistribueerd.

Per leiding kan het materiaal verschillen. Vaak worden de buisleidingen voorzien van een isolatielaag. Deze isolatielaag vermindert het warmteverlies tijdens het transport.

5.1.3 Warmteopslag

Omdat vraag en aanbod van warmte niet altijd samenvallen, kan gebruik worden gemaakt van warmtebuffering of -opslag. Seizoensopslag is bijvoorbeeld nodig wanneer een bron in de zomer relatief veel warmte levert, terwijl de grootste warmtevraag juist in de winter plaatsvindt. Verder is het ook mogelijk dat de bron niet constant warmte levert, terwijl dat wel gevraagd wordt. In die gevallen is het noodzakelijk overtollige warmte tijdelijk op te slaan. Warmtebuffering en seizoensopslag kunnen met verschillende technieken worden gerealiseerd; in de praktijk wordt warmte meestal opgeslagen door water op te warmen en op te slaan in bijvoorbeeld bovengrondse tanks (bufferopslag) of in de bodem (seizoensopslag).

5.1.4 Aanpassingen aan de gebouwen

Algemene maatregelen

In gevallen dat de beschikbare capaciteit van warmtelevering ontoereikend is voor gebouwen of woningen of het temperatuurniveau te laag is, kan het noodzakelijk zijn het gebouw te isoleren (dak, muren, glas, vloer). Ook kan het al of niet door de isolatiemaatregelen, noodzakelijk zijn ventilatiesystemen aan te passen om warmtevraag verder te beperken en een gezond binnenmilieu te waarborgen.

Aansluiting op een warmtenet

In geval van een warmtenet, moet er een installatietechnische koppeling worden aangebracht tussen het de cv-installatie van het gebouw en het warmtenet. Dit wordt een aansluitset genoemd. De cv-ketel zal worden verwijderd.

Installatie van een warmtepomp

In geval van een individuele warmtepomp, moet er een binnenunit worden geplaatst en een buitenunit. De binnenunit wordt aangesloten op de cv-installatie van de woning. De binnenunit is veel groter dan de te verwijderen cv-ketel en omvat een groot buffervat. De buitenunit bestaat of uit een traditionele airconditioning buitenunit met ventilator of uit een bodemlus (grondboring). Beiden moeten kunnen worden gerealiseerd op het eigen terrein van de woning.

5.1.5 Opwaardering

Bij gebruik in warmtenetten van warmtebronnen waarvan de temperatuur te laag is, is opwaardering nodig van de temperatuur van het transportmedium (water) tot het benodigde niveau. Dit kan centraal, door een collectieve warmtepomp, waarna het warme water op hogere temperatuur naar de woning wordt gebracht. Het verhogen van de watertemperatuur kan ook met een warmtepomp in de woningen zelf.

5.1.6 Piekvoorziening

Wanneer de warmtevraag op een bepaald moment hoog is, bijvoorbeeld op een koude winterdag, kan het voorkomen dat de warmtebron alleen niet voldoende vermogen heeft om aan de vraag te voldoen. In dat geval worden de warmtebuffers aangesproken en in het uiterste geval ook de piekvoorzieningen. Zo'n piekvoorziening bestaat bijvoorbeeld uit gasketels of elektrische boilers (e-boilers), die tijdelijk extra warmte kunnen leveren om aan de verhoogde vraag te voldoen.

5.2 Verdieping op verschillende warmtebronnen

Er zijn verschillende aardgasvrije warmtetechnieken en -bronnen. In deze paragraaf zullen deze worden toegelicht en of deze een mogelijke oplossing zijn voor Diemen.

5.2.1 Restwarmte

Restwarmte is warmte die vrijkomt als bijproduct van industriële of bedrijfsmatige processen. Vaak wordt een deel van deze warmte gebruikt, maar blijft er ook een deel over dat het bedrijf niet zelf kan gebruiken. Restwarmte wordt momenteel meestal geloosd in de lucht of oppervlaktewater, maar kan uiteraard goed worden gebruikt om gebouwen/huizen mee te verwarmen.

Datathermie

In de gemeente Diemen bestaat de mogelijkheid gebruik te maken van restwarmte uit datacenters, ook wel datathermie genoemd. Datathermie komt vrij door het koelen van de computerapparatuur (servers) in datacenters. Het water koelt de server, warmt daarbij zelf op en die warmte kan gebruikt worden. Met het datacenter van Switch aan de Treubweg heeft de gemeente inmiddels een intentieovereenkomst gesloten voor de levering van warmte. Ook heeft de gemeente Diemen met het datacenter Equinix in Sciencepark in Amsterdam een intentieovereenkomst gesloten voor het verwarmen van gebouwen. De centrale van Vattenfall doorloopt zijn eigen verduurzamingstraject en is daarom geen onderdeel van het warmteprogramma.

Aquathermie

Aquathermie is warmte die gewonnen wordt uit het water. Er zijn drie typen waterbronnen die onderzocht worden: drinkwater, afvalwater en oppervlaktewater. De afkortingen die hiervoor worden gebruikt zijn:

- thermische energie uit drinkwater (TED);
- thermische energie uit afvalwater (TEA);
- thermische energie uit oppervlaktewater (TEO).

Drinkwater (TED)

Door middel van een warmtewisselaar kan er warmte uit drinkwater worden gehaald. In Diemen wordt dit ook gedaan in Plantage de Sniep Noord en Zuid. In deze buurten worden gebouwen deels al verwarmd en gekoeld via de drinkwaterleiding. Er wordt niet verwacht dat er nog grote potentie is om nog veel meer warmte uit drinkwater te winnen. Om deze reden wordt dit niet meegenomen in het warmteprogramma en het MER.

Afvalwater (TEA)

In rioolwaterzuiveringen is het mogelijk warmte te winnen uit afvalwater. Afvalwater heeft een stabiele temperatuur van 10 - 15 graden en maakt daarmee warmtewinning in de winter mogelijk. In Diemen is er geen rioolwaterzuiveringsinstallatie aanwezig, daarom wordt deze techniek niet meegenomen.

Oppervlaktewater (TEO)

Met een warmtewisselaar kan er warmte of koude uit oppervlaktewater, zoals een rivier, meer of kanaal worden gehaald. Dit kan met een open of gesloten systeem. Bij een open systeem wordt het gefilterde oppervlaktewater de installatie ingepompt en bij een gesloten systeem ligt de warmtewisselaar in het oppervlaktewater. In Diemen is er voldoende oppervlaktewater voor deze techniek, het Amsterdam-Rijnkanaal en de Weespertrekvaart bieden potentie voor aquathermie uit oppervlaktewater. Aangezien in de winter de warmteopbrengst van TEO het laagst is terwijl de warmtevraag dan het hoogst is, is voor deze warmtebron seizoensopslag essentieel. Dit is mogelijk door warmte in de bodem op te slaan hetgeen uiteraard een geheel eigen installatie noodzakelijk maakt.

5.2.2 Warmte uit de bodem

Geothermie

Geothermie, ook wel aardwarmte genoemd, is het gebruik van warmte uit de ondergrond voor het verwarmen van gebouwen. In de ondergrond is de temperatuur hoger dan op het aardoppervlak en diep in de ondergrond bevindt zich warm water in (poreuze) zand- en gesteentelagen. Geothermie wordt gewonnen via boringen naar lagen waarin heet water of stoom aanwezig is. Aardwarmte varieert in beschikbaarheid afhankelijk van de locatie en de diepte van de geothermische bronnen.

Het uitvoeren van geothermische boringen duurt ongeveer zes maanden. Warmte wordt gewonnen met twee boorputten op dezelfde locatie: één voor het oppompen van heet water (productieput) en één voor het terugbrengen van afgekoeld water (injectieput) (samen een doublet genoemd). Ondergronds lopen de boringen geleidelijk schuin af, zodat hun diepste punten 1,5 tot 2 kilometer van elkaar verwijderd liggen.

Geothermie in reservoirs tot 1.500 meter diep heet ook wel ondiepe geothermie: dit is geschikt voor warmtesystemen vanaf minstens circa 500 - 1.000 woningen met vraag naar lage temperaturen ($<45^{\circ}\text{C}$). Geothermie in reservoirs tussen 1.500 - 4.000 meter wordt diepe geothermie genoemd: dit is geschikt voor een warmtevraag met een hogere temperatuur ($40 - 120^{\circ}\text{C}$) en voor bebouwing op grotere schaal (circa 3.000 - 6.000 wooneenheden). Geothermie in reservoirs dieper dan 4.000 meter bevindt zich het domein van ultradiepe geothermie: door de hoge temperaturen ($>150^{\circ}\text{C}$) geschikt voor de productie van stoom, bijvoorbeeld voor elektriciteitsopwekking en de industrie. In Diemen is er mogelijk potentie voor diepe geothermie, hier wordt in de omgeving momenteel onderzoek naar gedaan.

5.2.3 Warmteopslag

WKO

In een Warmte Koude Opslag (WKO) wordt in de zomer warmte opgeslagen in de bodem in een watervoerende laag. In de winter wordt dit warme water opgepompt om te verwarmen. Andersom, wordt in de winter koude opgeslagen, wat in de zomer kan worden gebruikt om te koelen. Een WKO bevindt zich meestal tussen de 50 en 250 meter diep en slaat water van maximaal 25°C op. WKO's vormen een efficiënte en effectieve methode om warmte en koude op te slaan en bieden daarmee ook mogelijkheden voor Diemen. Een WKO is pas efficiënt bij toepassing voor gehele warmtenetten met vele afnemers (tientallen). En daarmee is een WKO dus niet hetzelfde als een bodemlus voor een warmtepomp van een woning.

Hoge temperatuuropslag

Hoge temperatuuropslag (HTO) is een vorm van energieopslag waarbij overtollige warmte uit geothermie of restwarmte in de ondergrond wordt opgeslagen. De warmte wordt opgeslagen in waterdoorlatende zandsteenlagen in de ondergrond, op een diepte van circa 500 meter. Dit type opslag is anders dan een WKO, omdat de temperatuur hoger ligt. Daarnaast kunnen grotere hoeveelheden warmte worden opgeslagen. Bij het opstarten van een HTO-systeem is de efficiëntie aanvankelijk laag, maar na ongeveer vier jaar neemt deze toe, doordat de opslag van warmte en koude zich heeft opgebouwd en het omringende gesteente als geïsoleerde buffer fungeert.

5.2.4 Elektrische warmte

Warmtepomp

Een warmtepomp gebruikt elektriciteit om warmte aan een medium (lucht, water of de bodem) te onttrekken en die warmte naar een hogere temperatuur op te waarden. Daarmee werkt een warmtepomp efficiënt: relatief weinig elektriciteit is nodig om veel bruikbare warmte te leveren. Individuele systemen bedienen doorgaans één woning; collectieve systemen kunnen meerdere woningen of gebouwen voorzien. Individuele systemen hebben als bijkomend voordeel dat ze twee kanten op functioneren en dus zowel verwarmen als koelen. De verhouding tussen geproduceerde warmte en verbruikte elektrische energie - uitgedrukt als percentage - wordt de energieprestatie genoemd, ofwel 'Coefficient of Performance' (COP). Warmtepompen kunnen CoP's halen van 400 %. Dit betekent dat 1 kWh stroomverbruik 4 kWh toegevoegde warmte in de woning oplevert.

Bij luchtgebonden systemen (lucht-water-warmtepomp) wordt warmte uit de buitenlucht gehaald; de prestatie (COP) van deze systemen daalt naarmate de buitentemperatuur lager wordt. Bodem- en watergebonden warmtepompen onttrekken warmte uit de bodem. Omdat de temperatuur van deze bronnen door het jaar minder sterk variëren, hebben ze doorgaans een constantere en hogere COP.

Elektroboiler

Een elektroboiler is een apparaat dat met elektriciteit water verwarmt en opslaat in een geïsoleerd vat. Het werkt vergelijkbaar met een waterkoker, waarmee stroom wordt omgezet in warmte. Voor pieklast zijn E-boilers zeer geschikt. Pieklasten treden bijvoorbeeld op bij langdurig koud weer.

5.2.5 Warmte uit gas

Duurzaam gas is een hernieuwbare energiebron die op verschillende manieren kan worden geproduceerd en gebruikt, met als doel de impact op het milieu te minimaliseren.

Biogas en groen gas

Biogas wordt gewonnen uit organisch afval en groen gas bestaat uit opgewaardeerd biogas met een kwaliteit die vergelijkbaar is met aardgas. Groen gas kan gebruikt worden in het huidige aardgasnetwerk met enige aanpassingen om huizen te verwarmen met de huidige Cv-ketels. De beschikbaarheid van groen gas is laag en wordt daarom niet meegenomen in het warmteprogramma en het MER. De RES Noord-Holland Zuid geeft aan dat groen gas voor veel buurten geen realistische optie is en alleen beschikbaar komt in wijken waar een alternatief niet haalbaar is (bron: Noord-Holland Energie Regio, 2021). Dit is niet het geval in Diemen en daarom wordt groen gas dus niet meegenomen.

Waterstof

Een andere mogelijkheid voor duurzaam gas is waterstof. Dit wordt geproduceerd door elektrolyse met hernieuwbare energiebronnen. Momenteel is de beschikbaarheid van waterstof voor verwarming van huizen te laag om dit te zien als een realistische optie voor de komende jaren.

5.3 Hoe het warmtesysteem van Diemen eruit kan zien

In paragraaf 5.2 zijn verschillende mogelijke warmtebronnen toegelicht. Er is geconcludeerd dat voor Diemen datathermie, aquathermie uit oppervlaktewater, geothermie, opslag in de bodem en bodem- en lucht-water-warmtepompen geschikt zijn. De toepassing van deze bronnen is echter ook nog sterk afhankelijk van de woningvoorraad. In deze paragraaf worden deze twee thema's verder aan elkaar gekoppeld om te beschrijven welke systeemopties voor Diemen realistisch zijn.

Er zijn verschillende warmtesystemen in Diemen mogelijk. In deze paragraaf zullen deze worden toegelicht aan de hand van de beschikbare bronnen, isolatie van huizen en de mogelijke transportsystemen.

5.3.1 Bronnen

De collectieve warmtebronnen die in en rondom Diemen aanwezig zijn, zijn geothermie van verschillende diepteniveaus, restwarmte van datacenters, warmte uit oppervlakte- en drinkwater (zie ook tabel 5.1). Daarnaast zijn er verschillende individuele mogelijkheden, de lucht-water-warmtepomp en bodemwarmtepomp.

Tabel 5.1 Overzicht van potentiële collectieve warmtebronnen

Type bron	Bron	Temperatuurniveau voor/na opwaardering (°C)
aardwarmte	geothermie	82
restwarmte	datacenter aan de Treubweg	25 / 70
	datacenter Sciencepark Amsterdam	25 / 70
aquathermie	aquathermie Amsterdam-Rijnkanaal en de Weespertrekvaart	20 / 70

5.3.2 Transport

Voor gebruik van collectieve bronnen zoals geothermie, datathermie en aquathermie is een warmtenet nodig om de warmte van de bron naar de gebouwen te transporteren. Een warmtenet verbindt meerdere warmtebronnen en gebruikers binnen een stedelijk of gebiedsgericht netwerk. De volgende categorieën warmtenetten worden onderscheiden op basis van (aanvoer)temperaturen:

- hoge-temperatuurwarmtenetten (HT-warmtenetten) hebben een aanvoertemperatuur van circa 90 °C;
- midden-temperatuurwarmtenetten (MT-warmtenetten) hebben een aanvoertemperatuur van circa 70 °C;
- lage-temperatuurwarmtenetten (LT-warmtenetten) met aanvoertemperaturen van 30 - 55 °C;
- zeer-lage-temperatuurwarmtenetten (ZLT-warmtenetten) met aanvoertemperaturen van 10 - 30 °C.

De keuze voor een bepaalde categorie warmtenet, hangt af van de beschikbare warmtebronnen en daarnaast van warmtebehoefte/isolatie-niveau van de aan te sluiten gebouwen. In tabel 5.1 is weergegeven dat er in Diemen bronnen beschikbaar zijn van zeer lage temperatuur en midden temperatuur. Deze categorieën warmtenetten zullen dan ook verder worden onderzocht. HT-warmtenetten worden niet verder onderzocht.

5.3.3 Isolatie van huizen

Het energielabel van een woning is een indicatie van de mate van isolatie ervan. In Diemen zijn vooral warmtebronnen met een lage temperatuur beschikbaar. Het opwaarderen tot een HT-net is niet nodig om de meeste huizen van een comfortabele binnentemperatuur te voorzien, omdat de huizen meestal een label D of hoger hebben. Daarom wordt een HT-net niet onderzocht.

Voor de toepassing van een LT-warmtenet, een ZLT-warmtenet of een individuele bodem- of lucht-water-warmtepomp moeten de woningen minimaal beschikken over een isolatieniveau dat overeenkomt met energielabel B. Dit aspect van energielabel B houdt in dat de gebouwschil, waaronder gevels, daken, vloeren en glas, voldoende moet zijn geïsoleerd om warmteverlies te beperken en zo bij te dragen aan een comfortabele binnentemperatuur. Isolatiemaatregelen vragen om ventilatiemaatregelen, omdat natuurlijke ventilatie via kieren verdwijnt. Mechanische ventilatie of ventilatieroosters zorgen dan voor voldoende frisse en gezonde lucht in het gebouw.

5.3.4 Opslag

Bij het gebruik van warmtenetten in Diemen is warmteopslag nodig. In het MER worden WKO en HTO beschouwd als mogelijke warmteopslag technieken. Hoe deze technieken kan worden ingezet is verder uitgewerkt in hoofdstuk 7.

6

ONDERZOEKSAANPAK

6.1 Beoordelingskader

In tabel 6.1 is beschreven welke milieuthema's worden onderzocht en met welke methode. Een thema bestaat uit één of meerdere aspecten. Per aspect is een indicator vastgesteld waarop in de MER een onderzoek wordt gedaan (kwantitatief, semi-kwantitatief of kwalitatief). Hierbij wordt met semi-kwantitatief bedoeld dat gebruik wordt gemaakt van kengetallen (bijvoorbeeld bestaande normen en richtafstanden) om de effecten te bepalen. De effecten worden beoordeeld over de aanleg- en gebruiksfase (verschillend per aspect) afhankelijk van de ingrepen. Ook wordt er in de beoordelingskaders aangegeven of het effect plaatsvindt in de buurt of bij de bron.

Tabel 6.1 Beoordelingskader en beoordelingsmethode

Thema	Aspect	Indicator	Fase	Beoordeling
geluid, trillingen en EMV	geluidshinder	toename geluidsbelasting	aanleg- en gebruiksfase	semi-kwantitatief
	geïnduceerde seismiteit en trillingen	hinder of schade door trillingen	aanleg- en gebruiksfase	semi-kwantitatief
	elektromagnetische velden	toename hinder door elektromagnetische velden	gebruiksfase	semi-kwantitatief
bodem en water	bodemkwaliteit	impact op de biologische, chemische en fysische bodemkwaliteit en de diepere ondergrond en op bodemleven in de leeflaag	aanleg- en gebruiksfase	kwalitatief
	drinkwater	impact op beschermingsgebieden en kwaliteit van het drinkwater in nabijgelegen leidingen	gebruiksfase	kwalitatief
	oppervlaktewater	thermisch effect op waterleven	gebruiksfase	semi-kwantitatief
	grondwater	de hydrologische en thermische impact op grondwater	aanleg- en gebruiksfase	semi-kwantitatief
	risico op zettingen	mate van inklinking van bodem	aanleg- en gebruiksfase	semi-kwantitatief
	ondergronds ruimtegebruik	inpasbaarheid in de ondergrond	aanleg- en gebruiksfase	semi-kwantitatief
lucht	luchtkwaliteit	uitstoot van fijnstof (PM10, PM2.5) en stikstofoxide (NO _x)	aanlegfase	semi-kwantitatief
natuur en biodiversiteit	beschermde gebieden (Natura2000, NNN, weidevogelgebieden)	impact op instandhoudingsdoelstellingen N2000, en kernkwaliteiten NNN en overige gebieden	aanleg- en gebruiksfase	kwalitatief

Thema	Aspect	Indicator	Fase	Beoordeling
natuur en biodiversiteit	beschermde soorten	impact op beschermde soorten	aanleg- en gebruiksfase	Kwalitatief
circulariteit	circulair materiaalgebruik	hergebruik bestaand materiaal	aanlegfase	kwalitatief
	totaal materiaalgebruik	mate waarin (kritische) materialen benodigd zijn	aanlegfase	kwalitatief
ruimtelijke kwaliteit	zichtbaarheid en beleving	effect op gebruikswaarde en belevingswaarde	gebruiksfase	kwalitatief
	bovengronds ruimte gebruik	totaal benodigd bovengronds ruimtegebruik en inpasbaarheid in de openbare ruimte	gebruiksfase	semi-kwantitatief
verkeer	verkeershinder	mate van verkeershinder voor gemotoriseerd verkeer, fietser en voetgangers	aanlegfase	kwalitatief
erfgoed	archeologische waarden	behoud archeologische waarden	aanlegfase	kwalitatief
	cultuurhistorische en monumentale waarden	behoud cultuurhistorische waarden	gebruiksfase	kwalitatief
hittestress en koeling	effect van warmteopwekking of koeling op hittestress	mate van verandering in hittestress in verschillende wijken na introductie alternatieve warmtetechniek	gebruiksfase	semi-kwantitatief
veiligheid	externe veiligheid	effect van techniek op externe veiligheid	aanleg- en gebruiksfase	kwalitatief

6.2 Methodiek op hoofdlijnen

Voor het onderzoeken van de milieueffecten worden de volgende stappen doorlopen:

- 1 ophalen wet- en regelgeving;
- 2 beschrijven referentiesituatie;
- 3 vaststellen ingreep-effectrelaties;
- 4 effectbeoordeling van de ingreep-effectrelaties per alternatief;
- 5 effectenanalyse op buurniveau;
- 6 mitigerende maatregelen, leemten in kennis en monitoringsadvies.

De individuele stappen worden hieronder verder beschreven.

6.2.1 Wet- en regelgeving

De eerste stap is het ophalen van de relevante wet- en regelgeving. Aangezien dit een plan-MER is, worden in dit document de mogelijke aandachtspunten van de effecten op basis van de kaders van de geldende wet- en regelgeving beschreven.

6.2.2 Beschrijven referentiesituatie

De referentiesituatie omvat zowel de huidige situatie als de autonome ontwikkelingen van de komende 20 à 25 jaar, die zouden plaatsvinden zonder het voorgenomen programma. De referentiesituatie dient als een vergelijkingsbasis voor de milieueffecten. Hierdoor wordt het inzichtelijk wat de invloed van het warmteprogramma op de milieueffecten is.

Het doel van het vaststellen van een referentiesituatie is om de effecten van het warmteprogramma op de omgeving te beoordelen in vergelijking met de situatie zoals die zou voortduren zonder ingrijpen.

6.2.3 Ingreep-effectrelaties vaststellen

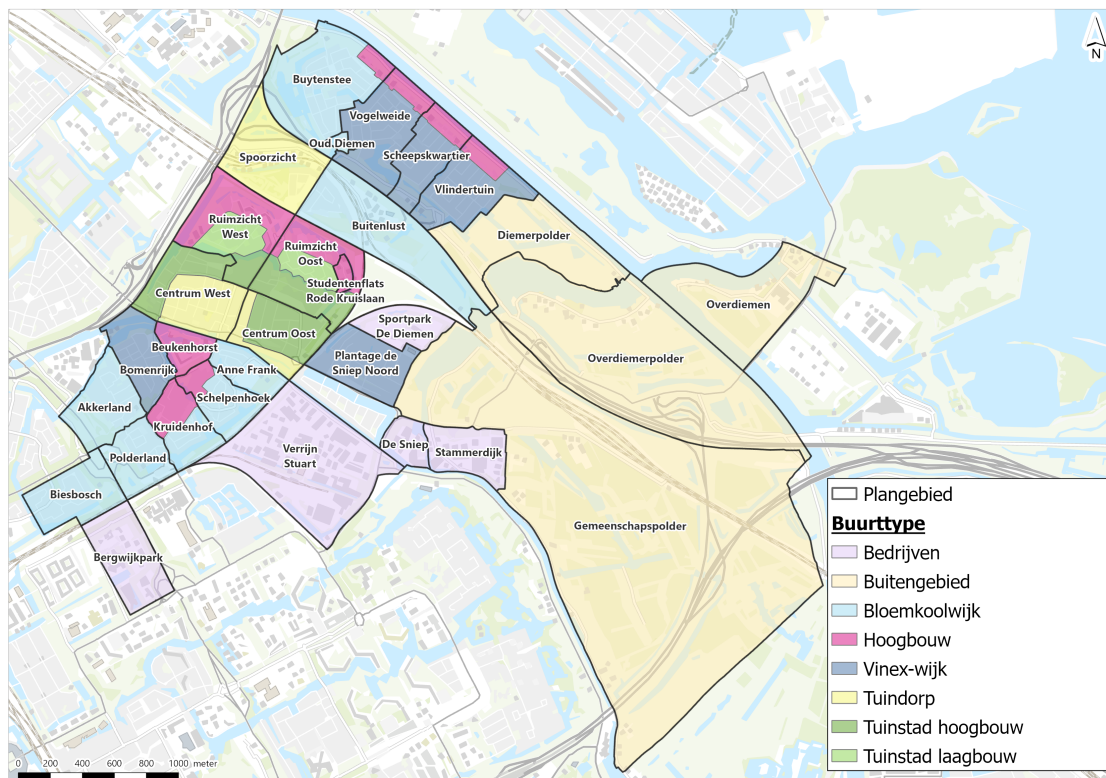
De verschillende alternatieven bestaan uit verschillende ingrepen. Voor een warmtenet moet bijvoorbeeld een straat worden open gegraven. Dit heeft bijvoorbeeld tijdelijk effect door hinder van het verkeer of zorgt voor minder ruimte in de ondergrond. Een ander voorbeeld van een ingreep is het plaatsen van een warmtepomp. Dit heeft als effect dat dit tijdens gebruik kan leiden tot geluidshinder. Op deze manier wordt er voor elke ingreep vastgesteld welke effecten dit heeft op de aspecten uit tabel 6.1.

6.2.4 Buurtypologie

Om het onderzoek van de alternatieven in Diemen te versimpelen, worden de buurten uit het plangebied ingedeeld in buurttypen. Bij de door ons toegepaste buurttypologie worden buurten ingedeeld in typen op basis van uiterlijke kenmerken, zoals de inrichting en de tijdperiode. Deze typologie komt uit de klimaateffect-atlas [\[Stichting Climate Adaptation Services, 2025\]](#), en is onder andere gebruikt in het plan-MER voor het warmteprogramma van de gemeente Utrecht [\[Antea Group, 2025\]](#). Dit MER gebruikt ook deze aanpak met de buurttypologie. De types die te vinden zijn in het plangebied zijn weergegeven in afbeelding 6.1. Voor een aantal buurten hebben we deze buurten gesplitst, omdat er verschillende buurttypen voorkomen in één buurt en hebben we de deze op postcode 6 niveau ingedeeld. Dit geldt voor de buurten: Buytenstee, Vogelweide, Scheepskwartier, Vlindertuin, Ruimzicht West, Ruimzicht Oost, Centrum West, Centrum Oost, Schelpenhoek en Kruidenhof.

De milieuthema's waar we de beoordeling op buurttypologie hebben gedaan zijn de thema's geluid, ondergronds ruimtegebruik en zichtbaarheid en beleving.

Afbeelding 6.1 Buurtypen in Diemen



Locatiespecifieke beoordeling

Voor enkele milieuthema's hebben we een locatiespecifieke beoordeling uitgevoerd. Bij deze thema's zijn de bouwfysische kenmerken die de buurttypen bepalen minder relevant. Hier zijn vooral de ruimtelijke ligging en de directe omgevingscondities van een wijk bepalend. Voor de thema's bodemkwaliteit, luchtkwaliteit, bovengronds ruimtegebruik, verkeer, en hittestress en koeling is deze locatiespecifieke beoordeling gedaan.

6.2.5 Effectbeschrijving en -beoordeling per alternatief

Er wordt een beoordelingsschaal opgesteld, zoals in tabel 6.2. Dit geeft een score tussen zeer positief (++) en zeer negatief (--). In de tweede kolom wordt er beschreven wanneer een score wordt toegekend. In deze fase wordt er per alternatief een beoordeling gegeven.

Tabel 6.2 Beoordelingsschaal milieueffecten ten opzichte van de referentiesituatie

Score	Toelichting
++	zeer positief effect; sterke verbetering ten opzichte van de referentiesituatie
+	positief effect; verbetering ten opzichte van de referentiesituatie
0	neutraal; geen of nauwelijks verandering ten opzichte van de referentiesituatie
-	negatief effect; verslechtering ten opzichte van de referentiesituatie
--	zeer negatief effect; sterke verslechtering ten opzichte van de referentiesituatie

6.2.6 Effectenanalyse op buurniveau

In deze fase, worden de effecten van de ingrepen die de alternatieven vereisen beschreven. De effecten van de verschillende alternatieven worden gespecificeerd op de buurttypen, aangezien effecten voor bepaalde buurttypen groter zullen zijn dan voor andere. Dit zorgt voor een overzicht van alle effecten per alternatief per buurt.

6.2.7 Mitigerende maatregelen

Indien er negatieve of zeer negatieve effecten optreden, is het mogelijk mitigerende maatregelen toe te passen. Mitigerende maatregelen kunnen negatieve milieueffecten voorkomen, beperken of vermijden.

6.2.8 Leemten in kennis

Leemten in kennis zijn kennishiaten of onzekerheden in de beschikbare informatie om de milieueffecten volledig te kunnen beoordelen. In het MER wordt daarom aangegeven waar kennis ontbreekt en welke aannames er zijn gedaan.

6.2.9 Advies voor monitoring

Uit een MER kan blijken dat de toekomstige milieueffecten of de effectiviteit van mitigerende maatregelen niet volledig voorspelbaar zijn. Daarom kan worden voorgesteld om na de realisatie van het project monitoring uit te voeren. Hiermee kunnen de werkelijke effecten worden gevolgd en kan worden vastgesteld of bijsturing of aanvullende maatregelen nodig zijn om ongewenste milieueffecten te voorkomen of te beperken.

6.3 Alternatieven voor Diemen

Een groot deel van de Diemense woonvoorraad is goed geïsoleerd of bevindt zich in een aanpakfase om de isolatie te verbeteren. Hierdoor zal een MT-warmtenet voldoende warmte kunnen leveren en zal het niet nodig zijn om veel woningen op hoge temperatuur te verwarmen. Om deze reden worden voor collectieve systemen alleen warmtenetten onderzocht op basis van middentemperatuur of zeer lage temperatuur.

In de MER van Diemen worden drie alternatieven onderzocht die weer uit 2 of 3 varianten bestaan. Deze alternatieven geven de bandbreedte van de mogelijke milieueffecten van warmteoplossingen weer. De alternatieven zijn weergegeven in tabel 6.3.

Tabel 6.3 Alternatieven voor MER warmteprogramma Diemen

Alternatief	MT-Warmtenet			ZLT-Warmtenet		Warmtepomp	
	geo-thermie	data-thermie	aqua-thermie	data-thermie	aqua-thermie	bodem-warmtepomp	lucht-water-warmtepomp
variant							

In de bovenstaande alternatieven wordt onderscheid gemaakt tussen een MT-warmtenet en een ZLT-warmtenet. Bij een MT-warmtenet wordt de warmte bij de bron opgewaardeerd door een centrale warmtepomp naar 70 °C. Bij een ZLT-warmtenet wordt dit gedaan bij de woning met een individuele warmtepomp. Door de verschillende soorten technieken en temperatuurniveaus in het transport, zullen verschillende warmtenetten dus uiteenlopende milieueffecten hebben. Hoe hoger het temperatuurniveau in een warmtenet, hoe hoger de warmteverliezen. Daarom worden temperatuurniveaus zo laag mogelijk gekozen. De meeste woningen in Diemen zijn dermate goed geïsoleerd dat HT-warmtenetten niet nodig zijn en niet worden overwogen in het warmteprogramma. LT-netten worden buiten beschouwing gelaten in de MER aangezien de milieueffecten niet onderscheidend zijn van de onderzochte alternatieven.

Als een warmtenet niet haalbaar blijkt te zijn, biedt een individuele warmtepomp een alternatief. Daarnaast is een aansluitingspercentage van 100 % niet realistisch wanneer er voor een warmtenet wordt gekozen, waardoor er altijd individuele woningen in de buurt met een warmtepomp zullen worden verwarmd. Door bodem- en lucht-water-warmtepompen mee te nemen als alternatief in het MER, worden de mogelijke milieugevolgen van deze individuele oplossingen in kaart gebracht.

6.3.1 Trechters van alternatieven

Met drie alternatieven voor elke buurt zorgt dit voor een groot aantal alternatieven voor de hele gemeente. Voor het buitengebied (Overdiemen, Overdiempolder, Gemeenschapspolder en Diempolder) is het echter al duidelijk dat een warmtenet niet haalbaar is. De gebouwdichtheid is laag, waardoor in deze buurten de aanleg van een warmtenet geen geschikt alternatief is (bron: TKI Urban Energy, 2020). Voor de volledigheid zijn wel alle alternatieven, inclusief de individuele oplossingen, onderzocht.

In Ruimzicht West en Ruimzicht Oost ligt al een warmtenet. Individuele warmteoplossingen zijn hier dus geen kansrijke oplossing en hierdoor zullen voor deze buurten slechts warmtenetten (MT-warmtenet en ZLT-warmtenet) worden onderzocht. Voor de volledigheid zijn wel alle alternatieven, inclusief de individuele oplossingen, onderzocht.

7

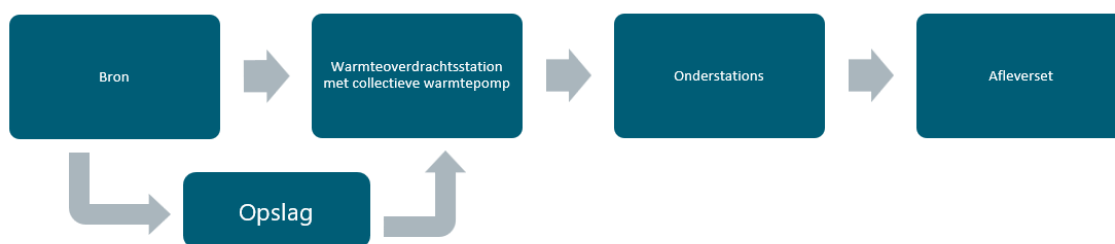
TOELICHTING ALTERNATIEVEN

In dit hoofdstuk, wordt een inhoudelijke beschrijving gegeven van de verschillende alternatieven. Om de milieueffecten te onderzoeken, zijn de systeemonderdelen van de alternatieven uitgewerkt. Op basis van de startanalyse en model vraagprofiel heeft Diemen een warmtevraag van circa 500.000 GJ/jaar [[Startanalyse. 2025](#)]. Dit kan worden onderverdeeld in een basislast, middenlast en pieklast. Op basis van deze aannames zijn de systemen die nodig zijn voor de alternatieven uitgewerkt, die hieronder worden beschreven. Daarnaast zijn er voor de systemen die deel uitmaken van de alternatieven, aannames gedaan om de milieueffecten in kaart te kunnen brengen. De uitgangspunten van deze systemen met bronvermelding staan beschreven in bijlage I.

7.1 MT-warmtenet

Bij een MT-warmtenet wordt warm water vanuit de bron naar de huizen getransporteerd. Dit gebeurt met warm water van ongeveer 70 °C. Onder elke straat komt een leiding te liggen, eigenaren kiezen zelf of ze wel of geen aansluiting nemen op het warmtenet.

Afbeelding 7.1 MT-warmtenet systeem



7.1.1 Bronnen

Diverse bronnen kunnen warmte leveren aan het MT-warmtenet. Deze worden in 7.1.2 tot en met 7.1.4 verder besproken.

Transport

Er wordt uitgegaan van een twee-pijps warmtenet waarbij de leidingen variëren in doorsnede, afhankelijk van de te transporteren warm water per tijdseenheid. Uit een haalbaarheidsstudie van de gemeente blijkt dat transportleidingen met een diameter van 30 centimeter voldoende zijn voor Diemen.

Warmteoverdrachtsstation

In het warmteoverdrachtsstation (WOS) wordt de warmte van de transportleidingen overgedragen naar de hoofdleidingen op gemeente- of buurniveau. Ook wordt hier de temperatuur en de druk van het MT-warmtenet geregeld. In het WOS zijn een regelsysteem, warmtewisselaars en pompen aanwezig.

Onderstations MT-warmtenet

Onderstations worden via een transportleiding gevoed door warmteoverdrachtstations. Vanuit het onderstation worden ca 500 woningen in de buurt/wijk voorzien van warmte. Een onderstation omvat een pomp- en piekinstallatie en regeltechniek. In Diemen zijn circa 34 onderstations benodigd voor een MT-warmtenet.

Transformatorhuisjes

Vanwege de groeiende elektriciteitsvraag, moeten meer transformatorhuisjes worden geplaatst door Liander. Door elektrische ontwikkelingen in Diemen, zoals elektrische auto's, elektrisch koken en zonnepanelen, zijn er 60 transformatorhuisjes nodig in Diemen voor het leveren van voldoende elektriciteit. Deze zijn onderdeel van de referentiesituatie. Het uitgangspunt van dit MER is dat voor het MT-warmtenet geen extra transformatorhuisjes nodig zijn.

Woning

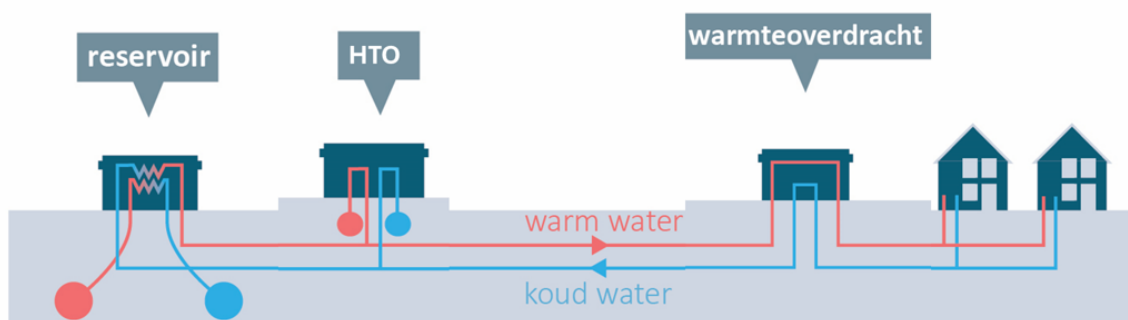
Bij een MT-warmtenet wordt warmte aan de woning geleverd voor ruimteverwarming en tapwater. Er is bij iedere aangesloten woning een wordt een afleverset geïnstalleerd om warmte af te leveren aan de woning. Aan te sluiten woningen, moeten een energielabel hebben van D of hoger om een comfortabele binnentemperatuur te kunnen realiseren met een MT-warmtenet. De afgifte van warmte kan via de bestaande radiatoren of vloerverwarming. Bij appartementen met een collectieve Cv-ketel kan een collectieve afleverset worden geplaatst. Wanneer elk appartement een eigen Cv-ketel heeft moet iedere de cv-installatie worden aangesloten met aanvoer- en retourleidingen op het centrale warmtesysteem van het gebouw.

7.1.2 Geothermie

In de Metropoolregio Amsterdam (inclusief Diemen), wordt sinds september 2025 seismisch onderzoek gedaan naar de mogelijkheden voor het realiseren van geothermiebronnen ten behoeve van CO₂-vrije verwarming van gebouwen/woningen.

Onderzoek toont aan dat in de buurt van Diemen geothermie een temperatuur kan leveren van circa 82 °C [SCAN, 2024]. In de geothermie-energiecentrale stroomt het opgepompte warme water door een warmtewisselaar, waarmee het water voor het warmtenet wordt opgewarmd. Een eerder onderzoek wees een potentie van 0 - 20 MWth uit in Noord-Holland, met grote onzekerheid [IF Technology, 2022]. In dit onderzoek is uitgegaan dat één geothermiedoublet voldoende warmte levert voor verwarming van circa 6000 woningen.

Afbeelding 7.2 Geothermie MT-warmtenet systeem



Warmteoverdrachtstation (WOS)

Voor dit systeem is één WOS nodig om de warmte van de geothermiecentrales en de opslag over te dragen op de hoofdleiding die de warmte distribueert naar de onderstations. Bij de WOS wordt uitgegaan van een warmtetemperatuur van circa 75 °C. Een WOS zal in het algemeen nabij de geothermiecentrale worden gerealiseerd, maar wel binnen de grenzen van gemeente Diemen. Een WOS heeft typisch een oppervlakte van circa 1.230 m².

Opslag

Om de warmte uit de geothermiebron op te slaan, is een HTO-opslag nodig. Eén HTO-systeem heeft een levercapaciteit van circa 4,5 MW (De Vlieger et al., 2020). De opslag levert de middenlast en dit betekent dat er voor Diemen 3 HTO's nodig zijn bij gebruik van geothermie in de gehele gemeente.

Piekvoorziening

Indien de warmtecapaciteit van de geothermie-installatie en HTO samen niet volstaan op momenten van piekvraag, wordt de piekvoorziening ingezet. Hierbij kan gebruik worden gemaakt van E-boilers in de onderstations.

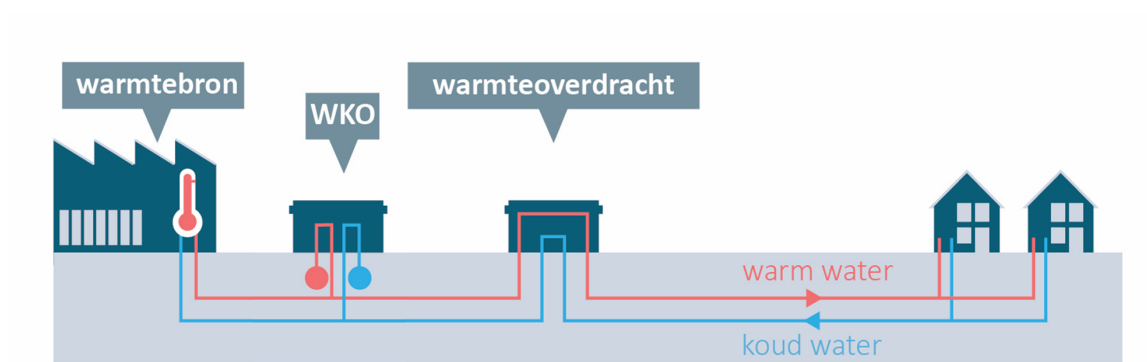
Tabel 7.1 Ruimtegebruik geothermie MT-warmtenet

Onderdeel systeem	Temperatuur (°C)	Aantal	Oppervlakte (m ²)	Totaal (m ²)
geothermie boorlocatie doubletten	82	3	8.400	8.400
geocentrale	-	1	3.600	3.600
HTO	-	3	3	9
WOS	75	1	1.230	1.230
piekvoorziening E-boiler in onderstations	-	34	3	105
onderstations inclusief e-boilers	-	34	35	1.190
individuele afleversets	70	16.850	0,12	2.020

7.1.3 Datathermie

In en nabij Diemen zijn enkele datacenters. Uit deze datacenters komt het hele jaar restwarmte vrij. De temperatuur van de restwarmte uit deze datacenters is 28 - 30 °C. Het datacenter van Switch aan de Treubweg heeft een vermogen van 9 MW en het datacenter Equinix in Sciencepark in Amsterdam heeft een potentie van 10 MW.

Afbeelding 7.3 Datathermie MT-warmtenet systeem



Warmteoverdrachtstation (WOS)

De warmte afkomstig van het datacenter wordt in een warmteoverdrachtstation opgewaardeerd met warmtepompen tot 75 °C. Deze warmtepompen leveren extra thermisch vermogen van 3 MW boven op het vermogen van het datacenter. Daarmee heeft de WOS van het datacenter Switch een (thermisch) vermogen van 12 MW-th en die van Equinox 13 MW-th.

Net als een WOS van geothermie is er ook een regelsysteem en warmtedistributiepompen aanwezig. Door de aanwezigheid van een warmtepomp is een WOS voor datathermie een stuk groter dan bij geothermie. In het MER wordt ervan uitgegaan dat de warmteoverdrachtstations voor alle datacentra (ook die buiten de gemeente) binnen de gemeentegrenzen geplaatst worden.

Opslag

Warmte uit datathermie produceert gedurende het jaar dezelfde hoeveelheid warmte. Alleen is de vraag naar warmte afhankelijk van het seizoen: in de zomer is de vraag naar warmte laag en in de winter is de vraag naar warmte hoog. Daarom wordt de overtollige warmte in de zomer opgeslagen om ook in de winter genoeg warmte te kunnen leveren. Om warmte van datathermie op te slaan worden WKO-systemen gebruikt, waarin warmte kan worden opgeslagen tot een temperatuur van hooguit 25 °C. Om genoeg warmte op te slaan voor heel Diemen zijn er 10 - 15 doubletten nodig.

Piekvoorziening

Net zoals bij geothermie, wordt er gebruikt gemaakt van elektroboilers in de onderstations om in de piekvraag te voorzien.

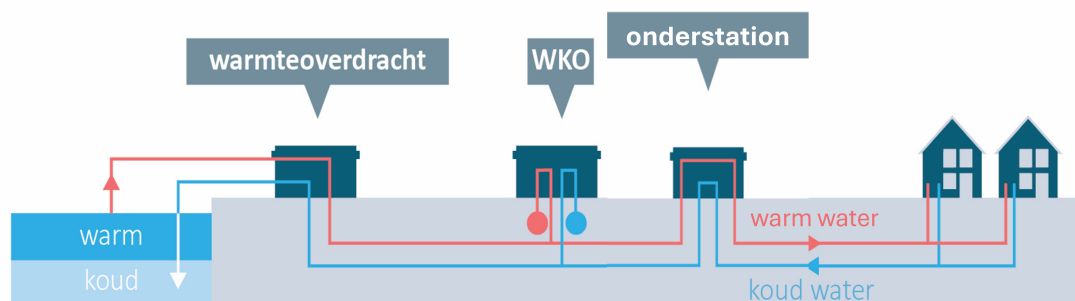
Tabel 7.2 Ruimtegebruik datathermie MT-warmtenet

Onderdeel systeem	Temperatuur (°C)	Aantal	Oppervlakte (m²)	Totaal (m²)
datacenter	28	2	-	-
WKO-doubletten	-	15	1	15
Treubweg WOS	75	1	1.150	1.150
Sciencepark WOS	75	1	1.270	1.270
piekvoorziening E-boiler in onderstations	-	34	3	105
onderstations inclusief e-boilers	-	34	35	1.190
individuele afleversets	70	16.900	0,12	2.020

7.1.4 Aquathermie

In Diemen is er potentie voor het winnen van warmte uit het Amsterdam-Rijnkanaal. Deze bron levert warmte in de zomer en heeft gedurende een periode van mei tot september een gemiddelde temperatuur van circa 20 °C [bron: [Rijkswaterstaat, 2024](#)]. Om de warmte te winnen is er een inlaatinstallatie, welke bestaat uit een warmtewisselaar en pompen, nodig. Dit systeem heeft een oppervlakte van circa 120 m² [[Callic, 2023](#)].

Afbeelding 7.4 Aquathermie MT-warmtenet systeem



Warmteoverdrachtstation (WOS)

Het WOS gevoed door een aquathermiebron bevat dezelfde onderdelen als de datathermie WOS. In het WOS worden de temperatuur en de druk van het MT-warmtenet geregeld. Zo wordt de warmte die van de aquathermie-inlaat en de opslag komt hier verder opgewaardeerd met warmtepompen tot 75 °C. De oppervlakte van het WOS voor een warmtenet voor de hele gemeente op basis van aquathermie is 2.420 m².

Opslag

In de zomermaanden wordt veel warmte opgewekt, terwijl de warmtevraag dan juist laag is. Deze overtollige warmte wordt opgeslagen om in de winter te kunnen worden gebruikt, wanneer de warmtevraag hoog is en de watertemperatuur te laag is om direct en efficiënt warmte te leveren. Hiervoor worden WKO-systemen ingezet.

Een WKO kan warmte uit aquathermie opslaan tot 25 °C. In de wintermaanden kan deze opgeslagen warmte worden ingezet als aanvullende warmtebron, wanneer directe winning uit oppervlaktewater onvoldoende rendement oplevert. Omdat aquathermie sterk seizoen afhankelijk is, is meer opslagcapaciteit nodig dan bij datathermie, die het hele jaar door een vrijwel constante warmtelevering heeft. Om voldoende warmte op te slaan zijn naar verwachting circa 30–40 WKO-doubletten nodig. Het bovengronds ruimtegebruik per WKO-systeem is 1 m².

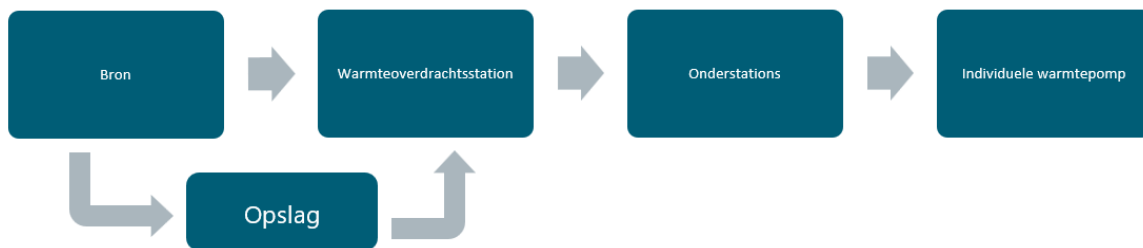
Tabel 7.3 Ruimtegebruik aquathermie MT-warmtenet

Onderdeel systeem	Temperatuur (°C)	Aantal	Oppervlakte (m ²)	Totaal (m ²)
inlaat	20	1	120	120
WKO-doubletten	-	40	1	40
WOS	75	1	2.420	2.420
piekvoorziening E-boiler in onderstations	-	34	3	110
onderstations incl. e-boilers	-	34	35	1.190
individuele afleversets	70	16.900	0,12	2.020

7.2 ZLT-warmtenet

Bij een ZLT-warmtenet wordt water met zeer lage temperatuur vanuit de bron naar de huizen getransporteerd. De temperatuur is circa 20 - 25 °C. Onder elke straat komt een leiding te liggen, bewoners kiezen zelf of ze wel of geen aftakking nemen van het warmtenet. Bij aansluiting op een ZLT-net, heeft ieder gebouw een eigen warmtepomp nodig die het water op het benodigde temperatuurniveau brengt voor ruimteverwarming en tapwater.

Afbeelding 7.5 ZLT-warmtenet systeem



7.2.1 Warmteoverdrachtstation (WOS)

In het warmteoverdrachtstation wordt de druk van het ZLT-warmtenet geregeld. In dit gebouw bevinden zich een regelsysteem, warmtewisselaars en pompen.

Transport

Voor de leidingen wordt uitgegaan van 100 DN. De temperatuur van de warmte die getransporteerd wordt is circa 30 °C.

Onderstations ZLT-warmtenet

In de onderstations voor het ZLT-warmtenet bevinden zich een pompinstallatie en regeltechniek. In Diemen zijn er 34 onderstations nodig. Bij een ZLT-warmtenet zijn geen elektroboilers nodig waardoor het oppervlakte kleiner is vergeleken met een MT-warmtenet.

Transformatorhuisjes

Vanwege de groeiende elektriciteitsvraag, moeten meer transformatorhuisjes worden geplaatst door Liander. Door elektrische ontwikkelingen in Diemen, zoals elektrische auto's, elektrisch koken en zonnepanelen, zijn er 60 transformatorhuisjes nodig in Diemen voor het leveren van voldoende elektriciteit. Deze zijn onderdeel van de referentiesituatie. Het uitgangspunt van dit MER is dat voor het ZLT-warmtenet 6 extra transformatorhuisjes nodig zijn.

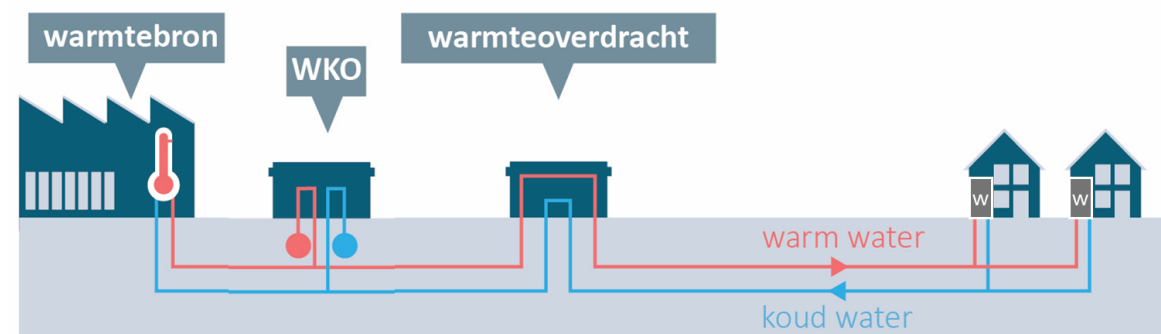
Installaties in huis

Een ZLT-warmtenet moet gezien worden als de warmtebron van woningen met een water/water-warmtepomp. Daardoor is er geen bodemlus nodig voor de warmtepomp van de woning. Verder is de warmtepompinstallatie in de woning identiek als die van een warmtepompinstallatie met bodemlus. De warmtepomp neemt circa 0,6 m², het opslagvat 0,3 m², en de boiler zo'n 0,4 m² in binnen de woning. Voor ruimteverwarming wordt de warmte opgewaardeerd tot 50 °C en de boiler waardeert de warmte op tot 60 °C voor tapwater.

7.2.2 Datathermie

In en nabij Diemen zijn enkele datacenters. Uit deze datacenters komt het hele jaar restwarmte vrij. De temperatuur van de restwarmte uit deze datacenters is 28 - 30 °C. Het datacenter van Switch aan de Treubweg heeft een vermogen van 9 MW en het datacenter Equinix in Sciencepark in Amsterdam heeft een potentie van 10 MW.

Afbeelding 7.6 Datathermie ZLT-warmtenet systeem



WOS

Een WOS van datathermie van een ZLT-warmtenet verschilt met die van een MT-warmtenet. In tegenstelling met een MT-warmtenet, is er binnen een WOS van een ZLT-warmtenet geen warmtepomp aanwezig om de warmte op te waarderen. Bij een ZLT-warmtenet gebeurt deze opwaardering namelijk bij de individuele woningen. Daarmee is een WOS bij een ZLT-warmtenet kleiner in oppervlak dan een WOS van een MT-warmtenet.

Opslag

De opslag van warmte ziet er bij het ZLT-warmtenet op basis van een datathermie-bron hetzelfde uit als bij het MT-warmtenet. Voor datathermie zijn er 10 - 15 WKO's nodig om warmte op te slaan. Dit zijn er net zo veel als voor het MT-warmtenet.

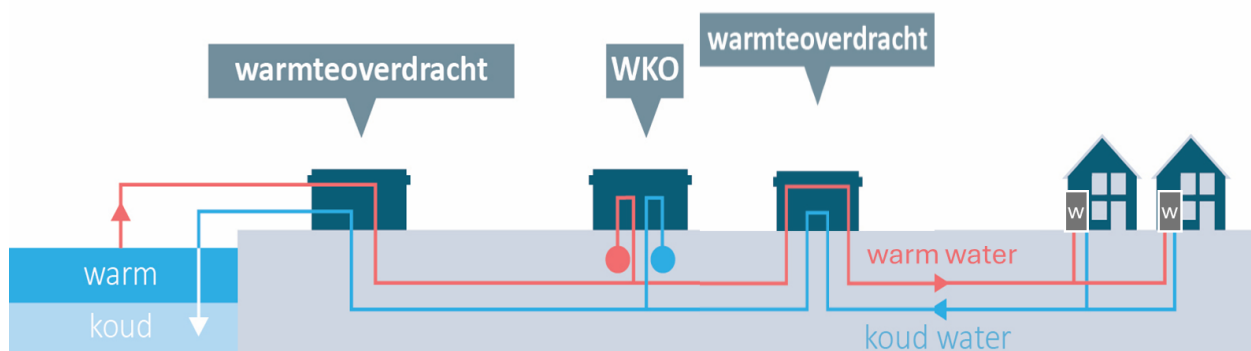
Tabel 7.4 Ruimtegebruik datathermie ZLT-warmtenet

Onderdeel systeem	Temperatuur (°C)	Aantal	Oppervlakte (m ²)	Totaal (m ²)
datacenter	28	2	-	-
WKO-doubletten	-	15	1	15
Treubweg WOS	25	1	580	580
Sciencepark WOS	25	1	650	650
onderstations	-	34	32	1.090
transformatorhuisjes	-	6	6,5	39
binnenunit WP	50 - 60	16.900	0,6	10.100
boiler	-	16.900	0,4	6.500
opslagvat	-	16.900	0,3	4.800

7.2.3 Aquathermie

In Diemen is er potentie voor het winnen van warmte uit het Amsterdam-Rijnkanaal. Deze bron levert warmte in de zomer en heeft gedurende een periode van mei tot september een gemiddelde temperatuur van circa 20 °C [bron: [Rijkswaterstaat, 2024](#)]. Om de warmte te winnen is er een inlaatinstallatie, welke bestaat uit een warmtewisselaar en pompen, nodig. Dit systeem heeft een oppervlakte van circa 115 m² [[Callic, 2023](#)].

Afbeelding 7.7 Aquathermie ZLT-warmtenet systeem



Warmteoverdrachtstation (WOS)

De WOS gevoed door aquathermie bevat dezelfde onderdelen als het WOS voor datathermie in een ZLT-warmtenet. In het WOS worden de temperatuur en de druk van het ZLT-warmtenet geregeld. In dit gebouw bevinden zich een regelsysteem, warmtewisselaars en pompen. Het oppervlak van dit systeem is circa 1.230 m².

Opslag

De opslag van warmte ziet er bij het ZLT-warmtenet op basis van aquathermie-bron hetzelfde uit als bij het MT-warmtenet. Om overtollige aquathermie op te slaan kan een WKO gebruikt worden. Een WKO kan worden gebruikt voor de opslag van aquathermie tot 25 °C. Hierdoor kan het in de wintermaanden, wanneer de watertemperatuur te laag is om warmte te leveren, de benodigde warmte leveren. Dit betekent dat er meer opslag nodig is dan bij datathermie, wat het hele jaar door dezelfde warmte levert. Om genoeg warmte op te slaan in WKO's om Diemen te voorzien worden er 30 - 40 doubletten aangelegd. Het bovengronds ruimtegebruik per WKO-systeem is 1 m².

Tabel 7.5 Ruimtegebruik aquathermie ZLT-warmtenet

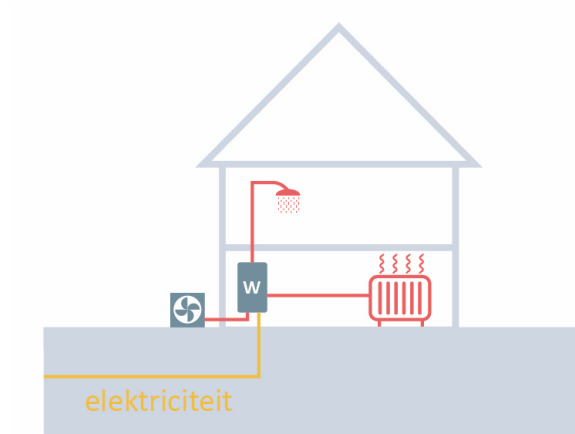
Onderdeel systeem	Temperatuur (°C)	Aantal	Oppervlakte (m ²)	Totaal (m ²)
inlaat	-	1	115	115
WKO-doubletten	-	40	1	40
WOS	25	1	1.230	1.230
onderstations	-	34	32	1.090
transformatorhuisjes	-	6	6,5	39
binnenunit WP	50 - 60	16.900	0,6	10.100
boiler	-	16.900	0,4	6.500
opslagvat	-	16.900	0,3	4.800

7.3 Warmtepomp

7.3.1 Lucht-water-warmtepomp

Zie voor de beschrijving van de werking van een warmtepomp en de onderdelen, hoofdstuk 5.2.4. Een lucht-water-warmtepompinstallatie bestaat, naast compressor/expansieventiel uit: 1) buitenunit; 2) binnenunit, 3) warmteopslag vat en 4) warm-tapwaterboiler.

Afbeelding 7.8 Lucht-water-warmtepomp systeem



Ruimtegebruik buiten huis

Buiten de woning moet de buitenunit van 0,6 m² geplaatst worden. Dit gebeurt binnen de perceelgrenzen van gebouw/woning en heeft dus geen impact op de openbare ruimte.

Ruimtegebruik binnen huis

Binnen het gebouw/de woning wordt de cv-ketel vervangen door de in pandige componenten van de warmtepompinstallatie: 1) binnenunit met oppervlakte van 0,6 m²; 2) warm-tapwaterboiler met oppervlakte van 0,4 m²; en 3) warmteopslag vat met oppervlakte van 0,3 m². Het ruimtegebruik van deze systemen is weergegeven in tabel 7.6.

Tabel 7.6 Aanpassingen in de woning bodemwarmtepomp en lucht-water-warmtepomp

	warmtepomp, bodem	warmtepomp, lucht
warmtepomp binnenunit	240 liter	240 liter
warmtepomp boilervat	380 liter	380 liter
warmtepomp opslagvat	340 liter	340 liter
warmtepomp buitenunit	niet aanwezig	260 liter
isolatie-maatregelen	veel isolatie-maatregelen	veel isolatie-maatregelen

Transformatorhuisjes

Vanwege de groeiende elektriciteitsvraag, moeten meer transformatorhuisjes worden geplaatst door Liander. Door elektrische ontwikkelingen in Diemen, zoals elektrische auto's, elektrisch koken en zonnepanelen, zijn er 60 transformatorhuisjes nodig in Diemen voor het leveren van voldoende elektriciteit. Deze zijn onderdeel van de referentiesituatie. Het uitgangspunt van dit MER is dat voor lucht-water-warmtepompen 12 extra transformatorhuisjes nodig zijn.

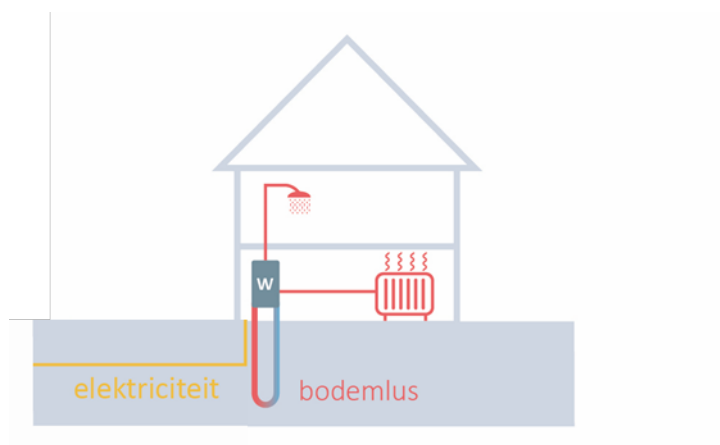
Tabel 7.7 Ruimtegebruik lucht-water-warmtepomp

Onderdeel systeem	Temperatuur (°C)	Aantal	Oppervlakte (m ²)	Totaal (m ²)
transformatorhuisjes	-	12	6,5	78
buitenunit	50-60	16.900	0,6	10.100
binnenunit	-	16.900	0,6	10.100
boiler	-	16.900	0,4	6.500
opslagvat	-	16.900	0,3	4.800

7.3.2 Bodemwarmtepomp

Een bodemwarmtepomp gebruikt energie uit de bodem, die met behulp van elektriciteit wordt opgewaardeerd. Het belangrijkste verschil met de luchtwarmtepomp-installatie is dat de warmte wordt gehaald uit een bodemlus waardoor er geen buitenunit wordt toegepast. De bodemlus wordt meestal in de tuin of oprit gesitueerd, binnen de perceelgrenzen. Omdat dit deel van de installatie geheel ondergronds wordt aangebracht is er geen sprake van bovengronds ruimtebeslag.

Afbeelding 7.9 Bodemwarmtepomp systeem



Ruimtegebruik binnenshuis

Binnenshuis bestaat de installatie uit dezelfde onderdelen als de lucht-water-warmtepompinstallatie: Er moet een boiler met een oppervlakte van 0,4 m² worden geplaatst voor warm tapwater. Ook wordt er een binnenunit geplaatst met een oppervlakte van 0,6 m². Daarnaast is er een opslagvat dat warm water opslaat zodat dit altijd direct beschikbaar is van 0,3 m². Het ruimtegebruik van deze systemen is weergegeven in tabel 7.6.

Transformatorhuisjes

Vanwege de groeiende elektriciteitsvraag, moeten meer transformatorhuisjes worden geplaatst door Liander. Door elektrische ontwikkelingen in Diemen, zoals elektrische auto's, elektrisch koken en zonnepanelen, zijn er 60 transformatorhuisjes nodig in Diemen voor het leveren van voldoende elektriciteit. Deze zijn onderdeel van de referentiesituatie. Het uitgangspunt van dit MER is dat voor bodemwarmtepompen 7 extra transformatorhuisjes nodig zijn.

Tabel 7.8 Ruimtegebruik bodemwarmtepomp

Onderdeel systeem	Temperatuur (°C)	Aantal	Oppervlakte (m ²)	Totaal (m ²)
transformatorhuisjes	-	7	6,5	46
binnenunit	50 - 60	16.900	0,6	10.100
boiler	-	16.900	0,4	6.500
opslagvat	-	16.900	0,3	4.800

REFERENTIESITUATIE

De referentiesituatie bestaat uit de huidige situatie met autonome ontwikkelingen die ook zouden plaatsvinden zonder het warmteprogramma. De referentiesituatie beschrijft de situatie zonder warmteprogramma. Deze situatie fungeert als uitgangspunt om de milieueffecten van de situatie mét het warmteprogramma te beoordelen. Door beide situaties met elkaar te vergelijken, wordt inzichtelijk welke invloed het warmteprogramma heeft op de verschillende milieuaspecten.

8.1 Thematische huidige situatie

8.1.1 Geluid en trillingen

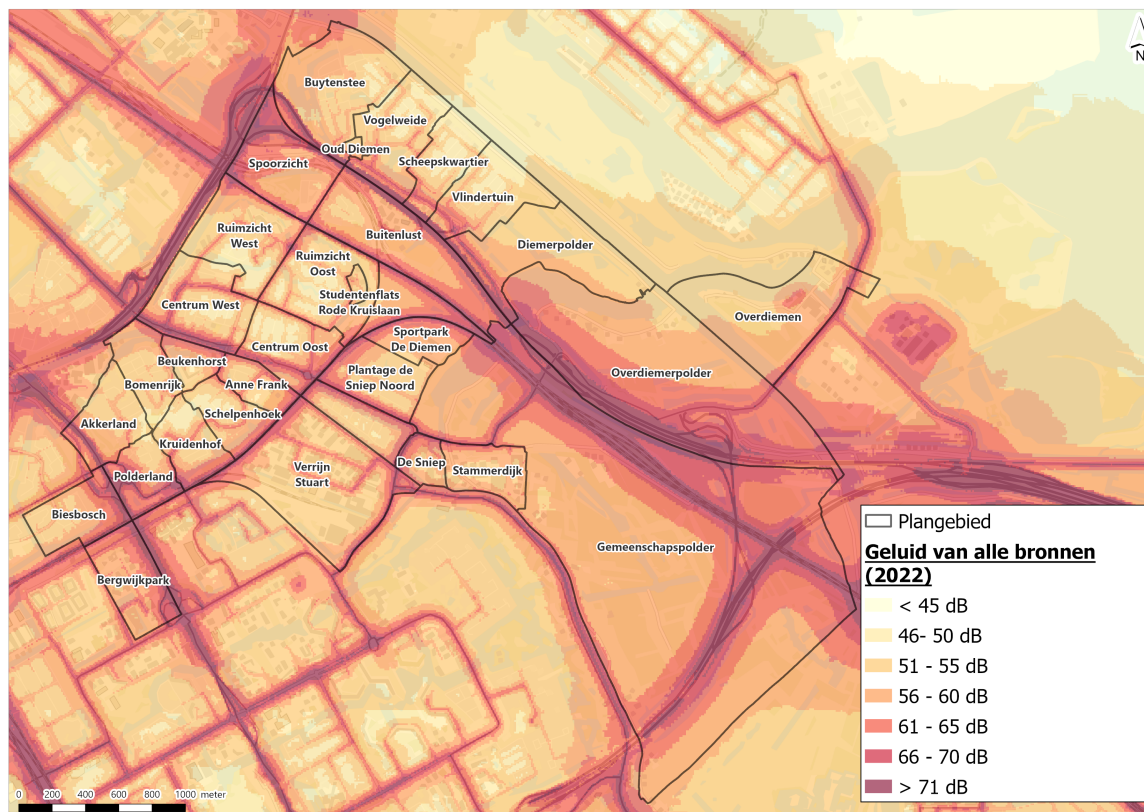
Het plangebied in Diemen wordt gekenmerkt door een geluidslandschap met diverse geluidsbronnen. Er zijn meerdere wegen, waaronder de S112, S113 en de rijkswegen A1, A9 en A10, spoorwegen in beheer van ProRail en de waterwegen Weespertrekvaart en Amsterdam Rijnkanaal. De gemeente ligt nabij Schiphol wat door landende en opstijgende vliegtuigen een grote geluidsbron is. Daarnaast loopt tramlijn 19 van Station Sloterdijk naar Plantage De Sniep in Diemen en Metrolijn 53 naar Gaasperplas. Ook zijn er meerdere bedrijventerreinen, waaronder Verrijn Stuart, Stammerdijk, Sniep en Energiecentrale Vattenfall/TenneT.

Uit onderzoek van de gemeente Diemen [\[2024\]](#) blijkt dat in 2023 bij een enquête 63 % van de inwoners het geluid in de eigen woonomgeving als goed beoordeelt, terwijl 27 % dit als matig en 10 % als slecht ervaart. Geluid door auto's blijkt de meest bepalende bron van geluidhinder, gevolgd door brommers/scooters en vliegtuigen. Om de geluidsbelasting te beperken, handhaaft de gemeente voor het Actieplan geluid een plandrempel van 58 dB Lden¹ voor wegverkeer op gemeentewegen en vergelijkbare drempels voor andere geluidsbronnen [\[gemeente Diemen, 2024\]](#). Op locaties waar deze drempels worden overschreden onderzoekt Diemen het treffen van maatregelen. De overschrijdingen vinden plaats bij gemeentewegen, rijkswegen, de metro en bij de luchtvaart. Eén van de acties is het toepassen van geluid-reducerende wegverharding bij groot onderhoud van wegen, wat het geluid met ongeveer 1 - 3 dB kan verminderen, naast andere maatregelen zoals het stimuleren van stiller verkeer en onderzoek naar snelheidsverlagingen.

Afbeelding 8.1 geeft een indicatie van het cumulatieve geluidsniveau van de eerder genoemde bronnen in het plangebied. Hierop is zichtbaar dat de hoogste geluidsbelasting zich concentreert rondom de A1, A9 en A10.

¹ Lden (Level day-evening-night). Maat voor geluidsbelasting over 24 uur, waarbij geluid 's avonds en 's nachts extra wordt meegewogen en wordt uitgedrukt in decibel.

Afbeelding 8.1 Referentiesituatie geluid [bron: RIVM]



8.1.2 Trillingen

Bij zwaar vrachtverkeer en treinverkeer kan in de referentiesituatie al trillinghinder optreden. De mate van trillinghinder door verkeer is sterk afhankelijk van de staat van het wegdek of spoor. Daarnaast kunnen constructiewerkzaamheden trillinghinder veroorzaken, bijvoorbeeld tijdens het heien of door het aan- en afvoeren van bouwmaterialen. Daarnaast kan scheepvaart over, bijvoorbeeld het Amsterdam-Rijnkanaal, ook trillingen veroorzaken. Deze trillingen zijn op land nauwelijks tot niet voelbaar. Daarnaast reiken deze trillingen tot maximaal de oever.

8.1.3 Elektromagnetische velden

Elektromagnetische velden ontstaan waar elektriciteitskabels en -lijnen lopen. De sterkte van het magneetveld is afhankelijk van de hoeveelheid stroom. Voorbeelden van bronnen van magneetvelden zijn hoogspanningslijnen, hoogspanningsstations en transformatorhuisjes. Ook in huis wekken alle elektrische apparaten zwakke magnetische velden op. In Nederland komen magneetvelden op toegankelijke plekken niet boven de blootstellingslimiet van 100 μ T (micro Tesla, eenheid voor sterkte van het magnetische veld).

8.1.4 Bodem

Ondergrond en chemische bodemkwaliteit

De ondergrond in het plangebied bestaat uit veengronden en zeekleigronden, zoals weergegeven op afbeelding 8.2. De gemeente Diemen heeft de bodemfunctie en bodemkwaliteit binnen het plangebied vastgesteld op basis van het Beleidskader Bodem onder de omgevingswet (vastgesteld in 2024).

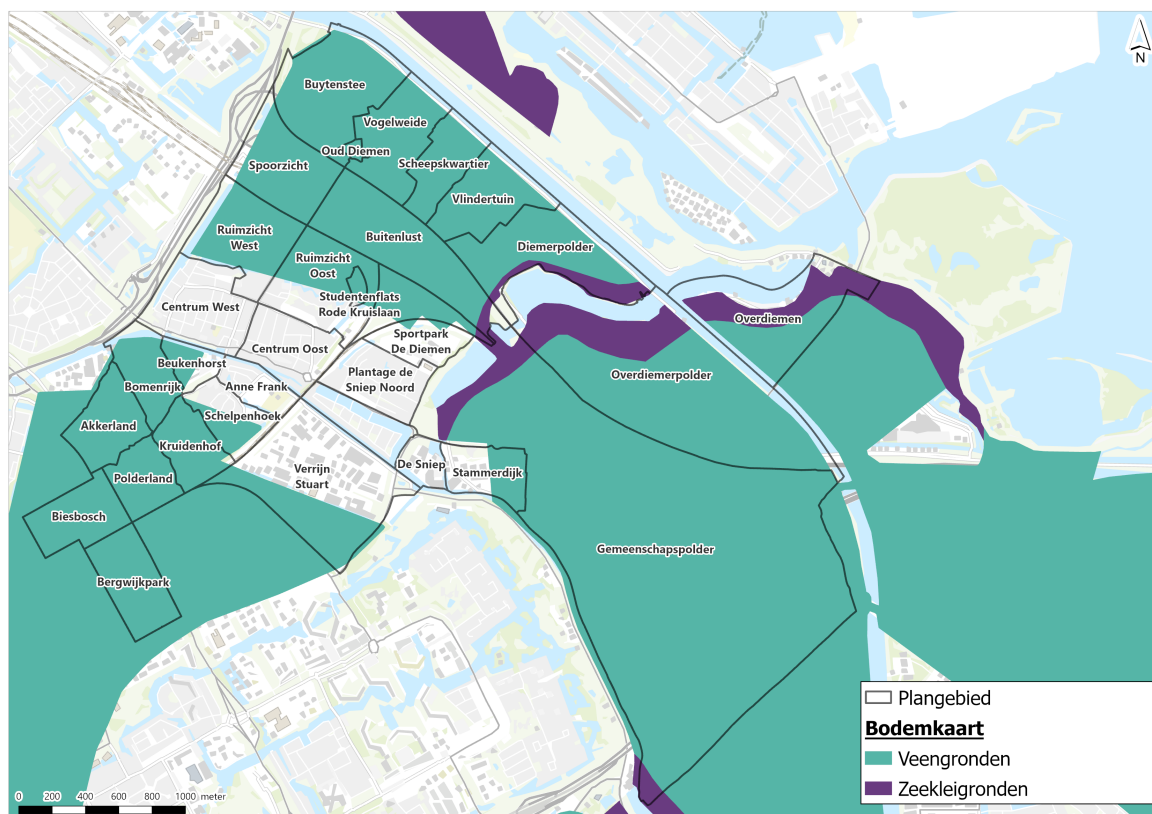
De bodemkwaliteit in het plangebied wordt grotendeels bepaald door de aanwezigheid van (mogelijke) historische verontreinigingen, ophooglagen en de ligging ten opzichte van voormalige industrie- en transportzones.

Voor de huidige situatie is gebruikgemaakt van de gegevens uit de Bodemkwaliteitskaart van de Omgevingsdienst Noordzeekanaalgebied, weergegeven in afbeelding 8.3. De bodem bestaat uit verschillende kwaliteitsklassen:

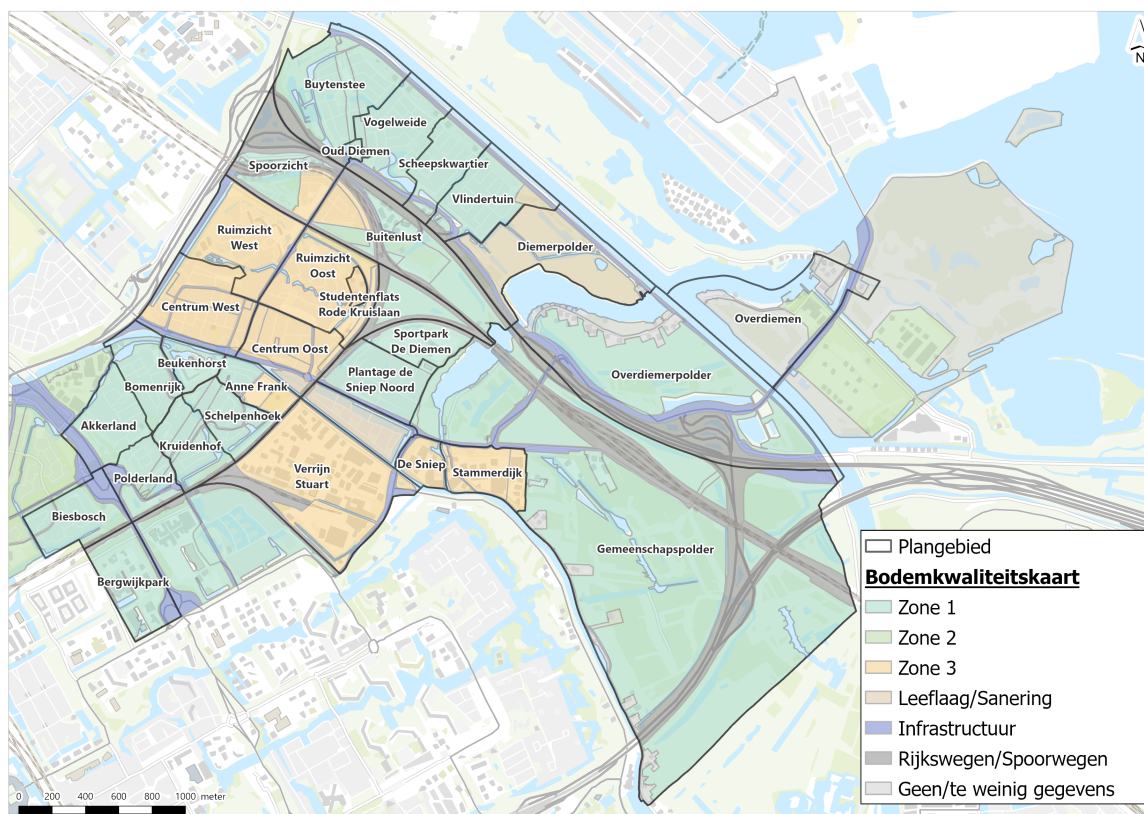
- zone 1, de 'schone' bodem voldoet aan de achtergrondwaarden en is geschikt voor alle gebruiksfuncties, waaronder wonen;
- zone 2, de licht verontreinigde bodem komt vooral voor waar de bodem in het verleden is opgehoogd, is over het algemeen geschikt voor wonen, maar vraagt om aanvullend onderzoek of veiligheidsmaatregelen bij bodemverzet;
- zone 3, de matig verontreinigde bodem komt voor rondom spoor- en autowegen en deze grond kan alleen worden toegepast binnen gelijkwaardige of lagere kwaliteitsklassen.

In het plangebied bevinden zich meerdere voormalige stortplaatsen, verspreid over het gehele gebied. Dit blijkt uit de voormalige stortplaatskaart van de provincie Noord-Holland (afbeelding 8.4).

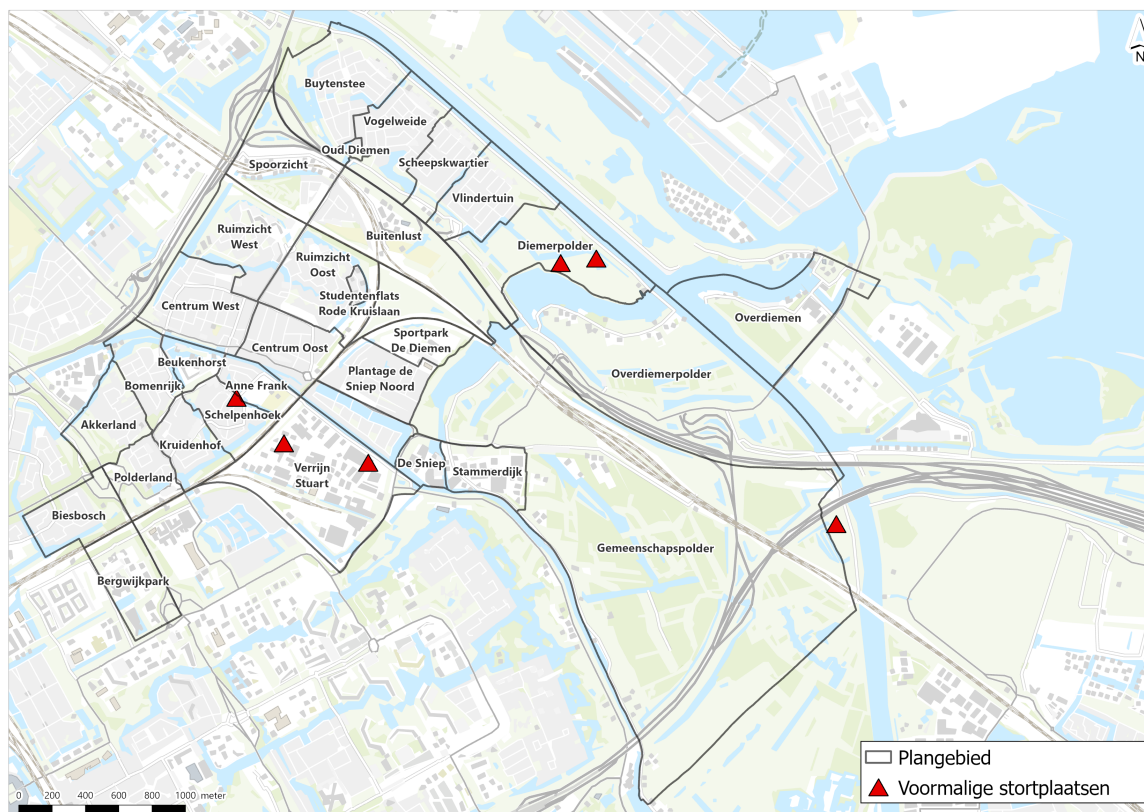
Afbeelding 8.2 Referentiesituatie bodemsoorten [bron: [Wageningen Environmental Research](#)]



Afbeelding 8.3 Zonekaart bodemkwaliteit Diemen [bron: [Omgevingsdienst Noordzeekanaalgebied](#)]



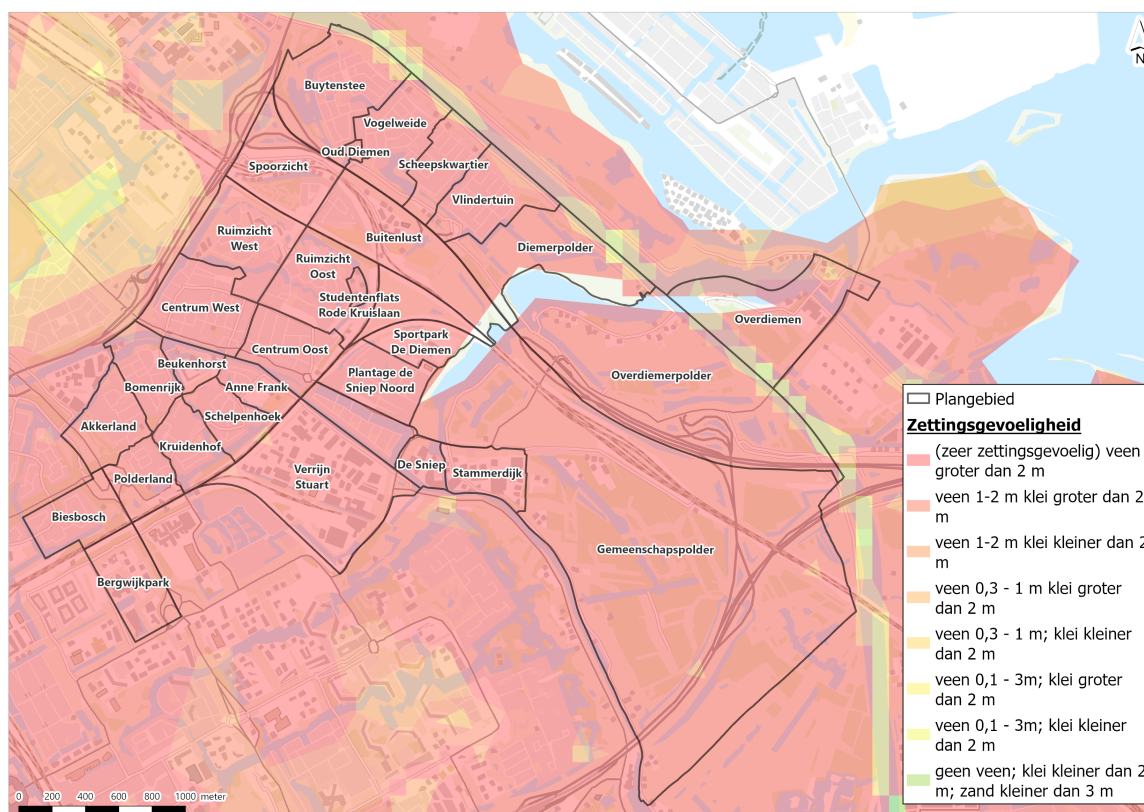
Afbeelding 8.4 Stortplaatsen [bron: [Provincie Noord-Holland](#)]



Risico op zettingen

Doordat Diemen voor een groot gedeelte veengrond in de bodem heeft, (afbeelding 8.5) is bodemdaling een blijvend milieuprobleem. Dit houdt in dat de openbare ruimte periodiek (variërend tussen de 10 en 50 jaar) [gemeente Diemen, 2021] wordt verhoogd met een laag zand. De frequentie en mate van ophoging, zijn afhankelijk van zettingsgevoeligheid (afbeelding 8.5) en gebruiksfunctie

Afbeelding 8.5 Referentiesituatie zettingsgevoeligheid [bron: Provincie Noord-Holland]



Ondergronds ruimtegebruik

In de gemeente Diemen, liggen verschillende voorzieningen in de ondergrond. Zo zijn er ondergrondse containers voor afval aanwezig in de buurten van Diemen [gemeente Diemen, 2020] die ruimte innemen in de ondergrond. Ook ligt een uitgebreid netwerk van ondergrondse infrastructuur, bestaande uit kabels en leidingen voor elektriciteit, gas, drinkwater, riolering, telecommunicatie en warmte. Dit netwerk is essentieel voor de dagelijkse voorzieningen in de woonwijken en bedrijventerreinen en neemt een aanzienlijke hoeveelheid ondergrondse ruimte in beslag. In de Algemene Verordening Ondergrondse Infrastructuur (AVOI) is geregeld wanneer kabels en leidingen onder het maaiveld moeten worden aangelegd, verlegd of verwijderd.

8.1.5 Water

Het plangebied bevindt zich in het beheersgebied van Waterschap Amstel, Gooi en Vecht (AGV) en maakt onderdeel uit van het watersysteem van het Amsterdam-Rijnkanaal, de Diem en diverse polderwatergangen (onder andere de Overdiempolder en de Diempolder). In de stedelijke gebieden van Diemen zijn veel oppervlakken, zoals wegen, pleinen en daken, bedekt met verhard materiaal (bijvoorbeeld asfalt, beton of tegels). Hierdoor kan regenwater nauwelijks in de bodem infiltreren en stroomt het direct af naar het watersysteem. Het watersysteem heeft hierdoor vooral de functies van waterberging, afvoer en recreatie.

Oppervlaktewater

Het oppervlaktewatersysteem wordt gekenmerkt door een fijnmazig stelsel van sloten, tochten en vaarten die onder peilbeheer staan van AGV. De waterkwaliteit is in de afgelopen jaren verbeterd, maar staat nog steeds onder druk door stedelijke afstroming, nutriëntenbelasting en historische bodemsamenstelling [[Waterschap Amstel, Gooi en Vecht, 2025](#)]. Binnen het plangebied bevinden zich KRW-oppervlaktewaterlichamen: de Weespertrekvaart, het Amsterdam-Rijnkanaal, de Korte Diem, de Diem en De Diemen (afbeelding 8.6).

Drinkwater

Diemen maakt deel uit van het leveringsgebied van Waternet, dat drinkwater wint uit de Loenderveense Plas en infiltratiegebieden in de Amsterdamse Waterleidingduinen. Dit bedrijf maakt per jaar 73 miljard liter voor het leveringsgebied [[Waternet, 2025](#)]. Binnen het plangebied zelf, bevinden zich geen grondwaterbeschermingsgebied en ook geen boringvrije zones. De kwaliteit van het drinkwater voldoet aan de Drinkwaterregeling (2011, geactualiseerd 2023) en wordt continu gemonitord.

Grondwater

De Kaderrichtlijn Water (KRW) heeft doelen gesteld voor grondwaterlichamen met het doel inbreng van verontreinigde stoffen te beperken of te voorkomen, achteruitgang van de toestand te voorkomen, het halen en behouden van goede toestand en significant stijgende trends om te buigen.

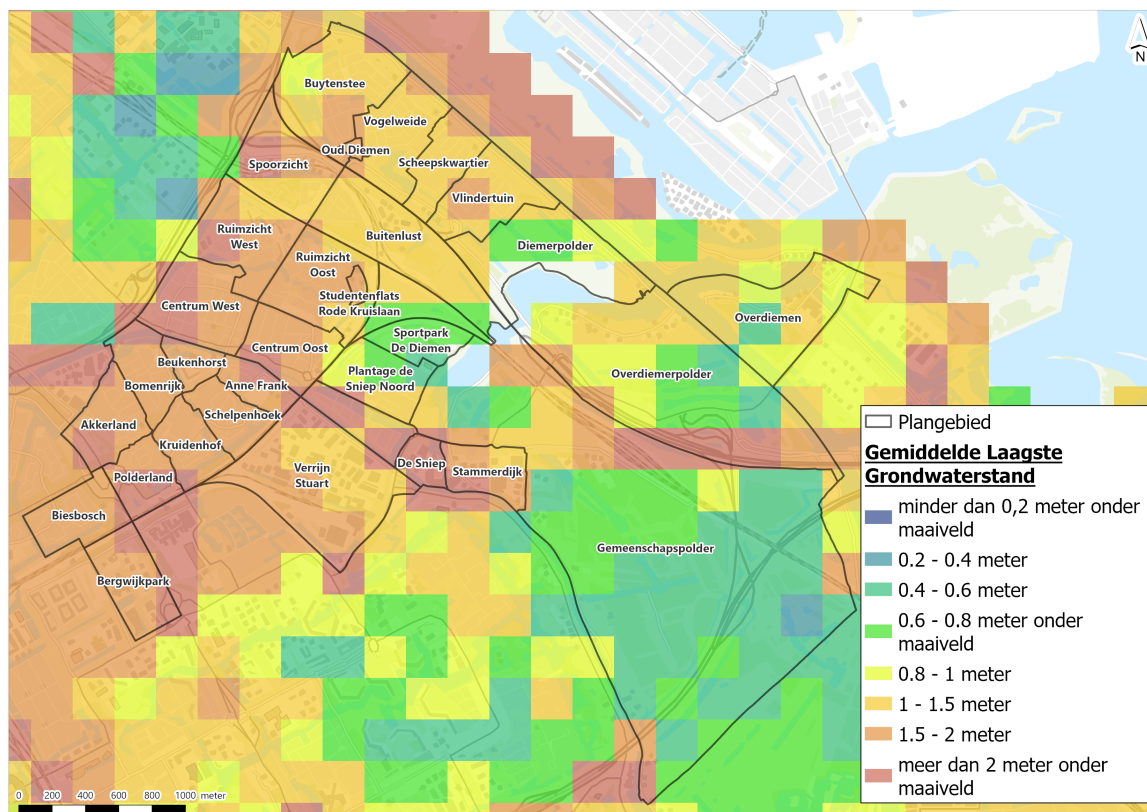
Daarnaast gelden er beperkingen om de drinkwaterwinning te beschermen, waarvoor grondwaterbeschermingsgebieden, waterwingebieden, intrekgebieden en boringsvrije zones zijn vastgesteld. Deze zones liggen buiten het plangebied of de directe omgeving. Het dichtstbijzijnde gebied is grondwaterbeschermingsgebied Horstermeerpolder op 7,6 km afstand van het plangebied.

In Diemen is het verschil tussen het polderpeil en het maaiveld relatief klein (afbeelding 8.7). Door de aanleg van een drainagestelsel en DIT-riolering onder het polderpeil wordt de grondwaterstand afgevlakt en redelijk stabiel gehouden. Het doel hiervan is het voorkomen van zowel grondwateroverlast als grondwateronderlast.

Afbeelding 8.6 Referentiesituatie KRW Oppervlaktewaterlichamen [bron: [Rijkswaterstaat](#)]



Afbeelding 8.7 Gemiddelde Laagste Grondwaterstand [bron: [Klimaat-effectatlas](#)]



8.1.6 Natuur en biodiversiteit

Binnen en rond het plangebied zijn natuurwaarden te vinden. Hierbij is gekeken naar beschermde gebieden die aanwezig zijn in het plangebied.

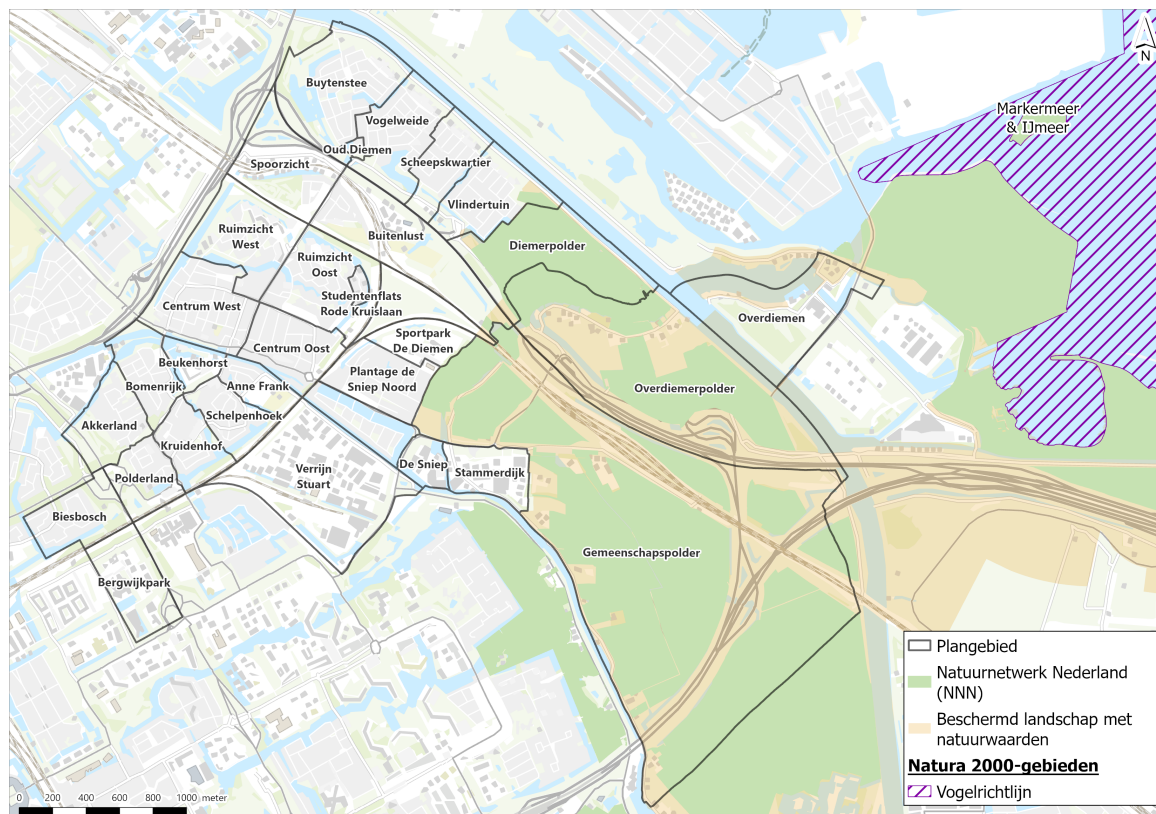
Beschermde gebieden

Beschermde gebieden zijn specifieke locaties die vanwege hun ecologische waarde onder bescherming vallen om biodiversiteit te behouden. Onder beschermde gebieden, worden twee categorieën verstaan:

- 1 Natura 2000-gebieden: Europees beschermde natuurgebieden op grond van de Vogel- en Habitatrichtlijn. Effecten op deze gebieden moeten worden getoetst aan de instandhoudingsdoelen;
- 2 provinciaal beschermde gebieden: gebieden die op provinciaal niveau een beschermde status hebben en zijn vastgesteld in de Noord-Hollandse omgevingsverordening. Binnen deze categorie vallen de gebieden die onderdeel zijn van het Natuur Netwerk Nederland (NNN), beschermd landschap en ganzenfoerageergebieden.

Afbeelding 8.8 toont de provinciaal beschermde gebieden en Natura 2000-gebieden in en rond het plangebied.

Afbeelding 8.8 Provinciaal beschermde gebieden en Natura 2000-gebied binnen en rond het plangebied



Provinciaal beschermde gebieden

Binnen het plangebied liggen meerdere gebieden die onderdeel zijn van het Natuurnetwerk Nederland (NNN), zoals vastgelegd in de [Provinciale Omgevingsverordening Noord-Holland](#). Deze gebieden bevinden zich vooral oostkant van het plangebied, met name langs de snelwegen A1 en A9 en langs de spoorlijn Amersfoort-Amsterdam.

Daarnaast ligt er binnen het plangebied ook het beschermd landschap Vechtstreek-Noord, zoals vastgelegd in bijlage 7 van de Provinciale Omgevingsverordening Noord-Holland.

Dit beschermde landschap is ook een belangrijke habitat voor weidevogels door de volgende kenmerken:

- 1 omvangrijke aaneengesloten gebieden gekenmerkt door openheid;
- 2 het ontbreken van verstoring (door opgaande elementen, zoals bebouwing, beplanting en masten en door infrastructuur en activiteiten die geluid en onrust veroorzaken);
- 3 de aanwezigheid van micro- reliëf, graslandareaal;
- 4 een relatief hoog waterpeil.

Als laatste bevinden zich ganzenfoerageergebieden aan de noord- en oostzijde van het plangebied op minimaal 2,7 kilometer afstand.

Natura 2000-gebieden

Binnen het plangebied liggen geen Natura 2000-gebieden. Voor zowel de Vogelrichtlijn als de Habitatrichtlijn, ligt Natura 2000-gebied Markermeer & IJmeer op de kortste afstand van het plangebied op respectievelijk 510 meter en 3,5 kilometer (zie afbeelding 8.9). Tabel 8.1 geeft een overzicht van de Natura 2000-gebieden rondom het plangebied inclusief het beschermingsregime [[Habitatrichtlijn, Vogelrichtlijn of Vogel- en Habitatrichtlijn](#)].

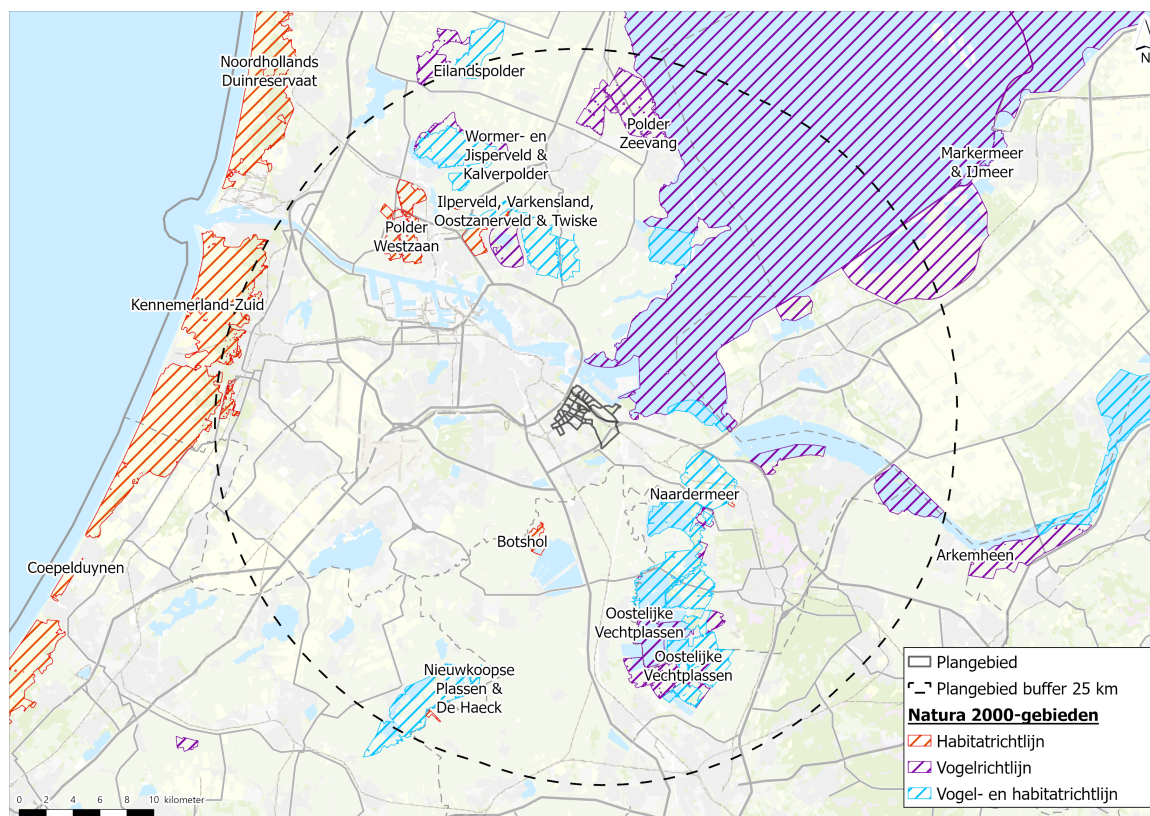
Tabel 8.1 Omliggende Natura 2000-gebieden inclusief beschermingsregime

Natura 2000-gebied	Bescherming	Afstand
Markermeer & IJmeer	vogelrichtlijn	510 m
Markermeer & IJmeer	vogel- en habitatrichtlijn	3,5 km
Naardermeer	vogel- en habitatrichtlijn	5,6 km
Oostelijke Vechtplassen	vogel- en habitatrichtlijn	5,7 km
Botshol	habitatrichtlijn	6,6 km
IJperveld, Varkensland, Oostzanerveld & Twiske	vogel- en habitatrichtlijn	7,8 km

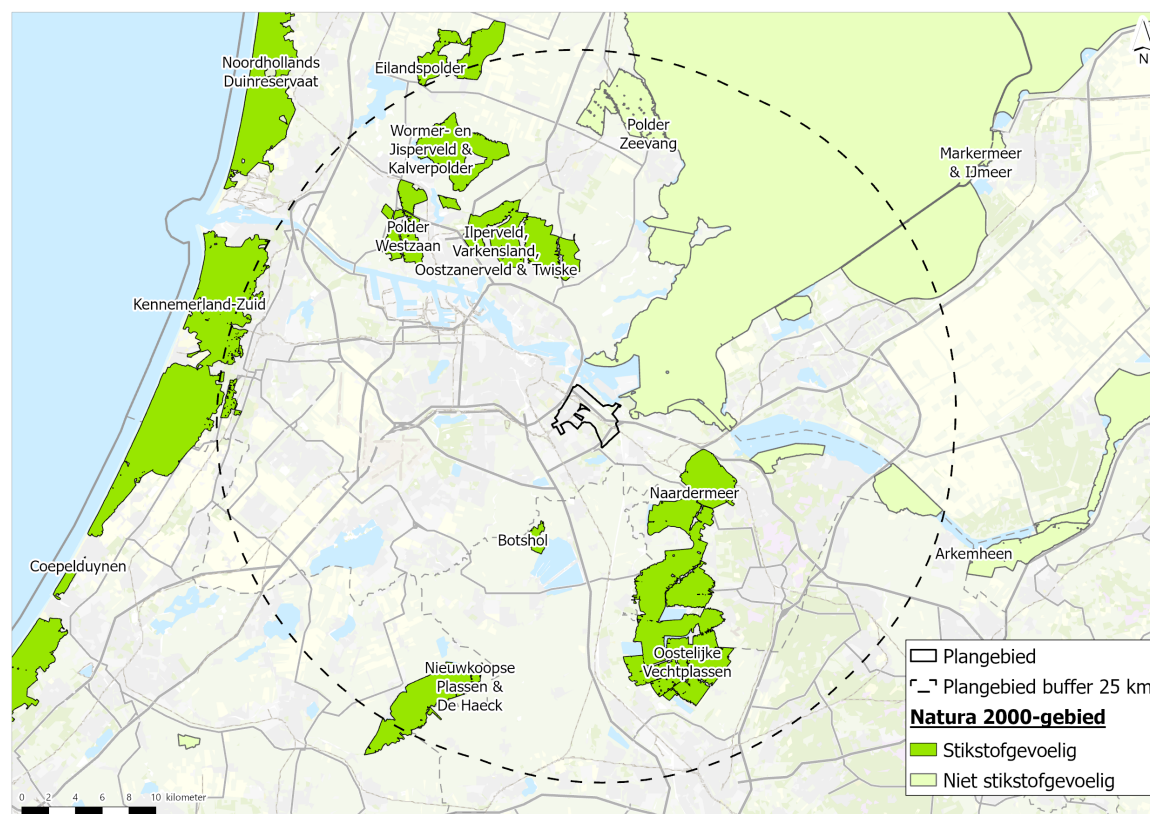
Stikstofgevoelige Natura 2000-gebieden

Afbeelding 8.9 toont alle Natura 2000-gebieden binnen 25 kilometer van het plangebied. Deze afstand is gebaseerd op de richtafstand vanuit AERIUS (stikstof-depositie berekening). Afbeelding 8.10 toont de stikstofgevoelige Natura 2000-gebieden binnen 25 kilometer van het plangebied. Tabel 8.2 toont de afstanden tot de stikstofgevoelige Natura 2000-gebieden binnen 25 kilometer van het plangebied. Het dichtstbijzijnde stikstofgevoelige Natura 2000-gebied is Naardermeer en ligt op 5,6 kilometer van het plangebied.

Afbeelding 8.9 Natura 2000-gebieden binnen 25 kilometer van het plangebied



Afbeelding 8.10 Stikstofgevoelige Natura 2000-gebieden binnen 25 kilometer van het plangebied



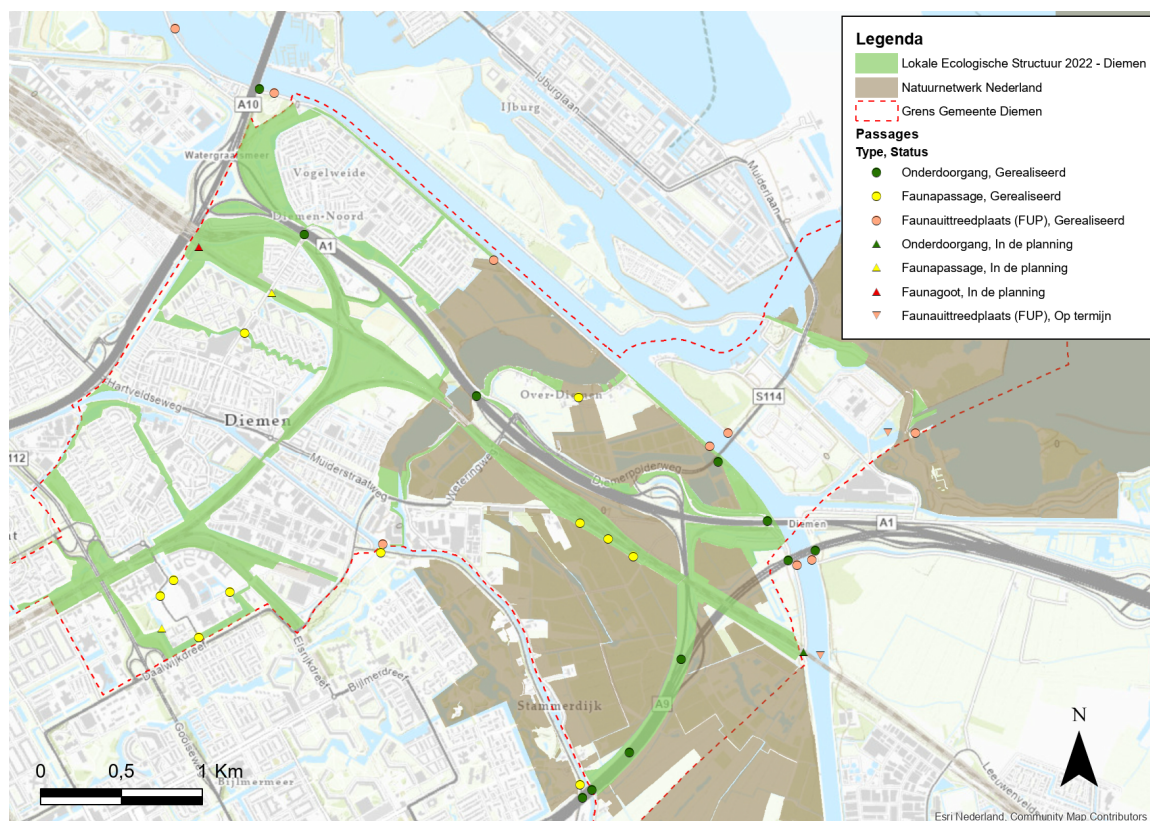
Tabel 8.2 Stikstofgevoelige Natura 2000-gebieden binnen 25 kilometer van het plangebied

Natura 2000-gebied	Afstand
Naardermeer	5,6 km
Oostelijke Vechtplassen	5,7 km
Botshol	6,6 km
Ilperveld, Varkensland, Oostzanerveld & Twiske	7,8 km
Polder Westzaan	14,6 km
Wormer- en Jisperveld & Kalverpolder	15,7 km
Nieuwkoopse Plassen & De Haack	18,0 km
Kennemerland-Zuid	23,2 km
Eilandspolder	23,9 km

Beschermde soorten

In 2022 heeft de gemeente Diemen de stedelijke natuur in kaart gebracht in de **Lokaal Ecologische Structuur Diemen - 2022**. Deze kaart bieden inzicht in de ecologische structuren binnen de gemeente en de verbindingen tussen groengebieden. De kaart helpt om bij toekomstige ruimtelijke ontwikkelingen rekening te houden met bestaande natuurwaarden en om ontbrekende schakels in het stedelijk groen te kunnen herstellen of versterken. Daarnaast geeft de kaart inzicht in potentiële leefgebieden voor beschermde soorten. Daarnaast bevinden soorten zich ook buiten deze gebieden in plekken met bomen en/of ander groen. Afbeelding 8.11 toont deze ecologische structuren en soorten passages.

Afbeelding 8.11 Ecologische structuren en soorten passages [bron: [Lokale Ecologische Structuur 2022 Diemen](#)]

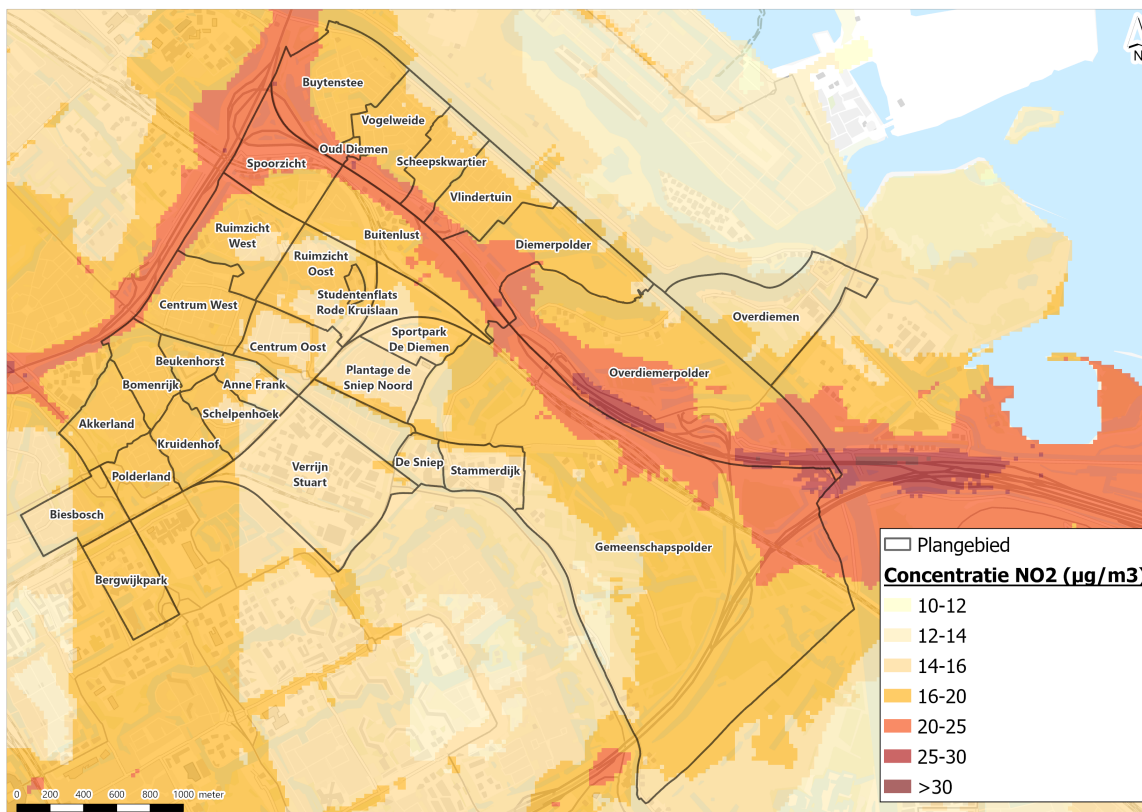


8.1.7 Lucht

Stikstof

Op de stikstofkaart (afbeelding 8.12) is te zien hoeveel stikstofdioxide (NO₂) gemiddeld in de lucht aanwezig was in Diemen in 2023. Een lagere concentratie stikstofdioxide, is beter voor de gezondheid. Doordat verbrandingsmotoren NO₂ uitstoten, zijn de concentraties van NO₂ hoger rondom het centrum, maar met name nabij de snelwegen. Nabij de snelwegen, is te zien dat de concentraties van NO₂ hoger zijn dan de wettelijke Europese grenswaarden 20 µg/m³ die gelden vanaf 2030. Momenteel is deze grenswaarde nog 40 µg/m³ [bron: [Schone Lucht Akkoord](#)].

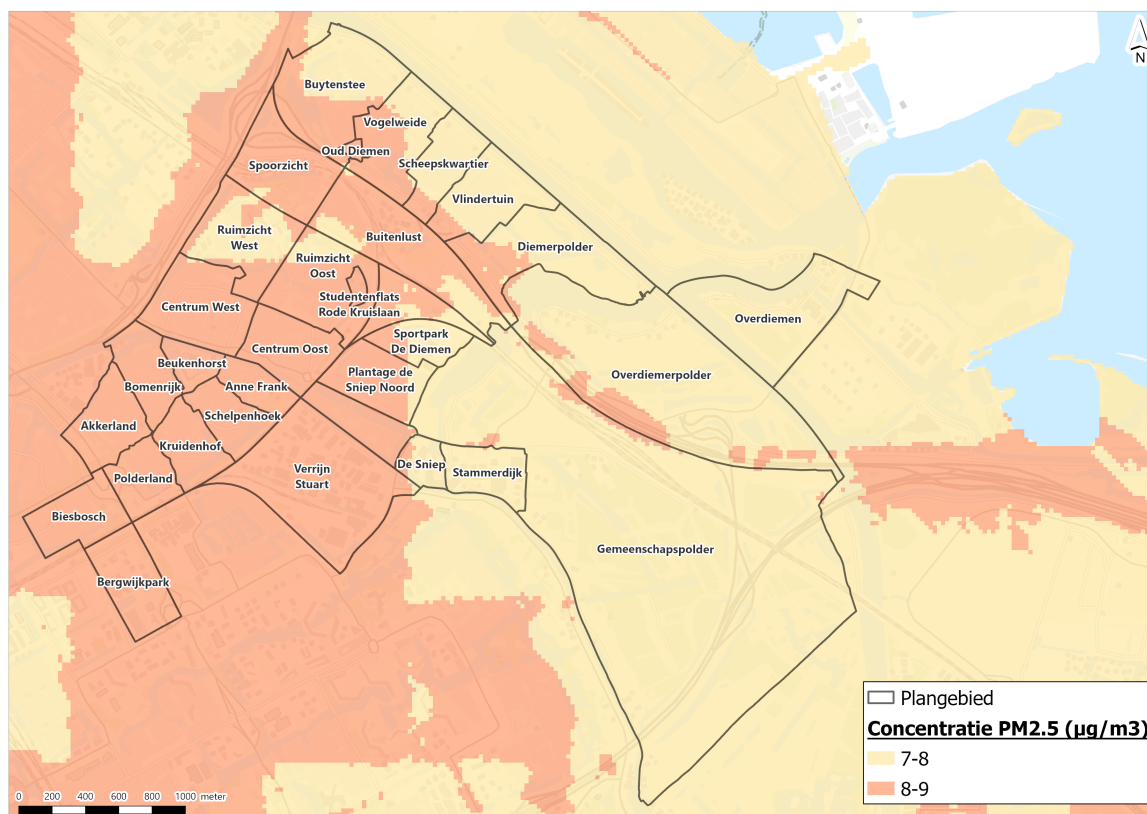
Afbeelding 8.12 Referentiesituatie NO₂ [bron: [RIVM](#)]



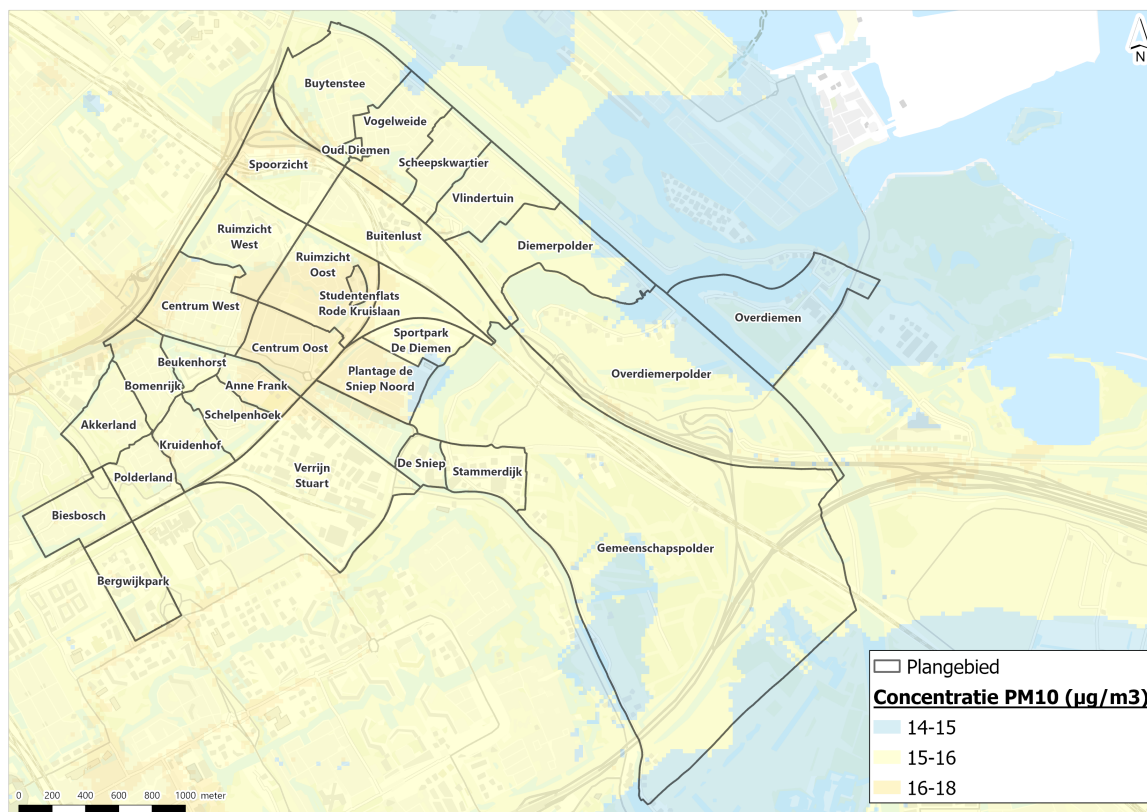
Fijnstof

Op de fijnstofkaarten (afbeelding 8.13 en afbeelding 8.14) is te zien hoeveel fijnstof (respectievelijk PM_{2.5} en PM₁₀) gemiddeld in de lucht aanwezig was in Diemen in 2023. Hoe lager de concentratie fijnstof, hoe beter de luchtkwaliteit. Diemen bevindt zich in de nabijheid van meerdere snelwegen en heeft ook gemotoriseerd verkeer in het centrum. Doordat verbrandingsmotoren fijnstof uitstoten en slijtage van autobanden fijnstof veroorzaakt, zijn de concentraties van fijnstof hoger in dichtbebouwde gebieden en nabij de snelwegen. Verder dragen industriële activiteiten en hout gestookte kachels en openhaarden van woonhuizen ook bij aan concentraties fijnstof en NO_x. De grenswaarde voor fijnstof liggen momenteel op 25 en 40 µg/m³ voor respectievelijk PM_{2.5} en PM₁₀. In 2030 worden deze grenswaarden verlaagd naar 10 en 20 µg/m³ voor respectievelijk PM_{2.5} en PM₁₀ [bron: [Schone Lucht Akkoord](#)].

Afbeelding 8.13 Referentiesituatie PM2.5 [bron: [RIVM](#)]



Afbeelding 8.14 Referentiesituatie PM10 [bron: [RIVM](#)]



8.1.8 Circulariteit

Circulair materiaalgebruik

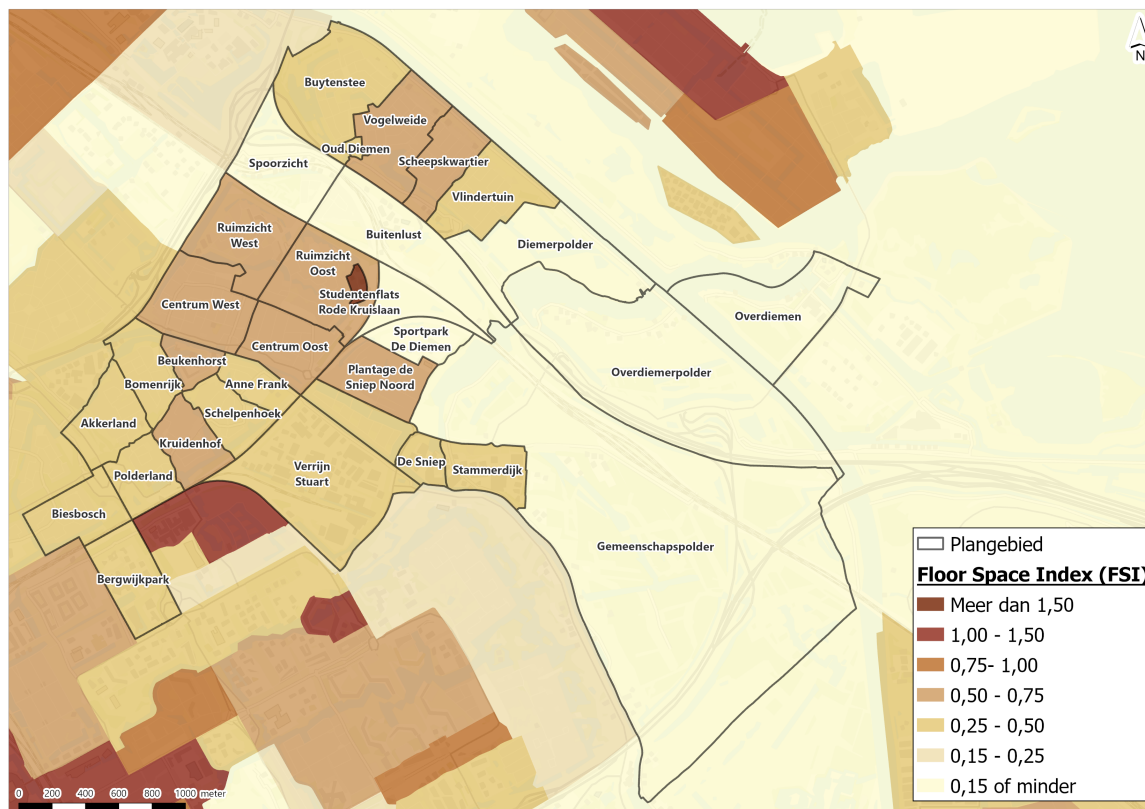
In Diemen zijn veel woningen aangesloten op het gasnetwerk en de meesten daarvan verwarmen de woning met een gasgestookte Cv-ketel. Een gemiddelde Cv-ketel gaat ongeveer 12 -15 jaar mee. Het huidige gasnetwerk wordt gemiddeld iedere 30 tot 40 jaar vervangen. In de praktijk, gebeurt de vernieuwing van het netwerk nu nog vaak zonder circulaire materialen of design voor demontage en hergebruik. In de Omgevingsvisie, heeft de gemeente Diemen de ambitie opgenomen om in 2050 een volledig circulaire economie te hebben, in lijn met de nationale doelstelling.

8.1.9 Ruimtelijke kwaliteit

Bovengronds ruimtegebruik

Diemen kent een stedelijke structuur waarin woningbouw, infrastructuur en groen sterk verweven zijn. De gemeente heeft jarenlang ingezet op een openbare ruimte die vooral schoon, heel en veilig is [[gemeente Diemen, 2023](#)]. Door de ligging nabij Amsterdam en de aanwezigheid van grote infrastrukturelementen zoals de A1, A9, A10 en het Amsterdam-Rijnkanaal, is er sprake van significante ruimtedruk: bebouwing, ontsluitingswegen en nutsinfrastructuur nemen bovengrondse ruimte in beslag. Op afbeelding 8.15 is de Floor Space Index weergegeven, de verhouding tussen de bruto oppervlakte ten opzichte van de bijbehorende terreinoppervlakte, op de kaart is zichtbaar dat het ruimtegebruik het grootst is in het centrum van Diemen en het laagst in het buitengebied.

Afbeelding 8.15 Floor Space Index (FSI) [bron: [Planbureau voor de Leefomgeving](#)]



Zichtbaarheid en beleving

De beleving van de openbare ruimte in Diemen is sterk gekoppeld aan de kwaliteit van het groen, het water en de inrichting van buurten. Inwoners ervaren hun leefomgeving als een combinatie van rust en levendigheid, waarbij dit per buurt en omgeving kan verschillen.

Diemen Noord staat bekend om zijn groene karakter, met fietspaden, wandelroutes en vele speelplekken en ontmoetingsplaatsen. In het centrum van Diemen is het drukker door de aanwezigheid van winkels, horeca en andere voorzieningen. Dit zorgt voor levendige straten, vooral in de avonduren. Diemen Zuid heeft een familiale sfeer, met autoluwe straten, sportvelden en actieve buurtinitiatieven die bewoners samenbrengen.

Buiten deze kerngebieden, biedt het buitengebied van Diemen bewoners juist meer rust, openheid en ruimte. Het buitengebied is geliefd om zijn natuur, wandel- en fietsmogelijkheden en het uitzicht op de omliggende polders. Het Diemberbos is bovendien een populair recreatiegebied voor zowel inwoners als bezoekers.

Naast deze buurten, zijn ook Plantage de Sniep en het Holland Park-gebied kenmerkend voor Diemen. Plantage de Sniep is een relatief nieuwe wijk met veel jonge gezinnen, moderne woningen en diverse speelplekken. Holland Park springt eruit door zijn appartementengebouwen, waterpartijen en stedelijke uitstraling.

8.1.10 Verkeer

Het plangebied wordt op dit moment op verschillende manieren gebruikt voor het verkeer en heeft een uitgebreid netwerk van belangrijke wegen. De centrale oost-westas (Hartveldseweg en Muiderstraatweg), de Ouddiemerlaan (noord-zuidas), route Weteringweg, Muiderstraatweg en de Provincialeweg vormen de belangrijkste verbindingen binnen het gebied. Beide wegen sluiten direct aan op het Rijkswegennet. Op het grootste deel van deze wegen mag maximaal 50 km/u worden gereden. In Diemen Zuid is de Gooiseweg vooral belangrijk. Deze weg zorgt voor een goede verbinding zowel richting Amstelstation, het centrum van Amsterdam, als naar de snelweg A9 buiten Diemen.

Ook met het openbaar vervoer is Diemen bereikbaar. Er rijden verschillende bussen, een tram (lijn 19) en een metro (lijn 53), en er zijn twee NS-stations: Diemen en Diemen-Zuid. Voor bijna alle inwoners van Diemen ligt een trein- of metrostation op loopafstand (maximaal 800 meter). Alleen bewoners van Diemen Noord en Plantage De Sniep wonen verder weg van een station.

8.1.11 Erfgoed

Cultuurhistorie

De Rijksdienst Cultureel Erfgoed heeft kaarten opgesteld, waarin diverse waardevolle elementen zijn opgenomen. Binnen het plangebied zijn een aantal rijksmonumenten aanwezig waaronder windmolens, een keersluis, transformatorzuil en dwarshuisboerderij (afbeelding 8.17). Ook is er benzinestation 'De Blokhut', de Nederlands-Israëlitische Begraafplaats en de Rooms-Katholieke schuilkerk 'De Hoop'. Ook ligt een deel van de bufferzone van de Hollandse Waterlinie en de Hollandse Waterlinie in het plangebied. De Hollandse Waterlinie is een verzamelnaam voor een groot, 200 kilometer lang militair erfgoed in Nederland dat op de UNESCO Werelderfgoedlijst staat. Er zijn twee historische verdedigingslinies en een ring van forten. De bufferzone is bedoeld om de visuele integriteit te waarborgen door eisen te stellen buiten het strikte werelderfgoed.

Naast de rijksmonumenten zijn er ook provinciale monumenten binnen het plangebied, die samenhangen met de Hollandse Waterlinie. Het betreft hier Fort Diemerdam en de Kringenwetboerderij De Zeehoeve. Deze provinciale monumenten benadrukken het bijzondere karakter van het gebied en zijn van belang voor de provinciale cultuurhistorie.

Tot slot zijn er in Diemen vier gemeentelijke monumenten, die zijn aangewezen vanwege het lokale of regionale belang: De Oude Smidse, Rietschuur, Blauwe olifant en Gedenk te sterven.

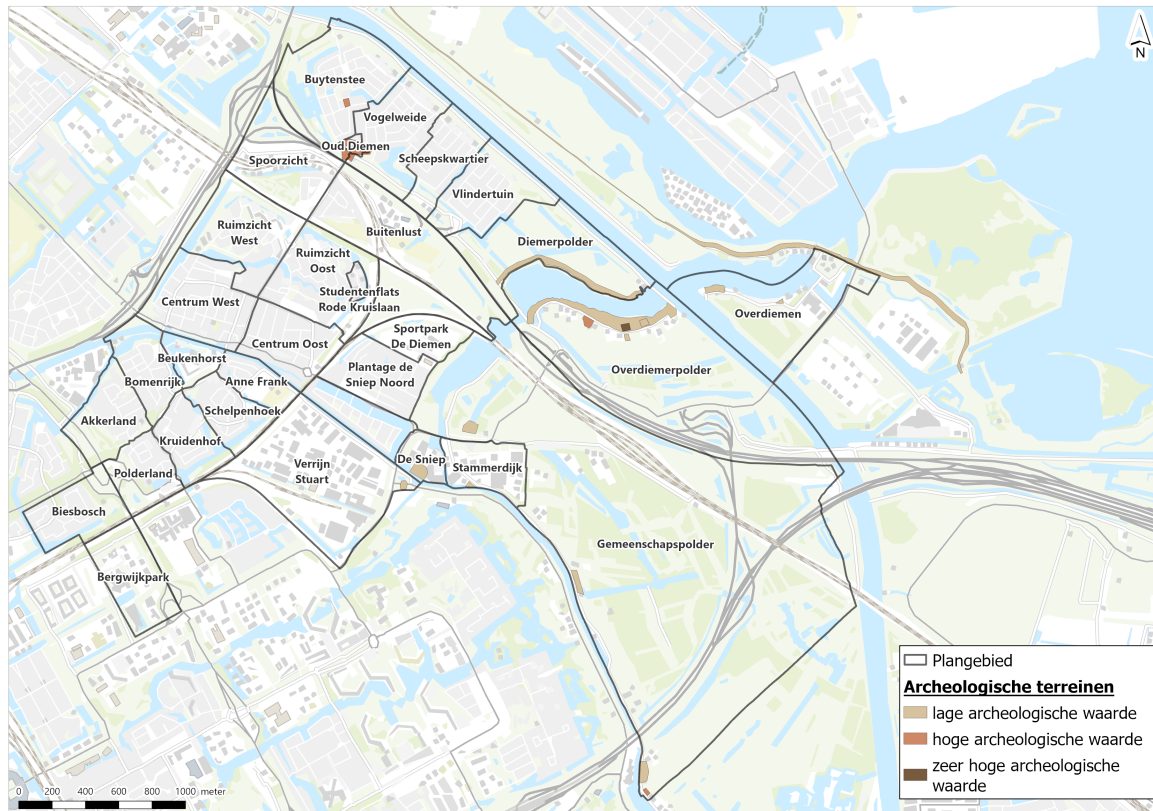
Afbeelding 8.16 Referentiesituatie cultuurhistorie [bron: [Rijksdienst voor Cultureel Erfgoed](#)] en [[Gemeente Diemen](#)]



Archeologie

Archeologische rijksmonumenten zijn de meest waardevolle vindplaatsen in Nederland en hebben het strengste beschermingsregime. In Diemen zijn geen archeologische rijksmonumenten. Echter bevinden zich wel terreinen van hoge en zeer hoge archeologische waarde (afbeelding 8.17). Dat geeft aan dat er op deze terreinen archeologische resten te verwachten zijn.

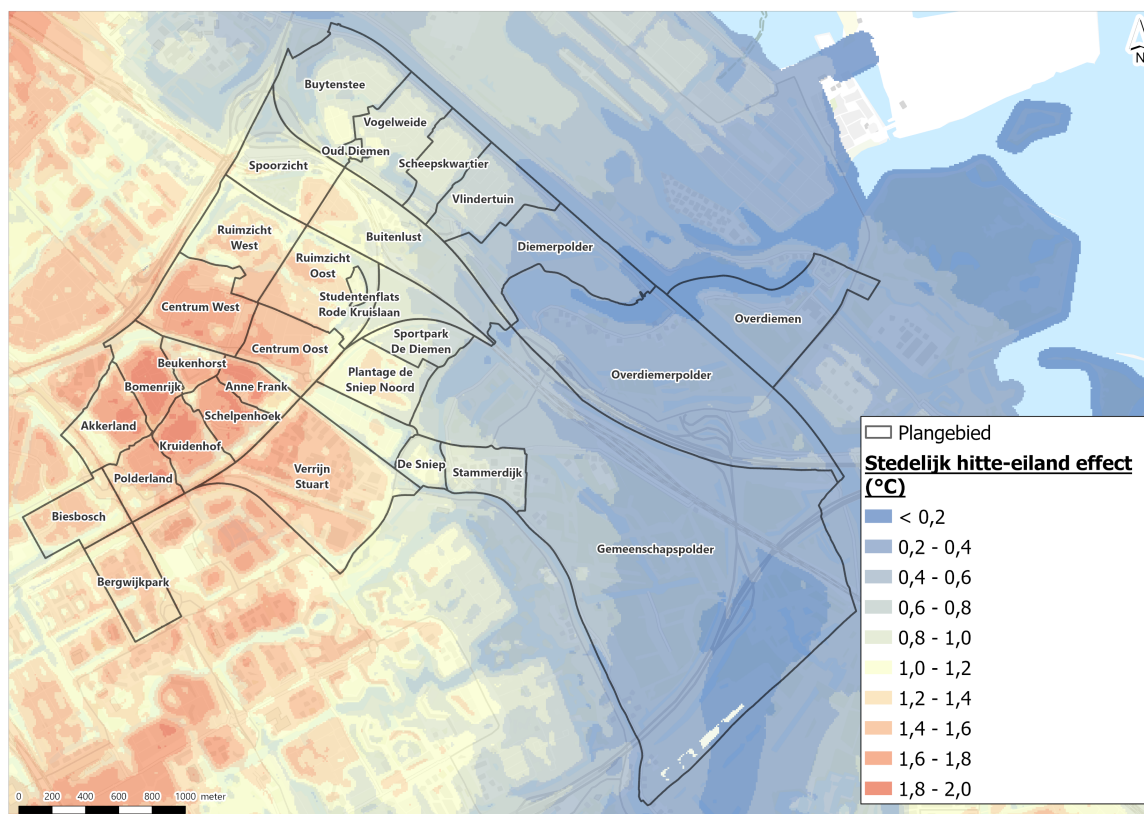
Afbeelding 8.17 Referentiesituatie archeologie [bron: [Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed](#)]



8.1.12 Hittestress en koeling

In afbeelding 8.18 is zichtbaar dat de hoogste oppervlaktetemperaturen voorkomen in de meest versteende delen van de gemeente, waar het aandeel groen laag is. De aanwezigheid van water, zoals het Amsterdam-Rijnkanaal en De Diemen, heeft lokaal een temperend effect op de hittestress in Oud-Diemen en De Sniep, maar is onvoldoende om het stedelijke hitte-eilandeffect in het westen van Diemen te verminderen.

Afbeelding 8.18 Stedelijk hitte-eiland effect (°C) [bron: [Klimaat-effectatlas](#)]



8.1.13 Veiligheid

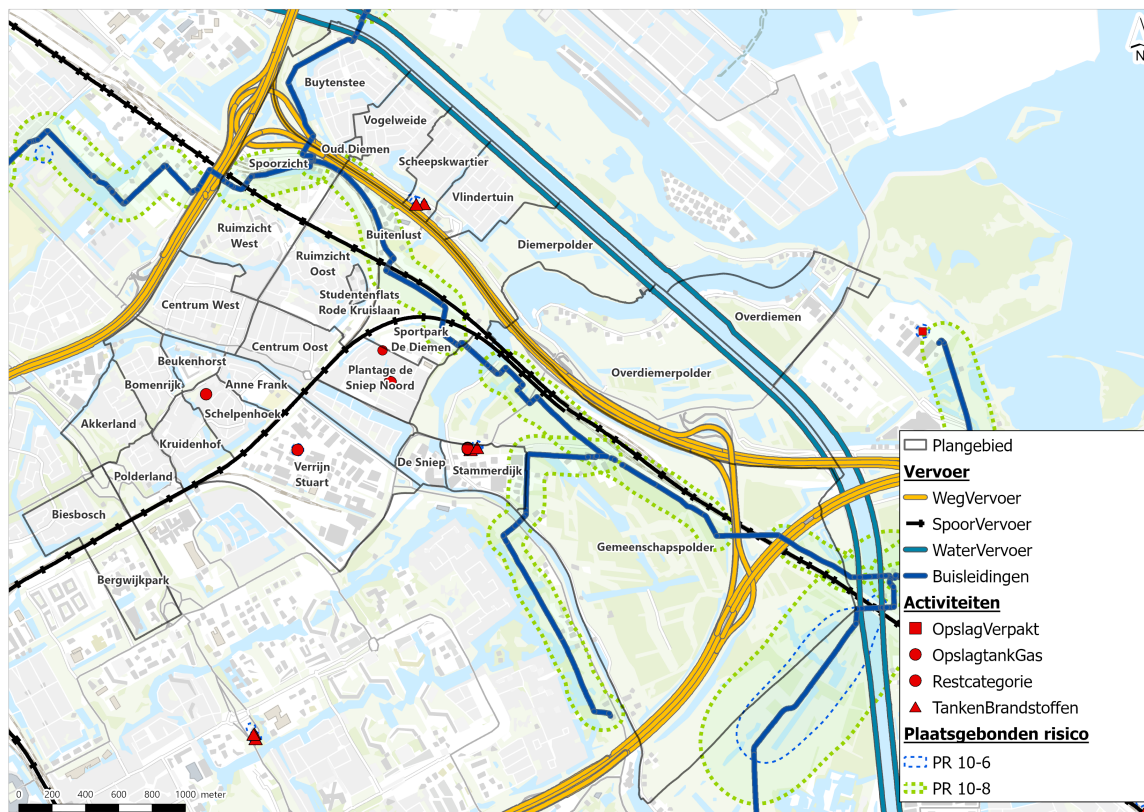
In en rondom Diemen bevinden zich verschillende risicobronnen die relevant zijn voor externe veiligheid (afbeelding 8.19). De belangrijkste zijn:

- routes voor gevaarlijke stoffen, zoals het Amsterdam-Rijnkanaal, de spoortrajecten Duivendrecht - Diemen, Diemen - Amersfoort Oost en Amsterdam Muiderpoort - Diemen en de rijkswegen A1, A9 en A10;
- bestaande aardgasleidingen van regionale en landelijke netbeheerders (Liander / Gasunie);
- industriële risicobronnen, waaronder de energiecentrale van Vattenfall (Diemen) en enkele kleinere bedrijfslocaties met opslag van gevaarlijke stoffen.

Het plangebied kent geen overschrijdingen van de plaatsgebonden risiconormen (PR 10^{-6} -contouren). De gemeente handelt binnen het kader van het Besluit kwaliteit leefomgeving (Bkl) en de Handreiking Groepsrisico.

De Veiligheidsregio Amsterdam-Amstelland kenmerkt de regio als grootstedelijk met gemiddelde complexiteit, waar de meeste risico's samenhangen met bevolkingsdichtheid, woningbouw, infrastructuur intensief verkeer en transport.

Afbeelding 8.19 Referentiesituatie externe veiligheid [bron: [Register Externe Veiligheid](#)]



8.2 Autonome ontwikkelingen

Autonome ontwikkelingen zijn ontwikkelingen die in de huidige situatie nog niet hebben plaatsgevonden, maar in het zichtjaar van 2036 wel. Over deze autonome ontwikkelingen bestaat enige mate van zekerheid: het is vastgesteld overheidsbeleid, een besluit over een ontwikkeling of een trend waarvan voorspeld is dat deze doorzet. Daarnaast moeten deze ontwikkelingen ook losstaan van het voorgenomen plan (het warmteprogramma). In onderstaande paragrafen worden de voor dit programma relevante autonome ontwikkelingen beschreven, en hoe deze samen met de huidige situatie de referentiesituatie van de staat van het milieu in 2036 vormgeven.

8.2.1 Gemeentelijke uitbreiding

Het aantal inwoners van Diemen wordt verwacht te groeien van circa 33.000 [\[CBS, 2026\]](#) naar circa 38.000 in 2040 [\[Omgevingsvisie Diemen 2040, 2022\]](#). Het woningenaantal zal eveneens toenemen, met circa 1.500 woningen tot 2030.

8.2.2 Geluid

In het Actieplan Geluid gemeente Diemen 2024 - 2028 is vastgelegd op welke wijze geluidshinder kan worden verminderd. Maatregelen zijn onder andere:

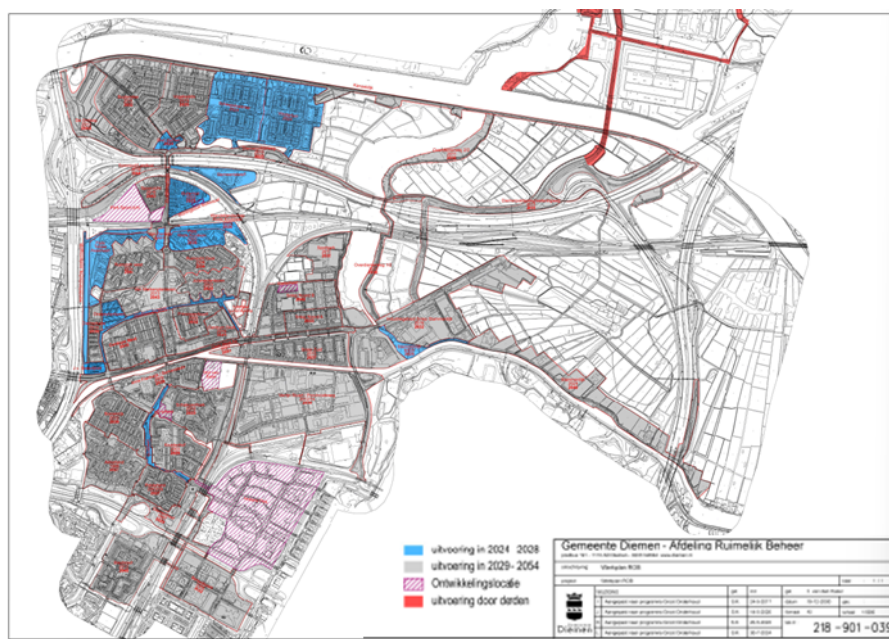
- instellen van autoluwe zones met een maximumsnelheid van 30 km/uur;
- toepassing van geluid-reducerende wegdekken, zoals stille betonstraatstenen, geluiddempend asfalt;
- plaatsing van geluidschermen.

Er wordt verwacht dat de geluidsbelasting door verkeer, vooral op locaties waar deze maatregelen worden getroffen, zal afnemen. Daarnaast zal de geluidsbelasting toenemen door geluid van bronnen zoals airco's, lucht-water warmtepompen en andere installaties, maar de precieze omvang daarvan kan op dit moment nog niet exact worden vastgesteld. Op gemeentelijk niveau vormt dit echter een relatief kleine bijdrage in vergelijking met grotere bronnen, zoals wegverkeer.

8.2.3 Bodemkwaliteit

In de gemeente Diemen wordt op verschillende plekken de bodem opgehoogd. De geplande ophogingen zijn te vinden in afbeelding 8.20. In het westen (blauw gearceerd) gebeurt dit de komende jaren, terwijl in een groot deel van Diemen tussen 2029 en 2054 (grijs gearceerd) ophogingen gepland zijn. Volgens het Beleidskader bodem onder de omgevingswet gemeente Diemen moet deze opgebrachte grond schoon zijn dus zal de bodemkwaliteit beter worden of gelijk blijven.

Afbeelding 8.20 Fasering bodemophogingen in Diemen [bron: Gemeente Diemen]



8.2.4 Water

Kaderrichtlijn Water (KRW) stelt doelen voor waterkwaliteit, die uiterlijk in 2027 behaald moeten zijn. In de referentiesituatie wordt aangenomen dat deze waterkwaliteitsdoelen dan zijn gehaald.

8.2.5 Luchtkwaliteit

Op basis van verkeersmodellen van de gemeente van 2030 en 2040 wordt geen significante verandering in verkeersbewegingen in en rondom Diemen verwacht. Nationale en internationale wetgeving leidt tot strengere de grenswaarden voor luchtkwaliteit. Daarmee wordt de luchtkwaliteit over de aankomende jaren in Diemen beter.

8.2.6 Ruimtegebruik

In Omgevingsvisie Diemen 2040 [\[gemeente Diemen, 2024\]](#) is beschreven dat binnen het bestaande stedelijk gebied het ruimtegebruik onder toenemende druk staat.

8.2.7 Hittestress en koeling

In Programma klimaatadaptatie gemeente Diemen [\[gemeente Diemen, 2024\]](#) schrijft de gemeente onder andere voor dat iedere bewoner binnen 300 meter van diens huis toegang heeft tot een hittebestendige verblijfplek.

MILIEUONDERZOEK

In dit hoofdstuk wordt per thema toegelicht wat de ingreep-effectrelaties zijn, de onderzoeksaanpak toegelicht en is per alternatief de effectbeschrijving en vervolgens een effectbeoordeling gegeven. Bij sommige thema's wordt een onderscheid gemaakt tussen de aanlegfase en de gebruiksfase of worden buurt specifieke of locatiespecifieke inzichten gegeven.

9.1 Geluid en trillingen

De effectenstudies voor geluid en trillingen brengen de mogelijke cumulatieve hinder door geluid en trillingen in kaart die kan optreden tijdens zowel de aanleg- als de gebruiksfase. Hierbij wordt onderzocht welke effecten gedurende deze fasen mogelijk impact kunnen hebben op de omgeving, zoals op de leef kwaliteit van bewoners, de conditie van gebouwen en het natuurlijke ecosysteem. Geluid kan afkomstig zijn van diverse werkzaamheden en processen die typisch zijn voor de bouw- en gebruiksfase, terwijl trillingen kunnen ontstaan door activiteiten die de bodem of infrastructuur rechtstreeks beïnvloeden. Het onderzoek richt zich op een objectieve analyse van deze effecten.

9.1.1 Geluid

Geluidsniveau wordt uitgedrukt in decibel (dB). Hoe hoger het aantal decibel, hoe harder het geluid. Een toename van 3 dB betekent een verdubbeling van het geluidsvermogen. Geluidsbelasting wordt vaak uitgedrukt in langetijdgemiddelde: Lar, LT, dit is gemeten in dB en geeft een gemiddeld geluidsniveau over een periode (dag, avond en nacht) en rekening houdend met specifieke bedrijfstoestanden (bijvoorbeeld een deel van de dag met tonaal geluid).

Ingreep-effectrelaties

Geluid in de leefomgeving beïnvloedt de gezondheid. Blootstelling aan geluid kan leiden tot hinder, slaapverstoring, belemmeringen in de dagelijkse activiteiten en stress. Langdurige blootstelling aan een storend geluidsniveau kan chronische effecten veroorzaken, zoals een verhoogde bloeddruk en hogere niveaus van stresshormonen, waardoor het risico op gezondheidsproblemen toeneemt. Geluiden vanaf 80 dB kunnen het gehoor beschadigen, afhankelijk van de blootstellingsduur.

Aanlegfase

Geothermische warmte, warmtenetten, lokale warmtepompen en thermische opslag brengen tijdens de aanlegfase verschillende werkzaamheden met zich mee. Voor geothermische warmte wordt een boring uitgevoerd van gemiddeld 3 tot 6 maanden [\[Alles over aardwarmte, 2026\]](#). Gedurende die periode wordt er zeven dagen per week, 24 uur per dag geboord. De duur en intensiteit kan per situatie verschillen. Daarnaast brengt het boorproces (zwaar) verkeer met zich mee voor de aan- en afvoer van materialen. Ook is er meer geluid dan gebruikelijk door het stoten van staal op staal, het geluid van de elektromotor in de boortoren en het verkeer van vrachtwagens.

Bij de aanleg van warmtenetten worden straten opgebroken om warmteleidingen aan te leggen. Hiervoor wordt de straat uitgegraven, leidingen worden geplaatst en het wegdek van de bestrating wordt hersteld. Deze werkzaamheden maken geluid en duren per straat enkele weken. Voor nieuwe gebouwen, zoals transformatorhuisjes en warmteoverdrachtsstations kan het daarnaast nodig zijn om te heien. Bovendien veroorzaakt de aanleg van ondergrondse opslag geluid door boringen. Daarnaast wordt bij de aanleg van warmtenetten soms gebruik gemaakt van gestuurde boringen onder (spoor)wegen en waterwegen, wat tijdelijk geluid veroorzaakt.

Voor grootschalig gebruik van warmtepompen is een verzwaring van het elektriciteitsnet nodig waarbij extra transformatorhuisjes en elektriciteitskabels worden aangelegd. Voor de elektriciteitskabels moet (een deel van) de weg worden uitgegraven, tijdens het afzuigen en terugbrengen van zand kan er geluidshinder plaatsvinden. Voor de aanleg van lucht-water-warmtepompen is echter geen zwaar materiaal en zwaar verkeer nodig, de geluidsproductie hiervan is dus verwaarloosbaar. Voor een bodemwarmtepomp wordt een boring uitgevoerd voor het gesloten bodemsysteem door zware mechanische boorwaren, dit duurt enkele dagen tot enkele weken.

Gebruiksfase

Tijdens de gebruiksfase produceren verschillende onderdelen van het warmtesysteem geluid. Voor warmtenetten zijn er warmteoverdrachtsstations nodig met pompinstallaties die geluid kunnen veroorzaken. Ook maken de pompen bij een geothermiebron, een aquathermiebron en bij opslag in de bodem geluid. Daarnaast maken de transformatorhuisjes geluid door de transformator die onder spanning staat en door de ventilatieroosters voor luchtcirculatie.

Lucht-water-warmte-pompen kunnen een brommend geluid produceren, dit geluid valt in de categorie tonaal geluid en kan door de mens als extra hinderlijk worden ervaren. Bodemwarmtepompen produceren in de gebruiksfase ongeveer dezelfde hoeveelheid geluid als een Cv-ketel.

Wetgeving en beleid

In tabel 9.1 wordt de belangrijkste wetgeving en beleid rondom het criterium geluid omschreven.

Tabel 9.1 Wetgeving en beleid rondom geluid

Wettelijk- en beleidskader	Omschrijving
internationaal	
Europese richtlijn omgevingslawaai (2002)	een Europese richtlijn die gericht is op de blootstelling aan omgevingslawaai te voorkomen of verminderen. De zogenaamde 'agglomeratiegemeenten' Amsterdam/Diemen moeten sinds 2007 in het kader van de Europese richtlijn Omgevingslawaai geluidknelpunten in kaart brengen. Op de geluidbelastingkaarten kunt u zien wat de bijdrage is van weg-, rail- en luchtverkeer en industrie op de totale geluidbelasting
nationaal	
omgevingswet	de omgevingswet integreert en vereenvoudigt diverse wetten op het gebied van milieu, planning en ruimtelijke ordening, met als doel een efficiëntere en effectievere besluitvorming. Voor geluidshinder benadrukt de wet het belang van bescherming tegen geluidshinder. Er zijn normen opgenomen voor spoorweglawaai, wegverkeerslawaai, windturbinelawaai en industrielawaai
besluit bouwwerken leefomgeving	uitvoeringsbesluit onder de omgevingswet die bepaalt hoeveel geluid installaties voor warmte- en koudeopwekking mogen maken. In het Besluit bouwwerken leefomgeving (Bbl) is opgenomen dat bedrijfsmatige bouw- en sloopwerkzaamheden alleen op werkdagen en op zaterdag, tussen 7.00 uur en 19.00 uur mogen worden verricht. Bij het verrichten van die bedrijfsmatige werkzaamheden mogen de dagwaarden en de daarbij behorende maximale blootstellingsduur genoemd in het artikel niet worden overschreden (artikel 7.17). Installaties voor warmte- of koudeopwekking die opgesteld staan buiten de uitwendige scheidingsconstructie van het bouwwerk mogen maximaal 40 dB produceren op de perceelgrens (Bbl artikel 4.107 lid 2). Voor appartementen geldt dat een installatie voor warmte- of koudeopwekking maximaal een geluidsniveau van 40 dB mag geven bij een te openen raam of deur van een appartement in hetzelfde gebouw. De eisen gelden niet voor installaties welke reeds voor 1 april 2021 zijn geplaatst

Wettelijk- en beleidskader	Omschrijving
besluit kwaliteit leefomgeving	uitvoeringsbesluit onder de omgevingswet die beschrijft welke gebouwen geluidsgevoelig zijn
besluit activiteiten leefomgeving	uitvoeringsbesluit onder de omgevingswet die bepaalt wanneer en hoe hard geluid van activiteiten in geluidgevoelige gebouwen mag zijn. Voor een mobile boorinstallatie mag het langtijdgemiddelde beoordelingsniveau L _{Ar} , L _T in geluidgevoelige ruimten van geluidgevoelige gebouwen op een afstand van ten hoogste 300 m vanaf het hart van het verplaatsbare mijnbouwwerk tussen 7:00 en 19:00: 40 dB(A) 35 dB(A) (tussen 19:00 en 23:00) en 30 dB(A) in de nacht (Artikel 4.1121a van het Besluit activiteiten leefomgeving (Bal))
gemeentelijk	
actieplan Geluid 2024-2028	in het Actieplan Geluid 2024-2028 beschrijft met welke maatregelen geluidoverlast verminderd wordt en geluidsbeleving verbeterd. Dit plan geeft invulling aan de verplichting vanuit de Europese Richtlijn Omgevingslawaaï om als gemeente elke vijf jaar een actieplan op te stellen voor de aanpak van geluid
beleidsregels geluid omgevingswet Diemen 2025	de Beleidsregels geluid omgevingswet Diemen 2025 hebben betrekking op het toelaten van nieuwe geluidgevoelige gebouwen op locaties met een hogere geluidbelasting. Bij overschrijding van de standaardwaarden uit de omgevingswet is een zorgvuldige afweging nodig van de geluidbelasting en van de maatregelen die mogelijk zijn om deze geluidbelasting te beperken. Voor deze afweging heeft de gemeente Diemen ervoor gekozen om nieuwe beleidsregels op te stellen

Onderzoeksaanpak

Om het effect van geluid te bepalen worden eerst de karakteristieken van de geluidsbronnen verder in kaart gebracht. Hierbij wordt vooral gekeken naar het verwachte geluidsniveau en de duur van het geluid, omdat deze parameters bepalend zijn voor het gezondheidseffect dat kan optreden. Er zal gebruik gemaakt worden van de geluidsbelastingskaart waarin de geluidsbelasting in de regio in kaart is gebracht en geluidsniveaus van belangrijke bronnen zoals weg-, rail- en luchtverkeer en industrie zijn weergegeven.

In de ingreep-effectrelaties zijn veel geluidsbronnen genoemd. In dit milieuonderzoek wordt voornamelijk gefocust op de geluidsbronnen die onderscheidende milieu-informatie bieden voor de vergelijking tussen de alternatieven. Voor alle alternatieven zijn er werkzaamheden in de straten nodig, dus dit biedt geen onderscheidende informatie voor het criterium geluid. Er wordt wel gekeken naar de geluidsniveaus voor de aanleg van de bronnen.

Voor de gebruiksfase zal het geluidsniveau van transformatorhuisjes, warmteoverdrachtsstations en warmtepompen worden beschreven. Bij het alternatief warmtepompen is er door het grote aantal warmtepompen risico op cumulatie van geluid. Cumulatie van geluid betekent dat geluid van meerdere bronnen samenkomt en gezamenlijk tot een hogere (ervaren) geluidsbelasting leidt dan elke bron afzonderlijk. Om het risico van deze cumulatie in buurten in beeld te brengen wordt een inschatting gemaakt van de perceelbreedtes per buurt. Buurten met laagbouw, waar percelen over het algemeen minimaal 10 meter breed zijn, hebben een laag risico. Buurten met hoogbouw, of wijken met veel dichte bebouwing, komen er meer warmtepompen dichtbij elkaar en wordt daarmee het risico op cumulatie van geluid vergroot.

Beoordelingsschaal

Tabel 9.2 toont de beoordelingsschaal voor het criterium geluid. De tekens ++ betekenen heel positief, + is positief, 0 is neutraal, - is negatief, en -- is zeer negatief.

Tabel 9.2 Beoordelingsschaal criterium geluid

Score	Toelichting
++	niet van toepassing
+	niet van toepassing
0	er is naar verwachting geen aanzienlijke geluidsproductie
-	er worden werkzaamheden uitgevoerd die geluid produceren, of er worden installaties geplaatst die geluid produceren. Er is echter geen of beperkt risico op overschrijding van de normen of er zijn maatregelen beschikbaar om dit te beperken
--	er worden werkzaamheden uitgevoerd die geluid produceren, of er worden installaties geplaatst die geluid produceren. Er is een risico op overschrijding van normen en er zijn beperkt maatregelen beschikbaar om dit te mitigeren

Effectbeschrijving

Voor alle alternatieven gelden bepaalde werkzaamheden, zoals de verzwarende van het elektriciteitsnet en de aanleg van een warmtenet. Deze werkzaamheden zijn noodzakelijk om de infrastructuur aan te passen en nieuwe voorzieningen, zoals transformatorhuisjes en warmteoverdrachtsstations, te realiseren. Deze werkzaamheden kunnen overlast veroorzaken. Er zal geluid zijn door bijvoorbeeld het heien voor nieuwe gebouwen en het openbreken van straten om warmteleidingen aan te leggen. Het werk in elke straat duurt doorgaans enkele weken en kan tijdelijk hinder geven aan de omgeving. De werkzaamheden moeten echter voldoen aan de wet- en regelgeving, waardoor de geluidsnormen niet overschreden mogen worden en er geen nadelige gevolgen mogen zijn voor de gezondheid. Gezien de tijdelijke aard van de werkzaamheden en het feit dat deze binnen de wettelijke grenzen plaatsvinden, zijn de geluidseffecten niet maatgevend bij de beoordeling van de alternatieven.

Tijdens de gebruiksfase veroorzaken de transformatorhuisjes een gering geluid, voornamelijk door de transformatoren die onder spanning staan en de ventilatieroosters die zorgen voor luchtcirculatie. Afhankelijk van het type ventilatierooster wordt een geluidsterkte van ongeveer 26–38 dB(A) op één meter afstand gegenereerd (Enexis, z.d.). Dit geluidsniveau blijft onder de wettelijke grens van 40 dB(A) op de gevel die tot een acceptabel binnen niveau leidt van 33 dB met geopend raam [[Richtlijn omgevingsgeluid GGD](#)]. Het geluid van transformatorhuisjes geeft dus geen significante effecten. Voor alle alternatieven is een verzwarende van het elektriciteitsnet noodzakelijk, maar dit leidt niet tot extra geluidshinder door de transformatorhuisjes.

Alternatief 1 - MT-Warmtenet

In alternatief 1 bestaat het uit warmtesysteem uit een MT-warmtenet, waarbij de warmte bij de bron eventueel wordt opgewaardeerd door een centrale warmtepomp. Het warme water wordt vanuit de bron door buisleidingen naar de huizen getransporteerd. Een MT-warmtenet bestaat uit de bron met pompen, buisleidingen, warmteoverdrachtsstations en een afleverset. De bronnen maken in de gebruiksfase geen significant geluid en ook de pompen bij de bronnen niet. Voor warmtetten zijn er warmteoverdrachtsstations nodig met pompinstallaties die geluid kunnen veroorzaken, deze dragen niet substantieel bij aan geluidsbelaasting. Ook wordt er verwacht dat collectieve warmtepompen op voldoende afstand van woningen kunnen worden ingepast om geen geluidshinder te geven. Daarom is de gebruiksfase van warmtenetten als neutraal (0) beoordeeld.

Variant geothermie

Bij de aanlegfase van geothermie kunnen aanzienlijk hogere geluidsniveaus voorkomen: geluidsbronnen in dit type installaties bereiken waarden tussen 84 en 105 dB (Wieringa, 2024). Een geothermische boring kan langer dan 6 maanden duren met zwaar materieel. Vanwege de lange duur en het geluidsniveau wordt dit alternatief als negatief (-) beoordeeld voor de aanlegfase.

Variant datathermie

Voor een warmtenet met datathermie zullen er beperkte werkzaamheden plaatsvinden bij de bron. De aanleg van ondergrondse opslag veroorzaakt geluid door boringen. Dit is echter tijdelijk, 1-3 maanden, om deze reden is dit alternatief voor de aanlegfase neutraal (0) beoordeeld.

Variant aquathermie

Bij de aanleg van een aquathermie installatie is geen geluidshinder verwacht. Ook voor aquathermie zijn WKO's nodig, deze effecten zijn hetzelfde als bij datathermie en wordt ook neutraal (0) beoordeeld voor de aanlegfase.

Alternatief 2 - ZLT-Warmtenet

De geluidseffecten van de bronnen en de aanleg van een ZLT-warmtenet zijn vergelijkbaar met die van een MT-warmtenet. Het belangrijkste verschil is dat bij een ZLT-warmtenet ook warmtepompen worden geplaatst bij de huizen om elektrisch te kunnen verwarmen. Dit betreft water-water-warmtepompen, die produceren lage geluidniveaus en worden daarom in de gebruiksfase als neutraal (0) beoordeeld.

Variant datathermie

Voor een warmtenet met datathermie zullen er beperkte werkzaamheden plaatsvinden bij de bron. De aanleg van ondergrondse opslag veroorzaakt geluid door boringen. Dit is echter tijdelijk, 1-3 maanden, om deze reden is dit alternatief voor de aanlegfase neutraal (0) beoordeeld.

Variant aquathermie

Bij de aanleg van een aquathermie installatie is geen geluidshinder verwacht. Ook voor aquathermie zijn WKO's nodig, deze effecten zijn hetzelfde als bij datathermie en wordt ook neutraal (0) beoordeeld voor de aanlegfase.

Alternatief 3 - Warmtepomp

Variant lucht-water-warmtepomp

Bij de aanleg van lucht-water-warmtepompen zijn geen significante geluidseffecten te verwachten. De aanlegfase van lucht-water-warmtepompen wordt neutraal (0) beoordeeld.

Volgens het Besluit bouwwerken leefomgeving gelden specifieke eisen voor het geluidsniveau van installaties. Warmtepompen met een vermogen tot 6 kilowatt (kW) mogen maximaal 65 dB produceren, terwijl voor warmtepompen tussen 6 en 12 kW een grens van 70 dB geldt. In de praktijk liggen de geluidsniveaus echter lager: veel warmtepompen in Nederland produceren ongeveer 55 dB, waardoor dit aspect in veel gevallen niet onderscheidend is.

Geluid van lucht-water-warmtepompen kan zich cumuleren in wijken wanneer meerdere installaties dicht bij elkaar worden geplaatst. Uit onderzoek van Peutz (2024) blijkt dat bij percelen breder dan 10 meter het risico op cumulatie van geluid voldoende beperkt is. Cumulatieve geluidshinder treedt vooral op in smalle straten, bij achtertuinen die grenzen aan de voorgevels van andere woningen, en bij omsloten achtertuinen. Het onderzoek van Peutz (2024) laat daarnaast zien dat sommige opstelposities akoestisch gunstiger zijn dan andere, afhankelijk van de specifieke bouwkundige situatie. Kenmerkende bebouwingsstijlen beïnvloeden dit, zoals 2-onder-1-kapwoningen met plat dak in Vinexwijken, bergingen aan de voorzijde in Bloemkoolwijken, achtertuinen of hofjes omsloten door woningen, achtertuinen grenzend aan voortuinen in naoorlogse wijken, en smallere autoluwe straten in Bloemkool- en mogelijk Vinexwijken. Hoewel de verschillen tussen wijken over het algemeen klein zijn, gelden de adviezen uit het onderzoek in principe voor alle onderzochte wijken.

De beoordeling van de gebruiksfase van lucht-water-warmtepompen is negatief (-). Het negatieve effect komt vooral voor bij buurten waar de bebouwing dicht op elkaar zit, dit wordt nader toegelicht in de buurtspecifieke beoordeling.

Variant bodemwarmtepomp

Voor een bodemwarmtepomp wordt een boring uitgevoerd voor het gesloten bodemsysteem door zware mechanische boorwaren, dit duurt enkele dagen tot enkele weken. Omdat de werkzaamheden aan de gestelde wet- en regelgeving voldoen en tijdelijk zijn wordt dit als neutraal (0) beoordeeld.

Bodemwarmtepompen produceren in de gebruiksfase ongeveer dezelfde hoeveelheid geluid als een Cv-ketel. In de gebruiksfase wordt deze variant ook als neutraal (0) beoordeeld.

Effectbeoordeling

Tabel 9.3 toont de effectbeoordeling voor het criterium geluid.

Tabel 9.3 Effectbeoordeling geluid

Alternatief	MT-Warmtenet			ZLT-Warmtenet		Warmtepomp	
Variant	Geo-thermie	Data-thermie	Aqua-thermie	Data-thermie	Aqua-thermie	Bodem-warmtepomp	Lucht-water-warmtepomp
aanlegfase	-	0	0	0	0	0	0
gebruiks-fase	0	0	0	0	0	0	-

Beoordeling op basis van buurttype

Het gebruik van warmtepompen heeft in verschillende buurten een uiteenlopende impact, omdat de inrichting van buurten sterk kan verschillen. Om deze verschillen inzichtelijk te maken voor de besluitvorming, wordt hieronder een overzicht gegeven van de verwachte effecten van warmtepompen per buurt, onder andere in vergelijking met het huidige geluidsklimaat.

Overall is een bepaald niveau van achtergrondgeluid aanwezig; volledige stilte komt vrijwel nergens voor. Dit achtergrondgeluid wordt veroorzaakt door onder andere wegverkeer binnen de wijk, een rijksweg op grotere afstand, railverkeer, overvliegende vliegtuigen, burengeluiden en windgeruis door bomen. Over het algemeen is het 's nachts stiller dan overdag en is een rustig, landelijk gelegen dorp stiller dan een drukke stad. Ook geldt meestal dat het geluidsniveau in de (meer beschutte) achtertuin lager is dan aan de voorzijde van een woning.

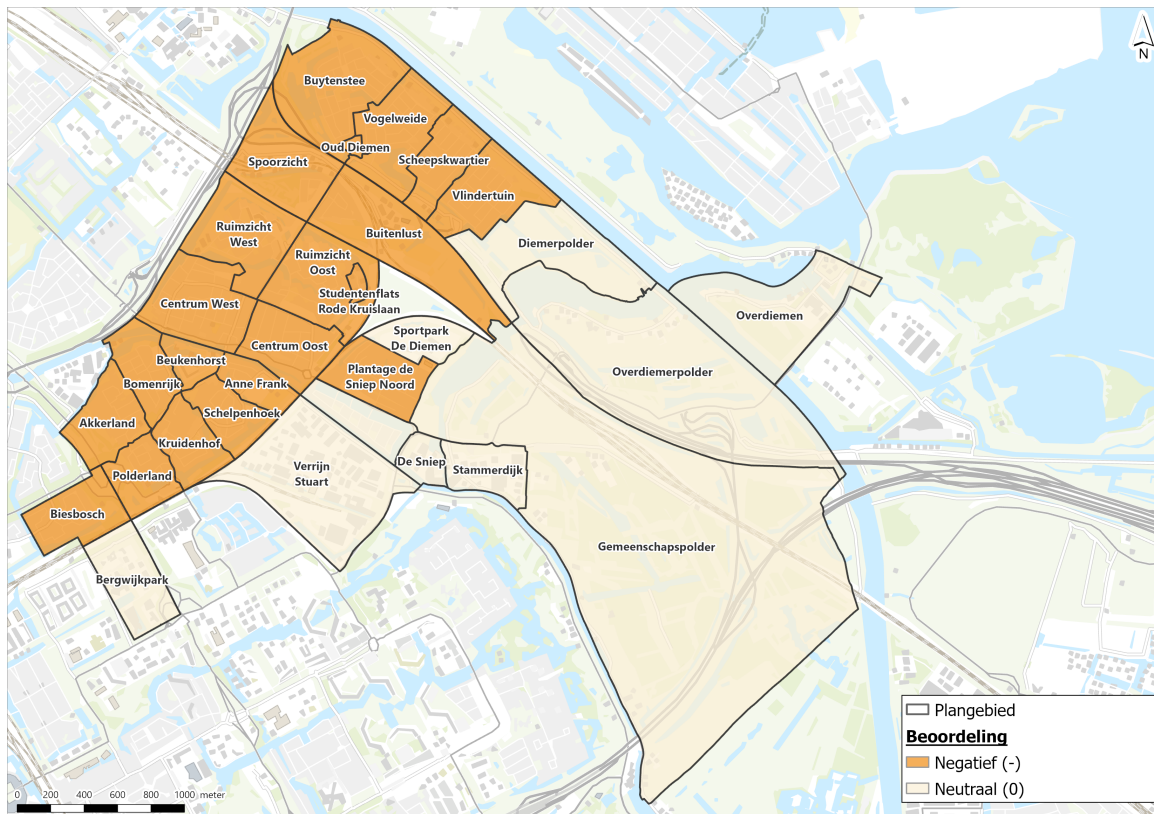
Hoe hoger het achtergrondgeluidniveau op een bepaalde locatie, des te sterker het maskerende effect op andere geluiden. Zo zijn bijvoorbeeld geluiden die lager liggen dan ongeveer 35 dB(A) nauwelijks of niet waarneembaar wanneer het heersende achtergrondgeluidniveau overdag rond de 45 dB(A) ligt, afhankelijk van de frequenties van het geluid.

De opzet van wijken kan ook invloed hebben op cumulatief geluid. Om het risico van geluidscumulatie in buurten in kaart te brengen, is een inschatting gemaakt van de gemiddelde perceelbreedtes per buurt. Buurten met laagbouw en percelen van minimaal 10 meter breed hebben een laag risico. In wijken met hoogbouw of dicht op elkaar gebouwde bebouwing is het risico op cumulatie van geluid groter. In deze wijken zijn maatregelen nodig, zoals het toevoegen van schuttingen of groen, of het plaatsen van geluidsisolatie rondom de warmtepompen om effecten te voorkomen.

Bij een (deels) omsloten bouwblok is er een hoger risico op cumulatie van geluid. De buurttypen met een gesloten bouwblok in Diemen zijn: volkswijk, tuindorp, naoorlogse woonwijk en Vinexwijk (zie afbeelding 6.1). Een bloemkoolwijk heeft een deels omsloten bouwblok. Vanwege het risico op cumulatie worden deze buurten als negatief (-) beoordeeld. Ook bij een perceelbreedte minder dan 10 meter is er een risico op cumulatie. Buurttypen in Diemen waarvan de woningen waarschijnlijk niet aan de perceelbreedte kunnen voldoen zijn tuinstad hoogbouw, hoogbouw, tuinstad laagbouw. Deze buurttypen worden ook negatief (-) beoordeeld. De buurttypen bedrijventerrein en buitengebied worden neutraal (0) beoordeeld.

Hier zijn de perceelbreedtes voldoende om cumulatie van geluid door lucht-water-warmtepompen te voorkomen. Afbeelding 9.1 toont de beoordeling per buurt.

Afbeelding 9.1 Effectbeoordeling geluid lucht-water-warmtepomp



Mitigerende maatregelen

Bij de aanleg van geothermie kan tijdelijk geluidsoverlast ontstaan door de benodigde boringen. Om de overlast voor omwonenden te beperken, kunnen tijdelijke geluidsschermen worden geplaatst rondom de werkzone.

Voor warmtepompen zijn er verschillende maatregelen mogelijk om geluidshinder te minimaliseren. Wanneer warmtepompen op het dak van een gebouw worden geplaatst, veroorzaken zij vrijwel geen hoorbare geluidsoverlast aan de voor- of achterzijde van het gebouw. Installatie in een aanpandige garage of binnen in een technische ruimte of berging kan de geluidsoverlast verder beperken, mits rekening wordt gehouden met onderhoud en toegang. Indien plaatsing binnenshuis niet mogelijk is en een warmtepomp op maaiveldniveau aan de voor- of achterzijde van een gebouw wordt geplaatst, kan een akoestische omkasting worden toegepast om geluidshinder te beperken. Daarnaast kunnen geluidseffecten worden verminderd door warmtepompen met een avond- en nachtmodus toe te passen. Deze functie verlaagt het geluidsniveau tussen 19:00 en 7:00 met ongeveer 5 dB(A). Voor deze periodes mag de geluidseis tijdelijk worden verhoogd tot 45 dB(A), waardoor de hinder tijdens de avond- en nachtelijke uren verder wordt beperkt.

9.1.2 Geïnduceerde seismiciteit en trillingen

Ingreep-effectrelaties

Geïnduceerde seismiciteit is aardbevingsactiviteit die direct of indirect wordt veroorzaakt door menselijke activiteiten, zoals geothermie. De meest voor de hand liggende bron van bij geïnduceerde seismische activiteit bij geothermie projecten zijn heractivatie van geologische breuklijnen tijdens het boren of bij gebruik van geothermieputten.

Aan de andere kant zijn trillingen vaak lokale, continue of periodieke bewegingen van de ondergrond of bouwwerken. Er zijn verschillende soorten trillingen die voortkomen uit diverse bronnen en die kunnen optreden bij de aanleg en het gebruik van warmtenetten, aardwarmte-installaties en gerelateerde infrastructuur.

Geïnduceerde seismiciteit door heractivatie van breuken tijdens het boren

Geïnduceerde seismiciteit is aardbevingsactiviteit die direct of indirect wordt veroorzaakt door menselijke activiteiten, zoals geothermie. De meest voor de hand liggende bron van bij geïnduceerde seismische activiteit bij geothermie projecten zijn heractivatie van geologische breuklijnen tijdens het boren of bij gebruik van geothermieputten.

Aan de andere kant zijn trillingen vaak lokale, continue of periodieke bewegingen van de ondergrond of bouwwerken. Er zijn verschillende soorten trillingen die voortkomen uit diverse bronnen en die kunnen optreden bij de aanleg en het gebruik van warmtenetten, aardwarmte-installaties en gerelateerde infrastructuur.

Geïnduceerde seismiciteit door druk- en temperatuurverschillen bij gebruik geothermieputten

In de gebruiksfase van een geothermiedoublet wordt water van verschillende temperatuurniveaus geïnjecteerd en opgepompt uit de diepe ondergrond. Door het pompen kunnen drukverschillen ontstaan, en door de temperatuurverschillen kunnen gesteenten zwellen en krimpen. Dit kan leiden tot spanningstoename in de ondergrond. Als deze effecten optreden in de buurt van bestaande geologische breuklijnen die kritisch gespannen zijn, kunnen deze effecten zorgen voor het langs elkaar schuiven van gesteenten en resulteren in aardbevingen. De Mijnbouwwet schrijft voor dat deze effecten niet mogen optreden, en dus worden strenge eisen aan vergunningsverlening gesteld.

Trillingen bij (het voorbereiden van) geothermische boringen

Bij het realiseren van aardwarmte-installaties ontstaan eveneens trillingen door verschillende processen. Seismisch onderzoek, dat nodig is om de kenmerken van de ondergrond in kaart te brengen, kan trillingen veroorzaken in de omgeving. Diepe boringen voor geothermie, meestal tussen 1,5 en 5 kilometer, zorgen voor trillingen, die afhankelijk van de boortechniek, de diepte en de grondopbouw ook aan het aardoppervlak voelbaar kunnen zijn. Ook het boren van HTO-installaties (500 meter tot 1,5 kilometer) en WKO-systemen (20 tot 500 meter diep) veroorzaakt trillingen, waarvan de intensiteit afhangt van de boortechniek, de diepte en de grondopbouw.

De meest voor de hand liggende bron bij geothermische boringen is de roterende beweging van de boor. Deze wordt doorgegeven van de motor (boven de grond) via de aandrijfslag naar de boorkop. Behalve aan trillingen opgewekt door de roterende beweging kan hier gedacht worden aan trillingen veroorzaakt door speling in de aandrijfslag of het (tijdelijk) vast komen te zitten van de boorkop en het overkomen van de wrijving. Een andere mogelijke bron van trillingen is het aanvoeren en afvoeren van de boorvloeistof en het afvoeren van het geboorde materiaal. Deze verschillende type trillingen kunnen ook best langdurig zijn, aangezien boringen kunnen doorgaans enkele maanden duren.

Trillingen door werkzaamheden bij infrastructuur installatie

Bij warmtenetten ontstaan trillingen door werkzaamheden zoals heien, graven, intrillen en zwaar verkeer. Heien, dat bijvoorbeeld nodig is voor het plaatsen van transformatorhuisjes en warmte-overdrachtsstations, kan leiden tot krachtige, herhaald voorkomende trillingen die door de nabijheid van werkzaamheden voelbaar kunnen zijn in gebouwen. Graafwerkzaamheden, bijvoorbeeld voor het leggen van leidingen, veroorzaken trillingen die afhankelijk zijn van de grondsoort en het materieel. Intrillen wordt toegepast bij het installeren van leidingen of onderdelen van een warmtenet. Hierbij wordt materiaal, zoals damwanden of leidingen, door middel van vibraties in de grond geplaatst. Deze methode veroorzaakt korte, intense trillingen die zich via de ondergrond kunnen verspreiden. Ook het transport van zware bouwmaterialen en machines kan trillingen veroorzaken, vooral als zwaar verkeer over de weg door woongebieden rijdt. Hoe groter en zwaarder het voertuig, des te sterker de trillingen die worden opgewekt.

Trillingen bij het gebruik van circulatiepompen

Bij het gebruik van lucht-water-warmtepompen kunnen mechanische trillingen ontstaan, voornamelijk door het draaien van motoren, compressoren en ventilatoren. Afhankelijk van de plaatsing en het ontwerp van de warmtepomp kunnen deze trillingen hinder veroorzaken, bijvoorbeeld via resonantie door vloeren en wanden van gebouwen.

Effecten van geïnduceerde seismiciteit en trillingen

Geïnduceerde seismiciteit en trillingen kunnen verschillende gevolgen hebben, afhankelijk van de intensiteit, duur en frequentie ervan, maar ook van de grondopbouw. Bij lichte geïnduceerde seismiciteit of trillingen kan sprake zijn van hinder, zoals het waarnemen van subtiele trillingen in gebouwen die als storend worden ervaren door bewoners. Sterkere geïnduceerde seismiciteit of trillingen kunnen echter leiden tot schade aan gebouwen, zoals scheuren in muren, funderingen of vloeren. Dit is vooral het geval bij oudere of minder stevige constructies. Daarnaast kunnen deze processen invloed hebben op gevoelige apparatuur in bijvoorbeeld bedrijven, laboratoria of ziekenhuizen, wat kan leiden tot verstoringen in werkzaamheden of meetresultaten. Voornamelijk langdurige trillingen kunnen ook een negatieve impact hebben op het welzijn en de gezondheid van mensen. Ze kunnen stress of vermoeidheid veroorzaken, vooral wanneer ze regelmatig worden ervaren en de slaap of algehele rust verstoren. Tot slot kunnen voornamelijk trillingen ook ecologische gevolgen hebben, omdat ze verstorend kunnen zijn voor de bodemstructuur en het gedrag van dieren, onder meer door het opwekken van geluidsgolven of veranderingen in de leefomgeving.

Wetgeving en beleid

De wet- en regelgeving omtrent geothermie bevindt zich nog in ontwikkeling, aangezien deze energiebron relatief nieuw is binnen Nederland. Een belangrijk onderdeel van de vergunningverlening voor de realisatie van een geothermische bron betreft de beoordeling van mogelijke geïnduceerde seismiciteit en trillingen. Voordat een vergunning wordt verleend, moet de initiatiefnemer aantonen dat de installatie geen aanzienlijke kans op geïnduceerde seismiciteit en trillingen veroorzaakt tijdens de gebruiksfase. Dit betekent dat er voorafgaand aan de boring onderzoek moet worden uitgevoerd naar de geologische omstandigheden en de verwachte effecten van de werkzaamheden.

Het complexe aan geothermie is dat geïnduceerde seismiciteit en trillingen op verschillende manieren kunnen ontstaan. De mate waarin deze geïnduceerde seismiciteit en trillingen kunnen optreden is echter nog onzeker. Daarom is de wetgeving dynamisch: nieuwe onderzoeksresultaten en ervaringen uit de praktijk leiden regelmatig tot aanpassingen in de regels en beoordelingskaders.

Deze ontwikkelingen staan bovendien niet los van bredere maatschappelijke discussies over aardbevingsrisico's, zoals die rond de gaswinning in Groningen. Hoewel de schaal en aard van de geothermische activiteiten verschillen van gaswinning, beïnvloeden deze discussies wel de beleidsvorming en de eisen rondom veiligheid en monitoring.

In tabel 9.4 wordt de belangrijkste wetgeving en beleid voor het criterium geïnduceerde seismiciteit en trillingen omschreven.

Tabel 9.4 Wetgeving en beleid rondom geïnduceerde seismiciteit en trillingen

Wettelijk- en beleidskader	Omschrijving
nationaal	
besluit kwaliteit leefomgeving	de instructieregels uit het Besluit kwaliteit leefomgeving (Bkl) wijzen trillinggevoelige gebouwen en ruimten aan. Overheden gebruiken deze aanwijzing bij het toestaan van activiteiten op een locatie, bijvoorbeeld bij het opstellen van een omgevingsplan. Volgens artikel 5.80 van het Bkl worden gebouwen of delen daarvan met de gebruiksfunctie wonen als trillinggevoelig aangemerkt. Dit betreft onder andere woningen en verzorgingshuizen. Woonschepen en woonwagens vallen hier niet onder. Deze classificatie sluit aan bij de gebruiksfuncties van het Besluit bouwwerken leefomgeving (Bbl). Hierdoor gelden gebouwen zoals gevangenissen (celfunctie), hotels, asielzoekerscentra en recreatiewoningen (logiesfunctie) niet als woongebouw

Wettelijk- en beleidskader	Omschrijving
beleidsregel geluid- en trillinghinder bouw- en sloopwerkzaamheden	deze regel schrijft voor dat bij bouw- en sloopwerkzaamheden geluid- en trillinghinder zoveel mogelijk beperkt moet worden, werkzaamheden bij voorkeur overdag plaatsvinden, en grenswaarden voor geluid en trillingen worden gehanteerd. Voor trillingen geldt dat volgens artikel 7.18 van het Besluit bouwwerken leefomgeving (Bbl) de waarden uit de 'Meet- en Beoordelingsrichtlijn deel B, 'Hinder voor personen in gebouwen' (SBR-richtlijn)' moeten worden toegepast. De opdrachtgever is verantwoordelijk voor stille technieken en het informeren van omwonenden; als aan de regels wordt voldaan volstaat een melding bij de gemeente, anders is een maatwerkvoorschrift nodig
landelijke richtlijn Bouw- en Sloopveiligheid	deze richtlijn regelt dat bij bouw- en sloopwerkzaamheden trillingen serieus moeten worden meegenomen. Het doel is dat de omgeving, zoals naburige gebouwen en percelen, niet onveilig wordt en dat gezondheid of bruikbaarheid niet nadelig wordt beïnvloed. In hoofdstuk 7 (omschrijving van gevaren, hinder en maatregelen) worden trillingen genoemd als onderdeel van hinder door bouw- en sloopwerkzaamheden
mijnbouwwet	bij geothermie spelen milieueffecten een belangrijke rol in verschillende zones van de ondergrond. De effecten en de bijbehorende wetgeving verschillen afhankelijk van de diepte van de boring. Boren dieper dan 500 meter vallen onder de Mijnbouwwet, ondiepere boringen vallen onder provinciaal gezag. De grens van 500 meter is grotendeels arbitrair gekozen, maar markeert juridisch het onderscheid tussen grondwaterbescherming en mijnbouwactiviteiten. Hier worden richtlijnen gegeven voor het opstellen van risicoanalyse en risicobeheersplan met betrekking tot ondergrondse risico's, zoals (geïnduceerde) seismiciteit en trillingen. Om deze risico's te beperken stelt de Mijnbouwwet strenge eisen aan geothermieprojecten. Zo moet bij de vergunningaanvraag uitgebreid worden onderzocht wat de effecten van een geothermieproject zijn op de ondergrond, en bewezen worden dat het risico op seismische activiteit niet verhoogd wordt. Hierbij wordt gekeken naar huidige en historische seismische activiteit en naar geologische breuklijnen in de ondergrond. Als uit deze onderzoeken blijkt dat de risico's te groot zijn, kan een vergunning worden geweigerd. In de praktijk worden in Nederland geen geothermie-projecten gerealiseerd nabij bekende kritisch gespannen geologische breuklijnen
SRB-richtlijn	om geothermie te winnen, is er (onder andere) een start- en vervolgv vergunning nodig, waarbij ondergrondse risico's moeten worden beschreven met daarbij de maatregelen om deze risico's te beheersen. Voor het beheersen van het risico op seismiciteit (bevingen) is een Seismisch Risico Beheersplan (SRB) verplicht.
gemeentelijk	
omgevingsplan Diemen	op dit moment geeft het omgevingsplan van de gemeente Diemen waarden aan voor continue trillingen door een activiteit in een trillinggevoelige ruimte van een trillinggevoelig gebouw. Deze waarden kunnen door het omgevingsplan worden aangepast en zijn dus locatieafhankelijk. Een trillinggevoelige ruimte is een specifieke verblijfsruimte binnen een trillinggevoelig gebouw waarvoor bescherming geldt tegen ongewenste trillingen. Een trillinggevoelig gebouw is een gebouw met een functie zoals wonen, onderwijs, zorg of kinderopvang, en bevat trillinggevoelige ruimten. Het boren voor een aardwarmtebron kan trillingen veroorzaken die invloed kunnen hebben op trillinggevoelige ruimten in de buurt. Volgens artikel 22.88 van het omgevingsplan van Diemen mogen continue trillingen door een activiteit in trillinggevoelige ruimten niet hoger zijn dan de waarde A1 voor trillingssterkte Vmax zoals vermeld in tabel 9.5. Deze waarde is vastgesteld op 0,1 mm/s. Deze norm is bedoeld om trillinghinder te voorkomen of te beperken

Tabel 9.5 Waarde voor continue trillingen in trillinggevoelige ruimten

Soort trilling	07:00–23:00	23:00–07:00
A1 Vmax	0,1 mm/s	0,1 mm/s
A2 Vmax	0,4 mm/s	0,2 mm/s
A3 Vper	0,05 mm/s	0,05 mm/s

* Trillingssterkte Vmax: maximale trillingssterkte zoals vastgesteld volgens bij ministeriële regeling gestelde regels.

Trillingssterkte Vper: gemiddelde trillingssterkte over een beoordelingsperiode zoals vastgesteld volgens bij ministeriële regeling gestelde regels.

Onderzoeksmethodiek

Bij de beoordeling van geïnduceerde seismiteit en trillingen bij een geothermie project worden alle relevante effecten van activiteiten in kaart gebracht. Hierbij ligt de focus op het beschrijven en analyseren van de ingreep-effectrelaties voor verschillende bronnen.

Voor geïnduceerde seismiteit, is het risico in eerste instantie ingeschat op basis van openbare landelijke kaarten (Geologisch kaart via NLOG, Aardbeving kaart via KNMI, en Aardbeving kaart via Atlas Leefomgeving). Indien breuken aanwezig zijn rondom de projectlocatie, is als vervolg een verdiepende studie noodzakelijk.

Voor trillingen, is er binnen het zoekgebied van de potentiële boorlocatie een semi-kwantitatieve trillingsstudie uitgevoerd om de verwachte hinder voor nabijgelegen panden te onderzoeken. In de studie worden factoren zoals de intensiteit van de trillingsbron, de afstand tussen de bron en gebouwen, en de eigenschappen van de ondergrond en het type bebouwingen meegenomen. De beoordeling is gebaseerd op trillingsindicatoren, waaronder de maximale trillingssterkte (V_{max}) en het gemiddelde trillingsniveau over een beoordelingsperiode (V_{per}). Deze gegevens worden getoetst aan de SBR-richtlijn (Meet- en Beoordelingsrichtlijn deel B, 'Hinder voor personen in gebouwen'), die streef-, standaard- en grenswaarden definieert en als norm dient binnen het Besluit kwaliteit leefomgeving (Bkl).

In het onderzoek wordt onderscheid gemaakt tussen trillingen onder maaiveld, veroorzaakt door het boren, en trillingen boven maaiveld, afkomstig van apparatuur zoals pompen en andere machines. De inschatting van trillingsniveaus is gebaseerd op buitenlandse literatuur waarin metingen en modellen zijn beschreven. Op basis van de beschikbare inschattingen zijn per locatie de hinder en invloedsgebieden in kaart gebracht, waarbij aandacht is besteed aan trillingsgevoelige gebouwen en de mogelijke overschrijding van grenswaarden.

Beoordelingsschaal

Tabel 9.6 toont de beoordelingsschaal voor het criterium geïnduceerde seismiteit en trillingen. De tekens ++ beteken heel positief, + is positief, 0 is neutraal, - is negatief, en -- is zeer negatief.

Tabel 9.6 Beoordelingsschaal effecten door trillingen

Score	Toelichting
++	niet van toepassing
+	niet van toepassing
0	in het alternatief is er geen tot weinig risico op trillingen. Er worden weinig werkzaamheden uitgevoerd die trillingen veroorzaken. Ook bestaat er geen risico op geïnduceerde seismiteit
-	in het alternatief is er risico op trillingen. Er worden werkzaamheden uitgevoerd die trillingen veroorzaken. Of er bestaat een klein risico op geïnduceerde seismiteit
--	in dit alternatief is er een langdurig risico op trillingen of er bestaat een groot risico op geïnduceerde seismiteit

Effectbeschrijving

Alle alternatieven brengen werkzaamheden met zich mee die tijdelijke trillingen veroorzaken tijdens de aanlegfase. Deze trillingen ontstaan bijvoorbeeld bij het openbreken en weer dichtleggen van straten, heien voor warmteoverdrachtsstations en transformatorhuisjes, zwaar transport over ongelijke ondergrond. Daarnaast kunnen bij de aanleg van een WKO boringen plaatsvinden, soms direct naast gebouwen of constructies, wat lokaal merkbaar kan zijn.

Hoewel deze werkzaamheden tijdelijke hinder kunnen veroorzaken, zijn ze van beperkte duur en worden ze uitgevoerd binnen de kaders van de geldende wet- en regelgeving, zoals opgenomen in het Besluit

activiteiten leefomgeving (Bal). Hierbij worden maatregelen genomen om de impact te beperken en te zorgen dat trillingen geen schade aan gebouwen of nadelige gevolgen voor de omgeving veroorzaken. De tijdelijke trillingen tijdens de aanlegfase blijven binnen de wettelijke normen en zijn hierdoor niet maatgevend bij de beoordeling van de alternatieven.

Alternatief 1 - MT-warmtenet

Aanlegfase

Bij de aanleg van warmtenetten ontstaan trillingen door werkzaamheden zoals heien, graven, intrillen en zwaar verkeer. Heien, nodig voor warmteoverdrachtsstations, zorgt voor voelbare, herhaalde trillingen. Graafwerkzaamheden en intrillen, waarbij materialen door vibraties in de grond worden geplaatst, veroorzaken korte, intense trillingen afhankelijk van grondsoort en materieel. Zwaar transport, zeker door woongebieden, versterkt de trillingen. Hierdoor wordt de aanlegfase van warmtenetten als negatief (-) beoordeeld.

Gebruiksfase

Hogetemperatuurpompen genereren tijdens de gebruiksfase hogere pompkrachten dan bij een laagtemperatuurnet. Hierdoor kan lokaal een hoger trillingsniveau ontstaan, bijvoorbeeld in de omgeving van warmtewisselaars, compressoren en andere industriële installaties, zoals op industrieterreinen. Het effect beperkt zich echter tot zeer nabije omgevingen en veroorzaakt geen significante nadelige effecten. Trillingen in de gebruiksfase zijn minimaal, pompinstallaties geven minimale trillingen. Deze effecten op de omgeving zijn verwaarloosbaar.

Variant geothermie

Aanlegfase

Tijdens het boren van een geothermieput kan geïnduceerde seismiteit optreden. In Limburg heeft er, in de context van een geothermie project in 2013, een incident plaatsgevonden bij de zogenaamde 'Californië-well' waarbij zeer lichte geïnduceerde seismiteit is waargenomen. Dit leidde niet tot grote schade, maar wel tot het stilleggen van het project uit voorzorg. Uit onderzoek bleek dat een verband tussen de aardwarmtewinning en deze aardbeving onwaarschijnlijk is, maar niet geheel uit te sluiten. Om dit risico te beheersen, schrijft het huidige vergunningenbeleid voor dat geothermieprojecten geen boorwerkzaamheden mogen uitvoeren binnen breukzones; in geval van twijfel of overtreding wordt geen vergunning verleend.

Er bestaat tegenstrijdige berichtgeving over het al dan niet optreden van significante trillingen tijdens het boren naar geothermie en vervolgens gedurende de gebruiksfase van de warmte-installatie. Volgens EBN veroorzaken de SCAN proefboringen geen trillingen (SCAN, 2025), echter bij de geothermie boringen op de campus van TU Delft moesten tentamens tijdens de boringen worden verplaatst vanwege verwachte trillingsoverlast. Deels komt dit doordat geothermie in Nederland nog vrij nieuw is in de stedelijke omgeving. Bovendien bestaat er geen raamwerk voor fysische of statistische trillingspredictie bij dergelijke boringen.

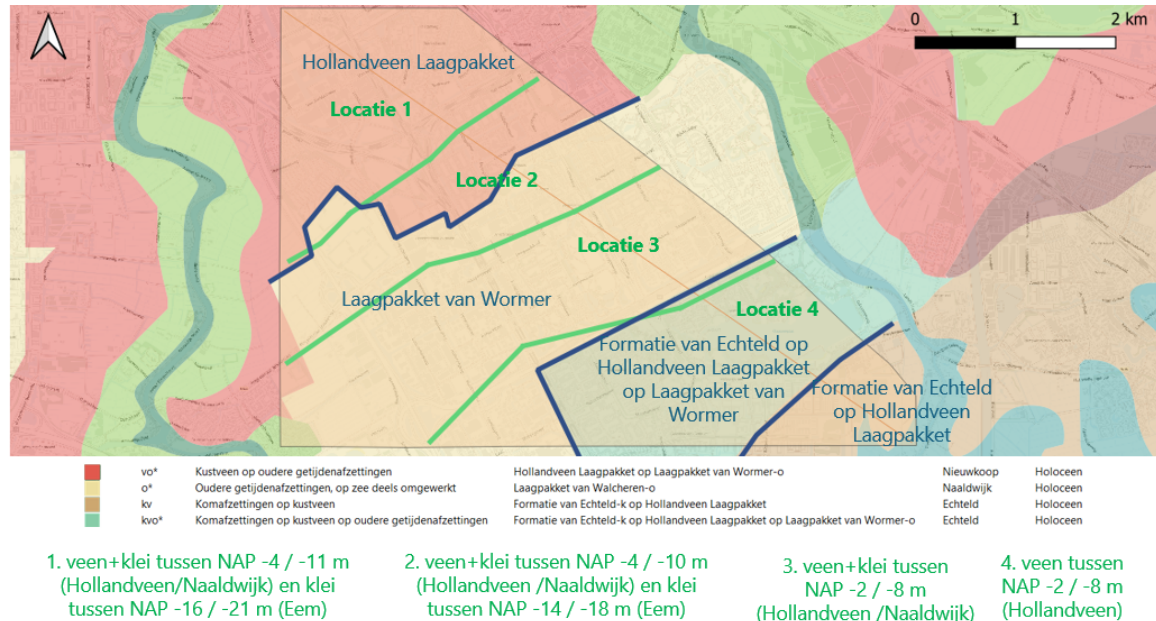
Om toch nog enigszins een conclusie te kunnen trekken over omgevingsbeïnvloeding van geothermie installaties in de stedelijke omgeving, wordt in de stand van kennis verkend en een inschatting gemaakt van optredende trillingen bij geothermie boringen.

In het verkennende onderzoek in bijlage II is de stand van kennis verzameld en de verwachte hinder door trillingen onderzocht rondom vier representatieve locaties voor de installatie van een geothermie boring in de gemeente Diemen. Op basis van literatuuronderzoek is een inschatting gemaakt van de te verwachte trillingen bij geothermie boringen. Hierbij zijn twee typen trillingsbronnen meegenomen, dit betreft trillingen veroorzaakt door:

- boren onder maaiveld, waarbij uitgegaan is van een maximale trillingssnelheid van 1 mm/s op $r_0 = 5\text{m}$ bij 7 Hz;
- trillingsbronnen van apparatuur boven het maaiveld, zoals de aandrijving van de boor en de pompen en zeven voor de boorvloeistof en puin, waarbij is uitgegaan van 0,6 mm/s op $r_0 = 20\text{m}$ bij 50 Hz.

Eventuele trillingen door het zogenaamde 'stick-slip'-gedrag worden in deze analyse niet beschouwd. De hierboven genoemde waarden zijn gebaseerd op literatuur en betreffen locaties buiten Nederland. Wat deze trillingen in de ondergrond op deze locatie zullen zijn, is een aandachtspunt om verder te onderzoeken, bijvoorbeeld door het uitvoeren van metingen bij geothermie boringen in Nederland.

Afbeelding 9.2 Locaties voor trillingsonderzoek



Per locatie is de verwachte hinder in kaart gebracht op basis van het beoordelingskader SBR-B: Hinder voor personen in gebouwen (zie afbeelding 9.2). Dit is gedaan op basis van de grondopbouw voor vier locaties en indicatie van de bronniveaus van de trillingen. Dit is per locatie getoond aan de hand van grafieken waarin de afstand tot de bron is uitgezet tegen het verspelde trillingsniveau op maaiveld en in de panden. Uit dit onderzoek komt naar voren dat de verschillen in de grondopbouw leiden tot kleine verschillen in de afstandsrelatie.

Uit het trillingsonderzoek blijkt dat bij locaties 1, 2 en 3 trillingsintensiteiten optreden tot maximaal 65 meter afstand. Op het moment dat een locatie wordt uitgekozen met woningen of gezondheidszorg binnen deze afstand, is er sprake van een negatief effect. Daarnaast geldt dat wanneer zich binnen 55 meter bebouwing bevindt met de functies onderwijs, kantoor of bijeenkomst, ook sprake is van een negatief effect.

Uit het trillingsonderzoek blijkt dat trillingsintensiteiten tot een afstand van 75 meter optreden bij locatie 4. Als binnen deze afstand woningen of gezondheidszorgvoorzieningen worden opgenomen, leidt dat tot een negatief effect. Als binnen een afstand van 60 meter bebouwing met de functies onderwijs, kantoor of samenkomst/bijeenkomst ligt, geldt eveneens een negatief effect.

Doordat de locaties voor geothermie nog niet vastleggen en er wel hinder kan optreden binnen de potentiegebieden, wordt geothermie in de aanlegfase als sterk negatief beoordeeld (--).

Gebruiksfase

Tijdens de gebruiksfase veroorzaken geothermie-doubletten doorgaans lage, continue trillingen door circulatiepompen. Deze trillingen hebben geen merkbare impact op de directe omgeving.

Daarnaast bestaat er tijdens de gebruiksfase van geothermie een risico op seismische activiteit door drukverschillen die ontstaan bij het onttrekken en injecteren van water in de diepe aardlagen. In Nederland gelden strenge wet- en regelgeving voor het voorkomen van seismische activiteit. Er worden geen vergunningen verleent als er een risico bestaat op het ontstaan van aardbevingen. Echter blijft er een restrisico bestaan op incidenten. Dit restrisico is relevant, omdat de aardbevingen kunnen leiden tot aanzienlijke materiële schade (zoals schade aan woningen zoals bij de gaswinning in Groningen). In tegenstelling tot de gaswinning in Groningen betreft geothermie een gesloten systeem, waardoor volumeverandering in het gesteente (de belangrijkste oorzaak van aardbevingen bij gaswinning) uitgesloten is bij geothermie.

Wel kunnen spanningen op bestaande breukvlakken toenemen door druk- en/of temperatuurverschillen bij het injecteren en onttrekken van water. Als deze spanningsverschillen voldoende groot zijn, bestaat een risico dat bestaande breuklijnen worden geactiveerd. Hierbij kunnen gesteenten langs elkaar gaan schuiven, wat seismische activiteit (aardbevingen) tot gevolg heeft. In het algemeen geldt dat grotere breuklijnen potentieel leiden tot grotere aardbevingen, afhankelijk van de omvang van de verschuiving langs het breukvlak en de bestaande natuurlijke opspanning van geologische breuken.

Om deze risico's te beperken stelt de Mijnbouwwet strenge eisen aan geothermieprojecten. Zo moet bij de vergunningaanvraag uitgebreid worden onderzocht wat de effecten van een geothermieproject zijn op de ondergrond, en bewezen worden dat het risico op seismische activiteit niet verhoogd wordt. Hierbij wordt gekeken naar huidige en historische seismische activiteit en naar geologische breuklijnen in de ondergrond. Als uit deze onderzoeken blijkt dat de risico's te groot zijn, kan een vergunning worden geweigerd. In de praktijk worden in Nederland geen geothermie-projecten gerealiseerd nabij bekende kritisch gespannen geologische breuklijnen. Nederland kent gebieden met natuurlijke seismische activiteit (zoals Limburg en Noord-Brabant) en gebieden waar door menselijk handelen seismische activiteit is ontstaan (Groningen, Rijswijk). De regio rond Diemen heeft weinig tot geen bekende actieve geologische breuken in de ondergrond, en er wordt geen natuurlijke of geïnduceerde seismiteit waargenomen [[Muntendam-Bos et al., 2021](#)].

De laatste maand van 2025 heeft SCAN een 3D geothermie onderzoek uitgevoerd in de regio. In de loop van 2026 worden de uitkomsten gepubliceerd en is er veel meer bekend over de ondergrond in Diemen. Met deze uitkomsten wordt de exacte ligging en aard van de breuklijnen in de ondergrond beter in kaart gebracht. Dit dient te worden meegenomen in vervolgfases als geothermie wordt overwogen. Dit om het restrisico zo goed mogelijk te kunnen beoordelen en een betere afweging voor de implementatie van geothermie te kunnen maken. Omdat risico's op incidenten niet kunnen worden uitgesloten wordt geothermie negatief (-) beoordeeld.

Variant datathermie

Voor datathermie worden geen aanvullende effecten verwacht. De beoordeling blijft daarmee gelijk aan de algemene beoordeling voor MT-warmtenetten met een negatief effect (-).

Variant aquathermie

Bij aquathermie kunnen grote watertransportpompen continu lage-frequente trillingen genereren. Deze effecten zijn beperkt tot de directe installatielocatie en veroorzaken geen hinder op grotere afstand. De beoordeling blijft daarmee gelijk aan de algemene beoordeling voor MT-warmtenetten met een negatief effect (-).

Alternatief 2 - ZLT-warmtenet

De ingrepen tijdens de aanlegfase zijn gelijk aan een MT-warmtenet, daarom wordt een lage temperatuur warmtenet ook negatief (-) beoordeeld.

Variant datathermie

Bij datathermie worden geen aanvullende trillingen verwacht ten opzichte van de algemene beoordeling van ZLT-warmtenetten. Dit alternatief wordt daarom negatief (-) beoordeeld.

Variant aquathermie

Bij aquathermie worden geen aanvullende trillingen verwacht ten opzichte van de algemene beoordeling van ZLT-warmtenetten. Dit alternatief wordt daarom negatief (-) beoordeeld.

Alternatief 3 - Warmtepomp

Variant bodemwarmtepomp

Tijdens de aanlegfase van bodemwarmtepompen kunnen tijdelijke trillingen ontstaan door de installatie van bodemlussen met behulp van boorapparatuur. Deze trillingen zijn plaatselijk en van beperkte duur. Door het toepassen van moderne boor- en verankeringstechnieken kunnen de trillingen worden beheerst en binnen wettelijke normen gebracht. Bodemwarmtepompen worden in de aanleg- en gebruiksfase neutraal (0) beoordeeld.

Variant lucht-water-warmtepomp

Bij aanleg van lucht-water-warmtepompen ontstaan lichte, tijdelijke trillingen door het gebruik van graafmachines, trilplaten, heiwerkzaamheden bij de uitbreiding van het elektriciteitsnet, en bij de bouw van transformatorhuisjes. Daarnaast kan de installatie van warmtepompen bij woningen lichte trillingen veroorzaken door boren en het plaatsen van buitenunits, maar deze zijn verwaarloosbaar.

Tijdens de gebruiksfase genereren compressoren en ventilatoren van lucht-water-warmtepompen geringe trillingen. Bij de installatie van buitenunits kan incidenteel sprake zijn van trillingen die via gevels worden doorgegeven. Dit effect is eveneens verwaarloosbaar, mits de units correct worden geïnstalleerd en gedempt. Met dergelijke voorzorgsmaatregelen wordt zowel de aanleg- als gebruiksfase neutraal (0) beoordeeld.

Effectbeoordeling

Tabel 9.7 toont de effectbeoordeling voor het criterium trillingen.

Tabel 9.7 Effectbeoordeling trillingen

Alternatief	MT-Warmtenet			ZLT-Warmtenet		Warmtepomp	
	Geo-thermie	Data-thermie	Aqua-thermie	Data-thermie	Aqua-thermie	Bodem-warmtepomp	Lucht-water-warmtepomp
aanlegfase	--	-	-	-	-	0	0
gebruiks-fase	-	0	0	0	0	0	0

Mitigerende maatregelen

Voor alle alternatieven is monitoring van trillingen, en geïnduceerde seismiciteit indien aanwezigheid van breuken, tijdens aanleg en gebruik cruciaal. Door het toepassen van gevoelige meetapparatuur worden kleine seismische activiteiten of trillingsniveaus geregistreerd en kunnen effecten in een vroeg stadium worden gemitigeerd.

Bij geothermie-projecten is het van groot belang dat seismische activiteit en trillingen nauwgezet worden gemonitord, vooral in gebieden met breukgevoelige zones, wat niet per se het geval is. Breuken kunnen alleen met geavanceerde 3D-analyses goed in kaart worden gebracht, wat aanvullend onderzoek vraagt om effecten in de ondergrond beter te begrijpen. Het gebruik van ondergrondmodellen, laboratoriumonderzoek en veldmetingen is essentieel om de impact te voorspellen en beheersen. Het SCAN-programma van Energie Beheer Nederland (EBN) biedt hierbij ondersteuning door de ondergrond in kaart te brengen, met name in gebieden waar bestaande kennis beperkt is. Het interpreteren van nieuwe seismisch onderzoek en proefboringen binnen bijgewerkt grondmodellen leveren belangrijke inzichten op.

Wanneer de definitieve locatie van de geothermische boring gekozen wordt, is het ook cruciaal om de trilling analyse te actualiseren. Hierbij zal ook geïnventariseerd moeten worden of er gevoelige apparatuur of processen plaatsvinden rondom de gekozen locatie. Voor een nauwkeurigere inschatting wordt geadviseerd om monitoring te doen bij de installatie van een geothermie boring in Nederland.

9.2 Elektromagnetische velden

Ingreep-effectrelaties

Bij het transport van elektriciteit door kabels of lijnen ontstaan elektromagnetische velden. Deze velden reiken tot enkele (tientallen) meters vanuit de verbinding, afhankelijk van het spanningsniveau en het type verbinding. Dit heet de magneetveldzone.

Het streven is om gevoelige gebouwen (zoals woningen, of andere plekken waar mensen langdurig verblijven) binnen de magneetveldzone zoveel mogelijk te vermijden. Dit is in lijn met het ‘herijkte voorzorgbeleid voor magneetvelden in de elektriciteitsinfrastructuur’ (RIVM, 2024). Dit beleidsadvies is erop gericht om, zoveel als redelijkerwijs mogelijk, te voorkomen dat personen langdurig worden blootgesteld aan magneetvelden. Bij de ontwikkeling van nieuwe elektriciteitsinfrastructuur wordt daarom rekening gehouden met bestaande gevoelige gebouwen (gebouwen waarin mensen dagelijks verblijven gedurende minimaal een jaar met een verblijftijd van minimaal 14–18 uur per dag).

Voor het warmteprogramma van Diemen bestaat de elektriciteitsverzwaring uit het toevoegen van transformatorhuisjes en ondergrondse kabels. Naar verwachting is het niet nodig om extra hoogspanningsinfrastructuur aan te leggen om aan de toenemende elektriciteitsvraag vanuit het warmteprogramma te voldoen.

Wetgeving en beleid

In tabel 9.8 wordt de belangrijkste wetgeving en beleid rondom het criterium elektromagnetische velden omschreven.

Tabel 9.8 Wetgeving en beleid rondom elektromagnetische velden

Wettelijk en beleidskader	Omschrijving
internationaal	
aanbeveling van de Raad van de Europese Unie (1999/519/EG)	de Europese Unie heeft blootstellingslimieten aanbevolen voor alle lidstaten. Deze grenswaarde is 100 microtesla
nationaal	
voorzorgbeleid	op 21 april 2023 heeft de rijksoverheid aanvullend op de eerdere normen, het herijkte voorzorgbeleid voor magneetvelden in de elektriciteitsinfrastructuur in werking gesteld. Dit beleidsadvies is erop gericht om nieuwe situaties waarbij kinderen tot 15 langdurig verblijven nabij bovengrondse hoogspanningslijnen in een magneetveld dat gemiddeld over een jaar sterker is dan 0,4 microtesla, zoveel als redelijkerwijs mogelijk is, te voorkomen. Voor overige netcomponenten (o.a.) transformatorstations, ondergrondse kabels en transformatorhuisjes) adviseert de rijksoverheid om geen specifieke afstanden te hanteren of te berekenen

GGD-richtlijn medische milieukunde: EMV en gezondheid

De GGD heeft een richtlijn opgesteld met een overzicht van de huidige kennis over de relatie tussen elektromagnetische velden (EMV) in het dagelijks leven en gezondheid, en over de huidige regelgeving en de rol van de GGD. In de richtlijn wordt uit voorzorg geadviseerd om, zoveel als redelijkerwijs mogelijk is, bij componenten van het elektriciteitsnetwerk te voorkomen dat mensen langdurig verblijven in een magneetveld dat (jaargemiddeld) sterker is dan 0,4 microtesla. Dit advies is in lijn met het advies van de Gezondheidsraad uit 2018, maar wijkt af van het voorzorgbeleid van de Rijksoverheid uit 2023. In dat beleid wordt alleen voor bovengrondse hoogspanningslijnen naar de contour van 0,4 microtesla gekeken.

Onderzoeksaanpak

In dit effectenonderzoek worden de effecten van laagfrequente magneetvelden onderzocht. Het onderzoek richt zich op de extra transformatorhuisjes en ondergrondse elektriciteitskabels die nodig zijn voor de elektrificatie van de warmtevraag binnen de verschillende alternatieven. Dit zijn de componenten die magneetvelden creëren.

Beoordelingsschaal

Tabel 9.9 toont de beoordelingsschaal voor het criterium elektromagnetische velden. De tekens ++ betekenen heel positief, + is positief, 0 is neutraal, - is negatief, en -- is zeer negatief.

Tabel 9.9 Beoordelingsschaal elektromagnetische velden

Score	Toelichting
++	niet van toepassing
+	niet van toepassing
0	er wordt voldaan aan alle normen en richtlijnen voor elektromagnetische velden. Langdurige blootstelling aan magneetvelden blijft onder 0,4 microtesla
-	er wordt niet volledig voldaan aan de normen en richtlijnen, bijvoorbeeld doordat een magneetveldzone zoals die van bovengrondse hoogspanningslijnen (> 50 kV, 0,4 microtesla) niet kan worden gewaarborgd
--	niet van toepassing

Effectbeschrijving

Het is onzeker of magneetvelden effecten hebben op de gezondheid; er zijn geen eenduidige wetenschappelijke bewijzen die gezondheidsrisico's aantonen. Nederland heeft geen wettelijke grenswaarden voor magneetvelden, maar de Europese Unie adviseert een maximale blootstelling van 100 microtesla. Dit betreft blootstelling op enig moment en is niet specifiek gericht op langdurige blootstelling.

Voor langdurige blootstelling adviseert het nieuwe rijksbeleid om uit voorzorg afstand te houden tot bovengrondse hoogspanningslijnen met een magneetveldzone van 0,4 microtesla (indicatief 65 meter). Voor andere netcomponenten, zoals ondergrondse kabels en transformatorhuisjes, worden geen specifieke afstanden of maatregelen aanbevolen.

Daarnaast blijft de veldsterkte van magneetvelden van ondergrondse kabels veelal ver onder de indicatieve 0,4-microtesla contour. Bij transformatorhuisjes bedraagt de veldsterkte aan de buitenmuur doorgaans tussen de 1,5 en 40 microtesla. Op een afstand van 1,5 tot 4 meter is het magneetveld meestal zwakker dan 0,4 microtesla en wordt hier dus ook voldaan aan de indicatieve 0,4-microtesla contour.

Alternatief 1 - MT-Warmtenet

Voor de aanleg van MT-warmtenetten is extra elektriciteit nodig om de pompinstallaties en regeltechniek de warmteoverdrachtsstations te overzien. Voor de ondergrondse kabels zijn geen specifieke afstanden of maatregelen aanbevolen in het voorzorgsbeleid, daarom wordt het MT-warmtenet neutraal (0) beoordeeld. De elektriciteitsinfrastructuur is niet afhankelijk van de variant geothermie, datathermie of aquathermie, dus er wordt geen onderscheid gemaakt tussen deze varianten.

Alternatief 2 - ZLT-Warmtenet

Voor de aanleg van ZLT-warmtenetten is extra elektriciteit nodig om de pompinstallaties en regeltechniek de warmteoverdrachtsstations te overzien. Ook is er stroom nodig om de warmtepompen bij de huizen te laten draaien. Op basis van informatie van Liander zouden er 6 transformatorhuisjes in Diemen moeten worden bijgebouwd om Diemen te voorzien van voldoende stroom door de toenemende elektriciteitsvraag van het warmtenet. Voor de ondergrondse kabels en transformatorhuisjes zijn geen specifieke afstanden of maatregelen aanbevolen in het voorzorgsbeleid, daarom wordt het ZLT-warmtenet neutraal (0) beoordeeld. De elektriciteitsinfrastructuur is niet afhankelijk van het gebruik van datathermie of aquathermie, om deze reden wordt er tussen deze varianten geen onderscheid gemaakt voor elektromagnetische velden.

Alternatief 3 - Warmtepomp

Variant bodemwarmtepomp

Voor het gebruik van lucht-water-warmtepompen is extra elektriciteit nodig. Op basis van informatie van Liander zouden er 7 transformatorhuisjes in Diemen moeten worden bijgebouwd om Diemen te voorzien van voldoende stroom door de toenemende elektriciteitsvraag van deze warmtepompen. Voor de ondergrondse kabels en transformatorhuisjes zijn geen specifieke afstanden of maatregelen aanbevolen in het voorzorgsbeleid, daarom wordt het alternatief warmtepomp neutraal (0) beoordeeld.

Variant lucht-water-warmtepomp

Voor het gebruik van lucht-water-warmtepompen is extra elektriciteit nodig. Op basis van informatie van Liander zouden er 12 transformatorhuisjes in Diemen moeten worden bijgebouwd om Diemen te voorzien van voldoende stroom door de toenemende elektriciteitsvraag van deze warmtepompen. Voor de ondergrondse kabels en transformatorhuisjes zijn geen specifieke afstanden of maatregelen aanbevolen in het voorzorgsbeleid, daarom wordt het alternatief warmtepomp neutraal (0) beoordeeld.

Effectbeoordeling

Tabel 9.10 toont de beoordelingsschaal voor het criterium elektromagnetische velden.

Tabel 9.10 Effectbeoordeling elektromagnetische velden

Alternatief	MT-Warmtenet			ZLT-Warmtenet		Warmtepomp	
Variant	Geo-thermie	Data-thermie	Aqua-thermie	Data-thermie	Aqua-thermie	Bodem-warmtepomp	Lucht-water-warmtepomp
gebruiks-fase	0	0	0	0	0	0	0

Mitigerende maatregelen

Bij de inpassing van transformatorhuisjes kan 4 meter afstand worden aangehouden van gevoelige gebouwen om te voldoen aan de indicatieve 0,4-microtesla contour. In de praktijk wordt dit altijd gehaald.

9.3 Bodem en water

In de effectenstudies met betrekking tot het thema bodem worden de impact op bodemkwaliteit, het risico op zettingen en het ondergronds ruimtegebruik onderzocht. Dit gebeurt zowel in de aanlegfase als in de gebruiksfase. Voor het thema water zijn effectstudies gedaan naar de effecten op drinkwater, grondwater en oppervlaktewater.

9.3.1 Bodemkwaliteit

Ingreep-effectrelaties

De aanleg van warmtebronnen, warmtenetten, lokale warmtepompen en thermische opslag in de wijk brengen verschillende werkzaamheden op en in de bodem met zich mee. Denk aan het boren van putten, graafwerk, het leggen van leidingen, heiwerk en aanpassingen aan infrastructuur. Deze ingrepen kunnen een effect hebben op de bodem. Bij de effectbeoordeling wordt onderscheid gemaakt tussen effecten op de chemische bodemkwaliteit (verontreinigingen) en de biologische bodemkwaliteit (bodemleven, organisch stofgehalte, et cetera). De fysische bodemkwaliteit wordt meegenomen bij het thema risico op zettingen.

De ingreep-effect relaties en de effecten op de chemische en fysische bodemkwaliteit zijn weergegeven in tabel 9.11.

Tabel 9.11 Ingreep-effect relaties op chemische en fysische bodemkwaliteit

Categorie	Ingreep	Effect
afdekken open bodem	aanleg van warmteoverdrachtsstations en transformatorhuisjes	chemische kwaliteit: geen effect. biologische kwaliteit: een open bodem die wordt afgedekt verliest grotendeels de capaciteit om een bodemecosysteem in stand te houden, als gevolg van sterk verminderd contact met de atmosfeer, verminderde infiltratie van regenwater en compactie
grondverzet	ontgraven, verplaatsen en toepassen van grond	chemische kwaliteit: graven in verontreinigde grond betekent in veel gevallen saneren/reinigen van de grond, omdat verontreinigde grond niet mag worden verspreid. Grondverzet heeft daarom een positief effect op de chemische bodemkwaliteit. biologische kwaliteit: graven en verplaatsen van grond verstoort de structuur van de bodem en het aanwezige bodemleven, en kan ertoe leiden dat organisch materiaal sneller oxideert
verhoging temperatuur	warmte uit buizen van warmtenetten en ondergrondse opslag	chemische kwaliteit: geen effect biologische kwaliteit: mogelijk versnelling van bodemprocessen, zoals snellere afbraak en oxidatie van organisch materiaal
verlagen peil grondwater	tijdelijke verlaging peil voor bouwen van warmteoverdrachtsstations en transformatorhuisjes	chemische kwaliteit: geen effect biologische kwaliteit: verlagen van het grondwaterpeil leidt tot oxidatie van organisch materiaal, met name in veengronden die rijk zijn aan organisch materiaal. Inklinking in veengronden als gevolg van verlaging van het grondwaterpeil is ook een belangrijk effect en wordt besproken in paragraaf 9.3.2

Wetgeving en beleid

In tabel 9.12 wordt de belangrijkste wetgeving en beleid rondom het criterium bodemkwaliteit omschreven.

Tabel 9.12 Wetgeving en beleid rondom bodemkwaliteit

Wettelijk- en beleidskader	Omschrijving
internationaal	
EU Soil Strategy for 2030	de EU Soil Strategy for 2030 biedt een kader om Europese bodems te beschermen, te herstellen en duurzaam te gebruiken, met als doel dat alle bodemsystemen tegen 2050 gezond zijn. Belangrijke doelstellingen zijn het bereiken van 'geen netto ruimtebeslag', het verminderen van bodemverontreiniging en het maken van bodembescherming tot een gemeenschappelijke norm. De strategie stelt zowel vrijwillige als wettelijk bindende maatregelen voor, waaronder een voorgestelde Bodembewakingswet, en heeft als doel het publiek meer te betrekken en financiële middelen te mobiliseren voor bodembehoud
nationaal	
omgevingswet	voor de aanleg van een aardwarmtebron worden werkzaamheden uitgevoerd die de bodem kunnen verstoren. Volgens artikel 2.28 van de omgevingswet moet bij het opstellen en uitvoeren van plannen en projecten rekening worden gehouden met de bodemgesteldheid. Het doel van de wet is om de kwaliteit van de bodem te behouden of, waar nodig, te verbeteren. Voor de aanleg van een aardwarmtebron worden werkzaamheden uitgevoerd die de bodem kunnen verstoren. Volgens artikel 2.28 van de omgevingswet moet bij het opstellen en uitvoeren van plannen en projecten rekening worden gehouden met de bodemgesteldheid. Het doel van de wet is om de kwaliteit van de bodem te behouden of, waar nodig, te verbeteren. Wanneer de bodem wordt verontreinigd, is degene die daarvoor verantwoordelijk is verplicht maatregelen te nemen om verdere vervuiling te voorkomen. Eventuele (spoedeisende) gevallen van bodemverontreiniging binnen het plangebied moeten worden gesaneerd of beheerd. Verspreiding van verontreiniging kan bijvoorbeeld plaatsvinden via grond- of oppervlaktewater. Als er ter plaatse van een voorgenomen grondroerende ingreep sprake is van een bodemverontreiniging, moet in veel gevallen de grond worden gereinigd of gesaneerd en vervangen met schone grond (ook als er geen aangetoond verspreidingsrisico van de verontreiniging bestaat). Dit geldt ook voor de aanleg van aardwarmtebronnen en warmtenetten
Aanvullingsbeleid Bodem	het Aanvullingsbesluit bodem zorgt ervoor dat bodem en ondergrond integraal onderdeel is van de omgevingswet. Het besluit stuurt aan op duurzaam bodembeheer. Dit houdt in dat er een evenwichtige balans wordt gecreëerd tussen het beschermen van de bodem en ondergrond en het benutten ervan. Dit gebeurt door middel van drie pijlers, namelijk (1) bodembescherming, (2) evenwichtig toekennen van functies aan locaties rekening houdend met de fysische, chemische en biologische kwaliteiten van de bodem, en (3) duurzaam en doelmatig beheer van historische bodemverontreinigingen en -aantasting.
Kamerbrief over de visie op water en bodem (2024)	de Kamerbrief geeft een toelichting op de passage over 'rekening houden met water en bodem' in het regeerakkoord en de verschillen met de tekst zoals die door het vorige kabinet werd gehanteerd. Het kabinet-Rutte IV had de Kamerbrief Water en Bodem Sturend gedeeld. Hierin stond hoe richting wordt gegeven aan de toekomst van de ruimtelijke indeling van Nederland. Het Rijk wil water en bodem sturend laten zijn bij beslissingen over de inrichting van Nederland. Het kabinet-Schoof I geeft in de Kamerbrief over de visie op water en bodem aan zich te richten op dat wat wél kan en moet en hanteert daarom de term 'rekening houden met' in plaats van sturend. In dit plan-MER wordt onderzocht wat de mogelijke gevolgen op bodem (dit deelrapport) en water (ander deelrapport plan-MER) zijn. Daarnaast wordt een notitie water en bodem opgesteld, om de verschillende factoren die voor dit onderwerp van belang zijn te bundelen
besluit activiteiten leefomgeving (Bal)	wanneer de bodem wordt verontreinigd, is degene die daarvoor verantwoordelijk is verplicht maatregelen te nemen om verdere vervuiling te voorkomen. Eventuele (spoedeisende) gevallen van bodemverontreiniging binnen het plangebied moeten worden gesaneerd of beheerd. Verspreiding van verontreiniging kan bijvoorbeeld plaatsvinden via grond- of oppervlaktewater. De regels voor het verkennend bodemonderzoek zijn opgenomen in paragraaf 5.2.2 van het Besluit activiteiten leefomgeving
besluit bodemkwaliteit (Bbk)	het Bbk stelt dat bij de toepassing van grond, baggerspecie of bouwstoffen in of op de bodem een milieuverklaring bodemkwaliteit vereist is, voornamelijk te vinden in artikel 25. Het artikel bepaald dat bij gebruik van materialen aan de kwaliteitseisen moet worden voldaan, zoals normen voor verontreinigende stoffen, concentraties of emissies. Ook is hierbij een milieuverklaring nodig volgens dit besluit

Wettelijk- en beleidskader	Omschrijving
provinciaal	
Omgevingsverordening NH2022	in de Omgevingsverordening NH2022 regels samengevoegd op het gebied van natuur, milieu, mobiliteit, erfgoed, ruimte en water
Omgevingsvisie NH2050	de Omgevingsvisie NH2050 beschrijft dat de ambitie is om de biodiversiteit in Noord-Holland te vergroten. Zoals een gezonde leefomgeving, economisch duurzame landbouw, bodem- en waterkwaliteit, aantrekkelijke verstedelijking en klimaatadaptatie

Onderzoeksaanpak

In het effectenonderzoek wordt een beoordeling toegekend op basis van de relevante ingreep-effectrelaties per type warmteprogramma, op basis van informatie over bodemopbouw en de ligging van bekende verontreinigingen (zie hoofdstuk Referentiesituatie). Er wordt een beoordeling toegekend waarin de effecten op de chemische bodemkwaliteit en de biologische bodemkwaliteit worden meegenomen.

Opgemerkt wordt dat een verslechtering van de chemische bodemkwaliteit wettelijk niet is toegestaan. Daarom kan er geen sprake zijn van een *negatieve* invloed van het project op het aspect chemische bodemkwaliteit. Evenzo zal er geen sprake zijn van een *positieve* invloed van het project op het aspect biologische bodemkwaliteit, omdat verstoring van de bodem altijd een neutrale of negatieve invloed heeft op de biologische bodemkwaliteit als er geen aanvullende, natuur ondersteunende maatregelen worden genomen. Aangezien dergelijke maatregelen niet zijn voorzien in het project, is een positieve beoordeling voor het aspect biologische bodemkwaliteit niet mogelijk.

Beoordelingsschaal

Tabel 9.13 geeft de beoordelingsschaal voor het criterium bodemkwaliteit weer. De tekens ++ beteken heel positief, + is positief, 0 is neutraal, - is negatief, en -- is zeer negatief.

Tabel 9.13 Beoordelingsschaal effecten door bodemkwaliteit

Score	Toelichting
++	chemisch: niet van toepassing biologisch: niet van toepassing
+	chemisch: het warmteprogramma heeft een positief effect op chemische bodemkwaliteit ten opzichte van de referentiesituatie; de werkzaamheden vinden mogelijk plaats op gronden die zijn verontreinigd biologisch: niet van toepassing
0	de voorgenomen ontwikkeling heeft geen effect op bodemkwaliteit ten opzichte van de referentiesituatie
-	chemisch: niet van toepassing biologisch: het warmteprogramma heeft een negatief effect op de biologische bodemkwaliteit ten opzichte van de referentiesituatie vanwege grondverzet, een toename in afdekking van open bodem en/of verlaging van het grondwaterpeil
--	chemisch: niet van toepassing biologisch: niet van toepassing

Effectbeschrijving

Een uitbreiding van het elektriciteitsnet is noodzakelijk voor alle alternatieven, waarbij de uitbreiding voor warmtepompsystemen naar verwachting omvangrijker zal zijn dan voor MT-warmtenetten. Deze verschillen brengen echter geen significante of doorslaggevende effecten met zich mee voor de beoordeling van de bodemkwaliteit.

Alternatief 1 - MT-Warmtenet

Aanlegfase

Bij de aanleg van een warmtenet moeten de leidingen in droge grond worden gelegd. Het bijhorende grondverzet kan een positief effect hebben op de chemische kwaliteit, als er sprake is van ontgraving in verontreinigde grond. Het grondverzet heeft een negatief effect op de biologische bodemkwaliteit. De bijhorende grondwaterpeilverlaging heeft een negatief effect op de biologische bodemkwaliteit.

Om de warmte op slaan zijn er WKO's nodig. De effecten van de aanleg van een WKO zijn vergelijkbaar met die van een warmtenet.

Ter plaatse van warmteoverdrachtstations en onderstations kan sprake zijn van afdekking van de open bodem, wat een negatief effect heeft op de biologische bodemkwaliteit.

De variant wordt als neutraal (0) beoordeeld voor de chemische bodemkwaliteit en als negatief (-) voor de biologische bodemkwaliteit voor de aanlegfase.

Gebruiksfase

In de gebruiksfase is er geen sprake van een effect op de chemische bodemkwaliteit.

Er is in de gebruiksfase wel sprake van een effect op de biologische bodemkwaliteit. Een MT-warmtenet heeft een temperatuur tussen de 50 en 70 °C. De leidingen verliezen warmte aan de ondergrond, waardoor de bodem kan opwarmen. Binnen 0,5 meter van de leiding stijgt de bodemtemperatuur 2-3 °C. De invloed neemt snel af met de afstand, op ongeveer 1 meter afstand bedraagt de temperatuurverhoging gemiddeld 0,5– 1 °C, en op 2 meter afstand is deze kleiner dan 0,2 °C. Deze opwarming van ondiepe bodemlagen heeft invloed op de processnelheid van bodemprocessen. Hogere bodemtemperaturen kunnen de stofwisseling van organismen versnellen en daarmee de bodemrespiratie en CO₂-emissies verhogen [Bakema et al., 2023]. Ook kan de verandering in processnelheid leiden tot diepere wortels, een verhoogde waterbehoefte en snellere verspreiding van ziekten en plagen. Opwarming kan effect hebben op de soorten in de bodem, waaronder microfauna en bacteriën. De microbiologische activiteit heeft invloed op de afbraak van verontreinigingen.

De variant wordt als neutraal (0) beoordeeld voor de chemische bodemkwaliteit en als negatief (-) voor de biologische bodemkwaliteit voor de gebruiksfase.

Variant geothermie

Aanlegfase

Naast de reeds beschreven maatgevende effecten van de aanleg van het warmtenet is er in de variant geothermie sprake van een tweetal boringen voor het aanleggen van een geothermiedoublet. Ter plaatse van de boring kan het effect op de chemische bodemkwaliteit positief zijn als de bodem verontreinigd is, omdat er dan sprake kan zijn van sanering van de verontreinigde grond. Geothermie is in de aanlegfase neutraal (0) beoordeeld op chemische bodemkwaliteit. Het effect op de biologische bodemkwaliteit is vanwege het beperkte volume grondverzet door de twee boringen verwaarloosbaar, dit is neutraal (0) beoordeeld voor de aanlegfase.

Gebruiksfase

Naast de reeds beschreven maatgevende effecten van het gebruik van een warmtenet is geen sprake van extra effecten in de variant geothermie.

Variant datathermie

Aanlegfase

Voor de aanleg van datathermie als bron zijn er geen ingrepen in de ondergrond nodig. Om deze reden wordt deze variant gelijk beoordeeld met de algemene beoordeling voor MT-warmtenetten in de aanlegfase: neutraal (0) voor chemische bodemkwaliteit en negatief voor biologische bodemkwaliteit (-).

Gebruiksfase

Naast de reeds beschreven maatgevende effecten van het gebruik van een warmtenet is geen sprake van extra effecten in de variant datathermie. De variant datathermie is neutraal (0) beoordeeld voor chemische bodemkwaliteit en negatief (-) voor biologische bodemkwaliteit.

Variant aquathermie

Aanlegfase

Voor de aanleg van aquathermie als bron zijn er geen ingrepen in de ondergrond nodig. Om deze reden wordt deze variant gelijk beoordeeld met de algemene beoordeling voor MT-warmtenetten in de aanlegfase: neutraal (0) voor chemische bodemkwaliteit en negatief voor biologische bodemkwaliteit (-).

Gebruiksfase

Naast de reeds beschreven maatgevende effecten van het gebruik van een warmtenet is geen sprake van extra effecten in de variant aquathermie. De variant aquathermie is neutraal (0) beoordeeld voor chemische bodemkwaliteit en negatief (-) voor biologische bodemkwaliteit.

Alternatief 2 - ZLT-Warmtenet

Aanlegfase

Bij de aanleg van een warmtenet moeten de leidingen in droge grond worden gelegd. Het bijhorende grondverzet kan een positief effect hebben op de chemische kwaliteit, als er sprake is van ontgraving in verontreinigde grond. Het grondverzet heeft een negatief effect op de biologische bodemkwaliteit. De bijhorende grondwaterpeilverlaging heeft een negatief effect op de biologische bodemkwaliteit. Een ZLT-warmtenet wordt als neutraal (0) beoordeeld voor de chemische bodemkwaliteit en als negatief (-) voor de biologische bodemkwaliteit voor de aanlegfase.

Gebruiksfase

Het opwarmen van de omliggende bodem in de gebruiksfase en het effect daarvan op de biologische bodemkwaliteit is minder bij een ZLT-Warmtenet vanwege de lagere gebruikstemperatuur ([KWR](#)). De gebruiksfase wordt als neutraal (0) beoordeeld voor beide aspecten.

Variant datathermie

Voor de aanleg van datathermie als bron zijn er geen ingrepen in de ondergrond nodig. Om deze reden wordt deze variant gelijk beoordeeld met de algemene beoordeling voor ZLT-warmtenetten in de aanlegfase: neutraal (0) voor chemische bodemkwaliteit en neutraal voor biologische bodemkwaliteit (0).

Variant aquathermie

Voor de aanleg van datathermie als bron zijn er geen ingrepen in de ondergrond nodig. Om deze reden wordt deze variant gelijk beoordeeld met de algemene beoordeling voor ZLT-warmtenetten in de aanlegfase: neutraal (0) voor chemische bodemkwaliteit en neutraal voor biologische bodemkwaliteit (0).

Alternatief 3 - Warmtepomp

Variant bodemwarmtepomp

Aanlegfase

Bij de aanleg van bodemwarmtepompen worden de lussen in de bodem gespoten. Daar komt weliswaar grond bij vrij, wat een positief effect heeft op de chemische bodemkwaliteit als er sprake is van verontreinigde grond, maar het gaat om een verwaarloosbaar volume. Aangezien de bodemlus op diepte wordt aangebracht is het effect op de biologische bodemkwaliteit verwaarloosbaar, omdat die voornamelijk bepaald wordt door de toestand meters bodem het dichtst op het maaiveld. De variant wordt als neutraal (0) beoordeeld voor beide aspecten voor de aanlegfase.

Gebruiksfase

In de gebruiksfase zijn er geen effecten op de chemische en biologische bodemkwaliteit. De variant wordt als neutraal (0) beoordeeld voor zowel chemische als biologische bodemkwaliteit.

Variant lucht-water-warmtepomp

Aanlegfase

Het plaatsen van een lucht-water-warmtepomp brengt geen effecten op de chemische en biologische bodemkwaliteit met zich mee. De variant wordt als neutraal (0) beoordeeld voor zowel chemische als biologische bodemkwaliteit. De toename van elektriciteitsgebruik en de effecten op de bodem van de bijhorende verzwarende van het elektriciteitsnet is hierbij buiten beschouwing gelaten.

Gebruiksfase

Het gebruik van een lucht-water-warmtepomp brengt geen effecten op de chemische en biologische bodemkwaliteit met zich mee. De variant wordt als neutraal (0) beoordeeld voor zowel chemische als biologische bodemkwaliteit.

Effectbeoordeling

Tabel 9.14 toont de beoordelingsschaal voor het criterium bodemkwaliteit.

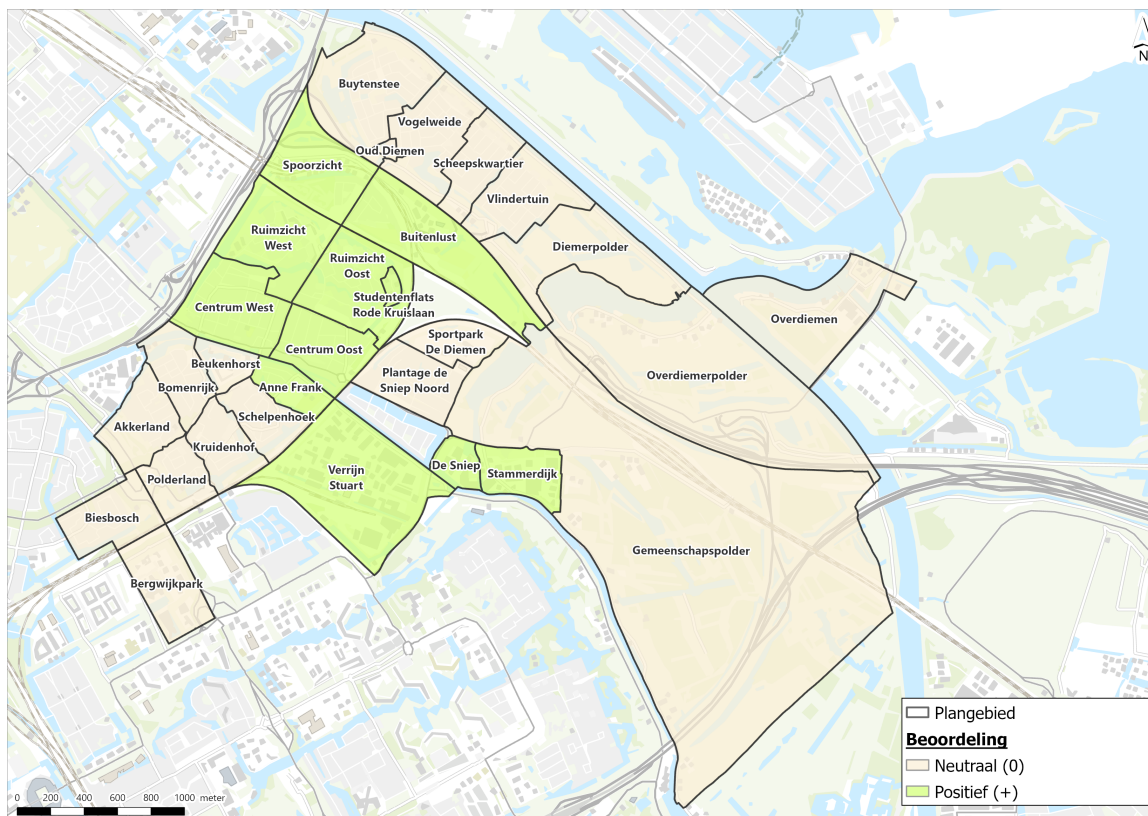
Tabel 9.14 Effectbeoordeling bodem, met een aparte beoordeling voor de chemische bodemkwaliteit en biologische bodemkwaliteit

Alternatief	MT-Warmtenet			ZLT-Warmtenet		Warmtepomp	
Variant	Geo-thermie	Data-thermie	Aqua-thermie	Data-thermie	Aqua-thermie	Bodem-warmtepomp	Lucht-water-warmtepomp
aanlegfase chemisch	0	0	0	0	0	0	0
aanlegfase biologisch	-	-	-	-	-	0	0
gebruiks-fase chemisch	0	0	0	0	0	0	0
gebruiks-fase biologisch	-	-	-	0	0	0	0

Locatiespecifieke beoordeling

In Diemen is de bodemkwaliteit verschillend. Afbeelding 9.3 toont de beoordeling per buurt. De buurten in zone 3 worden positief beoordeeld op chemische bodemkwaliteit voor de aanlegfase van de MT- en ZLT-warmtenetten, omdat bij slechte kwaliteit de bodem zal worden gesaneerd bij de werkzaamheden.

Afbeelding 9.3 Beoordeling bodemkwaliteit per buurt



Mitigerende maatregelen

Om de opwarming van de bodem en de biologische gevolgen te beperken, kunnen de warmtenet leidingen extra worden geïsoleerd.

9.3.2 Risico op zettingen

Ingreep-effectrelaties

Voor het aanleggen van een warmtesysteem moeten gebouwen of leidingen op of in de bodem worden geplaatst. Niet alle bodemsoorten zijn sterk genoeg om dit gewicht goed te dragen. Vooral klei- en veenbodems hebben een lagere draagkracht dan bijvoorbeeld zandbodems. Wanneer een gebouw of andere zware belasting op deze zwakkere bodems wordt geplaatst, kan de bodem langzaam gaan verschuiven en verzakken. Dit proces heet zetting. Verzakkingen en inklinking van bodems kunnen grote gevolgen hebben, zoals schade aan infrastructuur, riolering en gebouwen.

Daarnaast kan het tijdelijk verlagen van de grondwaterspiegel in veenbodems leiden tot oxidatie van het organische materiaal in de bodem. Dit is een onomkeerbaar proces waarbij het veen langzaam verdwijnt en de bodem inzakt, een verschijnsel dat inklinking wordt genoemd.

Onderzoeksaanpak

Om het risico op verzakking en inklinking te beoordelen, wordt in het effectenonderzoek gekeken naar hoe de bodem reageert op de ingrepen die het warmtesysteem vereist. Hierbij wordt rekening gehouden met informatie over de bodemopbouw (zie hoofdstuk Referentiesituatie). De belangrijkste ingrepen die invloed kunnen hebben op de bodem zijn een toename van belasting, zoals het plaatsen van gebouwen of leidingen, en het (tijdelijk) verlagen van de grondwaterspiegel. Deze ingrepen worden onderzocht en beoordeeld als onderdeel van de effectenstudie.

Tabel 9.15 geeft de beoordelingsschaal voor het criterium risico op zettingen weer. De tekens ++ beteken zeer positief, + is positief, 0 is neutraal, - is negatief, en -- is zeer negatief.

Tabel 9.15 Beoordelingsschaal risico op zettingen

Score	Toelichting
++	niet van toepassing
+	niet van toepassing
0	Het onderzochte alternatief heeft geen effect op het risico op zettingen
-	het onderzochte alternatief leidt tot een toename op het risico op zettingen door het aanbrengen van bouwlast of het (tijdelijk) verlagen van de grondwaterspiegel
--	het onderzochte alternatief leidt tot een duidelijke toename op het risico op zettingen door het aanbrengen van een aanzienlijke bouwlast, een bouwlast verspreid over een aanzienlijk oppervlak of het (tijdelijk) verlagen van de grondwaterspiegel over een aanzienlijk gebied

Effectbeschrijving

Een uitbreiding van het elektriciteitsnet is noodzakelijk voor alle alternatieven, waarbij de uitbreiding voor warmtepompsystemen naar verwachting omvangrijker zal zijn dan voor MT-warmtenetten. Deze verschillen brengen echter geen significante of doorslaggevende effecten met zich mee voor de beoordeling van risico op zettingen.

Alternatief 1 - MT-Warmtenet

Aanlegfase

Voor een MT-warmtenet worden leidingen en warmteoverdrachtstations aangelegd. Deze werkzaamheden vragen om droge werkcondities. Om dit te bereiken, wordt de grondwaterspiegel in het betreffende gebied lokaal tijdelijk verlaagd. Dit proces wordt ook bemaling genoemd. Door de tijdelijke verlaging van de grondwaterspiegel tijdens de aanlegfase ontstaat een risico op verdere oxidatie van het organische materiaal in de veengrond. Oxidatie zorgt ervoor dat het veen verdwijnt (vergaat), wat onomkeerbare inklinking en daling van de bodem tot gevolg heeft.

In de referentiesituatie is al beschreven dat in Diemen veel veengrond aanwezig is, en bodemdaling actuele problematiek is. De werkzaamheden voor de aanleg geven daardoor een risico op verdere oxidatie en inklinking van het veen. Tijdens de aanlegfase leidt het tijdelijk verlagen van de grondwaterspiegel tot een verhoogd risico op oxidatie en inklinking van het veen. Op basis van deze risico's wordt zowel de aanlegfase negatief (-) beoordeeld.

Gebruiksfase

Naast de aanlegfase kan de gebruiksfase van het warmtesysteem ook de bodem beïnvloeden. De leidingen die worden geplaatst en andere bijbehorende bouwconstructies brengen een blijvende bouwlast met zich mee. Deze belasting kan leiden tot zetting van de bodem, waarbij de bodem langzaam inzakt door het gewicht van de constructies op een ondergrond met beperkte draagkracht, zoals veen.

De bodem rond de leidingen wordt warmer door de temperatuur van het water in de leidingen. Opwarming van de bodem leidt tot snellere oxidatie [bron: [Informatiepunt Leefomgeving](#)]. Dit heeft tot gevolg dat organisch materiaal verdwijnt wat kan leiden tot inzakking van de bodem (zettingen).

In de gebruiksfase kan de blijvende bouwlast verzakkingen veroorzaken en wordt de gebruiksfase negatief (-) beoordeeld.

Variant geothermie

Naast de bovengenoemde maatgevende effecten zijn er geen extra effecten in deze variant. De variant geothermie is daarom zowel in de aanleg- als gebruiksfase negatief (-) beoordeeld.

Variant datathermie

Naast de bovengenoemde maatgevende effecten zijn er geen extra effecten in deze variant. De variant datathermie is daarom zowel in de aanleg- als gebruiksfase negatief (-) beoordeeld.

Variant aquathermie

Naast de bovengenoemde maatgevende effecten zijn er geen extra effecten in deze variant. De variant aquathermie is daarom zowel in de aanleg- als gebruiksfase negatief (-) beoordeeld.

Alternatief 2 - ZLT-Warmtenet

Voor een ZLT-warmtenet zijn er vergelijkbare ingrepen nodig als voor een MT-warmtenet. Tijdens de aanlegfase is hier ook risico op oxidatie en inklinking van het veen door bemaling en tijdens de gebruiksfase kan je bouwlast leiden tot zettingen in de bodem. Echter warmt de bodem rondom de warmteleiding minder op, wat het risico op zettingen door versnelde oxidatie verkleint. Zowel de aanlegfase als gebruiksfase zijn negatief (-) beoordeeld.

Variant datathermie

Naast de bovengenoemde maatgevende effecten zijn er geen extra effecten in deze variant. De variant datathermie is daarom zowel in de aanleg- als gebruiksfase negatief (-) beoordeeld.

Variant aquathermie

Naast de bovengenoemde maatgevende effecten zijn er geen extra effecten in deze variant. De variant aquathermie is daarom zowel in de aanleg- als gebruiksfase negatief (-) beoordeeld.

Alternatief 3 - Warmtepomp

Variant bodemwarmtepomp

Het plaatsen van een bodemwarmtepomp brengt geen effecten op het risico op zettingen met zich mee. De variant wordt als neutraal (0) beoordeeld.

Variant lucht-water-warmtepomp

Het plaatsen van een lucht-water-warmtepomp brengt geen effecten op het risico op zettingen met zich mee. De variant wordt als neutraal (0) beoordeeld.

Effectbeoordeling

Tabel 9.16 toont de effectbeoordeling voor risico's op zettingen.

Tabel 9.16 Effectbeoordeling risico's op zettingen

Alternatief	MT-Warmtenet			ZLT-Warmtenet		Warmtepomp	
Variant	Geo-thermie	Data-thermie	Aqua-thermie	Data-thermie	Aqua-thermie	Bodem-warmtepomp	Lucht-water-warmtepomp
aanlegfase	-	-	-	-	-	0	0
gebruiks-fase	-	-	-	-	-	0	0

Mitigerende maatregelen

Het aanbrengen van een voorlast, zoals ophoogzand, kan het risico op zettingen aanzienlijk verminderen door de bodem vooraf gecontroleerd te laten inklinken en stabiliseren voordat permanente constructies worden aangebracht. Daarnaast kunnen technische ingrepen worden toegepast, zoals grondverbetering (het vervangen van zwakke grondlagen door stevig materiaal zoals zand), het gebruik van funderingspalen om de belasting direct op stabielere ondergrondlagen over te brengen, of het verstevigen van de bodem met materialen zoals geotextiel of grondinjectionen. Deze maatregelen zorgen ervoor dat de bodem beter bestand is tegen verzakkingen. Ten slotte kan ook lichter materieel worden ingezet om bodemdaling te minimaliseren.

9.3.3 Ondergronds ruimtegebruik

Ingreep-effectrelaties

Het gebruik van ondergrondse ruimte voor centrale warmtebronnen en warmtenetten vraagt om het aanleggen van leidingen en installaties op ongeveer 1 meter diepte. Dit leidt tot concurrentie met andere stedelijke functies zoals kabels, riolering, funderingen en boomwortels. Hierdoor wordt de ruimtelijke inpasbaarheid beperkt, en neemt de flexibiliteit voor andere ondergrondse functies af. Goede coördinatie in de planuitwerking is noodzakelijk. De benodigde en beschikbare ondergrondse ruimte verschilt per alternatief en wijk, wat de haalbaarheid beïnvloedt. Naast de warmtetransitie zullen ook andere stedelijke ontwikkelingen, zoals groenvoorzieningen, gescheiden riolering, klimaatadaptatie, afvalinzameling, en de bouw van parkeergarages de komende jaren ondergrondse ruimte vragen.

Wetgeving en beleid

In tabel 9.17 wordt de belangrijkste wetgeving en beleid rondom het criterium ondergronds ruimtegebruik omschreven.

Tabel 9.17 Wetgeving en beleid ondergronds ruimtegebruik

Wettelijk- en beleidskader	Omschrijving
nationaal	
structuurvisie Buisleidingen	de Structuurvisie is opgesteld om voor de komende 20-30 jaar ruimte te reserveren voor toekomstig buisleidingstransport van nationaal belang. Het Rijk wil ruimte vrijhouden in Nederland voor de aanleg van toekomstige buisleidingen van nationaal en internationaal belang voor het transport van gevaarlijke stoffen (aardgas, olieproducten, chemicaliën) en daarom wordt er gestreefd naar zuinig gebruik van ruimte
Nationale Omgevingsvisie (NOVI)	de NOVI benoemt dat Nederland ruimte moet maken voor een duurzaam energiesysteem waarin fossiele bronnen worden vervangen door CO ₂ -arme alternatieven. De visie erkent dat energieopwekking, -conversie, -opslag en -transport zowel boven- als ondergronds ruimte vragen. Een belangrijk ruimtelijk principe is zuinig en meervoudig ruimtegebruik. Dus: zoveel mogelijk functies combineren, ketens verkorten en bestaande ruimte optimaal benutten (bijvoorbeeld restwarmte koppelen aan geothermie of bodemenergie)
Nationaal Programma Energiesysteem	het programma faciliteert nationale energie-infrastructuur en vereist dat bij omgevingsplanning rekening wordt gehouden met bestaande en toekomstige ondergrondse infrastructuur (leidingen, opslag, kabels). De ondergrondse ruimte is beperkt, waardoor functies zuinig, meervoudig en gebundeld gebruikt moeten worden
provinciaal	
Omgevingsvisie provincie Noord-Holland 2050	de Omgevingsvisie geeft de strategie van de provincie Noord-Holland gericht op de fysieke leefomgeving. De visie gaat onder andere in op de kwaliteit van de bodem en geeft aan hoe de provincie wil omgaan met bodemdaling in veenweidegebieden. Hierbij is het de ambitie om de kwaliteit van de leefomgeving te behouden en waar mogelijk te verbeteren

Wettelijk- en beleidskader	Omschrijving
gemeentelijk	
Algemene Verordening Ondergrondse Infrastructuur gemeente Diemen	deze verordening waarborgt de veiligheid, betrouwbaarheid en toegankelijkheid van ondergrondse infrastructuur bij aanleg, wijziging en gebruik. De verordening regelt het toepassingsgebied, de verantwoordelijkheden van beheerders en gebruikers, en de meldings- en vergunningplicht bij werkzaamheden nabij leidingen en kabels, inclusief coördinatie en uitvoering om schade te voorkomen. Daarnaast bevat de verordening regels over toegang, aansprakelijkheid, veiligheids- en kwaliteitsnormen, toezicht en handhaving met mogelijke sancties bij niet-naleving, en bepalingen over inwerkingtreding en bijlagen

Onderzoeksaanpak

Er wordt per alternatief kwalitatief geïnventariseerd wat het ondergronds ruimtebeslag is. Als er een ondergronds ruimtebeslag is, beperkt dit de ruimte voor andere ondergrondse ontwikkelingen.

Beoordelingsschaal

Tabel 9.18 toont de beoordelingsschaal voor het aspect ondergronds ruimtegebruik. De tekens ++ betekenen heel positief, + is positief, 0 is neutraal, - is negatief, en -- is zeer negatief.

Tabel 9.18 Beoordelingsschaal ondergronds ruimtegebruik

Score	Toelichting
++	niet van toepassing
+	niet van toepassing
0	het ondergronds ruimtegebruik is minder dan 1 ha
-	het ondergronds ruimtegebruik is ligt tussen de 1 ha en 50 ha
--	het ondergronds ruimtegebruik is groter dan 50 ha

Effectbeschrijving

Van de beschreven ingrepen worden bij warmtenetten, geothermieputten, aquathermie en de versterking van het elektriciteitsnetwerk maatgevende effecten verwacht. In onderstaande paragrafen wordt beschreven welke effecten bij de verschillende alternatieven te verwachten zijn.

Alternatief 1 - MT-Warmtenet

De aanleg van een warmtenet neemt ruimte in de ondergrond in beslag. Binnen het plangebied ligt in totaal 201 kilometer aan wegen. De aanname is dat over twee keer deze lengte een warmtenet wordt aangelegd, omdat een warmtenet bestaat uit twee leidingen (één aanvoerleiding en één retourleiding). In totaal is 402 kilometer aan warmtenet nodig binnen het plangebied dat in de ondergrond wordt geplaatst. De transportleidingen hebben in Diemen naar verwachting een diameter van 30 centimeter.

Variant geothermie

Voor de aanleg van de geothermieputten en de energiecentrale worden grote werkputten gegraven. Daarnaast moeten er sleuven worden gegraven voor de installatie van verschillende onderdelen van het warmtesysteem, zoals de warmteonderstations. Deze sleuven worden ongeveer even groot als de installatieonderdelen en hebben een diepte van ongeveer 1 meter onder maaiveld. In totaal is het ondergronds ruimtegebruik 1,20 ha (8.400 m² + 3.600 m², zie tabel 7.1). Deze grond is benodigd in de openbare ruimte. De aanleg van het warmtenet wordt gekoppeld met de ophoging van de bodem in de gemeente. Daarmee is dit inpasbaar in de ondergrond.

Samen met de aanleg van het warmtenet leidt dit dus tot ruimtebeslag in de ondergrond. Deze variant is op basis van tabel 9.18 neutraal (0) beoordeeld op ondergronds ruimtegebruik.

Variant datathermie

Bij een warmte-koudeopslagsysteem (WKO) wordt gebruik gemaakt van bronnen voor het opslaan en terugwinnen van warmte en koude uit de bodem. Een WKO-systeem bestaat meestal uit twee bronnen, een koude bron en een warme bron. Elke bron beïnvloedt de omgeving binnen een straal van ongeveer 40 meter. De bronnen moeten ondergronds minimaal 100 meter uit elkaar liggen. Hierdoor neemt één WKO-systeem ondergronds een oppervlakte van ongeveer 2 hectare in beslag. Voor datathermie zijn er 15 WKO's nodig, dit komt overeen met een ondergronds ruimtegebruik van 30 hectare. Deze grond is benodigd in de openbare ruimte. De aanleg van het warmtenet wordt gekoppeld met de ophoging van de bodem in de gemeente. Daarmee is dit inpasbaar in de ondergrond.

Samen met de aanleg van het warmtenet leidt dit dus tot ruimtebeslag in de ondergrond. Deze variant is op basis van tabel 9.18 negatief (-) beoordeeld op ondergronds ruimtegebruik.

Variant aquathermie

Voor aquathermie worden er 40 WKO-doubletten aangelegd in de ondergrond (zie tabel 7.3). Het ondergrondse ruimtegebruik is hier 80 hectare. Deze grond is benodigd in de openbare ruimte. De aanleg van het warmtenet wordt gekoppeld met de ophoging van de bodem in de gemeente. Daarmee is dit inpasbaar in de ondergrond.

Samen met de aanleg van het warmtenet leidt dit dus tot ruimtebeslag in de ondergrond. Deze variant is op basis van tabel 9.18 zeer negatief (--) beoordeeld op ondergronds ruimtegebruik.

Alternatief 2 - ZLT-Warmtenet

De effecten van een zeer laag temperatuur warmtenet zijn voor ondergronds ruimtegebruik bijna hetzelfde als voor een MT-warmtenet. Alleen is de diameter van leidingen van een zeer laag temperatuur warmtenet groter dan die van een MT-warmtenet. Dit zorgt voor meer benodigde ruimte in de ondergrond dan een MT-warmtenet.

Variant datathermie

Voor datathermie zijn 15 WKO's nodig met een ondergronds ruimtegebruik van 30 hectare. Deze grond is benodigd in de openbare ruimte. De aanleg van het warmtenet wordt gekoppeld met de ophoging van de bodem in de gemeente. Daarmee is dit inpasbaar in de ondergrond.

Samen met de aanleg van het warmtenet leidt dit dus tot ruimtebeslag in de ondergrond. Deze variant is op basis van tabel 9.18 negatief (-) beoordeeld op ondergronds ruimtegebruik.

Variant aquathermie

Voor aquathermie zijn 40 WKO's nodig met een ondergronds ruimtegebruik van 80 hectare. Deze grond is benodigd in de openbare ruimte. De aanleg van het warmtenet wordt gekoppeld met de ophoging van de bodem in de gemeente. Daarmee is dit inpasbaar in de ondergrond.

Samen met de aanleg van het warmtenet leidt dit dus tot ruimtebeslag in de ondergrond. Deze variant is op basis van tabel 9.18 zeer negatief (--) beoordeeld op ondergronds ruimtegebruik.

Alternatief 3 - Warmtepomp

Variant lucht-water-warmtepomp

Voor de lucht-water-warmtepomp is geen ondergronds ruimtebeslag (zie tabel 7.7). Samen met de versterking van het elektriciteitsnet leidt dit dus tot ruimtebeslag in de ondergrond. Deze variant is op basis van tabel 9.18 neutraal (0) beoordeeld op ondergronds ruimtegebruik.

Variant bodemwarmtepomp

Voor een bodemwarmtepomp wordt een bodemlus in de bodem aangelegd (tabel 7.8). Voor een bodemlus moet er minimaal 5 meter beschikbaar zijn tussen systemen [[Groenholland](#)]. Vaak is er meer ruimte nodig om interferentie van de bodemlussen te voorkomen en daarmee een goede werking te garanderen. Per woning is er 25 m² nodig.

Voor 16.855 woningen komt dit neer op ongeveer 42 hectare ondergronds ruimtegebruik. Deze bodemlussen komen in de tuinen van bewoners. Het is onwaarschijnlijk dat er voldoende ruimte in de ondergrond is om bij elke woning een bodemwarmtepomp in te passen.

Samen met de versterking van het elektriciteitsnet leidt dit dus tot ruimtebeslag in de ondergrond. Deze variant is op basis van tabel 9.18 negatief (-) beoordeeld op ondergronds ruimtegebruik.

Effectbeoordeling

Tabel 9.19 toont de effectbeoordeling voor ondergronds ruimtegebruik.

Tabel 9.19 Effectbeoordeling ondergronds ruimtegebruik

Alternatief	MT-Warmtenet			ZLT-Warmtenet		Warmtepomp	
Variant	Geo-thermie	Data-thermie	Aqua-thermie	Data-thermie	Aqua-thermie	Bodem-warmtepomp	Lucht-water-warmtepomp
aanlegfase	0	-	--	-	--	-	0
gebruiks-fase	0	-	--	-	--	-	0

Beoordeling op basis van buurttype

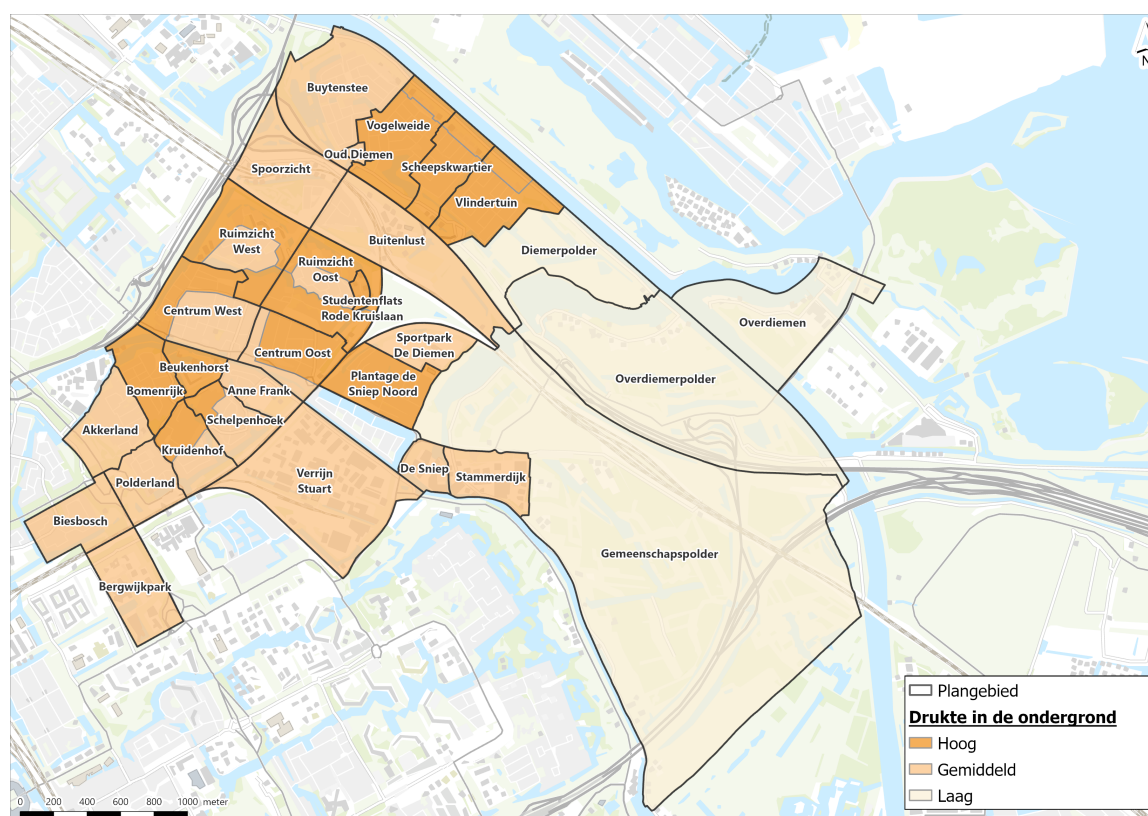
Op buurniveau geldt dat in buurten met smalle straten, de ruimte in de ondergrond waarschijnlijk al bezet is door andere ontwikkelingen, zoals leidingen. Hier is de ruimte voor warmteleidingen beperkt. Tabel 9.20 geeft per buurttype de kenmerken en het straatbeeld geordend van de smalste naar de breedste straten. In de buurttypen buitengebied en bloemkoolwijk zijn de straten relatief smal en is daardoor de kans groter dat hier al veel in de ondergrond ligt. In de typen hoogbouw en bedrijven zijn de straten doorgaans breder en is er relatief meer ruimte in de ondergrond. Afbeelding 9.4 toont per buurt het risico op ondergrondse inpasbaarheid op basis van tabel 9.20.

Tabel 9.20 Kenmerken per buurttype geordend van de smalste naar de breedste straten

Buurttype	Kenmerken	Straatbeeld	Druk in de ondergrond
buitengebied	zeer smal, functioneel, weinig tot geen voorzieningen voor voetgangers/fietsers, wegprofiel vooral voor autoverkeer of landbouw	geen trottoirs, vaak zonder markering	laag
bloemkoolwijk	intiem, kleinschalig, veel bochten en woonerven, weinig doorgaand verkeer	smalle rijbaan, vaak parkeren in vakken, weinig of geen aparte stoepen, veel groen in de vorm van plantsoenen	gemiddeld
vinexwijk	overwegend smal tot gemiddeld, efficiënt ingericht, vaak parkeren op eigen erf of in parkeerhofjes	moderne uitstraling, duidelijke functiescheiding, relatief weinig ruimte voor doorgaand verkeer	hoog
tuindorp	gemiddeld breed, ruimtelijk door veel groen en voortuinen, vaak bomenlanen	traditioneel, brede stoepen en vaak parkeerstroken	gemiddeld

Buurttype	Kenmerken	Straatbeeld	Druk in de ondergrond
tuinstad laagbouw	gemiddeld tot ruim, veel ruimte voor groen, brede straten met bomen, grondgebonden woningen	open, groene profielen en overzichtelijk	gemiddeld
tuinstad hoogbouw	ruim tot zeer ruim en brede profielen	brede stoepen, vaak fietspaden en parkeerstroken, soms centrale groenstroken	hoog
hoogbouw	ruim, stedelijk, veel ruimte voor verschillende verkeersdeelnemers	brede rijbanen, trottoirs, fietspaden, vaak een stedelijke uitstraling met weinig groen	hoog
bedrijven	zeer ruim, utilitair, ingericht op groot verkeer (vrachtwagens)	brede rijbanen, parkeerstroken, weinig sfeer of verblijfskwaliteit, weinig voetgangersvoorzieningen	gemiddeld

Afbeelding 9.4 Risico op ondergrondse inpasbaarheid op basis van de straatbreedte



Mitigerende maatregelen

Mitigerende maatregelen voor de aanleg van warmtenetten bestaan uit het herinrichten en optimaliseren van de ondergrondse ruimte om een warmtenet in wijken mogelijk te maken. Een probleem is dat in zeer smalle straten geen extra ruimte kan worden gemaakt. Een detailstudie op wijkniveau kan hierbij helpen. Door in 4D straten te analyseren kan er ruimte worden gevonden/gemaakt voor het warmtenet. Er moet ook rekening worden gehouden met overige vraagstukken, zoals klimaatadaptatie.

9.3.4 Grondwater

Ingreep-effectrelaties

Bij de warmtetechnieken geothermie, WKO- en HTO-systemen wordt in de bodem geboord. Dit kan een effect hebben op het grondwater. Zo worden bij boringen aardlagen doorboord, waardoor lekkages kunnen ontstaan tussen bodemlagen. Dit verandert mogelijk de stroming van het grondwater.

Daarnaast kunnen deze systemen thermisch effect hebben op het grondwater, doordat er warm water door de bodem wordt gepompt. Bij diepe boringen bij het aanleggen van warmtetechnieken worden (beperkte hoeveelheden) schadelijke stoffen gebruikt om gesteentes op te lossen. Deze stoffen kunnen in het grondwater terecht komen. In gebieden als waterwingebieden of grondwaterbeschermingsgebieden, die sterk afhankelijk zijn van een goede grondwaterkwaliteit, kan dit effect verder doorwerken op bijvoorbeeld de kwaliteit van het drinkwater. Daarom worden deze gebieden door wetgeving en beleid hiertegen beschermd.

Wetgeving en beleid

In tabel 9.21 wordt de belangrijkste wetgeving en beleid rondom het criterium grondwater omschreven.

Tabel 9.21 Wetgeving en beleid grondwater

Beleidskader	Omschrijving
internationaal	
Kaderrichtlijn water (KRW)	Europese richtlijn met als doel het oppervlaktewater en grondwater in Europa te verbeteren
Grondwaterrichtlijn (Gwr)	een Europese richtlijn die specifiek gericht is op het beschermen van grondwater tegen verontreiniging en achteruitgang van de toestand
nationaal	
Structuurvisie Ondergrond (STRONG) (2018)	STRONG biedt het landelijke kader voor ondergrondactiviteiten en streeft naar een veilige, duurzame en efficiënte uitvoering daarvan
omgevingswet	de omgevingswet integreert en vereenvoudigt diverse wetten op het gebied van milieu, planning en ruimtelijke ordening, met als doel een efficiëntere en effectievere besluitvorming. Voor grondwater benadrukt de wet het belang van bescherming tegen verontreiniging en het behoud van kwaliteit. Activiteiten die invloed hebben op de grondwaterstand en -kwaliteit moeten zorgvuldig worden afgewogen en zijn onderworpen aan vergunningseisen. Momenteel wordt er gewerkt aan een nieuw landelijk programma. Daarnaast verplicht de omgevingswet in Artikel 2.16 lid 1 a2 de gemeente om in het openbaar gebied maatregelen te nemen zodra de grondwaterstand structureel nadelige gevolgen kan hebben voor functies van de fysieke leefomgeving. Dat betekent dat de gemeente niet hoeft te garanderen dat de grondwaterstand altijd ideaal is, maar wel dat zij zich inspant om problemen zoals verzakkingen, wateroverlast of schade aan infrastructuur zoveel mogelijk te voorkomen of te beperken - bijvoorbeeld door drainage, peilbeheer of aanpassing van waterafvoer
provinciaal	
Omgevingsverordening NH2022	deze verordening bepaalt of activiteiten die het grondwater beïnvloeden zijn toegestaan, bijvoorbeeld in beschermingsgebieden voor grondwater
Regionaal Waterprogramma Zuid-Holland 2022–2027	het Regionaal Waterprogramma beschrijft hoe de provincie zich inzet voor een goede waterkwaliteit, het op peil houden van de watervoorraad en de bescherming tegen overstromingen. Hieronder valt het op peil houden van de voorraad en de kwaliteit van het grondwater - zie https://www.noord-holland.nl/Onderwerpen/Water_Bodem/Grondwater

Beleidskader	Omschrijving
regionaal	
Waterschapsverordening Amstel, Gooi en Vecht (AGV)	de Waterschapsverordening AGV bevat regels voor het beheer van waterkeringen, oppervlaktewater en grondwater binnen een sterk verstedelijkt en waterrijk gebied. De verordening richt zich op het beschermen van waterkwaliteit en -kwantiteit, met specifieke aandacht voor het behoud van bronnen die van belang zijn voor de drinkwatervoorziening. AGV reguleert activiteiten die invloed kunnen hebben op de waterkwaliteit, zoals lozingen, werkzaamheden in en nabij watergangen en het gebruik van milieubelastende stoffen. De verordening sluit hierbij aan op landelijke regelgeving, zoals de omgevingswet en de Drinkwaterwet en bevordert zo een veilige en duurzame drinkwatervoorziening.
gemeentelijk	
Waterplan Diemen 2010-2028	met dit waterplan geven gemeente Diemen en AGV invulling aan het Nationaal Bestuursakkoord Water. Het waterplan gaat door waar de reguliere taken van de gemeente en het waterschap ophouden en waar deze twee organisaties elkaar aanvullen en kunnen versterken. Het waterplan slaat een brug tussen de reguliere plannen en taken zoals beschreven in het Gemeentelijke Rioleringsplan van de gemeente en het Watergebiedsplan van het waterschap.

Onderzoeksmethodiek

De analyse van effecten op het grondwater is uitgevoerd op basis van expert judgement. De beoordeling is kwalitatief en maakt gebruik van eerdere milieueffectrapportages en gemeentelijke en provinciale bodembeleidskaarten.

Beoordelingsschaal

Tabel 9.22 geeft de beoordelingsschaal voor het criterium grondwater weer. De tekens ++ betekenen heel positief, + is positief, 0 is neutraal, - is negatief, en -- is zeer negatief.

Tabel 9.22 Beoordelingsschaal invloed op grondwater

Score	Toelichting
++	het onderzochte alternatief leidt tot een duidelijke verbetering van de kwaliteit van het grondwater in vergelijking met de referentiesituatie
+	het onderzochte alternatief leidt tot een kleine verbetering van de kwaliteit van het grondwater in vergelijking met de referentiesituatie
0	het onderzochte alternatief heeft geen effect op de kwaliteit van het grondwater in vergelijking met de referentiesituatie
-	het onderzochte alternatief leidt tot een kleine verslechtering van de kwaliteit van het grondwater in vergelijking met de referentiesituatie
--	het onderzochte alternatief leidt tot een duidelijke verslechtering van de kwaliteit van het grondwater in vergelijking met de referentiesituatie

Effectbeschrijving

Alternatief 1 - MT-Warmtenet

Bij de aanleg van een warmtenet moeten de leidingen in droge grond worden gelegd. Om dit mogelijk te maken wordt waar nodig de grondwaterstand verlaagd. Bij het bemalen van grondwater kunnen verontreinigingen worden aangetrokken. Voor de bemaling moet er in de uitvoeringsfase historisch onderzoek worden uitgevoerd om te controleren of er grondwaterverontreinigingen zijn. Het onttrokken grondwater wordt na controle op de lozingsnormen in het riool of in oppervlaktewater geloosd. Als het grondwater verontreinigd is worden verontreinigingen uitgezuiverd voor de lozing. Door de borgings- en mitigatiemogelijkheden zijn er geen effecten op de kwaliteit van bodem en oppervlaktewater.

Variant geothermie

Aanlegfase

Voor de aanleg van de HTO wordt grondwater (ontwikkeltwater) onttrokken en geloosd. Deze lozing gebeurt veelal in een vuilwaterriool [\[Wilk & Kleinlugtenbelt, 2024\]](#). Hierdoor heeft dit proces geen effect op de grondwaterkwaliteit.

Tijdens het boren van een geothermieput komt boorspoeling in contact met de doorboorde watervoerende lagen. Er wordt gebruik gemaakt van een boorvloeistof op waterbasis. Over het algemeen gaat het hierbij om kleine hoeveelheden en is de indringing zeer beperkt.

Bij boringen voor geothermie worden aardlagen doorboord, waardoor lekkages kunnen ontstaan tussen bodemlagen. Dit verandert mogelijk de stroming van het grondwater. Dit kan een negatieve invloed hebben op het grondwater en daarom is de aanlegfase negatief (-) beoordeeld.

Gebruiksfase

In de gebruiksfase van de geothermiebron lopen de risico's voor de grondwaterkwaliteit vooral via het formatiewater. Formatiewater is water dat in de poriën van diepe gesteentelagen voorkomt en daar al sinds de vorming van die lagen opgesloten zit. Het water wordt omhoog gepompt, via een warmtewisselaar verwarmd en vervolgens weer in de geothermieput geïnjecteerd. Het zoutere formatiewater kan corrosie aan stalen leidingen veroorzaken; samen met de hoge druk in de put bestaat het risico op lekkage en verontreiniging van zoet water. Zout water is moeilijk uit grondwater te verwijderen. Daarnaast heeft verontreiniging een negatief effect op de kwaliteit van grondwater.

Het water dat uit een geothermieput wordt opgepompt heeft een temperatuur van 70–90 °C. Dit is veel warmer dan het grondwater dat dicht bij het oppervlak ligt, dat meestal een temperatuur 10–15 °C heeft. Door deze warmte kan het omliggende grondwater opwarmen. Uit modellen blijkt dat, als het grondwater niet stroomt, de temperatuur op een afstand van 100 meter na 40 jaar ongeveer 1,5 °C stijgt [\[STOWA\]](#). Als er wel stroming is in het grondwater, kan de warmte zich verder verspreiden en een 'warmtepluim' vormen die zich stroomafwaarts beweegt. Deze vorm van warmteverspreiding stabiliseert na 3 tot 10 jaar. Op enkele honderden meters kan de temperatuur 1,5 °C zijn gestegen. Naast het mengen van warm en koud water door stroming kan de hogere temperatuur giftige (sporen)elementen beter oplossen. [\[TNO-onderzoek\]](#) wijst uit dat chemische en microbiologische effecten door warmte-uitstraling beperkt blijven tot een straal van circa 100 meter rond de producerende put, hoewel menging afhankelijk is van zoutgehalten en hogere temperaturen voor microbiologische activiteit en oplosbaarheid van giftige (sporen)elementen.

De risico's voor warmte-uitstraling en chemische/microbiologische veranderingen rondom de geothermieput blijven lokaal beperkt tot ongeveer 100 meter rond de put. Aangezien er geen drinkwaterwinningsgebieden in het potentiegebied liggen, wordt drinkwaterkwaliteit niet direct beïnvloed.

Bij HTO-doubletten wordt grondwater gebruikt om op te pompen en vervolgens in de bodem opgeslagen. Dit is een gesloten systeem en verandert de grondwaterkwaliteit niet. Daarnaast wordt er voor onderhoud een aantal keer per jaar een hoeveelheid grondwater (spuiwater) onttrokken met het maximale debiet. Evenals het ontwikkeltwater wordt dit doorgaans bij het vuilwaterriool geloosd [\[Wilk & Kleinlugtenbelt, 2024\]](#) en is er geen effect op de grondwaterkwaliteit.

De gebruiksfase wordt negatief (-) beoordeeld en monitoring en mitigatiemaatregelen zijn nodig om drinkwaterbronnen en de zoetwatervoorziening te beschermen.

Variant datathermie

Aanlegfase

Bij het aanleggen van een WKO wordt voor de boringen gebruik gemaakt van boorspoelingen en werkwater. De boorspoeling is gemaakt van bentoniet, een in de natuur voorkomende natrium-kleisoort met deeltjes die zo klein zijn dat ze de grond waterdicht kunnen maken. Vanwege deze maatregelen wordt de aanlegfase als neutraal (0) beoordeeld.

Gebruiksfase

In de gebruiksfase onttrekken de WKO's grondwater en voeren dit terug uit warmtebronnen en het warmtenet. Dit kan in de gebruiksfase de natuurlijke grondwaterstroming hydrologisch beïnvloeden, doordat veranderingen in stromingsrichting en -snelheid kunnen optreden, met mogelijke gevolgen voor grondwaterstanden en interferentie met andere onttrekkingen of bronnen. Thermisch ontstaan rondom de bronnen een warme en een koude bel, waardoor de temperatuurhuishouding in de aquifer verandert, wat invloed kan hebben op hydrochemische processen, de mobiliteit van sporenelementen en in sommige gevallen de microbiologische samenstelling.

Het onttrekken en terugpompen van grondwater door WKO's leidt tot menging van verschillende watertypen. De invloed is groot in lagen met een uiteenlopende watersamenstelling. Menging van zuurstofrijk en ijzerrijk grondwater kan tot putverstopping leiden. Wanneer veel WKO's in elkaar hydrologische invloedssfeer staan kan verontreiniging sneller verspreiden, ook kan de natuurlijke afbraak van verontreinigingen worden gestimuleerd. Daarnaast kunnen WKO's in diepere watervoerende pakketten door lekstromen of onvoldoende afdichtingen verontreinigingen naar lagere grondwaterlagen brengen. Hierdoor kunnen drinkwaterwinningen worden beïnvloed. Daarom wordt er een negatief effect (-) verwacht op het grondwater.

Variant aquathermie

Aanlegfase

Bij aquathermie zijn de effecten vergelijkbaar met datathermie, vanwege de maatregelen wordt de aanlegfase als neutraal (0) beoordeeld.

Gebruiksfase

In de gebruiksfase zijn de effecten vergelijkbaar met datathermie. Voor aquathermie zijn meer WKO's nodig om warmte op te slaan. Vanwege de mogelijke negatieve effecten van WKO's op grondwater wordt aquathermie in de gebruiksfase negatief (-) beoordeeld.

Alternatief 2 - ZLT-Warmtenet

Variant datathermie

Aanlegfase

In de aanlegfase zijn de effecten van de variant datathermie hetzelfde als beschreven bij alternatief 1 - MT-warmtenet. De aanlegfase wordt als neutraal (0) beoordeeld.

Gebruiksfase

In de gebruiksfase zijn de effecten van de variant datathermie hetzelfde als beschreven bij alternatief 1 - MT-warmtenet. De gebruiksfase wordt als negatief (-) beoordeeld.

Variant aquathermie

Aanlegfase

In de aanlegfase zijn de effecten van de variant aquathermie hetzelfde als beschreven bij alternatief 1 - MT-warmtenet. De aanlegfase wordt als neutraal (0) beoordeeld.

Gebruiksfase

In de gebruiksfase zijn de effecten van de variant aquathermie hetzelfde als beschreven bij alternatief 1 - MT-warmtenet. De gebruiksfase wordt als negatief (-) beoordeeld.

Alternatief 3 - Warmtepomp

Variant bodemwarmtepomp

Aanlegfase

Tijdens de aanleg van bodemwarmtepomp-systemen kan boorspoeling risico's opleveren voor de ondergrond. Boorspoeling bevat additieven zoals betoniet of polymeren. Het risico is laag omdat betoniet inert is en polymeren biologisch afbreekbaar zijn.

Bij de aanleg kunnen de scheidende lagen doorboord worden. Het drukverschil tussen deze lagen kan tot menging van grondwater leiden en daarmee de verspreiding van verontreinigingen. Bij bodemwarmtepompen bestaat bovendien een aanzienlijk risico dat het boorgat na boring niet goed wordt afgedicht, wat lekkage en verspreiding kan vergroten. [KWR] heeft in worst-case scenario's berekend dat de flux tussen lagen tot circa 1 meter per dag kan bedragen. Menging beïnvloedt de grondwaterkwaliteit vooral via lekkages en is afhankelijk van de huidige kwaliteit van het grondwater. In de aanlegfase zijn bodemwarmtepompen als zeer negatief (--) beoordeeld.

Gebruiksfase

Tijdens de aanleg van bodemwarmtepomp-systemen kan het werkwater risico's opleveren voor de ondergrond. Werkwater mag geen slechtere kwaliteit hebben dan het omringende grondwater. Het gebruik van drinkwater als werkwater vormt geen extra risico voor de grondwaterkwaliteit. In de gebruiksfase zijn bodemwarmtepompen neutraal (0) beoordeeld.

Variant lucht-water-warmtepomp

Aanlegfase

Voor de aanlegfase van de lucht-water-warmtepomp worden er geen effecten verwacht op grondwater en is daarom neutraal (0) beoordeeld.

Gebruiksfase

Voor de gebruiksfase van de lucht-water-warmtepomp worden er geen effecten verwacht op grondwater en is daarom neutraal (0) beoordeeld.

Effectbeoordeling

Tabel 9.23 toont de effectbeoordeling voor grondwater.

Tabel 9.23 Effectbeoordeling grondwater

Alternatief	MT-Warmtenet			ZLT-Warmtenet		Warmtepomp	
Variant	Geo-thermie	Data-thermie	Aqua-thermie	Data-thermie	Aqua-thermie	Bodem-warmtepomp	Lucht-water-warmtepomp
aanlegfase	-	0	0	0	0	--	0
gebruiks-fase	-	-	-	-	-	0	0

Mitigerende maatregelen

De boringen voor geothermie vallen onder een verplicht kwaliteitsboringsregime (protocol BRL SIKB 2100) dat de menging tussen grondwaterlagen moet voorkomen. Voorafgaand aan de boring wordt er vooronderzoek uitgevoerd naar bodemverontreiniging en maatregelen genomen waarmee getracht wordt verontreiniging van het grondwater te voorkomen.

9.3.5 Drinkwater

Ingreep-effectrelaties

In paragraaf 9.3.4 is ingegaan op de effecten in grondwaterbeschermingsgebieden. Deze gebieden zijn aangewezen ter bescherming van de drinkwaterwinning, waardoor effecten door zouden kunnen werken in effecten op drinkwater.

Een mogelijk ander effect is dat de leidingen van het warmtenet, waar warm water doorheen stroomt, warmte kunnen afgeven aan nabijgelegen drinkwaterleidingen. Deze thermische invloed kan leiden tot een opwarming van het drinkwater, wat gevolgen kan hebben voor de kwaliteit ervan, doordat er bij hogere temperaturen een grotere kans is op bacteriële groei.

Wetgeving en beleid

In tabel 9.24 wordt de belangrijkste wetgeving en beleid rondom het criterium drinkwater omschreven.

Tabel 9.24 Wetgeving en beleid drinkwater

Wettelijk- en beleidskader	Omschrijving
internationaal	
Europese drinkwaterrichtlijn	de Drinkwaterrichtlijn stelt eisen aan de kwaliteit van drinkwater in de Europese Unie en is gericht op de bescherming van de gezondheid van inwoners. De richtlijn bevat minimumeisen voor de kwaliteit van drinkwater, inclusief normen voor verschillende microbiologische, chemische en fysische parameters. Daarnaast moedigt de richtlijn lidstaten aan om maatregelen te nemen ter bescherming van waterbronnen tegen verontreiniging en om de beschikbaarheid van schoon drinkwater te waarborgen
nationaal	
drinkwaterwet	de Drinkwaterwet is in lijn met de Europese Drinkwaterrichtlijn. De drinkwaterbedrijven moeten voldoen aan de eisen die in deze wet gesteld zijn met betrekking tot productie, distributie en levering van veilig en schoon drinkwater. De wet vereist dat drinkwaterbedrijven zorgen voor een goede waterbron en het beschermen van deze bronnen tegen verontreiniging
omgevingswet	de omgevingswet omvat bepalingen die zorgen voor een integrale aanpak van waterbeheer, waarbij de bescherming van bronnen voor drinkwater, de kwaliteit van drinkwater en de beschikbaarheid ervan centraal staan. De wet stelt eisen aan activiteiten die invloed hebben op de drinkwatervoorziening, zoals grondwaterwinning en de aanleg van infrastructuur. Daarnaast moeten gemeenten en waterschappen samenwerken om de drinkwatervoorziening te waarborgen, waarbij participatie van belanghebbenden en afstemming met andere wet- en regelgeving, zoals de Drinkwaterwet, essentieel zijn
provinciaal	
Regionaal Waterprogramma Noord-Holland 2022–2027	dit programma richt zich op het veiligstellen van voldoende en schoon water voor de toekomst. Noord-Holland werkt samen met drinkwaterbedrijven en de waterschappen om waterwinningen te beschermen en nieuwe bronnen te onderzoeken. De provincie stelt regels voor activiteiten in grond- en oppervlaktewaterbeschermingszones om verontreiniging van drinkwaterbronnen te voorkomen. Hiermee wordt uitvoering gegeven aan de Drinkwaterwet en de Omgevingsvisie Noord-Holland 2050, waarin een duurzame drinkwatervoorziening een kernopgave is
regionaal	

Wettelijk- en beleidskader	Omschrijving
Waterschapsverordening Amstel, Gooi en Vecht (AGV)	de Waterschapsverordening AGV bevat regels voor het beheer van waterkeringen, oppervlaktewater en grondwater binnen een sterk verstedelijkt en waterrijk gebied. De verordening richt zich op het beschermen van waterkwaliteit en -kwantiteit, met specifieke aandacht voor het behoud van bronnen die van belang zijn voor de drinkwatervoorziening. AGV reguleert activiteiten die invloed kunnen hebben op de waterkwaliteit, zoals lozingen, werkzaamheden in en nabij watergangen en het gebruik van milieubelastende stoffen. De verordening sluit hierbij aan op landelijke regelgeving, zoals de omgevingswet en de Drinkwaterwet en bevordert zo een veilige en duurzame drinkwatervoorziening

Onderzoeksmethodiek

Voor het aspect drinkwater is de methodiek gebaseerd op locatie-analyse en expert judgement. Er wordt ingeschat of de nabijheid van warmte-infrastructuur risico's oplevert voor opwarming of verstoring van leidingen. Voor elke wijk wordt aan de hand van de complexiteitskaart van de ondergrond ingeschat of er met de ligging van de drinkwaterleidingen aan de afstandsnormen tussen warmteleidingen en drinkwaterleidingen van Vewin kan worden voldaan.

Normen van Vewin

Bij parallelligging is de basisafstand tussen een drinkwaterleiding en een warmteleiding 1,5 meter (dagmaat). Indien 1,5 meter niet haalbaar is, kunnen kleinere afstanden toegepast worden. Dit is een minimale afstand van 1,0 meter voor een lengte tot maximaal 100 meter (maximaal 25 % van de drinkwaterleidinglengte in een buurt), of een minimale afstand van 0,5 meter voor een lengte tot maximaal 5 meter (maximaal 5 % van de drinkwaterleidinglengte in een buurt). Afstanden onder 1,0 meter zijn alleen toegestaan bij technische noodzaak (bijvoorbeeld obstakels) en onderbouwd door onderzoek naar thermische beïnvloeding. Bij kruisingen geldt een minimale afstand van 0,25 meter, behalve als zettingen optreden, dan is extra toetsing vereist.

Voor een afwijking is een risicoanalyse nodig. Hierin kunnen scenario's uitgewerkt worden waarbij de afstand kleiner is als de norm, en meegewogen worden of extra maatregelen of isolatie bijdragen aan het veilig houden van het drinkwater. Ook kunnen afspraken gemaakt worden over monitoring en evaluatie, waarbij met meetpunten nabij drinkwaterleidingen de daadwerkelijke temperatuurimpact geverifieerd kan worden.

Beoordelingsschaal

Tabel 9.25 geeft de beoordelingsschaal voor het criterium drinkwater weer. De tekens ++ betekenen heel positief, + is positief, 0 is neutraal, - is negatief, en -- is zeer negatief.

Tabel 9.25 Beoordelingsschaal invloed op drinkwater

Score	Toelichting
++	niet van toepassing
+	niet van toepassing
0	het onderzochte alternatief veroorzaakt geen verandering in de kwaliteit van het drinkwater in de leidingen in vergelijking met de referentiesituatie
-	in het onderzochte alternatief is er een risico op verslechtering van de kwaliteit van het drinkwater. er is echter voldoende ruimte in de ondergrond waardoor met maatregelen dit voorkomen kan worden
--	in het onderzochte alternatief is er een risico op verslechtering van de kwaliteit van het drinkwater. er is beperkte ruimte in de ondergrond waardoor met maatregelen dit niet voorkomen kan worden

Effectbeschrijving

Warmtenetleidingen kunnen warmte afgeven aan nabijgelegen drinkwaterleidingen, waardoor het drinkwater opwarmt en de kans op bacteriële groei toeneemt.

Alternatief 1 - MT-Warmtenet

Bij dit alternatief wordt warmte geleverd vanuit het warmteoverdrachtstation op middentemperatuur. Het warmtenet is circa 201 km. Door de transporttemperaturen (75 °C) kan de bodem binnen 0,5 meter van de warmteleiding 2 tot 3 graden opwarmen, waardoor nabijgelegen drinkwaterleidingen mogelijk opgewarmd worden [Blokker & Pan, 2022]. Vooral in dichtbebouwde gebieden met complexe ondergrond kan dit risico toenemen omdat er mogelijk afgeweken moet worden van de Vewin afstandsnormen. Echter is het mogelijk om op de plekken waar afgeweken moet worden op de Vewin afstandsnormen herinrichting van de ondergrond te overwegen. Op basis van deze effecten is dit alternatief negatief (-) beoordeeld.

Alternatief 2 - ZLT-Warmtenet

Bij dit alternatief wordt warmte geleverd vanuit het warmteoverdrachtstation op zeer lage temperatuur. Hier wordt de warmte pas bij de woning door een water-water warmtepomp verder opgewaardeerd. Door de zeer lage transporttemperaturen (25 °C) is de invloed op de bodemtemperatuur en daarom drinkwaterkwaliteit verwaarloosbaar [Blokker & Pan, 2022]. Op basis van deze effecten is dit alternatief neutraal (0) beoordeeld.

Alternatief 3 - Warmtepomp

Bij dit alternatief vindt de warmteproductie lokaal plaats in de woningen via warmtepompen. Omdat dit alternatief geen collectieve warmteleidingen in de straten vereist, treden er geen directe thermische effecten op drinkwaterleidingen op. Lokale installaties in en rond de woningen, zoals binnen- en buitenunits, zijn wel nodig, maar deze hebben geen invloed op de ondergrondse drinkwaterinfrastructuur. Op basis van deze effecten is dit alternatief neutraal (0) beoordeeld.

Effectbeoordeling

Tabel 9.26 toont de effectbeoordeling voor drinkwater.

Tabel 9.26 Effectbeoordeling drinkwater

Alternatief	MT-Warmtenet			ZLT-Warmtenet		Warmtepomp	
	Geo-thermie	Data-thermie	Aqua-thermie	Data-thermie	Aqua-thermie	Lucht-water-warmtepomp	Bodem-warmtepomp
gebruiks-fase	-	-	-	0	0	0	0

Mitigerende maatregelen

Warmtenetleidingen kunnen extra geïsoleerd worden om negatieve effecten op drinkwaterleidingen bij de toepassing van warmteoplossingen te voorkomen. Daarnaast kan, zoals al gesuggereerd in de effectbeschrijving, de ondergrond integraal worden heringericht om negatieve effecten te beperken. Voor warmtenetten zal dit daarom niet een onderscheidend effect zijn. Wel moet voldoende afstand (minimaal 1,5 meter) worden gehouden tussen het warmtenet en de waterleidingen (bron: [Vereniging van Waterbedrijven in Nederland](#)).

9.3.6 Oppervlaktewater

Ingreep-effectrelaties

Een aquathermie-installatie haalt warmte uit het oppervlaktewater. Dit zorgt voor een daling van de watertemperatuur van het oppervlaktewater. Dit temperatuurverschil kan gevolgen hebben voor het

waterleven en voor andere fysisch-chemische processen in het water. Een verlaging van de watertemperatuur vertraagt processen (zoals de groei van waterplanten), wat op zijn beurt het voedselaanbod van vissen kan verlagen.

Daarentegen vermindert de lagere temperatuur de kans op zuurstofgebrek. Er kunnen bij het gebruik van aquathermie uit oppervlaktewater ook fysieke effecten op het waterleven optreden wanneer oppervlaktewater langs filters en een warmtewisselaar stroomt.

Ten slotte is er voor de aanleg van funderingen van warmteonderstations, transformatorstations en het aanleggen van warmteleidingen en elektriciteitskabels bemaling nodig. Bemaling zorgt ervoor dat de grondwaterstand plaatselijk wordt verlaagd, en het opgepompte water naar het oppervlaktewater wordt geloosd. Dit kan de oppervlaktewaterkwaliteit beïnvloeden door verandering in temperatuur, zuurstofniveau en eventuele verspreiding van vervuiling uit het grondwater.

Wetgeving en beleid

In tabel 9.27 wordt de belangrijkste wetgeving en beleid rondom het criterium oppervlaktewater omschreven.

Tabel 9.27 Wetgeving en beleid oppervlaktewater

Wettelijk- en beleidskader	Omschrijving
internationaal	
Kaderrichtlijn water (Krw)	Europese richtlijn met als doel het oppervlaktewater en grondwater in Europa te verbeteren
nationaal	
omgevingswet	de omgevingswet speelt een belangrijke rol in het beheer en de bescherming van oppervlaktewater. De wet bevordert een integrale benadering van waterbeheer, waarbij het functioneren van waterlichamen, de kwaliteit van het oppervlaktewater en de ecologie centraal staan. Activiteiten die invloed hebben op oppervlaktewater, zoals bouwwerkzaamheden en lozingen, zijn onderworpen aan vergunningseisen en milieutoetsen. Daarnaast benoemt de wet de noodzaak van afstemming met andere relevante beleidskaders, zoals de Kaderrichtlijn Water
provinciaal	
Regionaal Waterprogramma Noord-Holland 2022-2027	in dit programma ligt de nadruk op het verbeteren van de kwaliteit en ecologische gezondheid van het oppervlaktewater. De provincie werkt aan het behalen van de doelen uit de KRW door maatregelen zoals schonere lozingen, natuurvriendelijke oevers en het herstel van waterverbindingen. Daarnaast wordt ingezet op klimaatadaptatie door extra berging, waterconservering en een robuuster watersysteem dat beter bestand is tegen droogte en hevige neerslag
regionaal	
Waterschapsverordening Amstel, Gooi en Vecht (AGV)	binnen het beheergebied van AGV speelt het behoud van een goede oppervlaktewaterkwaliteit een centrale rol. De Waterschapsverordening bevat regels om verontreiniging te voorkomen, bijvoorbeeld bij lozingen van afval- of hemelwater, het toepassen van bestrijdingsmiddelen en het uitvoeren van werkzaamheden aan oevers en watergangen. Het stedelijke karakter van het gebied vraagt om een zorgvuldige afstemming tussen waterbeheer, riolering en ruimtelijke ontwikkeling. Zo draagt AGV bij aan schoon en gezond oppervlaktewater dat ook van belang is voor recreatie en als bron voor drinkwaterproductie
Gemeentelijk	
Waterplan Diemen (2010-2028)	in het Waterplan Diemen is het beheer van oppervlaktewater bedoeld om wateroverlast, verdroging en matige waterkwaliteit tegen te gaan. De gemeente werkt samen met Waterschap AGV en het regionale waterbedrijf aan maatregelen zoals het verbreden van watergangen, aanleggen van natuurvriendelijke oevers en verbeteren van de doorstroming van sloten en singels

Onderzoeksmethodiek

In het effectenonderzoek naar oppervlaktewater worden de ingreep-effectrelaties van de alternatieven verder uitgediept. Zo wordt er gekeken naar de verwachte nodige bemaling, en de resultaten van onderzoeken naar aquatische effecten van aquathermie. Met deze informatie wordt per alternatief bepaald welke onderdelen van het warmtesysteem mogelijke aanzienlijke effecten kunnen hebben.

Beoordelingsschaal

Tabel 9.28 geeft de beoordelingsschaal voor het criterium oppervlaktewater weer. De tekens ++ beteken heel positief, + is positief, 0 is neutraal, - is negatief, en -- is zeer negatief.

Tabel 9.28 Beoordelingsschaal invloed op oppervlaktewater

Score	Toelichting
++	de oppervlaktewaterkwaliteit verbetert permanent
+	de oppervlaktewaterkwaliteit verbetert tijdelijk
0	de oppervlaktewaterkwaliteit blijft gelijk
-	de oppervlaktewaterkwaliteit verslechtert tijdelijk
--	de oppervlaktewaterkwaliteit verslechtert permanent

Effectbeschrijving

Alternatief 1 - MT-Warmtenet

Bij het aanleggen van ondergrondse leidingen in open ontgravingen kan op verschillende plekken grondwater onttrokken moeten worden. Het vrijgekomen bemalingswater moet worden geloosd op nabijgelegen oppervlaktewater. Een verandering van de waterkwaliteit door deze lozing is onwenselijk, omdat dit negatieve effecten kan hebben op natuur en leefomgeving.

Het doel van de Kaderrichtlijn water is dat de aangewezen waterlichamen in de EU uiterlijk in 2027 een goede kwaliteit bereiken. Dit houdt in dat zowel de chemische als de ecologische toestand van deze waterlichamen aan vastgestelde normen moet voldoen. Een goede kwaliteit betekent dat de watercondities zo dicht mogelijk bij een natuurlijke, nauwelijks door menselijke activiteiten beïnvloede toestand liggen, zonder dat er sprake is van significante achteruitgang ten opzichte van de huidige situatie. In de effectbeoordeling wordt ervan uitgegaan dat robuuste watersystemen kleine veranderingen kunnen adapteren zonder dat dit effect heeft op de waterkwaliteit.

Variant geothermie

Voor geothermie worden er geen aanvullende effecten verwacht op oppervlaktewater. Deze variant is neutraal (0) beoordeeld.

Variant datathermie

Voor datathermie worden er geen aanvullende effecten verwacht op oppervlaktewater. Deze variant is neutraal (0) beoordeeld.

Variant aquathermie

Voor dit alternatief is het gebruik van aquathermie het grootste risico voor effecten op oppervlaktewater. Het gebruik van oppervlaktewater voor warmtewinning (aquathermie) kan leiden tot aquatische effecten door veranderingen in temperatuur en waterkwaliteit, wat mogelijk effecten heeft op ecosystemen zoals vissen, planten en micro-organismen [STOWA].

Aquathermie beïnvloedt het watersysteem in de eerste plaats doordat warmte uit het oppervlaktewater wordt onttrokken en het water als kouder water teruggeplaatst wordt. Dit kan de fysisch-chemische processen en biologische processen veranderen. Lagere temperaturen kunnen de groei van waterplanten en algen vertragen en de balans van zuurstof en voedingsstoffen beïnvloeden. Voor vissen en andere waterdieren kan dit de timing van hun levenscycli verstoren.

Daarnaast passeert het water de installatie via filters, pompen en warmtewisselaars. Kleine organismen zoals fytoplankton, zoöplankton en larven kunnen hierdoor beschadigd raken. Dit kan invloed hebben op het voedselweb. De door de installatie geïnduceerde stroming is meestal klein maar kan in stilstaande wateren toch de samenstelling van soorten beïnvloeden. De totale ecologische impact hangt wel sterk af van lokale omstandigheden zoals debiet, nutriëntenbelastingen en monitoring.

Op basis van deze effecten is dit alternatief negatief (-) beoordeeld.

Alternatief 2 - ZLT-Warmtenet

Voor een ZLT-warmtenet moet net zoals bij een MT-warmtenet het grondwaterpeil worden verlaagd bij aanleg. Er wordt echter geen verslechtering verwacht.

Variant datathermie

Voor datathermie worden er geen aanvullende effecten verwacht op oppervlaktewater. Deze variant is neutraal (0) beoordeeld.

Variant aquathermie

De effecten van aquathermie voor een ZLT-warmtenet zijn hetzelfde beoordeeld als bij een MT-warmtenet. De beoordeling is negatief (-).

Alternatief 3 - Warmtepomp

Het gebruik van volledig elektrische verwarming heeft nagenoeg geen direct effect op oppervlaktewater, omdat er geen warmte uit oppervlaktewater wordt gehaald. De beoordeling is neutraal (0).

Effectbeoordeling

Tabel 9.29 toont de effectbeoordeling voor oppervlaktewater.

Tabel 9.29 Effectbeoordeling oppervlaktewater

Alternatief	MT-Warmtenet			ZLT-Warmtenet		Warmtepomp	
Variant	Geo-thermie	Data-thermie	Aqua-thermie	Data-thermie	Aqua-thermie	Lucht-water-warmtepomp	Bodem-warmtepomp
gebruiks-fase	0	0	-	0	-	0	0

Mitigerende maatregelen

Om de effecten van aquathermie op oppervlakte te beperken kan de plaatsing van warmtewisselaars en de teruglozingstemperaturen worden aangepast. Bij een warmtewisselaar aan wal wordt het oppervlaktewater ingenomen en teruggevoerd, met temperatuurverschillen groter dan 5 °C. Door de warmtewisselaar in het water te plaatsen wordt de thermische impact beperkt. Ook kan een WKO de piekbelasting van het oppervlaktewater beperken. Door de opslag wordt de energie over seizoenen verspreid, de zomerse warmte wordt in de winter gebruikt. Dit voorkomt kortdurende temperatuurpieken die de waterkwaliteit en ecologie belasten.

9.4 Natuur en biodiversiteit

In de effectenstudies op het thema natuur en biodiversiteit worden de effecten in beeld gebracht voor de onderzoek aspecten beschermde soorten en beschermde gebieden, zowel tijdens de aanleg- als gebruiksfase.

9.4.1 Beschermde gebieden

Ingreep-effectrelaties

Het realiseren van het warmteprogramma kan mogelijk leiden tot aantasting van de natuurwaarden van beschermde natuurgebieden in en rondom de gemeente Diemen. Binnen het warmteprogramma worden verschillende ingrepen voorzien die mogelijke effecten op deze beschermde gebieden kunnen veroorzaken.

Graven en boren

Bodemroerende werkzaamheden in de aanlegfase kunnen leiden tot aantasting van bodem- en vegetatiestructuren, verstoring van ecologische continuïteit en mogelijke veranderingen in hydrologische processen. Daarnaast kunnen bodemroerende werkzaamheden ook indirecte effecten veroorzaken zoals verzanding of vervuiling van nabijgelegen beschermde gebieden. Dit risico is vooral relevant bij grootschalige ingrepen, zoals de aanleg van een geothermiebron of een WKO. Het is echter niet aannemelijk dat dergelijke ingrepen direct binnen een beschermd gebied worden gerealiseerd.

Ruimtebeslag

Plaatsing van installaties of gebouwen kan leiden tot verlies van leefgebied, fragmentatie van het landschap en uitsluiting van functies of kernkwaliteiten van het beschermde gebied.

Temperatuurverandering

Wijzigingen in bodem- of watertemperatuur door aanleg of exploitatie kunnen leiden tot veranderingen in habitatcondities, bodemprocessen en hydrologie, met mogelijke gevolgen voor de kernkwaliteiten van het gebied [Bonte et al., 2011].

Chemische lekkage

Vrijkomen van stoffen (zoals koelmiddelen, boorvloeistoffen, antivries, corrosieremmers) kan bodem- en waterkwaliteit aantasten, wat invloed heeft op de ecologische structuur en kernkwaliteiten van beschermde gebieden [Bonte et al., 2011].

Stikstofuitstoot

De aanleg en exploitatie van technieken en installaties ten behoeve van het implementeren van het warmteprogramma kunnen door hun stikstofuitstoot leiden tot depositie van stikstof op nabijgelegen beschermde natuurgebieden. Significante stikstofdepositie kan optreden bij het boren van putten, installatiewerkzaamheden, het eventueel affakkelen van gas, het transport van materieel en personeel.

Verstoring

Geluid, trillingen, licht en menselijke activiteit tijdens aanleg, gebruik of onderhoud kunnen leiden tot tijdelijke of permanente verstoring van kernkwaliteiten zoals rust, ongestoord gebruik van het gebied en visuele integriteit.

Verandering grondwaterstand

Aanleg of exploitatie van diepe boringen of warmteopslag kan leiden tot wijziging van grondwaterstanden of stromingspatronen, met gevolgen voor hydrologie, bodemvocht en vegetatiestructuur binnen het beschermde gebied [Bonte et al., 2011].

Wetgeving en beleid

In tabel 9.30 wordt de belangrijkste wetgeving en beleid rondom het criterium beschermde gebieden omschreven.

Tabel 9.30 Wetgeving en beleid beschermde gebieden

Wettelijk- en beleidskader	Omschrijving
internationaal	
Vogelrichtlijn (2009/147/EG) & Habitatrichtlijn (92/43/EEG)	Europese richtlijnen gericht op de bescherming van wilde vogelsoorten, dier- en plantensoorten en hun natuurlijke leefgebieden. Lidstaten zijn verplicht om een gunstige staat van instandhouding te waarborgen. Effecten van ingrepen moeten worden beoordeeld via een toetsing aan deze richtlijnen; bij significante effecten geldt een vergunningplicht
Bernverdrag (1979)	internationaal verdrag ter bescherming van wilde planten en dieren en hun leefgebieden, met nadruk op bedreigde en kwetsbare soorten. Vormt de basis voor de Europese Vogel- en Habitatrichtlijnen
Convention on Biological Diversity (CBD, 1992)	mondiaal verdrag over behoud van biodiversiteit, duurzaam gebruik van ecosystemen en eerlijke verdeling van voordelen uit genetische bronnen. Richtinggevend voor nationale en provinciale soortenbescherming
nationaal	
omgevingswet	de omgevingswet regelt de bescherming van soorten als onderdeel van de fysieke leefomgeving. De voormalige Wet natuurbescherming is hierin opgenomen. De wet bevat verboden op het opzettelijk doden, vangen of verstoren van beschermde dieren en op het beschadigen of vernielen van voortplantings- en rustplaatsen. Voor ingrepen die hiermee in strijd kunnen zijn, is een vergunning of ontheffing vereist
besluit activiteiten leefomgeving (Bal)	uitvoeringsbesluit onder de omgevingswet die bepaalt wanneer en onder welke voorwaarden activiteiten met mogelijke effecten op beschermde soorten zijn toegestaan. Legt zorgplicht en ontheffingsvereisten vast
Natuurnetwerk Nederland (NNN)	landelijk netwerk van ecologisch verbonden natuurgebieden en verbindingzones. Draagt bij aan behoud en versterking van leefgebieden van beschermde soorten. Nieuwe ingrepen binnen of nabij het NNN worden getoetst aan kernkwaliteiten en verbindende functies
provinciaal	
Omgevingsvisie & Omgevingsverordening Noord-Holland	provinciale uitwerking van nationale natuur- en soortenbeschermingsregels. Regelt de begrenzing, bescherming en compensatie binnen het NNN en geeft invulling aan de provinciale zorgplicht voor soorten

Onderzoeksaanpak

Voor het onderzoek naar de effecten van het warmteprogramma op beschermde natuurgebieden worden de alternatieven en de ligging van vastgestelde natuurgebieden (Natura 2000, NNN, weidevogel- en ganzenfoerageergebieden) gekoppeld. Deze informatie vormt de basis voor de effectbeoordeling. Er wordt onderscheid gemaakt tussen directe locatiespecifieke ingrepen (zoals ruimtebeslag, graaf- en boorwerkzaamheden) en afstandsgebonden effecten, met name stikstofdepositie.

Stikstofdepositie wordt uitsluitend voor geothermie in beeld gebracht, gezien de relatief hoge uitstoot bij aanleg [Antea Group, 2021]. Voor andere technieken is de bijdrage aanzienlijk lager, omdat deze werkzaamheden minder zwaar materiaal vereisen. Daarnaast kunnen deze werkzaamheden ook eventueel met elektrisch materieel worden uitgevoerd. Rond geothermiegebieden wordt een straal van 7 km gehanteerd op basis van eerdere metingen in Delft en Den Haag. Deze afstand is indicatief op basis van eerdere berekeningen: in Delft bleek dat op 12 kilometer afstand geen merkbaar effect optrad, terwijl in Den Haag nog een kleine stikstofdepositie (0,01–0,02 mol/ha/jaar) werd gemeten op Natura 2000-gebieden op 7 en 2 kilometer afstand.

De onderzoeksmethode maakt de afstandsgebonden effecten inzichtelijk. Voor de directe, locatiespecifieke ingrepen wordt aangenomen dat deze plaatsvinden buiten de beschermde gebieden. Daarmee kunnen deze effecten op voorhand worden uitgesloten. Op gemeenteniveau worden potentiekaarten en kaarten van stikstofgevoelige gebieden via GIS-analyse gecombineerd. Dit geeft een gemeentebreed beeld van mogelijke effecten op beschermde gebieden.

Beoordelingsschaal

Tabel 9.31 toont de beoordelingsschaal voor het criterium beschermde gebieden. De tekens ++ betekenen heel positief, + is positief, 0 is neutraal, - is negatief, en -- is zeer negatief.

Tabel 9.31 Beoordelingsschaal beschermde gebieden

Score	Toelichting
++	niet van toepassing
+	niet van toepassing
0	er zijn geen veranderingen in effecten op beschermde gebieden verwacht ten opzichte van de referentiesituatie.
-	er is een risico op beperkte effecten op de wezenlijke kenmerken of kernkwaliteiten van beschermde gebieden
--	er is een risico op aanzienlijke effecten op de wezenlijke kenmerken of kernkwaliteiten van beschermde gebieden

Effectbeschrijving

Alternatief 1 - MT-Warmtenet

Variant geothermie

Het aanleggen van een geothermieput gebeurt met zware machines. Dit kan leiden tot stikstofdepositie in Natura 2000-gebieden. Voor geothermie wordt er gezocht naar een locatie net ten zuiden van Diemen (zie afbeelding 9.2). Het stikstofgevoelige Natura 2000-gebied, Botshol, bevindt zich op 3,4 km afstand van het potentiegebied voor geothermie. Op basis van eerdere AERIUS berekeningen in Delft en Den Haag, is de afstand te kort om op voorhand te concluderen dat er geen stikstofdepositie zal plaatsvinden.

Op dit moment is het niet te bepalen waar de ingrepen van het warmtenet precies gaan plaatsvinden. Daarom moet er in de vervolgfase een AERIUS berekening worden uitgevoerd om de mate van stikstofdepositie te bepalen. Het boren naar geothermie duurt meer dan 6 maanden (zie tabel 9.39) met zwaar materieel, waar geen elektrisch alternatief voor is dat leidt tot minder stikstofdepositie.

Het potentiegebied voor geothermie ligt binnen 7 kilometer afstand van een stikstofgevoelig Natura 2000-gebied. Dit leidt tot een risico op aanzienlijke effecten dit stikstofgevoelige Natura 2000-gebied. Daarom is deze variant als sterk negatief (--) beoordeeld op beschermde gebieden.

Variant datathermie

Voor ingrepen wordt aangenomen dat deze plaatsvinden buiten de beschermde gebieden. Daarmee kunnen directe, locatiespecifieke effecten op voorhand worden uitgesloten. Voor stikstofdepositie geldt dat de ingrepen in deze variant met licht materieel worden uitgevoerd en daarmee effecten op voorhand worden uitgesloten. Daarmee zijn er geen effecten op beschermde gebieden en is de beoordeling neutraal (0).

Variant aquathermie

Voor ingrepen wordt aangenomen dat deze plaatsvinden buiten de beschermde gebieden. Daarmee kunnen directe, locatiespecifieke effecten op voorhand worden uitgesloten. Voor stikstofdepositie geldt dat de ingrepen in deze variant met licht materieel worden uitgevoerd en daarmee effecten op voorhand worden uitgesloten. Daarmee zijn er geen effecten op beschermde gebieden en is de beoordeling neutraal (0).

Alternatief 2 - ZLT-Warmtenet

Variant datathermie

Voor ingrepen wordt aangenomen dat deze plaatsvinden buiten de beschermde gebieden. Daarmee kunnen directe, locatiespecifieke effecten op voorhand worden uitgesloten. Voor stikstofdepositie geldt dat de ingrepen in deze variant met licht materieel worden uitgevoerd en daarmee effecten op voorhand worden uitgesloten. Daarmee zijn er geen effecten op beschermde gebieden en is de beoordeling neutraal (0).

Variant aquathermie

Voor ingrepen wordt aangenomen dat deze plaatsvinden buiten de beschermde gebieden. Daarmee kunnen directe, locatiespecifieke effecten op voorhand worden uitgesloten. Voor stikstofdepositie geldt dat de ingrepen in deze variant met licht materieel worden uitgevoerd en daarmee effecten op voorhand worden uitgesloten. Daarmee zijn er geen effecten op beschermde gebieden en is de beoordeling neutraal (0).

Alternatief 3 - Warmtepomp

Variant bodemwarmtepomp

Voor ingrepen wordt aangenomen dat deze plaatsvinden buiten de beschermde gebieden. Daarmee kunnen directe, locatiespecifieke effecten op voorhand worden uitgesloten. Voor stikstofdepositie geldt dat de ingrepen in deze variant met licht materieel worden uitgevoerd en daarmee effecten op voorhand worden uitgesloten. Daarmee zijn er geen effecten op beschermde gebieden en is de beoordeling neutraal (0).

Variant lucht-water-warmtepomp

Voor ingrepen wordt aangenomen dat deze plaatsvinden buiten de beschermde gebieden. Daarmee kunnen directe, locatiespecifieke effecten op voorhand worden uitgesloten. Voor stikstofdepositie geldt dat de ingrepen in deze variant met licht materieel worden uitgevoerd en daarmee effecten op voorhand worden uitgesloten. Daarmee zijn er geen effecten op beschermde gebieden en is de beoordeling neutraal (0).

Effectbeoordeling

Tabel 9.32 toont de effectbeoordeling voor beschermde gebieden.

Tabel 9.32 Effectbeoordeling beschermde gebieden

Alternatief	MT-Warmtenet			ZLT-Warmtenet		Warmtepomp	
	Geo-thermie	Data-thermie	Aqua-thermie	Data-thermie	Aqua-thermie	Bodem-warmtepomp	Lucht-water-warmtepomp
aanlegfase	--	0	0	0	0	0	0
gebruiks-fase	0	0	0	0	0	0	0

Mitigerende maatregelen

Om de stikstofdepositie voor geothermie te mitigeren, kunnen de volgende maatregelen worden genomen:

- gebruik, waar mogelijk, elektrisch materieel;
- als elektrisch materieel niet mogelijk is, gebruik dan schonere brandstoffen;
- beperkt het aantal transportbewegingen;
- kies een locatie zo ver mogelijk van een Natura 2000-gebied.

9.4.2 Beschermde soorten

Ingreep-effectrelaties

Het realiseren van het warmteprogramma binnen de gemeente Diemen kan mogelijk gevolgen hebben voor natuur en biodiversiteit. Deze effecten zijn divers en breed van aard, en kunnen optreden in verschillende ecosystemen en voor uiteenlopende soorten. Om de beoordeling systematisch te maken, zijn de mogelijke effecten geclusterd rondom zeven typen ingrepen die samenhangen met de technieken uit het warmteprogramma.

Graven en boren

Bodemroerende werkzaamheden in de aanlegfase kunnen leiden tot direct verlies van leefgebied of flora, verstoring van bodemfauna en aantasting van ecosystemen.

Obstructie en barrièrewerking

Fysieke elementen van het systeem (leidingen, installaties, gebouwen) kunnen structureel migratieroutes, foerageerplekken en nestel- of verblijfplaatsen verstoren of blokkeren.

Ruimtebeslag

Ruimtelijke inname door installaties (buiten of binnen gebouwen) ten behoeve van het warmteprogramma kunnen leiden tot verlies van leefgebied, fragmentatie en uitsluiting van soorten.

Temperatuurverandering

Wijzigingen in water- of bodemtemperatuur tijdens de gebruiksfase door het onttrekken of juist leveren van warmtebronnen, installaties en distributie, kunnen effecten hebben op habitatcondities en soortensamenstelling. Temperatuurverandering in de lucht door lucht/water warmtepompen is te verwaarlozen [[Meyer, Schoetter, & van Reeuwijk, 2023](#); [Xie et al., 2024](#)].

Chemische lekkages

Het vrijkomen van koelmiddelen, boorvloeistoffen, diep grondwater, antivriesmiddelen of corrosieremmers in de aanleg- of gebruiksfase kan water- en bodemkwaliteit aantasten en toxische effecten veroorzaken voor flora en fauna [[EnviroLiteracy Team, 2025](#)].

Verstoring

Geluid, trillingen, licht en menselijke aanwezigheid tijdens aanleg, gebruik of onderhoud kunnen leiden tot verstoring van gedrag, stress of tijdelijk verlaten van leefgebied.

Verandering grondwaterstand

Bij diepe boringen of warmteopslag kan wijziging van grondwaterstanden of stromingspatronen optreden dit kan gevolgen hebben voor vochtminnende flora of leiden tot mogelijke aantasting van leefgebied.

Tabel 9.33 beschrijft voor de verschillende componenten uit het warmtesysteem de relevante ingrepen met de soorten/categorieën waarop deze ingrepen effect hebben.

Tabel 9.33 Ingreep effectrelaties van verschillende technieken

Techniek	Ingreep	Effecten op soorten/categorieën
bronnen		
geothermie	graven en boren, obstructie en barrièrewerking, ruimtebeslag, temperatuurverandering, chemische lekkage, stikstofdepositie, verstoring, verandering grondwaterstand	flora, grondgebonden zoogdieren, vogels, vleermuizen, vissen, amfibieën, reptielen, vlinders/libellen/overige ongewervelden, houtopstanden
aquathermie	graven en boren, obstructie en barrièrewerking, ruimtebeslag, temperatuurverandering, verstoring	flora, vogels, vleermuizen, vissen, amfibieën, vlinders/libellen/overige ongewervelden
restwarmte	niet van toepassing	-
bodemwarmte (ondiep)	graven en boren, ruimtebeslag, temperatuurverandering, chemische lekkage, verstoring, verandering grondwaterstand	flora, grondgebonden zoogdieren, vogels, vleermuizen, amfibieën, reptielen, vlinders/libellen/overige ongewervelden, houtopstanden
luchtwarmte	niet van toepassing	-
warmtedistributie		
leidingen	graven en boren, obstructie en barrièrewerking, ruimtebeslag, temperatuurverandering, verstoring	flora, grondgebonden zoogdieren, vogels, vleermuizen, amfibieën, reptielen, vlinders/libellen/overige ongewervelden, houtopstanden
warmteoverdrachtstations	graven en boren, ruimtebeslag, temperatuurverandering, verstoring	flora, grondgebonden zoogdieren, vogels, vleermuizen, houtopstanden
transformatorhuisje	graven en boren, ruimtebeslag, verstoring	flora, grondgebonden zoogdieren, vogels, vleermuizen, amfibieën, reptielen, houtopstanden
warmtepompen (gebonden aan gebouw)	graven en boren, chemische lekkage	flora, vogels, vleermuizen, grondgebonden zoogdieren, vlinders/libellen/overige ongewervelden
warmteopslag		
WKO	graven en boren, obstructie en barrièrewerking, ruimtebeslag, temperatuurverandering, chemische lekkage, verstoring, verandering grondwaterstand	flora, grondgebonden zoogdieren, vissen, amfibieën, vlinders/libellen/overige ongewervelden, houtopstanden
HTO	graven en boren, obstructie en barrièrewerking, ruimtebeslag, temperatuurverandering, chemische lekkage, verstoring, verandering grondwaterstand	flora, grondgebonden zoogdieren, vogels, vleermuizen, vissen, amfibieën, reptielen, vlinders/libellen/overige ongewervelden, houtopstanden
overig		
isolatie	obstructie en barrièrewerking, ruimtebeslag, verstoring	grondgebonden zoogdieren, vogels, vleermuizen, reptielen

Wetgeving en beleid

In tabel 9.34 wordt de belangrijkste wetgeving en beleid rondom het criterium beschermde soorten omschreven.

Tabel 9.34 Wetgeving en beleid beschermde soorten

Wettelijk- en beleidskader	Omschrijving
internationaal	
Vogelrichtlijn (2009/147/EG) & Habitatrichtlijn (92/43/EEG)	Europese richtlijnen gericht op de bescherming van wilde vogelsoorten, dier- en plantensoorten en hun natuurlijke leefgebieden. Lidstaten zijn verplicht om een gunstige staat van instandhouding te waarborgen. Effecten van ingrepen moeten worden beoordeeld via een toetsing aan deze richtlijnen; bij significante effecten geldt een vergunningplicht
Bernverdrag (1979)	internationaal verdrag ter bescherming van wilde planten en dieren en hun leefgebieden, met nadruk op bedreigde en kwetsbare soorten. Vormt de basis voor de Europese Vogel- en Habitatrichtlijnen
Convention on Biological Diversity (CBD, 1992)	mondiaal verdrag over behoud van biodiversiteit, duurzaam gebruik van ecosystemen en eerlijke verdeling van voordelen uit genetische bronnen. Richtinggevend voor nationale en provinciale soortenbescherming
nationaal	
omgevingswet	de omgevingswet regelt de bescherming van soorten als onderdeel van de fysieke leefomgeving. De voormalige Wet natuurbescherming is hierin opgenomen. De wet bevat verboden op het opzettelijk doden, vangen of verstoren van beschermde dieren en op het beschadigen of vernielen van voortplantings- en rustplaatsen. Voor ingrepen die hiermee in strijd kunnen zijn, is een vergunning of ontheffing vereist
besluit activiteiten leefomgeving (Bal)	uitvoeringsbesluit onder de omgevingswet die bepaalt wanneer en onder welke voorwaarden activiteiten met mogelijke effecten op beschermde soorten zijn toegestaan. Legt zorgplicht en ontheffingsvereisten vast
Natuurnetwerk Nederland (NNN)	landelijk netwerk van ecologisch verbonden natuurgebieden en verbindingzones. Draagt bij aan behoud en versterking van leefgebieden van beschermde soorten. Nieuwe ingrepen binnen of nabij het NNN worden getoetst aan kernkwaliteiten en verbindende functies
Provinciaal	
Omgevingsvisie & Omgevingsverordening Noord-Holland	provinciale uitwerking van nationale natuur- en soortenbeschermingsregels. Regelt de begrenzing, bescherming en compensatie binnen het NNN en geeft invulling aan de provinciale zorgplicht voor soorten
Gemeentelijk	
Lokale Ecologische Structuur Diemen 2022	gemeentelijke uitwerking voor het behoud en ontwikkeling van biodiversiteit binnen de gemeente

Onderzoeksaanpak

De effecten van het warmteprogramma op beschermde soorten worden bepaald door de mate van overlap tussen geplande ingrepen en het leefgebied van deze soorten te analyseren. Dit geeft inzicht in het ecologische risico van verstoring. De analyse richt zich op beschermde soorten volgens de omgevingswet.

Er wordt aangenomen dat alle soortgroepen potentieel in het hele plangebied voorkomen, omdat vooraf geen gebieden kunnen worden uitgesloten. Om toch ruimtelijk onderscheid te maken binnen de gemeente, wordt de Biodiversiteitskaart Diemen (zie afbeelding 8.11) gebruikt als indicator voor de kans op aanwezigheid van beschermde soorten: hoe hoger de waarde, hoe groter het risico op effecten.

Voor de alternatieven wordt de combinatie van ingreep-locaties en biodiversiteitswaarden geanalyseerd. Omdat ingrepen verschillen in impact per soortgroep, volgt een verdieping van de ingreep-effectrelaties. Op basis van expertbeoordeling wordt de verwachte impact per soortgroep vastgesteld.

Met deze methode kunnen geen gebieden worden uitgesloten waar bepaalde soortgroepen afwezig zijn. Daarom wordt aanbevolen om bij projecten een uitgebreide natuurtoets uit te voeren, waarmee de aanwezigheid van beschermde soorten nauwkeuriger kan worden vastgesteld en de negatieve effecten beter kunnen worden beoordeeld.

Beoordelingsschaal

Tabel 9.35 toont de beoordelingsschaal voor het criterium beschermde gebieden. De tekens ++ beteken heel positief, + is positief, 0 is neutraal, - is negatief, en -- is zeer negatief.

Tabel 9.35 Beoordelingsschaal beschermde soorten

Score	Toelichting
++	niet van toepassing
+	niet van toepassing
0	er zijn geen veranderingen in effecten op beschermde soorten verwacht ten opzichte van de referentiesituatie
-	er is een risico op negatieve effecten op beschermde soorten ten opzichte van de referentiesituatie, maar deze zijn te mitigeren
--	er is een risico op negatieve effecten op beschermde soorten ten opzichte van de referentiesituatie en deze zijn niet te mitigeren

Effectbeschrijving

De mogelijke effecten en ingrepen van de warmteprogramma op de verschillende soortengroepen uit worden hieronder beschreven.

Flora

Bouw- en graafwerkzaamheden kunnen leiden tot directe verwijdering van vegetatie, beschadiging van wortels en verstoring van de zadenbank. Daarnaast kunnen bodemroerende werkzaamheden bodemverdichting veroorzaken, wat indirect schadelijk is voor de flora doordat wortels verstoord of aangetast worden. Langdurige temperatuurveranderingen kunnen een afname van de flora in (aquatische) ecosystemen veroorzaken, omdat sommige soorten zich niet kunnen aanpassen aan de nieuwe omstandigheden. Lekkages van chemische stoffen kunnen lokale flora beschadigen of zelfs vernietigen. Bovendien beïnvloeden veranderingen in grondwaterstand of stromingspatronen de beschikbaarheid van vocht voor vochtminnende flora, wat resulteert in gewijzigde groeikansen en een gewijzigde soortensamenstelling.

Grondgebonden zoogdieren

Graaf- en boorwerkzaamheden tijdens de aanlegfase kunnen leiden tot verstoring en vernietiging van vaste rust- en voortplantingsplaatsen en foerageergebieden van grondgebonden zoogdieren. Daarnaast kunnen deze werkzaamheden leiden tot permanent verlies van leefgebied wanneer vegetatie of ondergrondse structuren wordt verwijderd.

De aanleg en aanwezigheid van installaties van warmtesystemen of isolatiemaatregelen kunnen daarnaast zorgen voor obstructie en barrièrewerking. Dit kan de migratie en het gedrag van soorten beïnvloeden. Sommige soorten, zoals marters die gebruikmaken van spouwmuren of gebouwen, kunnen direct worden beïnvloed doordat verblijfsplekken verdwijnen of ontoegankelijk worden gemaakt [RVO, 2023].

Ook veranderingen in bodem- en watertemperatuur kunnen indirect invloed hebben op grondgebonden zoogdieren. Hoewel de meeste soorten niet direct last hebben van kleine temperatuurwijzigingen in hun leefomgeving, kunnen veranderingen in voedselbeschikbaarheid of ecosysteemdynamiek (bijvoorbeeld prooidieren of vegetatie die temperatuurgevoelig zijn) leiden tot effecten op populatieniveau. Studies wijzen erop dat dergelijke veranderingen in de basis van het voedselweb zich kunnen doorvertalen naar hogere trofische niveaus, waaronder zoogdieren [Bal, 2018]. In robuuste ecosystemen kan dit effect beperkt zijn doordat predatoren overschakelen naar alternatieve prooien, maar in kwetsbare systemen kunnen verstoringen cascaderen en leiden tot populatieafnames.

Chemische lekkage kan leiden tot vergiftiging van dieren of aantasting van hun voedselbron. Kleine zoogdieren zijn gevoelig voor accumulatie van toxische stoffen via bodem of prooidieren. Uit verschillende studies blijkt dat blootstelling aan metalen of andere stoffen kan leiden tot bioaccumulatie, orgaanschade en lagere populatiedichtheden [EnviroLiteracy Team, 2025].

Dit impliceert dat chemische emissies vanuit warmtesystemen, hoewel vaak lokaal en kleinschalig, risico's kunnen vormen voor de gezondheid en het voortbestaan van grondgebonden zoogdieren in het gebied.

Ten slotte kunnen zoogdieren in de aanlegfase worden beïnvloed door verstoring als gevolg van geluid, Deze factoren kunnen tijdelijk het gebruik van leefgebied beperken, het foerageergedrag verstoren of dieren uit hun verblijfplaatsen doen vertrekken [[Barber, Crooks, & Fristrup, 2010](#)].

Vogels

Grond- en graafwerkzaamheden in het kader van warmte-infrastructuur kunnen leiden tot het verwijderen van bomen en struiken. Daarmee gaat niet alleen directe vegetatie verloren, maar ook potentieel leefgebied en nestgelegenheid voor vogels. Bomen vervullen voor veel soorten een cruciale functie als broedplaats, rustplek of foerageerhabitat. Het verdwijnen van deze structuren kan ertoe leiden dat vogels hun territorium verliezen of worden gedwongen uit te wijken naar minder geschikte gebieden. Afhankelijk van het seizoen waarin de werkzaamheden plaatsvinden, kan dit leiden tot het mislukken van broedsels en een tijdelijke afname van lokale populaties [[Donald & Evans, 2006](#)] [[Newton, 1994](#)].

De aanleg van isolatie in woningen en gebouwen kan leiden tot obstructie van nest- en verblijfplaatsen van vogels die gebruik maken van spouwmuren, daken en gevels. Soorten zoals de gierzwaluw, huismus, spreeuw, zwarte roodstaart, huiszwaluw en scholekster zijn hier bijzonder gevoelig voor [[RVO, 2024](#)]. Wanneer openingen worden afgesloten tijdens isolatiewerkzaamheden, kunnen nestlocaties verdwijnen of vogels zelfs worden ingesloten. Dit kan leiden tot een afname van lokale populaties.

Het realiseren van warmte-infrastructuur kan leiden tot ruimtebeslag door de plaatsing van transformatorstations, warmtepompen, leidingen of installaties. Dit ruimtebeslag kan een negatief effect hebben op vogels doordat leefgebied verloren gaat of wordt gefragmenteerd. Tegelijkertijd kan de aanwezigheid van nieuwe structuren ook positieve effecten hebben: installaties en gebouwen kunnen dienen als alternatieve nestlocaties voor soorten die gebruik maken van kunstmatige structuren (zoals spreeuwen, gierzwaluwen of duiven).

Aquathermie kan leiden tot veranderingen in de watertemperatuur. Dit beïnvloedt met name aquatische planten, macrofauna en visstand, die de voedselbasis vormen voor watervogels zoals eenden en futen. Indirect kan dit effect doorwerken naar vogels en hogere trofische niveaus, al wordt het directe effect op vogels zelf over het algemeen gering geacht [[STOWA, 2023](#); [Deltares, 2021](#)].

Chemische lekkage vanuit warmte-infrastructuur kan risico's opleveren voor vogels. Blootstelling kan zowel direct plaatsvinden via contact of opname van vervuild water als indirect via de voedselketen [[Sil, Wakadikar, Kumar, & Babu, 2012](#)]. Studies laten zien dat vogels gevoelig zijn voor bioaccumulatie van toxische stoffen, wat kan leiden tot voortplantingsproblemen, orgaanschade of sterfte [[Enviroliteracy Team, 2025](#)]. Hoewel lekkages vaak lokaal en incidenteel zijn, kan dit op populatieniveau impactvol worden wanneer kwetsbare soorten in of nabij het brongebied foerageren.

Tijdens de aanleg van warmte-infrastructuur en warmtebronnen kunnen bouwwerkzaamheden geluidsverstoring veroorzaken, wat bij vogels communicatie kan bemoeilijken, stress kan veroorzaken, de voortplanting kan beïnvloeden en de soortensamenstelling kan wijzigen. Vooral zangvogels die op lage frequenties communiceren (<4 kHz, zoals lijsters) zijn gevoelig voor maskering van hun roep door geluid. Bovendien volgt uit dosis-effectrelaties dat de aantallen broedparen van vogelsoorten die broeden in gesloten vegetaties negatief worden beïnvloed bij 42 dB(A). Voor soorten die broeden in open vegetaties ligt die drempelwaarde op 47 dB(A) (Reijnen and Foppen 1991; Reijnen et al. 1992). Voor niet-broedvogels wordt doorgaans een drempelwaarde van 50 dB(A) gehanteerd (Heinis et al. 2007; Cutts et al. 2009; Sierdsema et al. 2014). Hoewel sommige soorten zich deels kunnen aanpassen aan geluid, zijn effecten op gedrag en populaties niet volledig uit te sluiten [[Francis, Ortega, & Cruz, 2009](#); [Van Dijk, 2019](#)].

Vleermuizen

Wanneer bij aanleg van installaties ten behoeve van het warmteprogramma bomen, oude gebouwen of andere structuren met holtes zoals bomen worden verwijderd, kan dit direct leiden tot verlies van verblijfplaatsen. Dit effect is significant voor vleermuizen die bomen of gebouwen gebruiken als kolonie- of overwinteringslocatie.

Het ruimtebeslag door installaties van het warmteprogramma kan leefgebieden en beschikbare foerageergebied van vleermuizen verminderen en bestaande vliegroutes verstoren. Dit kan leiden tot fragmentatie van leefgebieden en mogelijke isolatie van kolonies, waardoor de energie-efficiëntie van foerageren afneemt en de toegang tot geschikte rust- en overwinteringsplaatsen beperkt wordt. Het effect is vooral relevant in stedelijke of halfstedelijke gebieden waar vleermuizen afhankelijk zijn van groene verbindingen en lijnvormige elementen (zoals bomenrijen en daken) voor hun beweging.

Het aanbrengen van isolatiemateriaal of installeren van warmte installaties binnen huizen kan bestaande spleten, spouwmuren of dakopeningen afsluiten die door vleermuizen worden gebruikt als slaap- of overwinterplekken. Hierdoor kunnen individuen worden gedood. Ook kunnen kolonie- of schuilplaatsen verloren gaan, waardoor individuen worden gedwongen alternatieve, mogelijk minder geschikte verblijfplaatsen te zoeken. Dit kan leiden tot verhoogde stress, hogere energiebehoefte en een mogelijke afname van lokale populaties, met name voor soorten die gebonden zijn aan gebouwen, zoals gewone dwergvleermuis, laatvlieger, meervleermuis, gewone grootoorvleermuis, ruige dwergvleermuis en de baardvleermuis [RVO, 2024]; [RVO, 2024].

Een verandering van de watertemperatuur door warmte-onttrekking of -lozing door aquathermie kan de samenstelling en dichtheid van aquatische insecten beïnvloeden [Caissie, 2006]. Vleermuizen, die sterk afhankelijk zijn van insecten als voedselbron, kunnen hierdoor een afname in voedselbeschikbaarheid ervaren [Zoogdiervereniging, 2023].

Chemische lekkage vanuit warmte-infrastructuur in zowel aanleg- als gebruiksfase kan risico's opleveren voor vleermuizen. Blootstelling kan zowel direct plaatsvinden via contact of opname van vervuild water als indirect via de voedselketen.

Geluid dat vrijkomt tijdens de aanlegfase van warmte-infrastructuur kan vleermuizen verstoren. Geluidsoverlast kan efficiënt foerageren bemoeilijken, effecten van habitatfragmentatie versterken, rust op verblijfplaatsen verstoren en voortplantingssucces verminderen [Van Dijk, 2019]. Zo geldt bijvoorbeeld voor vleermuizen doorgaans een drempelwaarde van circa 60 - 80 dB(A) voor geluidsverstoring (Meijer et al. 2018). Tot slot kan ook kunstmatige verlichting gebruikt voor het aanleggen van warmte-infrastructuur het oriëntatie- en foeragegedrag van vleermuizen verstoren, doordat licht insecten wegtrekt of juist concentreert en sommige vleermuissoorten licht volledig vermijden.

Vissen

Bij TEO-installaties kan sprake zijn van obstructie en barrièrewerking doordat vissen bij te hoge stroomsnelheden niet in staat zijn de aanzuigkorf te ontwijken en daardoor vastzuigen of botsen, wat kan leiden tot stress, verwondingen en verhoogde sterfte. Daarnaast passeren vis-eitjes en larven door de maaswijdte van de korf en worden zij vrijwel volledig uitgefilterd, wat een verlies aan rekruteringspotentieel kan veroorzaken. De mate van obstructie en barrièrewerking is afhankelijk van maaswijdte, inzuigsnelheid, soort en ontwikkelingsstadium en kan waarschijnlijk bijdragen aan een verminderde connectiviteit en overleving van vispopulaties [De Ingenieur, 2019].

Temperatuurverandering van oppervlaktewater als gevolg van TEO kan voor vissen en amfibieën leiden tot effecten op groei, ontwikkeling en voortplanting. Lagere temperaturen vertragen de ontwikkeling van de verschillende levensstadia, terwijl hogere temperaturen deze juist versnellen. Een abrupte afkoeling kan met name in vroege levensstadia (sub)lethale effecten veroorzaken en de robuustheid van populaties verminderen, doordat soorten zich via acclimatisatie voorbereiden op specifieke temperaturomstandigheden. Tegelijk kan de aanwezigheid van temperatuurgradiënten populaties juist meer robuust maken, omdat soorten actief de omstandigheden kunnen opzoeken die hun groei en voortplanting optimaliseren.

Temperatuurveranderingen kunnen daarnaast de zuurstofniveaus in het water beïnvloeden, waarbij hogere temperaturen leiden tot een lagere oplopende zuurstofconcentratie, wat extra stress voor vissen kan veroorzaken. Voor vissen geldt dat een minimumtemperatuur van circa 12 °C tijdens de paaiperiode (april-juli) van belang kan zijn, omdat verschillende soorten pas boven dit niveau paaïen. De effecten van temperatuurverandering zijn daarmee sterk afhankelijk van timing, ruimtelijke inrichting en soortspecifieke gevoeligheden [[Deltares, 2021](#); [STOWA 2023](#)].

Tijdens aanleg en exploitatie bestaat risico op lozingen van oliën, koelvloeistoffen, antivriessystemen (vaak op basis van glycolen), reinigingsmiddelen of andere chemicaliën. Directe blootstelling (contact of opname) of indirect via de voedselketen kan toxische effecten hebben op vissen en andere aquatische fauna. Bij lekkage van glycolen kan bovendien tijdens de afbraak zuurstof worden onttrokken aan het water, wat kan leiden tot zuurstofloosheid en daarmee extra negatieve effecten voor vissen en ongewervelden.

Amfibieën

Bodemroerende werkzaamheden tijdens de aanlegfase kunnen leiden tot het direct verlies van voortplantings- en overwinteringshabitat van amfibieën. Door verstoring van vochtige bodems, oevers en ondiepe waterpartijen kunnen eieren, larven en overwinterende individuen worden beschadigd of gedood. Daarnaast kan verdichting van de bodem de infiltratie en vochtigheid van de leefomgeving verminderen, waardoor de geschiktheid van terrestrisch habitat afneemt. Bovendien kunnen graafwerkzaamheden ervoor zorgen dat grondwater aan de oppervlakte komt of dat neerslag zich ophoopt in uitgegraven delen. Dergelijke tijdelijke natte plekken kunnen amfibieën aantrekken die gebruikmaken van pioniershabitats, zoals de rugstreeppad [[Kenniscentrum BIJ12, 2023](#)]. Dit kan leiden tot tijdelijke vestiging van individuen binnen het werkgebied, wat de kans op verstoring of sterfte tijdens vervolgfases vergroot.

Ruimtelijke inname door bovengrondse installaties en ondergrondse infrastructuur kan leiden tot verlies van voortplantingswateren of aangrenzende landhabitat. Dergelijke veranderingen kunnen leefgebieden fragmenteren, waardoor de populatieomvang afneemt of het gebruik van suboptimale habitatten toeneemt. Fragmentatie kan bovendien de overlevingskansen van metapopulaties verkleinen door een beperkte herkolonisatie van tijdelijk ongeschikte gebieden.

Wijzigingen in water- en bodemtemperatuur als gevolg van warmteonttrekking of -lozing door aquathermie kunnen invloed hebben op de ontwikkeling, groei en voortplanting van amfibieën. Larvale stadia zijn temperatuurgevoelig; lagere temperaturen kunnen de ontwikkeling vertragen, terwijl hogere temperaturen leiden tot snellere metamorfose maar mogelijk ook verhoogde sterfte. Daarnaast kan temperatuurverandering de samenstelling van aquatische vegetatie en macrofauna wijzigen, wat de voedselbeschikbaarheid voor larven beïnvloedt [[Bal, 2018](#)]; [[Caissie, 2006](#)]. Het vrijkomen van koelvloeistoffen, boorvloeistoffen of andere chemische stoffen tijdens aanleg of exploitatie kan leiden tot verslechtering van de waterkwaliteit in nabijgelegen oppervlaktewater of tijdelijke waterpartijen. Amfibieën hebben een doorlaatbare huid en nemen stoffen direct op uit hun omgeving, waardoor zij bijzonder gevoelig zijn voor verontreiniging in water- en bodemmilieus. Uit onderzoek naar vergelijkbare organische verbindingen, zoals petroleum-destillaten en naphthenic acids, blijkt dat blootstelling aan lage concentraties kan leiden tot verstoring van fysiologische processen, afwijkingen in ontwikkeling en een verminderd voortplantingssucces [[Melvin & Trudeau, 2012](#)]. Hoewel specifieke studies naar koel- of boorvloeistoffen bij amfibieën beperkt zijn, is gezien hun permeabele huid en het vaak kleinschalige karakter van hun voortplantingshabitats niet uit te sluiten dat chemische lekkages negatieve effecten hebben op individuen of lokale populaties.

Geluid, trillingen en licht tijdens aanleg- en onderhoudswerkzaamheden kunnen leiden tot tijdelijke verstoring van amfibieën, vooral tijdens de voortplantingsperiode. Lichtvervuiling kan oriëntatie verstoren en nachtelijke activiteitspatronen beïnvloeden, terwijl geluid en trillingen stress of vermijdingsgedrag kunnen veroorzaken. Voor kikkers en padden speelt vocale communicatie een cruciale rol bij de voortplanting; geluidshinder kan hun roep verstoren en daarmee de paarvorming of het voortplantingssucces beïnvloeden. Dit kan lokaal leiden tot een afname van aantallen en soortenrijkdom. Voor padden en kikkers geldt dat zij met name gevoelig zijn voor piekgeluiden van 70 - 90 dB(A) (Sun & Narins, 2005).

Voor salamanders lijkt er geen bewijs te bestaan dat zij direct gevoelig zijn voor geluid, en waar amfibieën zich onder water bevinden zijn effecten van bovenwater geproduceerd geluid grotendeels uit te sluiten, omdat het merendeel van het geluid wordt gereflecteerd aan het wateroppervlak [Van Dijk, 2019]. Hoewel veel van deze effecten tijdelijk zijn, kan herhaalde of langdurige verstoring de lokale voortplantingsdynamiek beïnvloeden.

Wijzigingen in grondwaterstanden of stromingspatronen door diepe boringen of warmteopslag kunnen leiden tot veranderingen in de waterhuishouding van voortplantingswateren of vochtige landhabitaten. Een daling van het grondwaterpeil kan droogvalrisico's vergroten, terwijl stijging tot vernatting van terrestrisch habitat kan leiden. Beide processen kunnen de geschiktheid van voortplantings- en overwinteringslocaties beïnvloeden en daarmee populatiedynamiek wijzigen.

Reptielen

Bodemroerende werkzaamheden tijdens de aanlegfase kunnen direct leiden tot verlies van geschikt leefgebied voor reptielen, zoals zonnige plekken, schuilplaatsen of nestlocaties. Graafwerkzaamheden kunnen eieren in de bodem vernietigen of helen beschadigen, terwijl verdichting of verstoring van bodems de aanwezigheid van prooidieren kan verminderen.

Ruimtelijke inname door warmte-infrastructuur, zowel bovengronds als ondergronds, kan leiden tot verlies van leefgebied en fragmentatie.

Veranderingen in bodem- of luchttemperatuur door warmteafgifte of -onttrekking kunnen invloed hebben op reptielen, die afhankelijk zijn van externe warmtebronnen voor hun fysiologie en voortplanting. Temperatuurveranderingen kunnen bijvoorbeeld activiteitspatronen, voortplantingssucces of incubatietijden van eieren beïnvloeden, en zo mogelijk populatiedynamiek wijzigen.

Het vrijkomen van koelmiddelen, boorvloeistoffen of andere chemicaliën kan bodem- en waterkwaliteit aantasten. Reptielen kunnen via huidcontact of voedselketen blootgesteld worden, wat kan leiden tot subletale effecten zoals orgaanschade, verstoorde hormonale balans of verminderde reproductieve prestaties.

Geluid, trillingen, licht en menselijke aanwezigheid tijdens aanleg, onderhoud of gebruik kunnen gedrag en activiteitspatronen van reptielen verstoren. Vooral soorten die actief zijn tijdens de warmste uren van de dag kunnen tijdelijk hun foerageergedrag of thermoregulatie aanpassen, wat stress kan veroorzaken en mogelijk het voortplantingssucces beïnvloedt. De meeste reptielen hebben geen trommelvlies en middenoorholte of ander gehoororgaan en zijn daarom ongevoelig voor verstoring door geluid (SWECO 2016).

Vlinders, libellen en andere ongewervelden

Zouten en opgeloste stoffen uit diep grondwater: Geothermie en HTO gebruiken diep grondwater; dit bevat vaak hoge concentraties zout (NaCl), zware metalen (bijv. arsenicum, kwik), radionucliden, sulfiden. Risico: als dit ongecontroleerd vrijkomt bij lekkage kan het leiden tot verzilting, toxiciteit voor flora (wortelschade, verminderde kieming) en fauna (vooral aquatisch).

Corrosieproducten en additieven: Installaties gebruiken corrosieremmers (bijv. fosfaten, aminen) en antischuimmiddelen: Risico: toxisch voor waterorganismen, eutrofiëring bij fosfaatlekkage. Koel- en werkvloeistoffen: Vooral bij warmtepompen en warmtewisselaars (bovengronds) Voorbeelden: HFK's, ammoniak, propaan. Risico: directe toxiciteit bij uitstromen in water/bodem; daarnaast sterke broeikasgassen (HFK's). Ammoniak is sterk toxisch voor waterorganismen; propaan brand- en explosiegevaar.

Bodemroerende werkzaamheden kunnen direct leiden tot verlies of beschadiging van microhabitats voor land- en bodemfauna, zoals kevers, mieren, bodeminsecten en regenwormen. Voor aquatische larven van libellen en waterkevers kan verstoring van oevers, plasbodems of kleine waterpartijen leiden tot verlies van geschikte ontwikkelingshabitat en verhoogde sterfte [Xie et al., 2024]; [STOWA, 2023].

Fysieke componenten van aquathermie-installaties, zoals pompen, filters en aanzuigkorven, kunnen een vorm van obstructie vormen voor aquatische ongewervelden. Organismen groter dan 1,2–2,5 mm worden meestal beschermd door aanzuigkorven, maar kleinere organismen zoals fytoplankton (<2–200 µm) en zoöplankton (20–200 µm) kunnen worden opgezogen, ondervinden botsingen met onderdelen van de installatie of worden meegevoerd. Hierdoor ontstaan trek-, druk- en schuifkrachten die stress veroorzaken en directe mortaliteit tot gevolg kunnen hebben [STOWA, 2023].

Ook larven van mosselen, vis en sommige waterinsecten kunnen worden beïnvloed, terwijl bacteriën waarschijnlijk ongeschonden door filters passeren, maar experimenteel bewijs ontbreekt. Voor grotere waterinsecten en volwassen ongewervelden is structurele barrièrewerking beperkt, maar voor plankton en kleine larvale stadia kan lokaal een reductie in dichtheid optreden, wat mogelijk doorwerkt in het voedselweb [STOWA, 2023].

Het ruimtebeslag van installaties kan leiden tot verlies van leefgebied.

Veranderingen in bodem- of watertemperatuur door warmtesystemen kunnen de ontwikkeling, activiteit en populatiedynamiek van ongewervelden beïnvloeden. Voor aquatische insectenlarven, plankton en andere kleine waterdieren kan temperatuurverhoging of -verlaging de groeisnelheid, timing van metamorfose en soortensamenstelling veranderen [Caissie, 2006]; [Markarian, 1980]. Hogere temperaturen verlagen daarnaast de oplosbaarheid van zuurstof in water, wat kan leiden tot hypoxie en stress bij zuurstofafhankelijke larven en kleine waterorganismen [ICBR, 2013]. Langdurige of extreme temperatuurstijgingen kunnen leiden tot lokale sterfte, zoals waargenomen bij koud-stenotherme macrozoöbenthossoorten in kleine beken en bergachtige gebieden, en bij schelpdieren tijdens hittegolven [ICBR, 2013]. Secundaire effecten zijn ook mogelijk, zoals toename van biofilm en algen door het wegvallen van grazers zoals kokerjuffers (Trichoptera), wat verder invloed heeft op de voedselwebstructuur [ICBR, 2013].

Het vrijkomen van koelmiddelen, boorvloeistoffen of andere chemicaliën kan de bodem- en waterkwaliteit aantasten. Ongewervelden nemen stoffen op via huidcontact, filtratie of via voedsel, wat kan leiden tot orgaanschade, verminderde overleving of ontwikkelingsafwijkingen. Aquatische larven en kleine waterorganismen zijn gevoelig voor cumulatieve effecten in kleine waterpartijen, wat lokaal populatieafnames kan veroorzaken [Sil, Wakadikar, Kumar, & Babu, 2012].

Geluid, trillingen, licht en menselijke aanwezigheid tijdens aanleg of onderhoud kunnen activiteitspatronen, foerageergedrag en voortplanting beïnvloeden. Lichtvervuiling kan oriëntatie van nacht-actieve soorten, zoals nachtvlinders en bepaalde kevers, verstoren. Voor aquatische larven is het effect van bovenwater geproduceerde trillingen of geluid meestal beperkt, maar herhaalde of langdurige verstoring kan populatiedynamiek lokaal beïnvloeden.

Alternatieven

De precieze locaties van de ingrepen zijn op dit moment niet bekend. Daarom kunnen op voorhand geen gebieden worden uitgesloten waar bepaalde soortgroepen afwezig zijn. De precieze effecten zijn afhankelijk van de locatie van de ingreep. Daarom is hier de aanname dat er altijd een risico is op negatieve effecten op beschermde soorten. Tussen de alternatieven is op voorhand geen onderscheid te maken tussen het risico op negatieve effecten. De bovengenoemde effecten zijn te mitigeren. Daarom zijn alle alternatieven als negatief (-) beoordeeld.

Effectbeoordeling

Tabel 9.36 toont de effectbeoordeling voor beschermde soorten.

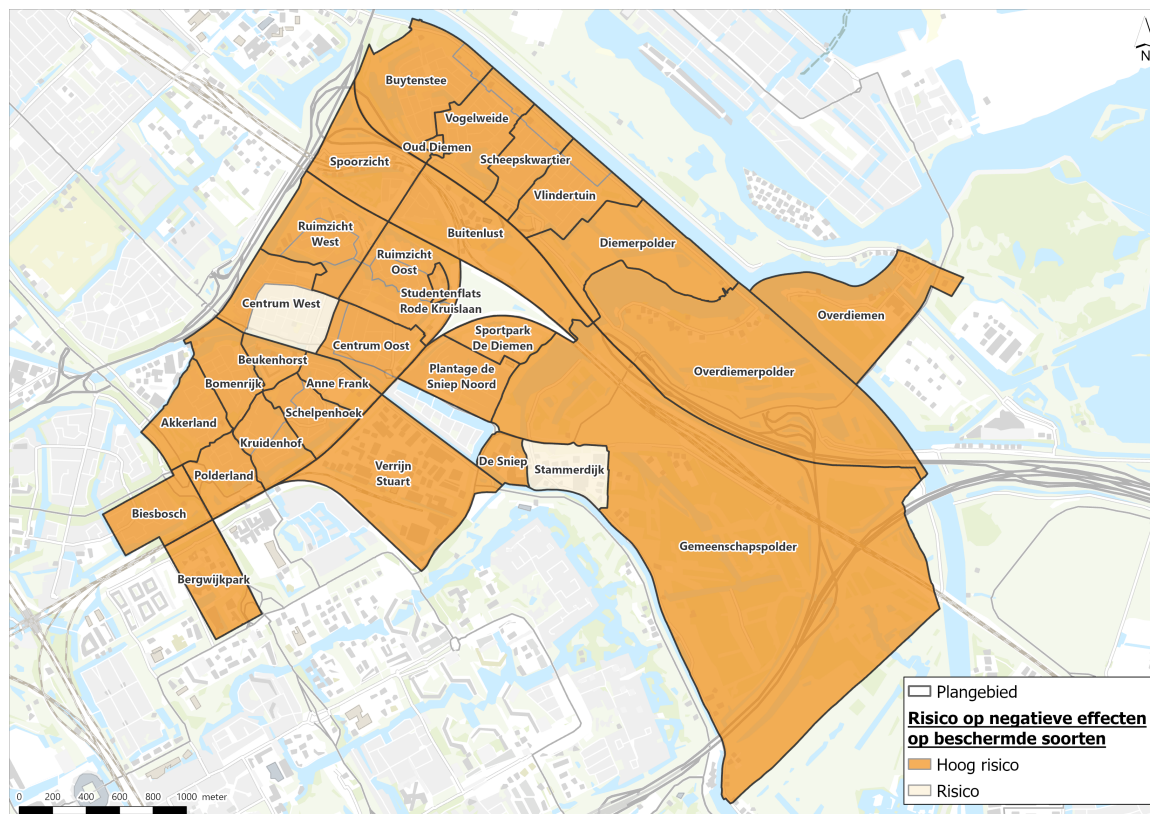
Tabel 9.36 Effectbeoordeling beschermde soorten

Alternatief	MT-Warmtenet			ZLT-Warmtenet		Warmtepomp	
Variant	Geo-thermie	Data-thermie	Aqua-thermie	Data-thermie	Aqua-thermie	Bodem-warmtepomp	Lucht-water-warmtepomp
aanlegfase	-	-	-	-	-	-	-
gebruiks-fase	-	-	-	-	-	-	-

Inzicht op buurniveau

Op basis van de beleidskaart van de gemeente Diemen (zie afbeelding 8.11) is onderscheid gemaakt in het risico op negatieve effecten. Buurten waarin Natuurnetwerk Nederland of de Ecologische structuur ligt, hebben een hoger risico op negatieve effecten. Buurten zonder Natuurnetwerk Nederland of de Ecologische structuur hebben een lager risico. Afbeelding 9.5 geeft per buurt een inschatting van het risico op negatieve effecten op beschermde soorten op basis van de biodiversiteitskaart.

Afbeelding 9.5 Risico op negatieve effecten op beschermde soorten



Mitigerende maatregelen

Voorafgaand aan de werkzaamheden kan een inspectie worden gedaan naar de aanwezigheid van nesten. Ook kunnen werkzaamheden zo veel mogelijk plaatsvinden buiten kwetsbare periodes, zoals het broedseizoen van vogels, en overdag om nachtdieren minder te verstoren. Als er 's nachts wordt gewerkt, kan de verstoring door verlichting worden beperkt door deze niet op groene structuren of watergangen te richten.

In een vervolgfase dient een uitgebreide natuurtoets plaats te vinden om de aanwezigheid van beschermde soorten nauwkeuriger vast te stellen. Daarbij kunnen ook passende mitigerende maatregelen worden genomen.

9.5 Lucht

Voor het thema lucht wordt gekeken naar de uitstoot van luchtverontreinigende stoffen, namelijk stikstofoxiden (NO_x) en fijnstof (PM10, PM2.5).

Ingreep effectrelaties

De uitstoot van stikstofoxiden en fijnstof omvat verschillende vormen van luchtverontreiniging met uiteenlopende effecten op milieu en gezondheid:

- NO_x (stikstofoxiden) ontstaan vooral bij verbrandingsprocessen, zoals in motoren en zware machines. Deze stoffen dragen bij aan luchtvervuiling, verzuring, smogvorming en is het schadelijk voor de gezondheid. Hoge concentraties NO₂ kunnen de luchtwegen irriteren, de longfunctie verminderen en de gevoeligheid voor luchtweginfecties vergroten. Bij langdurige blootstelling kan dit leiden tot chronische ademhalingsziekten;
- fijnstof (PM10 en PM2.5) bestaat uit zeer kleine deeltjes in de lucht die diep in de longen kunnen doordringen. Dit kan leiden tot ernstige gezondheidsproblemen, zoals luchtwegaandoeningen en hart- en vaatziekten, en bestaande aandoeningen zoals astma verergeren. Langdurige blootstelling verhoogt daarnaast het risico op chronische ziekten en vroegtijdige sterfte.

Tabel 9.37 toont de advieswaarden vanuit de Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) uit 2021 voor fijnstof en stikstofdioxide. Deze advieswaarden zijn het resultaat van wetenschappelijk onderzoek naar de maximale blootstellingsniveaus waarbij gezondheidsschade op lange termijn zoveel mogelijk wordt voorkomen. De laatste twee kolommen tonen de huidige en de vanaf 2030 geldende wettelijke jaargemiddelden.

Tabel 9.37 Advieswaarden vanuit de Wereldgezondheidsorganisatie en wettelijk jaargemiddelde

Stof	Jaargemiddelde advieswaarde WHO 2021 (µg/m ³)	Huidig wettelijk Jaargemiddelde (µg/m ³)	2030 wettelijk Jaargemiddelde (µg/m ³)
PM2.5	5	25	10
PM10	15	40	20
NO ₂	10	40	20

Lokaal kan de uitstoot van NO_x verminderen door het vervangen van traditionele cv-ketels door duurzame warmteoplossingen. Echter kan tijdens de aanleg van deze alternatieve warmteoplossingen tijdelijk of blijvend extra emissies vrijkomen door het gebruik van bouw- en transportmaterieel.

Bronnen

Voor het warmteprogramma vinden er verschillende werkzaamheden plaats om warmtebronnen te kunnen gebruiken. De impact van deze werkzaamheden op de luchtkwaliteit verschilt per type bron en per ontwikkelfase.

Bij de aanleg van een geothermieput vinden er diepe boorwerkzaamheden en bouwwerkzaamheden plaats. Hiervoor wordt zwaar materieel gebruikt en vinden transportbewegingen plaats, wat beide fijnstof en stikstofdioxide uitstoot. Tijdens de aanlegfase veroorzaken alle warmtebronnen meer luchtverontreiniging, vooral door het gebruik van zwaar materieel en transportbewegingen. De aanleg van warmtenetten en geothermieputten veroorzaakt de meeste emissies, vooral door het langdurige en intensieve gebruik van zwaar materieel bij diepe boringen voor geothermie. Andere systemen, zoals TEO, WKO en HTO, veroorzaken minder uitstoot door hun kortere aanlegduur en minder zware materieel.

De huidige cv-ketels stoten NO_x en fijnstof uit. Deze cv-ketels worden bij het implementeren van de alternatieven weggehaald. De vervanging van conventionele cv-ketels leidt tot minder uitstoot van fijnstof en NO_x.

De aanleg van TEO-systemen, WOS, WKO-systemen en HTO (Hoge Temperatuur Opslag) veroorzaakt een beperkte uitstoot van NO₂ en fijnstof en duurt daarnaast korter op specifieke plekken. De aanleg van hoofdleidingen voor een warmtenet vindt plaats over een groter gebied, maar gaat gepaard met minder uitstoot door de beperkte diepte van de werkzaamheden.

In de gebruiksfase is de emissie aanzienlijk lager, al zorgen onderhoudswerkzaamheden met niet-elektrisch materieel aan de genoemde warmtesystemen voor emissies van PM2.5 en PM10. Daarnaast wordt bij het gebruik van een geothermieput het vrijkomende aardgas doorgaans afgefakkeld (of in sommige gevallen hergebruikt), wat alsnog uitstoot van NO_x veroorzaakt.

Buurtten

Tijdens de aanlegfase van een warmtenet vinden langdurige werkzaamheden plaats over een groot gebied en op beperkte diepte in de ondergrond. Het gebruik van materieel en niet-elektrische voertuigen veroorzaken daarbij emissies van NO_x, PM2.5 en PM10.

Ook bij de aanleg van transformatorhuisjes, onderstations en warmtepompen op specifieke locaties en boringen voor bodemenergiesystemen bij woningen is uitstoot van deze stoffen in bepaalde mate te verwachten. Daarnaast leidt de aanleg van het warmtenet tot een toename van verkeersbewegingen en dus emissies. Bij niet elektrisch verkeer zijn dat emissies van NO_x, PM2.5 en PM10, bij elektrisch verkeer enkel PM2.5 en PM10. Verder komt tijdens graaf- en bouwwerkzaamheden stof vrij dat fijnstof (PM2,5 en PM10) bevat. In de gebruiksfase is de uitstoot aanzienlijk lager, maar onderhoudswerkzaamheden aan het warmtenet, transformatorhuisjes, onderstations en warmtepompen veroorzaken nog steeds enige uitstoot van NO_x, PM2.5 en PM10 bij inzet van niet-elektrisch materiaal.

Wetgeving en beleid

In tabel 9.38 wordt de belangrijkste wetgeving en beleid rondom het criterium luchtkwaliteit omschreven.

Tabel 9.38 Wetgeving en beleid luchtkwaliteit

Wettelijk- en beleidskader	Omschrijving
internationaal	
EU richtlijnen Luchtkwaliteit en Gevaarlijke stoffen	op internationaal niveau vormen de Europese richtlijnen voor luchtkwaliteit en gevaarlijke stoffen het kader voor de beheersing van luchtverontreiniging. Deze richtlijnen stellen grens- en streefwaarden vast voor stoffen die de kwaliteit van de buitenlucht beïnvloeden. In Nederland zijn deze waarden opgenomen als rijksomgevingswaarden in het Besluit kwaliteit leefomgeving (Bkl). Vanaf 2030 treden strengere Europese eisen voor luchtkwaliteit in werking, wat naar verwachting zal leiden tot een aanscherping van de nationale rijksomgevingswaarden
nationaal	
Besluit kwaliteit leefomgeving (Bkl)	het Bkl regelt in artikelen 8.17, 8.21 en 8.24 de beoordeling van luchtkwaliteit en toetsing aan rijksomgevingswaarden. Bij vergunningaanvragen wordt het effect op luchtkwaliteit beoordeeld, behalve bij activiteiten die 'niet in betekende mate' (NIBM) bijdragen aan NO ₂ of PM10. In aandachtsgebieden kan vooraf al toetsing door de gemeente plaatsvinden
Schone Lucht Akkoord (SLA)	het SLA biedt een kader waarbinnen overheden op alle bestuurlijke niveaus samenwerken om luchtverontreiniging terug te dringen, gezondheid te bevorderen en de overgang naar schonere uitstoot-bronnen te versnellen. De provincie Noord-Holland en gemeente Diemen hebben zich hiertoe geconformeerd

Onderzoeksaanpak

Voor het thema luchtkwaliteit is een semi-kwantitatieve beoordeling uitgevoerd op basis van expert judgement. De analyse richt zich op fijnstof (PM_{2,5}/PM₁₀) en NO_x-emissies door transport- en bouwverkeer tijdens de aanleg- en gebruiksfase. Per alternatief zijn de duur en intensiteit van de werkzaamheden gecategoriseerd (zie tabel 9.39), waarbij langdurige activiteiten tot hogere cumulatieve emissies kunnen leiden. Op basis van deze categorisering, vindt de effectbeoordeling plaats.

Voor het plangebied is de huidige luchtkwaliteit beoordeeld op basis van gegevens uit de Atlas Leefomgeving (2023), hiermee kan een locatiespecifieke beoordeling gedaan worden.

Tabel 9.39 Categorisering voor beoordeling luchtkwaliteit

Warmtebron	Activiteit	Duur (maanden)	Omschrijving
algemeen	operationele fase	-	tijdelijke beperkte onderhoudswerkzaamheden
geothermie	geothermische boring	-	kortdurende activiteit met beperkte emissies
	geothermische boring	-	matig langdurige activiteit met verhoogde emissies
	geothermische boring	>6	langdurige activiteit met zwaar materieel met grote emissies
warmtenet	aanleg <20 km	1-3	beperkte graafwerkzaamheden met tijdelijke emissies
warmtenet	aanleg 20-50 km	4-6	uitgebreide graafwerkzaamheden met verhoogde emissies
	aanleg >100 km	>6	zeer uitgebreide graafwerkzaamheden met langdurige emissies
warmtepomp	installatie	1-2	beperkte werkzaamheden
aquathermie	graven/werkzaamheden	1-3	tijdelijke, beperkte werkzaamheden
restwarmte	infrastructuurontwikkeling	3-6	tijdelijke, beperkte werkzaamheden

Beoordelingsschaal

Tabel 9.40 toont de beoordelingsschaal voor het criterium luchtkwaliteit. De tekens ++ beteken heel positief, + is positief, 0 is neutraal, - is negatief, en -- is zeer negatief.

Tabel 9.40 Beoordelingsschaal luchtkwaliteit

Score	Toelichting
++	niet van toepassing
+	niet van toepassing
0	er is tijdens de aanlegfase geen significante uitstoot door bouw- en transportmaterieel
-	er is tijdens de aanlegfase uitstoot door bouw- en transportmaterieel. De uitstoot is beperkt in duur van de werkzaamheden en/of intensiteit
--	er is tijdens de aanlegfase uitstoot door bouw- en transportmaterieel. De uitstoot is aanzienlijk in duur van de werkzaamheden en/of intensiteit

Effectbeschrijving

Tabel 9.39 toont de kengetallen voor de duur en intensiteit van de werkzaamheden. Per alternatief en variant is op basis hiervan de totale aanlegduur en de intensiteit bepaald. Een uitbreiding van het elektriciteitsnet is noodzakelijk voor alle alternatieven, waarbij de uitbreiding voor warmtepompsystemen naar verwachting omvangrijker zal zijn dan voor MT-warmtenetten. Deze verschillen brengen echter geen significante of

doorslaggevende verschillen tussen de alternatieven met zich mee voor de beoordeling van de luchtkwaliteit.

Alternatief 1 - MT-Warmtenet

De duur van de aanleg van een warmtenet hangt af van de totale lengte van het warmtenet die aangelegd moet worden (zie tabel 9.39). Binnen het plangebied ligt in totaal 201 kilometer aan wegen. De aanname is dat over twee keer deze lengte een warmtenet wordt aangelegd, omdat een warmtenet bestaat uit twee leidingen (één aanvoerleiding en één retourleiding).

Op basis van de kengetallen betekent dit dat de aanlegfase meer dan 6 maanden zal duren. Door de gefaseerde aanpak blijft de duur van de werkzaamheden per straat echter beperkt. Ook wordt de totale uitvoeringsperiode gespreid over meerdere jaren, waardoor de impact op de luchtkwaliteit over tijd en ruimte verdeeld wordt.

Variant geothermie

Het uitvoeren van een geothermische boring is een intensieve activiteit waar zwaar materieel voor nodig is. Daarnaast duurt geothermie ook relatief lang (meer dan 6 maanden). Daarmee leidt dit tot een aanzienlijke uitstoot.

Samen met de aanleg van het warmtenet leidt dit dus tot een langdurige aanlegfase met zwaar materieel wat leidt tot een verwachte aanzienlijke uitstoot. Deze variant is daarom sterk negatief (--) beoordeeld op luchtkwaliteit.

Variant datathermie

Voor datathermie zijn er geen aanvullende ingrepen voorzien. Daarom zijn er vanuit de warmtebron geen effecten op luchtkwaliteit.

Samen met de aanleg van het warmtenet leidt dit dus tot een langdurige aanlegfase met beperkte fijnstof- en NO₂-uitstoot. Deze variant is daarom negatief (-) beoordeeld.

Variant aquathermie

De aanvullende aanlegwerkzaamheden voor aquathermie duren relatief kort (1-3 maanden). De effecten van de warmtebron zijn daarom beperkt.

Samen met de aanleg van het warmtenet leidt dit dus tot een langdurige aanlegfase met beperkte fijnstof- en NO₂-uitstoot. Deze variant is daarom negatief (-) beoordeeld.

Alternatief 2 - ZLT-Warmtenet

De effecten van de aanleg van een ZLT-warmtenet zijn voor luchtkwaliteit hetzelfde als voor een MT-warmtenet.

Variant datathermie

Voor datathermie zijn er geen aanvullende ingrepen voorzien. Daarom zijn er vanuit de warmtebron geen effecten op luchtkwaliteit.

Samen met de aanleg van het warmtenet leidt dit dus tot een langdurige aanlegfase met beperkte fijnstof- en NO₂-uitstoot. Deze variant is daarom negatief (-) beoordeeld.

Variant aquathermie

De aanvullende aanlegwerkzaamheden voor aquathermie duren relatief kort (1-3 maanden). De effecten van de warmtebron zijn daarom beperkt.

Samen met de aanleg van het warmtenet leidt dit dus tot een langdurige aanlegfase met beperkte fijnstof- en NO₂-uitstoot. Deze variant is daarom negatief (-) beoordeeld.

Alternatief 3 - Warmtepomp

Variant bodemwarmtepomp

De installatie van een warmtepomp in een woning is een ingreep die doorgaans binnen enkele dagen kan worden afgerond. Het aantal woningen dat moet worden voorzien van een warmtepomp zorgt ervoor dat de uitvoering van deze werkzaamheden verspreid plaatsvindt over een langere periode. Hierdoor blijft de duur van de werkzaamheden per woning beperkt, terwijl de totale uitvoeringsperiode zich uitstrekt over meerdere jaren. Dit leidt tot een langdurige aanlegfase maar met naar verwachting een beperkte uitstoot. Deze variant is daarom neutraal (0) beoordeeld op luchtkwaliteit.

Variant lucht-water-warmtepomp

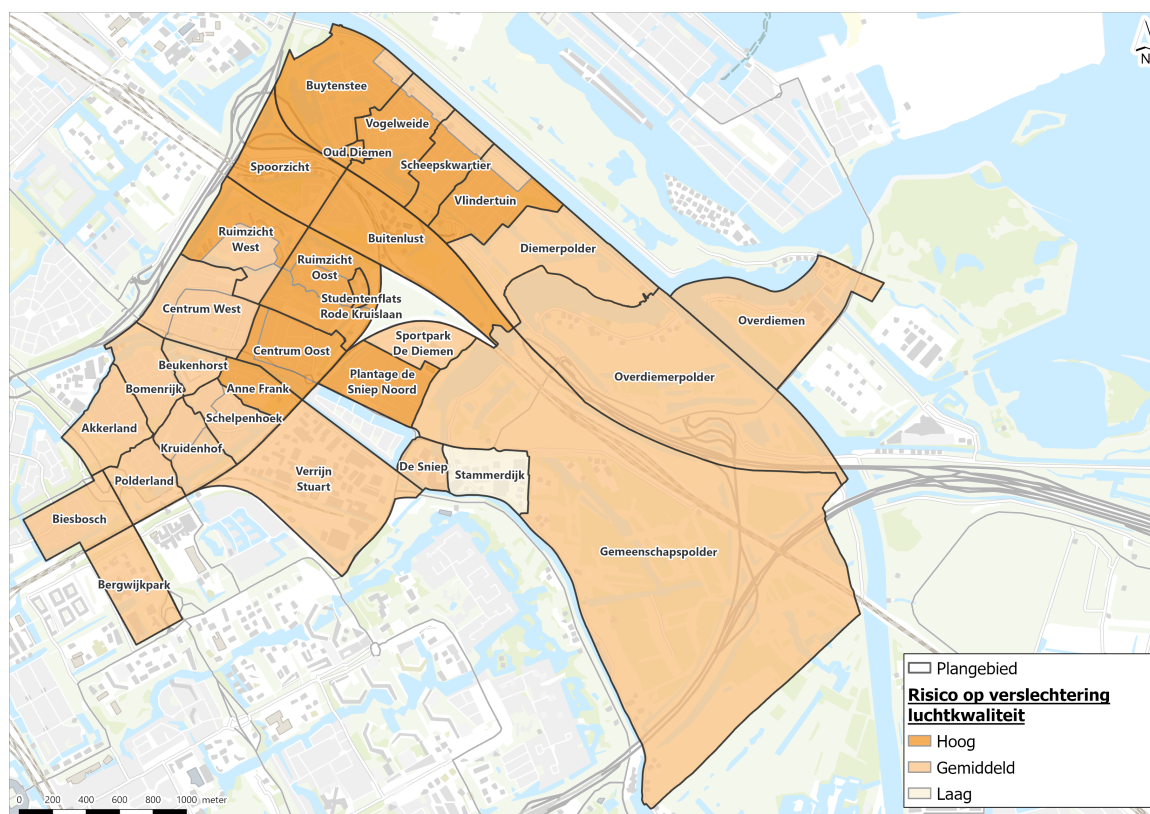
De effecten van een lucht-water-warmtepomp op de luchtkwaliteit zijn naar verwachting hetzelfde als de bodemwarmtepomp.

Dit leidt tot een langdurige aanlegfase en naar verwachting beperkte uitstoot. Deze variant is daarom neutraal (0) beoordeeld op luchtkwaliteit.

Inzicht op buurtniveau

Wanneer de luchtkwaliteit in een buurt in de referentiesituatie al slechter was, zal een ingreep in die buurt doorgaans een groter effect hebben. Dit komt doordat er in dergelijke gebieden meer ruimte is voor verslechtering van de luchtkwaliteit. Afbeelding 9.6 toont per buurt het risico op verslechtering van de luchtkwaliteit op basis van de referentiesituatie van fijnstof en stikstofoxiden.

Afbeelding 9.6 Risico op verslechtering van de luchtkwaliteit



Effectbeoordeling

Tabel 9.41 toont de effectbeoordeling voor luchtkwaliteit.

Tabel 9.41 Effectbeoordeling luchtkwaliteit

Alternatief	MT-Warmtenet			ZLT-Warmtenet		Warmtepomp	
Variant	Geo-thermie	Data-thermie	Aqua-thermie	Data-thermie	Aqua-thermie	Bodem-warmtepomp	Lucht-water-warmtepomp
aanlegfase	--	-	-	-	-	0	0

Mitigerende maatregelen

Voor steeds meer licht materieel is een elektrische variant beschikbaar. Door zoveel mogelijk elektrisch materieel te gebruiken, kan de uitstoot van PM_{2,5}, PM₁₀ en NO_x tijdens de aanleg sterk worden vermindert. Vanaf 2030 worden de normen voor PM_{2,5} en PM₁₀ strenger, vooral voor PM_{2,5}, waardoor het belang van elektrisch materieel verder toeneemt. Ook het gebruik van voertuigen uit emissieklasse V (2019 en later) helpt om de uitstoot van fijnstof te verlagen, maar dit heeft geen effect op stikstofuitstoot.

9.6 Circulariteit

In de effectenstudies op het thema circulariteit worden de effecten op het circulair gebruik van materialen en het totale materiaalgebruik in beeld gebracht. Bij totaal materiaalgebruik wordt gekeken naar welk materiaal wordt toegepast, terwijl bij circulair materiaalgebruik wordt gekeken naar welke materialen hergebruikt kunnen worden en de levensduur van de materialen die worden ingezet.

Wetgeving en beleid

In tabel 9.42 wordt de belangrijkste wetgeving en beleid rondom het criterium circulariteit omschreven.

Tabel 9.42 Wetgeving en beleid rondom circulariteit

Wettelijk- en beleidskader	Omschrijving
internationaal	
EU Circular Economy Action Plan (CEAP) (2020)	Europees beleidskader dat onderdeel uit maakt van de Europese Green Deal en de transitie naar een circulaire economie stimuleert. Richt zich op duurzame productie, consumptie, afvalbeheer en materiaalstromen. Het bevat voorstellen voor wetgeving en normen die circulair materiaalgebruik bevorderen, zoals eisen voor gerecycled materiaal in producten en het verbeteren van recyclinginfrastructuur
nationaal	
Actualisatie Nationaal Programma Circulaire Economie (2025)	dit programma wordt uitgewerkt via het Nationaal Programma Circulaire Economie (NPCE) 2023–2030, dat periodiek wordt geactualiseerd. Het beleid richt zich op de transitie naar een volledig circulaire economie in 2050 en bevat concrete maatregelen voor de periode tot 2030 en verder. De focus ligt op circulair ontwerp, duurzaam en efficiënt materiaalgebruik in bouw en infrastructuur, het bevorderen van hergebruik en hoogwaardige recycling, en sectorgerichte aanpakken. Nieuwe accenten zijn onder meer de ontwikkeling en toepassing van materialenpaspoorten (zoals voor beton) en het sturen op milieu-impact via effectdoelen, zoals een 25 % lagere Milieu Kosten Indicator (MKI) voor klimaatsystemen in 2030, inclusief de gebruiksfase, ten opzichte van 2016. De voortgang wordt ondersteund door kennisontwikkeling, financieringsinstrumenten, gedragsverandering en monitoring via rapportages
circulaire Bouweconomie / Rijksbrede richtlijnen	beleids- en richtlijnenkader voor de bouwsector, waarin circulair materiaalgebruik wordt gestimuleerd. Toepasbaar op bouw- en infrastructuurprojecten en richt zich op circulair ontwerp, hergebruik en recycling van bouwmaterialen, het minimaliseren van afval en het gebruik van MKI bij materiaalkeuze
gemeentelijk	

Wettelijk- en beleidskader	Omschrijving
Duurzaamheidsagenda Diemen 2020-2025	in dit document is beschreven dat Diemen bij (her)ontwikkelingen aandacht wil geven aan circulair ontwerpen en slopen. In lijn met landelijk beleid wordt in Duurzaamheidsagenda Diemen 2020-2025 de ambitie beschreven om in 2050 een volledig circulaire economie te zijn

9.6.1 Totaal materiaalgebruik

Ingreep-effectrelaties

De uitvoering van een warmteprogramma vraagt om de inzet van uiteenlopende materialen voor de fabricage, installatie, het gebruik, onderhoud en de uiteindelijke ontmanteling van warmte-infrastructuur. Deze materiaalinzet kan gevolgen hebben voor het totaal materiaalgebruik. Tot de ingreep behoren alle materialen die nodig zijn om de warmtetechnieken te fabriceren, te installeren, te gebruiken, te onderhouden en uiteindelijk te ontmantelen.

De effecten van het totaal materiaalgebruik zijn vooral afhankelijk van de hoeveelheid en aard van de gebruikte materialen. Een belangrijk aspect hierbij is de levensduur van de materialen en installaties. Wanneer materialen een lange levensduur hebben, hoeft er minder vaak iets te worden vervangen, waardoor het cumulatieve materiaalgebruik over de looptijd van het programma waarschijnlijk beperkt blijft. Bij kortere levensduur is het aannemelijk dat vaker nieuwe materialen nodig zijn, wat kan leiden tot een hogere grondstoffenvoetafdruk. Ook de onderhoudsfrequentie kan bijdragen aan het totaal materiaalgebruik, omdat elk onderhoudsmoment mogelijk extra materiaalinzet vergt.

Het beperken van materiaalgebruik, of het kiezen voor duurzame en herbruikbare materialen, is belangrijk vanwege de brede impact op mens en milieu. Veel grondstoffen worden gewonnen in mijnen, een proces dat vaak gepaard gaat met aanzienlijke milieuschade, zoals landdegradatie, verlies van biodiversiteit en hoge CO₂-uitstoot.

Daarnaast zijn sommige grondstoffen, zoals zeldzame metalen, slechts in beperkte hoeveelheden beschikbaar, wat bijdraagt aan geopolitieke spanningen en afhankelijkheid van specifieke regio's. Door kritisch te kijken naar de levensduur, onderhoudsfrequentie en herbruikbaarheid van materialen, kan zowel de milieu-impact als de kwetsbaarheid voor geopolitieke instabiliteit aanzienlijk worden verminderd. Elk onderhoudsmoment waarbij nieuwe materialen nodig zijn, vergroot de totale grondstoffenvoetafdruk, wat nog eens benadrukt hoe belangrijk het is om bij planning en ontwerp rekening te houden met deze aspecten.

Onderzoeksmethodiek

De materialen die nodig zijn voor de aanleg van een warmtebron worden kwalitatief beoordeeld. Bij deze identificatie van materialen is een beschrijving gegeven van de milieuimpact van deze materialen. Daarnaast is een vergelijkende evaluatie uitgevoerd tussen verschillende centrale warmtebronnen. Hierbij is een overzicht opgesteld van de benodigde materialen per bron, hun milieu-impact en de schaal waarop deze materialen worden ingezet.

Ook is een uitgebreide kwalitatieve beschrijving gemaakt van het materiaalgebruik bij individuele warmtepompen en collectieve warmtenetten. Voor deze systemen zijn de typen materialen, zoals koper, staal en beton, systematisch in kaart gebracht, evenals de mate waarin deze materialen worden toegepast binnen de installaties en infrastructuur.

Effectbeschrijving

Milieuimpact materialen

In het warmtesysteem worden verschillende materialen gebruikt. Hieronder wordt van elk materiaal dat gebruikt wordt in de alternatieven de milieuimpact beschreven:

- staal: productie zorgt voor hoge CO₂-uitstoot en veel energieverbruik; ijzerertsminning en staalfabrieken veroorzaken lucht-, bodem- en watervervuiling en hebben impact op de leefomgeving;

- PUR-isolatie: bij verbranding of veroudering kunnen schadelijke stoffen vrijkomen;
- PE (mantelbuizen, leidingen): productie is energie-intensief, veroorzaakt CO₂-uitstoot en is slecht biologisch afbreekbaar;
- beton: productie van cement zorgt voor zeer hoge CO₂-uitstoot en vraagt veel energie en grondstoffen;
- koper: winning veroorzaakt landschapsvervuiling, waterverontreiniging en een hoog waterverbruik; vaak spelen sociale en arbeidsproblemen in mijnbouwgebieden;
- roestvaststaal (RVS): productie kost veel energie en veroorzaakt CO₂-uitstoot; gebruik van legeringselementen zoals nikkel en chroom vereist milieubelastende mijnbouw en kan leiden tot vervuiling en sociale problemen;
- kunststof: gemaakt uit fossiele brandstoffen, veroorzaakt milieuvervuiling en is slecht biologisch afbreekbaar;
- silicium: productie is zeer energie-intensief, leidt tot hoge CO₂-uitstoot en chemisch afval;
- aluminium: energie-intensieve productie, hoge CO₂-uitstoot, milieubelasting bij bauxietwinning en grote hoeveelheden rode modder als afval;
- glaswol: productie kost veel energie en veroorzaakt CO₂-uitstoot;
- messing: winning en productie van koper en zink veroorzaken milieubelasting en CO₂-uitstoot;
- PVC: bij productie wordt chloor en additieven gebruikt die giftig kunnen zijn; bij verbranding kunnen schadelijke stoffen (zoals dioxines) vrijkomen;
- glasvezelversterkt kunststof: energie-intensieve productie en CO₂-uitstoot;
- elastomeer: productie op basis van fossiele grondstoffen is energie-intensief;
- glycol: productie op basis van fossiele brandstoffen, milieubelasting bij productie en lekkage.

Alternatief 1 - MT-Warmtenet

Totaal materiaalgebruik bij MT-warmtenetten

MT-warmtenetten gebruiken warmtebronnen die al een hogere temperatuur leveren of maakt gebruik van een centrale warmtepomp in het warmteoverdrachtstation. Hierdoor zijn warmtepompen niet nodig op woningniveau en concentreert het materiaalgebruik zich bij de bron en in het warmtenet.

Materiaalgebruik MT-warmtenet

In tabel 9.43 zijn de onderdelen die deel uitmaken van een MT-warmtenet en het materiaalgebruik van deze onderdelen benoemd. In de laatste kolom worden opmerkingen gegeven over materialen die extra aandacht vereisen, en voor bepaalde onderdelen zijn specifieke aandachtspunten benoemd.

Tabel 9.43 Materiaalgebruik MT-warmtenet

Onderdeel systeem	Onderdeel	Materiaal	Opmerking
warmtenet	warmteleidingen	PUR-isolatie, PE mantelbuizen, stalen leiding	de volumestromen zijn lager dan bij een ZLT-warmtenet, waardoor kleinere leidingdiameters volstaan. Het hogere temperatuurniveau vereist echter aanzienlijke isolatie. Daardoor is de hoeveelheid staal in deze leiding kleiner dan bij een ZLT-warmtenet, door de kleinere diameter en is de hoeveelheid PUR en PE groter door de dikkere isolatielaag
WOS	fundering en behuizing	beton en staal	ten opzichte van de WOS in het ZLT-warmtenet is de WOS bij het MT-warmtenet groter (in het geval van datathermie en aquathermie), omdat bij een MT-warmtenet warmtepompen in de WOS zijn geplaatst. Dit houdt in dat het materiaalgebruik voor fundering en behuizing groter is dan bij een ZLT-warmtenet
WOS	leidingen en pompen	koper en roestvaststaal	
	warmtewisselaars	roestvaststaal	

Onderdeel systeem	Onderdeel	Materiaal	Opmerking
	regel- en beveiligingsinstallaties	RVS kunststof, elektronische componenten (koper, silicium, kunststof, aluminium)	warmtepompen zijn alleen onderdeel van een MT-warmtenet met als bron datathermie of aquathermie. Bij geothermie zijn deze warmtepompen geen onderdeel van het systeem
	drukvaten	staal	
	fundering en behuizing	beton en staal	
	warmtepomp	aluminium centrale warmtewisselaars; pompen en appendages: RVS Kunststof Elektronische componenten (koper, silicium, kunststof, aluminium) stalen drukkaten; regel- en beveiligingsinstallaties	
piekvoorziening E-boiler in onderstations	boilerhuis en isolatie	staal, glaswol	
	elektrisch element	koper, RVS	
	regel- en beveiligingsinstallaties	RVS, kunststof, elektronische componenten (koper, silicium, kunststof, aluminium)	
	leidingen	RVS	
onderstations	fundering en behuizing	beton en staal	ten opzichte van de onderstations in het ZLT-warmtenet zijn de onderstations bij het MT-warmtenet groter, omdat bij een MT-warmtenet e-boilers in de onderstations zijn geplaatst. Dit houdt in dat het materiaalgebruik voor fundering en behuizing groter is dan bij een ZLT-warmtenet
	warmtewisselaar	roestvaststaal	
transformatie huisjes	fundering en behuizing	beton en staal	
	interieur	RVS, kunststof, elektronische componenten (koper, silicium, kunststof, aluminium)	

Onderdeel systeem	Onderdeel	Materiaal	Opmerking
individuele afleversets	afleverset	koper, staal [Greening & Azapagic]	

Variant geothermie

In tabel 9.44 is het materiaalgebruik voor geothermie in een MT-warmtenet beschreven. Het staalgebruik bij de geothermielocatie heeft hier een groot aandeel in het totaal materiaalgebruik.

Tabel 9.44 Materiaalgebruik geothermie in MT-warmtenet

Onderdeel systeem	Onderdeel	Materiaal	Opmerking
geothermie boorlocatie doubletten	productie en injectieput	staal, RVS en beton	
geocentrale	leidingen en pompen	RVS	
	warmtewisselaar	RVS	
	fundering en behuizing	beton en staal	
HTO	leidingwerk	glasvezelversterkt kunststof en RVS [Oerlemans et al.]	

Variant datathermie

In tabel 9.45 is het materiaalgebruik voor datathermie in een MT-warmtenet beschreven. In vergelijking met de geothermie installatie is het totale materiaalgebruik van datathermie lager in het systeem zelf. Het bevat warmtewisselaars en een pompinstallatie. Echter heeft het warmteoverdrachtstation in dit systeem wel een collectieve warmtepomp, omdat hier de temperatuur verder opgehoogd moet worden. Ten opzichte van het aquathermie-systeem is hier een lager materiaalgebruik doordat de uitkoppeling van de bron uit minder onderdelen bestaat en een kleiner WKO's nodig zijn.

Tabel 9.45 Materiaalgebruik datathermie in MT-warmtenet

Onderdeel systeem	Onderdeel	Materiaal	Opmerking
datathermie uitkoppeling	leidingen en pompen	RVS	
	warmte-wisselaars	RVS	
	regeltechniek	staal, koper, silicium, kunststof, aluminium, RVS	
WKO	leidingwerk	PE-leidingen en PVC-buizen	aantal WKO's die nodig zijn voor datathermie is lager dan bij aquathermie, en daarmee is het totaal materiaalgebruik WKO's voor datathermie lager
	warmte-wisselaars	RVS	

Variant aquathermie

In tabel 9.46 is het materiaalgebruik voor aquathermie in een MT-warmtenet beschreven. In vergelijking met de geothermie installatie is het totale materiaalgebruik van aquathermie lager in het systeem zelf. Het bevat warmtewisselaars en een pompinstallatie. Echter heeft het warmteoverdrachtstation in dit systeem een collectieve warmtepomp, omdat hier de temperatuur verder opgehoogd moet worden. Ten opzichte van het datathermie-systeem is hier een hoger materiaalgebruik doordat de uitkoppeling van de bron uit meer onderdelen bestaat en een groter aantal WKO's nodig zijn.

Tabel 9.46 Materiaalgebruik aquathermie in MT-warmtenet

Onderdeel systeem	Onderdeel	Materiaal	Opmerking
aquathermie-inlaat	warmtewisselaars (oppervlaktewater)	RVS	
	pompinstallaties, filters en regeltechniek	RVS, kunststof, koper, silicium, aluminium	
WKO-installatie	warmtewisselaars	RVS	
	ondergronds leidingwerk	PE, PVC (DWA, 2011)	
	bronbuizen	PVC	

Alternatief 2 - ZLT-Warmtenet

Totaal materiaalgebruik bij ZLT-warmtenetten

ZLT-systemen maken gebruik van lage-temperatuurbronnen zoals lage temperatuur restwarmte en aquathermie. Ook wordt in dit systeem gebruikt gemaakt van lage temperatuur opslag met WKO's. Een belangrijk kenmerk van ZLT-systemen is echter dat de bron niet de uiteindelijke afgiftetemperatuur afgeeft, waardoor warmtepompen bij de woning noodzakelijk zijn.

Materiaalgebruik ZLT-warmtenet

In tabel 9.47 zijn de onderdelen die deel uitmaken van een ZLT-warmtenet en het materiaalgebruik van deze onderdelen benoemd. In de laatste kolom worden opmerkingen gegeven over materialen die extra aandacht vereisen, en voor bepaalde onderdelen zijn specifieke aandachtspunten benoemd.

Tabel 9.47 Materiaalgebruik ZLT-warmtenet

Onderdeel systeem	Onderdeel	Materiaal	Opmerking
warmtenet	warmteleidingen	PUR-isolatie, PE mantelbuizen, stalen leiding	de volumestromen zijn hoger dan bij een MT-warmtent, waardoor grotere leidingdiameters nodig zijn. Het lagere temperatuurniveau vraagt echter om minder isolatie. Daardoor is de hoeveelheid staal in deze leiding groter dan bij een MT-warmtenet (door de grotere diameter) en is de hoeveelheid PUR en PE kleiner door de kleinere isolatielaag
WOS	fundering en behuizing	beton en staal	ten opzichte van de WOS in het MT-warmtenet is de WOS bij het ZLT-warmtenet kleiner, omdat bij een MT-warmtenet warmtepompen in de WOS zijn geplaatst. Dit houdt in dat het materiaalgebruik voor fundering en behuizing kleiner is dan bij een MT-warmtenet

Onderdeel systeem	Onderdeel	Materiaal	Opmerking
	leidingen en pompen	koper en roestvaststaal	
	warmtewisselaars	roestvaststaal	
	regel- en beveiligingsinstallaties	RVS, kunststof, elektronische componenten (koper, silicium, kunststof, aluminium)	
	drukveren	staal	
onderstations	fundering en behuizing	beton en staal	ten opzichte van de onderstations in het MT-warmtenet zijn de onderstations bij het ZLT-warmtenet kleiner, omdat bij een MT-warmtenet e-boilers in de WOS zijn geplaatst. Dit houdt in dat het materiaalgebruik voor fundering en behuizing kleiner is dan bij een MT-warmtenet
	warmtewisselaar	roestvaststaal	
transformator huisjes	fundering en behuizing	beton en staal	in vergelijking met een MT-warmtenet zijn een groter aantal transformatorhuisjes benodigd in dit systeem. Dit maakt het totaal materiaalgebruik van dit onderdeel groter dan MT-warmtenetten.
	interieur	RVS, kunststof, elektronische componenten (koper, silicium, kunststof, aluminium)	
Individuele water-water warmtepomp	warmtewisselaars	aluminium	bij collectieve warmtepompinstallaties voor een MT-warmtepomp leidt het systeem tot een aanzienlijke totale installatie-massa. Bij individuele warmtepompen, zoals bij het ZLT-systeem wordt dit materiaalgebruik gedistribueerd over alle woningen, waardoor het totaal materiaalgebruik van warmtepompen in vergelijking groter is
	pompen en appendages	rvs, kunststof	
	regel- en beveiligingsinstallaties	RVS, kunststof, elektronische componenten (koper, silicium, kunststof, aluminium)	

Variant aquathermie

In tabel 9.48 is het materiaalgebruik voor datathermie in een ZLT-warmtenet beschreven. Omdat het systeem gebruikmaakt van WKO's voor warmteopslag, bevindt een belangrijk deel van het materiaalgebruik zich in deze WKO-installaties. Ten opzichte van het datathermie-systeem is hier een hoger materiaalgebruik doordat de uitkoppeling van de bron uit meer onderdelen bestaat en een groter aantal WKO's nodig zijn.

Tabel 9.48 Materiaalgebruik aquathermie in ZLT-warmtenet

Onderdeel systeem	Onderdeel	Materiaal	Opmerking
aquathermie-inlaat	warmtewisselaars (oppervlaktewater)	RVS	
	pompinstallaties, filters en regeltechniek	RVS, kunststof, koper, silicium, aluminium	
WKO-installatie	warmtewisselaars	RVS	
WKO-installatie	ondergronds leidingwerk	PE, PVC	
	bronbuizen	PVC	

Variant datathermie

In tabel 9.49 is het materiaalgebruik voor datathermie in een ZLT-warmtenet beschreven. Ten opzichte van het aquathermie-systeem is hier een lager materiaalgebruik doordat de uitkoppeling van de bron uit minder onderdelen bestaat en een kleiner aantal WKO's nodig zijn.

Tabel 9.49 Materiaalgebruik datathermie in ZLT-warmtenet

Onderdeel systeem	Onderdeel	Materiaal	Opmerking
datathermie uitkoppeling	leidingen en pompen	RVS	
	warmte-wisselaars	RVS	
	regeltechniek	staal koper silicium kunststof aluminium RVS	
WKO	leidingwerk	PE-leidingen en PVC-buizen	aantal WKO's die nodig zijn voor datathermie is lager dan bij aquathermie, en daarmee is het totaal materiaalgebruik WKO's voor datathermie lager
	warmte-wisselaars	RVS	

Alternatief 3 - Warmtepompen

In situaties waar woningen via individuele warmtepompen worden verwarmd, verschuift het materiaalgebruik naar de warmtepompinstallatie en bijbehorende bronsystemen.

Variant lucht-water-warmtepomp

Bij lucht-water-warmtepompen bevindt de volledige warmteopwekking zich op gebouwniveau. Hierdoor is het materiaalgebruik per woning aanzienlijk groter dan bij zowel MT- als ZLT-systemen. De materialen die deel uitmaken van de lucht-waterwarmtepompen zijn weergegeven in tabel 9.50.

Tabel 9.50 Materiaalgebruik lucht-waterwarmtepompen

Onderdeel systeem	Onderdeel	Materiaal	Opmerking
lucht-water-warmtepomp	buitenunit	aluminium, koper, staal, kunststof, elektronische componenten (koper, silicium, kunststof, aluminium)	lucht-water-warmtepompen zijn qua materiaalgebruik de meest omvangrijke gebouwgebonden oplossing in de vergelijking. Per woning omvatten zij meer metaal en kunststoffen dan de gebouwgebonden materialen voor ZLT- en MT-warmtenetten. Ook heeft dit systeem in totaal een grotere hoeveelheid elektronische componenten
	binnenunit	RVS, messing, staal, kunststof	
	koelleidingcircuit	koper, kunststof (PUR, elastomeer)	
transformatorhuisjes	fundering en behuizing	beton en staal	in vergelijking met een ZLT-warmtenet zijn een groter aantal transformatorhuisjes benodigd in dit systeem. Dit maakt het totaal materiaalgebruik van dit onderdeel groter dan zowel MT- als ZLT-warmtenetten
	interieur	RVS, kunststof, elektronische componenten (koper, silicium, kunststof, aluminium)	

Variant bodemwarmtepomp

Bij bodemwarmtepompen bevindt de volledige warmteopwekking zich op gebouwniveau. Hierdoor is het materiaalgebruik per woning aanzienlijk groter dan bij zowel MT- als ZLT-systemen. De materialen die deel uitmaken van de lucht-waterwarmtepompen zijn weergegeven in tabel 9.51.

Tabel 9.51 Materiaalgebruik bodemwarmtepompen

Onderdeel systeem	Onderdeel	Materiaal	Opmerking
bodemwarmte pomp	warmtepomp installatie	koper, aluminium, staal, kunststof, elektronische componenten (koper, silicium, kunststof, aluminium)	
	broninstallatie (bodemplus)	PE	
	warmtedrager vloeistof	water, glycol	
transformatorhuisjes	fundering en behuizing	beton en staal	in vergelijking met een ZLT-warmtenet zijn een groter aantal transformatorhuisjes benodigd in dit systeem. Dit maakt het totaal materiaalgebruik van dit onderdeel groter dan zowel MT- als ZLT-warmtenetten. Echter zijn er minder transformatorhuisjes nodig dan bij lucht-waterwarmtepompen

Onderdeel systeem	Onderdeel	Materiaal	Opmerking
transformator huisjes	interieur	RVS, kunststof, elektronische componenten (koper, silicium, kunststof, aluminium)	

Totaalbeeld van materiaalgebruik

Wanneer de zeven onderzochte warmtesystemen als geheel worden beschouwd, wordt duidelijk welke onderdelen het totale materiaalgebruik bepalen. De belangrijkste factoren zijn:

- aanwezigheid en aantal warmtepompen;
- leidingdiameter en isolatiebehoefte;
- bron- en opslagtechniek;
- de mate van decentrale installaties per woning.

Onderstaande samenvatting geeft per systeemtype inzicht in de totale materiaalvraag.

ZLT-warmtenetten op basis van aquathermie of datathermie

ZLT-systemen hebben een zeer hoge totale materiaalvraag, gedomineerd door grote leidingen en de individuele warmtepompen. De ZLT-varianten op basis van aquathermie en datathermie verschillen onderling vooral in het bronsysteem: aquathermie vraagt grotere WKO-opslagvolumes en dus meer PVC-bronbuizen, PE-leidingen en RVS-warmtewisselaars dan datathermie.

De materialen met de grootste klimaat- en maatschappelijke impact zijn staal, roestvast staal (RVS) en kunststoffen zoals PVC en PE. Staal en RVS veroorzaken door hun energie-intensieve productie hoge CO₂-uitstoot; voor RVS spelen nikkel en chroom bovendien een rol in milieubelasting, mijnbouw gerelateerde vervuiling en sociale risico's. PVC en PE verhogen de milieubelasting vanwege productie uit fossiele bronnen. Koper en aluminium in pompen, regeltechniek en individuele warmtewisselaars brengen extra mijnbouw- en energie-impact met zich mee. Silicium is geologisch overvloedig, maar de productie van hoog zuiver silicium voor elektronica en zonnepanelen is energie-intensief en kent leverings- en milieuknelpunten.

In totaal ligt de materiaalbelasting van ZLT-systemen hoger dan bij MT-varianten, dit komt met name door het materiaalgebruik van de individuele warmtepompen. Aquathermie verschilt van datathermie in de omvang van WKO-gerelateerd leidingwerk en warmtewisselaars.

MT-warmtenetten op basis van geothermie

Geothermie warmtenetten kennen een hoge, sterk gecentraliseerde, materiaalbelasting. Het materiaalgebruik vindt plaats vooral in de broninstallatie, met name door het ruime gebruik van staal, roestvast staal (RVS) en beton. Deze materialen hebben een relatief grote klimaatimpact vanwege hun energie-intensieve productie en de daarbij behorende hoge CO₂-uitstoot. Daarnaast veroorzaakt de winning van ijzererts en legeringselementen zoals nikkel en chroom milieuproblemen, vervuiling en sociale conflicten, wat zowel mensenrechten als geopolitieke aspecten raakt.

Hoewel de gebouwgebonden systemen beperkt zijn doordat deze geen warmtepompen bevatten en ook in het transport geen warmtepompen benodigd zijn, zorgt het materiaalgebruik bij de broninstallatie voor een groter materiaalgebruik dan de aquathermie en datathermie warmtenetten.

MT-warmtenetten op basis van aquathermie of datathermie

MT-warmtenetten gebaseerd op aquathermie en datathermie onderscheiden zich door een lager materiaalgebruik in de broninstallatie vergeleken met geothermie, maar bevatten wel centrale warmtepompen, wat invloed heeft op de materiaalvraag. Belangrijke materialen met een significante

klimaat- en milieu-impact zijn hier roestvast staal (RVS), staal, koper, silicium, aluminium en verschillende kunststofsoorten.

RVS speelt een grote rol in leidingen, pompen en warmtewisselaars. De energie-intensieve productie van RVS veroorzaakt hoge CO₂-uitstoot en de winning van nikkel en chroom voor legeringen leidt tot milieubelasting, mijnbouw gerelateerde vervuiling en sociale conflicten. Staal, veel toegepast in funderingen en behuizing, heeft eveneens een hoge CO₂-voetafdruk en veroorzaakt vervuiling bij de mijnbouw en verwerking van ijzererts. Koper, gebruikt in regeltechniek en leidingen, brengt door winning milieuproblemen en sociaal-maatschappelijke risico's met zich mee. Silicium en aluminium, vooral in elektronische componenten en warmtewisselaars, vereisen energie-intensieve productieprocessen, waarbij de winning van bauxiet voor aluminium ontbossing en grote afvalstromen veroorzaakt.

Deze MT-varianten hebben een hogere materiaalvraag in de leidingen dan ZLT-systemen, maar geen individuele warmtepompen, wat de gebouwgebonden materiaalvraag beperkt. De totale materiaalvraag ligt onder die van ZLT-systemen, en ligt iets onder dat van geothermie MT-warmtenet.

Individuele lucht-water-warmtepompen

Individuele lucht-waterwarmtepompen kennen een van de hoogste materiaalvragen per woning, vooral door grote hoeveelheden koper, staal, aluminium en elektronische componenten. Het volledige warmte-opwekkingssysteem bevindt zich op gebouwniveau, waardoor de materiaalmassa per woning aanzienlijk groter is dan bij MT- en ZLT-warmtenetten. Belangrijke materialen zijn aluminium (met een energie-intensieve productie en milieubelasting door bauxietwinning), koper (milieubelasting en sociale risico's bij mijnbouw), staal (energie-intensief met significante CO₂-uitstoot en vervuiling), kunststoffen (gemaakt uit fossiele grondstoffen en slecht biologisch afbreekbaar) en silicium (productie zeer energie-intensief met hoge CO₂-uitstoot).

Individuele bodemwarmtepompen

Bodemwarmtepompen zijn vanwege de combinatie van warmtepomp en bodemlus een nog materiaal intensievere oplossing dan lucht-waterwarmtepompen. Het materiaalgebruik per woning ligt hoger dan bij zowel lucht-water-warmtepompen als bij MT- en ZLT-afleversets. Hierbij spelen koper, aluminium, staal en kunststoffen de hoofdrol in de warmtepompinstallatie, terwijl de bodemlus vooral uit PE bestaat, dat geproduceerd wordt met een aanzienlijke energie-inzet en CO₂-uitstoot. Daarnaast is de warmtedrager vloeistof vaak een glycolmengsel, dat milieubelastend is bij productie en mogelijke lekkage.

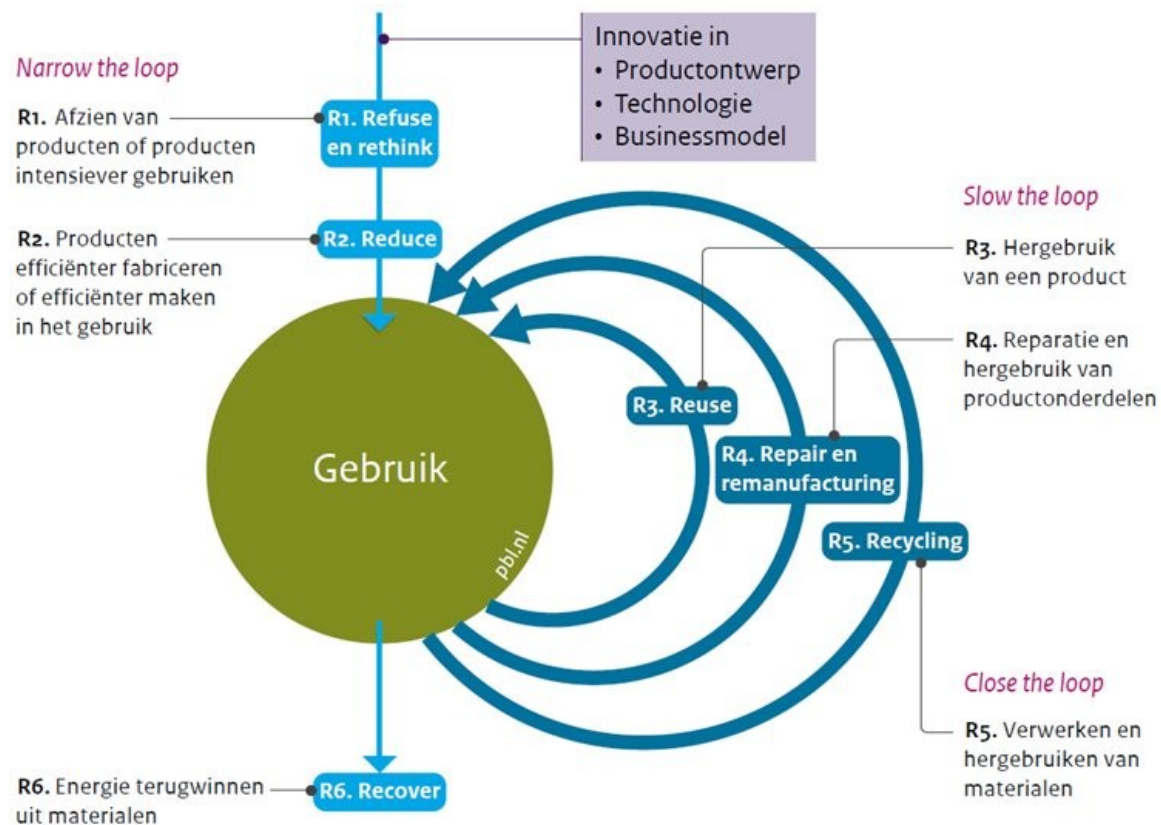
Mitigerende maatregelen

De negatieve milieueffecten van het gebruik van schaarse grondstoffen kunnen worden gemitigeerd door meer hergebruik. Dit zorgt voor een lagere totale productie van materiaal. Hierbij is het relevant om materiaal te gebruiken dat na de levensduur herbruikbaar of recyclebaar is.

9.6.2 Circulair materiaalgebruik

Ingreep-effect relaties

Voor het bepalen van de mate van circulariteit wordt vaak gekeken naar de R-ladder. In de R-ladder wordt het onderverdeeld in 4 categorieën. Op basis van deze categorieën wordt hieronder gekeken naar de levensduur, en de potentie voor hergebruik bij start van de aanleg en na afloop van gebruik van gebruik.



Hoe hoger een strategie, hoe meer grondstoffengebruik wordt voorkomen. Strategie 4 voorkomt daarmee meer grondstoffengebruik dan strategie 1. De vier strategieën zijn:

- 1 narrow the loop: richt zich op het verminderen van grondstoffen door producten te vermijden, intensiever te gebruiken of efficiënter te maken;
- 2 slow the loop: draait om het verlengen van de levensduur van producten en onderdelen door hergebruik, reparatie en revisie;
- 3 close the loop: draait om het sluiten van kringlopen door materialen te recyclen en opnieuw te gebruiken, zodat er minder nieuwe grondstoffen nodig zijn en afval wordt geminimaliseerd;
- 4 substitutie: eindige grondstoffen vervangen door hernieuwbare of milieuvriendelijkere alternatieven.

Onderzoeksmethodiek

Bij de effecten van ingrepen op het thema circulariteit wordt een kwalitatieve methode gehanteerd. De circulariteit wordt beschreven aan de hand van de 4 bovenstaande strategieën.

Voor dit thema is een kwalitatieve effectbeoordeling uitgevoerd en is een beoordelingsschaal toegepast. Er zijn momenteel geen strikte regels voor circulariteit of circulair materiaalgebruik die toepasbaar zijn op dit plan- en programmaniveau. Bovendien is de mate van circulariteit in sterke mate afhankelijk van keuzes die worden gemaakt in de uitvoeringsfase, zoals materiaalkeuze, detaillering en contractvormen. Deze keuzes zijn binnen het warmteprogramma nog niet concreet vastgelegd. Circulariteit leidt daarnaast niet tot een direct milieueffect, maar heeft vooral een indirect en langetermijnkarakter, bijvoorbeeld via grondstoffengebruik en afvalstromen.

Gezien deze onzekerheden en het abstractieniveau van het warmteprogramma is het beperkt mogelijk om de effecten van circulariteit op een objectieve wijze te beoordelen of te vergelijken tussen alternatieven. Deze analyse richt zich op het in beeld brengen van de kansen en uitdagingen voor circulariteit per alternatief. De effectbeoordeling is daarmee indicatief.

Tabel 9.52 Beoordelingskader circulariteit

Score	Toelichting
++	materialen en systemen zijn ontworpen voor hoogwaardig hergebruik en recyclen, ze hebben een hoge losmaakbaarheid; lange, onderhoudsvriendelijke levensduur met regeneratiemogelijkheden; minimaal materiaalverlies; aantoonbare vermindering grondstofvraag en afval over de levenscyclus t.o.v. de referentiesituatie
+	meerderheid van materialen en componenten is herbruikbaar of goed recyclebaar; ontwerp bevat demontage-maatregelen; bovengemiddelde levensduur of goede regeneratieopties; enkele onderdelen aanwezig waar materiaalverlies uit voortkomt, maar netto positief t.o.v. de referentiesituatie
0	mix van recycleerbare en moeilijk herwinbare materialen; beperkte demontagevoorzieningen; gemiddelde levensduur zonder expliciete regeneratieopties; netto effect op grondstofgebruik beperkt; geen significant verschil in circulariteit t.o.v. de referentiesituatie
-	belangrijke componenten moeilijk te scheiden of thermoharders aanwezig; beperkte losmaakbaarheid; relatief korte levensduur en frequente vervangingscycli; substantieel materiaalverlies
--	ontwerp en materiaalkeuze leiden tot permanent verlies van waardevolle materialen; veel in-situ achterblijvend materiaal; korte levensduur, hoge vervangingsfrequentie; praktisch geen hergebruik of kwaliteitsrecycling mogelijk

Effectbeschrijving

Bij de beoordeling van de duurzaamheid van warmtesystemen speelt niet alleen het initiële materiaalgebruik een rol, maar ook de mate waarin materialen hergebruikt, gerecycled of losmaakbaar zijn. Daarnaast speelt de levensduur een belangrijke rol in de circulariteit. Circulariteit verschilt aanzienlijk tussen de onderzochte warmtesystemen, vanwege verschillen in leidingmaterialen, isolatie, warmtepomptechniek en bronsystemen.

Geothermie

Slow the loop (strategie 2)

De putten van geothermie-installaties hebben een levensduur van ongeveer 50 jaar en de bovengrondse installaties van zo'n 25 jaar [[Ecoforest, 2026](#)]. Warmteopslagputten gaan circa 30 jaar mee en bovengrondse installaties tussen de 5 en 15 jaar [[EBN & IF Technology, 2023](#)]. Door de lange levensduur van deze componenten worden materialen langdurig in gebruik gehouden.

Close the loop (strategie 3)

Geothermie-installaties bevatten veel staal en roestvast staal. Deze metalen bieden goede mogelijkheden voor recycling en hergebruik. Bovengrondse onderdelen zoals warmtewisselaars, pompen en leidingwerk zijn doorgaans goed recyclebaar. Glasvezelversterkt kunststof in leidingwerk beperkt de circulariteit omdat het moeilijk te scheiden is. Aan het einde van de levensduur wordt het putgedeelte afgedicht en buiten gebruik gesteld om de grondwaterkwaliteit te beschermen [[Cirkel et al., 2022](#)]. Hierdoor wordt het staal in de putten in de praktijk niet teruggewonnen. Hoewel het materiaal theoretisch recyclebaar is, is demontage praktisch moeilijk en is het terugwinnen van de materialen beperkt.

Substitutie (strategie 4)

Voor metalen componenten kan gebruik worden gemaakt van gerecycled metaal in plaats van primair metaal. Dit verkleint de milieudruk en vermindert de afhankelijkheid van eindige grondstoffen.

Aquathermie

Narrow the loop (strategie 1)

Aquathermie-installaties bevatten minder materiaal dan geothermie-installaties. Dit betekent dat er in de basis al minder grondstoffen nodig zijn voor de aanleg en het gebruik van deze systemen.

Slow the loop (strategie 2)

Veel onderdelen van aquathermie- en WKO-systemen hebben een lange levensduur. Warmtewisselaars gaan ongeveer 50 jaar mee en bovengrondse installaties circa 15 jaar. Goed onderhoud zorgt ervoor dat bronnen van WKO-systemen 20 tot 30 jaar gebruikt kunnen worden. Door het regenereren van bronnen, bijvoorbeeld door schoonspoelen en reinigen, kunnen deze vaak opnieuw worden ingezet zonder volledige vervanging. Ook kunnen bestaande bronnen een nieuwe functie krijgen, zoals een brandweerput of voor drinkwaterwinning, waardoor onderdelen langer in gebruik blijven [\[DWA, 2011\]](#).

Close the loop (strategie 3)

Metalen onderdelen zoals koper, staal en RVS in de installaties zijn goed te recyclen en kunnen na gebruik weer als grondstof dienen. Kunststof leidingen van PE en PVC zijn thermoplastisch en kunnen worden omgesmolten voor recycling. Daarnaast is het mogelijk om deze buizen direct te hergebruiken [\[Stichting RIONED, 2024\]](#). Elektronische componenten in warmtepompen vragen om speciale verwerking, zodat waardevolle metalen uit de elektronica kunnen worden teruggewonnen.

Datathermie

Narrow the loop (strategie 1)

Datathermie-installaties bevatten vergelijkbare componenten als aquathermie-installaties, waardoor het materiaalgebruik relatief beperkt blijft. Er worden geen extra of overbodige materialen toegepast, wat bijdraagt aan het verminderen van het totale grondstoffengebruik.

Slow the loop (strategie 2)

De warmtewisselaars in datathermie-installaties hebben een levensduur van 20 tot 30 jaar en de pompinstallaties gaan ongeveer 15 jaar mee. Door gebruik te maken van onderdelen met een lange levensduur en de mogelijkheid tot hergebruik van WKO-systemen, worden materialen langdurig in de kringloop gehouden.

Close the loop (strategie 3)

De materialen die worden toegepast, zoals metalen in warmtewisselaars en pompen, zijn over het algemeen goed recyclebaar. Net als bij aquathermie kunnen deze materialen na gebruik hoogwaardig worden teruggewonnen en opnieuw worden ingezet. Ook elektronische componenten kunnen via gespecialiseerde recycling worden verwerkt om waardevolle grondstoffen terug te winnen.

Warmtenetten

Close the loop (strategie 3)

Stalen mediumbuizen scoren goed op het gebied van circulariteit, omdat staal vrijwel volledig kan worden teruggewonnen en zonder kwaliteitsverlies opnieuw kan worden ingezet. Ook PE-kunststoffen, zoals mantelbuizen en leidingen, zijn gunstig omdat ze als thermoplast eenvoudig kunnen worden omgesmolten en opnieuw verwerkt tot nieuwe producten. Dit zorgt ervoor dat deze materialen na hun gebruiksfase hoogwaardig kunnen worden gerecycled.

Substitutie (strategie 4)

PUR-isolatie vormt een beperking voor circulariteit, omdat dit materiaal door zijn chemische structuur niet kan worden omgesmolten of als hoogwaardige grondstof kan worden hergebruikt. Als alternatief wordt PET-schuim onderzocht, dat beter recyclebaar is en zijn isolatiewaarde langer behoudt. Toepassing van PET-schuim zou de circulariteit van warmtenetleidingen verbeteren, maar dit materiaal bevindt zich nog in de onderzoeksfase en is nog niet breed toegepast [\[Mangs, 2005\]](#).

Lucht-water-warmtepomp

Narrow the loop (strategie 1)

Er is een opkomst van een markt voor grotendeels hergebruikte warmtepompen. Dit draagt indirect bij aan het beperken van de behoefte aan nieuwe materialen [\[Schreurs, 2024\]](#).

Slow the loop (strategie 2)

De circulaire waarde van warmtepompen wordt verhoogd door hergebruik van bestaande systemen. Door gebruikte warmtepompen opnieuw in te zetten, blijft de levensduur van materialen en componenten langer behouden. Wel is het belangrijk om te letten op de efficiëntie van oudere systemen, aangezien deze tijdens de gebruiksfase minder duurzaam kunnen zijn.

Close the loop (strategie 3)

Warmtepompen bestaan grotendeels uit metalen zoals staal, koper en aluminium, evenals thermoplastische kunststoffen. Deze materialen zijn goed te recyclen, waardoor een groot deel van de materiaalwaarde behouden blijft. Aluminium, koper en staal uit lucht-water-warmtepompen zijn goed terug te winnen. Een beperkende factor is de aanwezigheid van PUR-isolatie in sommige onderdelen, omdat dit materiaal lastig te recyclen is.

Bodemwarmtepomp

Slow the loop (strategie 2)

De gebouwgebonden componenten van bodemwarmtepompen hebben een vergelijkbare levensduur als bij lucht-water-warmtepompen. Voor de ondergrondse bodemlus geldt dat deze langdurig in gebruik blijft, maar hergebruik of terugwinning na de gebruiksfase is niet mogelijk omdat de bodemlus in de bodem achterblijft [[Schout & Bloemendal, 2022](#)].

Close the loop (strategie 3)

Bodemwarmtepompen bevatten veel metalen en thermoplastische kunststoffen die goed te recyclen zijn. Het PE-leidingmateriaal van de bodemlus is in principe uitstekend geschikt voor recycling. In de praktijk wordt de bodemlus echter niet teruggewonnen, waardoor recycling van dit materiaal niet plaatsvindt. Dit verlaagt de circulariteit van bodemwarmtepompen ten opzichte van lucht-water-warmtepompen, waar meer materialen daadwerkelijk kunnen worden teruggewonnen en gerecycled.

Hergebruik bestaande gasleidingen

Narrow the loop (strategie 1)

Door bestaande gastransportleidingen te hergebruiken voor warmtedistributie of lage-temperatuur warmtesystemen wordt het gebruik van nieuwe materialen beperkt. Dit is vooral gunstig bij de aanleg van nieuwe warmtenetten met grote diameters, omdat de behoefte aan nieuwe staalproductie afneemt.

Slow the loop (strategie 2)

Het hergebruiken van bestaande leidingen verlengt de levensduur van deze infrastructuur en zorgt ervoor dat de materialen langer in gebruik blijven. Voorwaarde is wel dat de leidingen voldoen aan de technische eisen voor het nieuwe gebruik, zoals wanddikte, materiaalkwaliteit en drukklasse.

Close the loop (strategie 3)

Het direct hergebruiken van gasleidingen in een nieuwe toepassing sluit de kringloop op productniveau, omdat de leidingen niet eerst tot grondstof hoeven te worden teruggebracht, maar als geheel opnieuw worden ingezet.

Isolatie van gebouwen

Narrow the loop (strategie 1)

Het toepassen van circulaire en biobased isolatiematerialen kan bijdragen aan een efficiënter gebruik van grondstoffen, zeker wanneer bijvoorbeeld gerecyclede minerale wol of cellulose-vlokken uit oud papier worden gebruikt. Dit voorkomt de inzet van nieuwe, primaire grondstoffen.

Slow the loop (strategie 2)

Goed geïsoleerde woningen blijven langer efficiënt functioneren binnen een ZLT-warmtenet. De inzet van duurzame isolatiematerialen draagt bij aan de levensduur en toekomstbestendigheid van de woning, waardoor de materialen langer in gebruik blijven.

Close the loop (strategie 3)

Veel van de genoemde biobased isolatiematerialen, zoals houtvezel, cellulose, hennep en vlas, zijn goed recyclebaar of zelfs composteerbaar. Dit betekent dat de materialen na hun gebruiksfase opnieuw kunnen worden ingezet of op een milieuvriendelijke manier kunnen worden afgebroken.

Substitutie (strategie 4)

Door te kiezen voor biobased materialen als houtvezel, cellulose, hennep en vlas, worden eindige en fossiele grondstoffen vervangen door hernieuwbare alternatieven. Dit verkleint de milieuoetadruk van de woning en draagt bij aan een toekomstbestendige en circulaire woonoplossing.

Effectbeschrijving alternatieven

Alternatief 1 - MT-Warmtenet

Bij een MT-Warmtenet is de levensduur een belangrijk aspect van de circulariteit. De levensduur van het warmtenet is circa 40 jaar [CE Delft, 2019]. De bovengrondse installaties van het warmtenet hebben een levensduur van circa 15 jaar [WZL, 2025]. Daarnaast heeft de afleverset een levensduur van 15 jaar [CE Delft, 2019]. Dit laatste is lager dan de water-water-warmtepomp bij een ZLT-warmtenet. Vanwege de problematiek van bodemdaling in het gebied is de verwachting dat warmteleidingen vaker vervangen moeten worden. Bij kabels is dit minder het geval omdat die flexibeler zijn.

Variant geothermie

Geothermie met een MT-warmtenet heeft een hoge materiaalbelasting in de broninstallatie, met veel staal in productie- en injectieputten en RVS in warmtewisselaars en HTO-leidingwerk. Glasvezelversterkt kunststof beperkt circulariteit. Het putgedeelte wordt aan het einde van de levensduur afgedicht, waardoor materialen in de bodem blijven en niet worden teruggewonnen. Bovengrondse componenten zoals pompen en warmtewisselaars zijn wel recyclebaar. Metalen en PE-componenten in het leidingnet zijn goed herbruikbaar, PUR blijft beperkend. Deze variant wordt als zeer negatief (--) beoordeeld.

Variant datathermie

Datathermie met een MT-warmtenet gebruikt een centrale warmtepomp en hogere temperatuurdistributie. De centrale unit is modulair opgebouwd, waardoor componenten relatief eenvoudig kunnen worden vervangen of teruggewonnen. Materiaalgebruik in de WKO is beperkt. Metalen, PVC en PE-componenten in het leidingnet zijn goed herbruikbaar, PUR beperkt het circulair potentieel. Deze variant wordt als negatief (-) beoordeeld.

Variant aquathermie

Aquathermie met een MT-warmtenet gebruikt hogere distributietemperaturen en een centrale warmtepomp. Deze centrale units zijn modulair opgebouwd, met aparte compressoren, warmtewisselaars, pompen en appendages, waardoor demontage en hergebruik eenvoudiger zijn. Het materiaalgebruik in leidingen is lager dan bij ZLT, de centrale warmtepomp bevat veel koper, staal en elektronica. Metalen, PVC en PE-componenten zijn goed herbruikbaar, PUR zorgt voor een beperking op de circulariteit.

Deze variant wordt als negatief (-) beoordeeld.

Alternatief 2 - ZLT-Warmtenet

Bij een ZLT-Warmtenet is de levensduur een belangrijk aspect van de circulariteit. De levensduur van het warmtenet is circa 40 jaar [CE Delft, 2019]. De bovengrondse installaties van het warmtenet hebben een levensduur van circa 15 jaar [WZL, 2025]. Daarnaast heeft water-water-warmtepomp een levensduur van 25-30 jaar [Duurzame Jongens, 2025]. Dit laatste is hoger dan de individuele afleversets die onderdeel zijn van het MT-warmtenet. Vanwege de problematiek van bodemdaling in het gebied is de verwachting dat, evenals bij het MT-warmtenet, warmteleidingen vaker vervangen moeten worden. Bij kabels is dit minder het geval omdat die flexibeler zijn.

Variant datathermie

Datathermie met een ZLT-warmtenet lijkt op aquathermie met een ZLT-warmtenet, met decentrale warmtepompen en WKO's als bron. De warmtepompen zijn individueel en minder modulair, wat losmaakbaarheid beperkt. Metalen componenten zijn recyclebaar, PVC en PE-leidingen zijn goed te hergebruiken, maar PUR beperkt het circulair potentieel.

Deze variant wordt als negatief (-) beoordeeld.

Variant aquathermie

Aquathermie met een ZLT-warmtenet combineert lage-temperatuurdistributie met individuele warmtepompen per woning en WKO's als bron. Deze warmtepompen zijn vaak compact en minder modulair, waardoor losmaakbaarheid en demontage moeilijker zijn. Metalen componenten (staal, koper, RVS) zijn goed recyclebaar, en PE-leidingen in de WKO kunnen omsmolten worden. PUR beperkt de circulariteit bij leidingen en binnendelen van warmtepompen. Gebouwisolatie biedt extra circulariteitswinst wanneer biobased of gerecycleerde materialen worden toegepast.

Deze variant wordt als negatief (-) beoordeeld.

Alternatief 3 - Warmtepomp

Variant lucht-water-warmtepomp

De levensduur van de individuele lucht-water-warmtepomp is 15-20 jaar [Duurzame Jongens, 2025], dit is vergelijkbaar met de bovengrondse installaties van de warmtenetten. Individuele lucht-waterwarmtepompen bevatten veel koper, aluminium, staal en elektronica. De units zijn groter dan de individuele water-water-warmtepompen van een ZLT-warmtenet, maar blijven vaak relatief compact en minder modulair, waardoor losmaakbaarheid beperkt is. Buitenunits bevatten veel recyclebare metalen, wat positief is voor circulariteit.

Deze variant wordt als neutraal (0) beoordeeld.

Variant bodemwarmtepomp

De levensduur van de bovengrondse installatie van de individuele bodemwarmtepomp is 25-30 jaar [Duurzame Jongens, 2025] en de bodemlus heeft een levensduur van 50-100 jaar [NPLW, 2023]. Dit is significant hoger dan de levensduur van de lucht-water-warmtepomp.

Bodemwarmtepompen combineren een gebouwgebonden warmtepompinstallatie met een ondergrondse PE-bodemlus. Bovengrondse componenten zoals koper, staal, aluminium en elektronica zijn goed recyclebaar. Dit betekent dat demontage van individuele onderdelen beperkt mogelijk is. Daarnaast blijft de ondergrondse PE-bodemlus blijft in de bodem en wordt niet teruggewonnen, ondanks dat het materiaal theoretisch recyclebaar is. Hierdoor is het praktische circulariteitspotentieel van de bodemwarmtepomp lager dan dat van lucht-water-warmtepompen, waar metalen en kunststofonderdelen gemakkelijker kunnen worden gedemonteerd en hergebruikt.

Deze variant wordt als neutraal (0) beoordeeld.

Effectbeoordeling

Tabel 9.53 toont de effectbeoordeling voor circulariteit.

Tabel 9.53 Effectbeoordeling circulariteit

Alternatief	MT-Warmtenet			ZLT-Warmtenet		Warmtepomp	
Variant	Geo-thermie	Data-thermie	Aqua-thermie	Data-thermie	Aqua-thermie	Bodem-warmtepomp	Lucht-water-warmtepomp
aanlegfase	--	-	-	-	-	0	0

9.7 Ruimtelijke kwaliteit

Ruimtelijke kwaliteit beschrijft de mate waarin een plan of project bijdraagt aan een goede, aantrekkelijke en duurzame inrichting van de ruimte. Daarbij gaat het om de inpassing van de ontwikkeling in de omgeving en om het behoud en de versterking van landschappelijke en stedenbouwkundige waarden. De belangrijkste effecten die verwacht worden bij het warmteprogramma zijn verrommeling van de buitenruimte en moeilijkheden voor de inpasbaarheid in de openbare ruimte. Bovengrondse installaties zoals warmtepompen of opslagunits kunnen zichtbare impact hebben op gemeente- en buurtbeelden. Daarnaast zullen met de aanleg van nieuwe ondergrondse leidingen extra transformatorhuisjes geplaatst moeten worden. Dit kan gevolgen hebben voor de bovengrondse inrichting, bijvoorbeeld door effecten op doorlopende groenstructuren en bomen of de straatinrichting.

Om visuele hinder te beperken is het belangrijk dat ontwerpkeuzes (kleur, materiaalgebruik, integratie in gevels of groen) zorgvuldig worden gemaakt. De combinatie van compacte woongebieden, infrastructuur en toenemende technologische voorzieningen vereist dat de gemeente aandacht heeft voor de kwaliteit van de buitenruimte, zodat die coherent blijft met het karakter van Diemen als stedelijk dorp en groene gemeente.

9.7.1 Zichtbaarheid en beleving

Zichtbaarheid en beleving beschrijft de mate waarin een ontwikkeling zichtbaar is in de openbare ruimte en hoe deze wordt ervaren door gebruikers en omwonenden. Tevens wordt gekeken naar in hoeverre de ontwikkeling aansluit bij de karakteristiek van de omgeving en welke effecten optreden op de ruimtelijke belevingswaarde. De belangrijkste effecten zijn verandering van beleving van de buitenruimte, inpasbaarheid in de openbare ruimte en ruimtelijke druk op kwetsbare wijken.

Ingreep-effectrelaties

De systeemonderdelen van de warmtealternatieven kunnen in de buurt zichtbaar zijn en daarmee effect hebben op de beleving van de openbare ruimte. De beleving van deze elementen in de omgeving is afhankelijk van de locatie, vormgeving en andere zichtbeperkende factoren in de nabijheid van de ingreep. Daarnaast is het geval dat hoe meer toevoegingen er zijn die niet horen bij de oorspronkelijke functionaliteit van het gebied, hoe meer de objecten als storend kunnen worden gezien. Het verandert de beleving van de omgeving.

De onderdelen van de warmtealternatieven die voor toename van technische objecten in de buurt kunnen zorgen zijn onderstations, pompunits en transformatorhuisjes. Daarnaast kunnen buitenunits van lucht-waterpompen of airco's die aan de buitenkant van woningen worden bevestigd en daarmee in het zicht worden geplaatst. Ook de aanleg van nieuwe ondergrondse leidingen kan een doorwerking hebben op de ruimte bovengronds, door bijvoorbeeld aantasting van groenstructuren of impact op de straatinrichting en het plaatsen van extra transformatorhuisjes (bij ZLT-warmtenet en warmtepompen). Bovendien zijn leidingen die aan de buitenzijde van gevels worden aangebracht ook in het zicht.

Wetgeving en beleid

In tabel 9.54 wordt de belangrijkste wetgeving en beleid rondom het criterium zichtbaarheid en beleving omschreven.

Tabel 9.54 Wetgeving en beleid zichtbaarheid en beleving

Wettelijk- en beleidskader	Omschrijving
nationaal	
Structuurvisie Infrastructuur en Ruimte (SVIR) (2012)	de structuurvisie biedt landelijke kaders voor stedelijke ontwikkeling, bereikbaarheid en ruimtelijke kwaliteit. Stimuleert compacte stedelijke groei, integratie van groen en infrastructuur en kwalitatief hoogwaardig openbaar gebied
omgevingswet (2023)	de omgevingswet bundelt regelgeving voor ruimtelijke ordening, milieu, bouwen en waterbeheer. De wet legt nadruk op integrale afwegingen: bij het inrichten van wijken, straten, pleinen en openbare ruimte moet niet alleen gekeken worden naar functionaliteit, maar ook naar beleving, zichtbaarheid, sociale interactie en kwaliteit van de leefomgeving. Gemeenten kunnen met de omgevingswet lokale regels (omgevingsplannen) vaststellen die bepalen hoe bebouwing, groen, water en infrastructuur zich tot elkaar verhouden
provinciaal	
Omgevingsvisie Noord-Holland	de omgevingsvisie beschrijft de provinciale ambitie voor ruimtelijke ontwikkeling, groenblauwe netwerken, stedelijke verdichting en cultuurhistorie. Biedt kaders voor waar gemeenten kunnen verdichten en waar open ruimte behouden blijft
Omgevingsverordening Noord-Holland	de omgevingsverordening legt regels vast over water, milieu, natuur, erfgoed en ruimtelijke kwaliteit. Invloed op de inrichting van openbare ruimte, zichtlijnen, groenvoorzieningen en bouwhoogtes
gemeentelijk	
Omgevingsvisie Diemen 2040	in de Omgevingsvisie Diemen 2040 zijn duidelijke afspraken en keuzes vastgelegd. De gemeente kiest ervoor om groei en verstedelijking vooral binnen de bestaande bebouwingsgrenzen op te vangen, zodat het buitengebied groen, rustig en recreatief kan blijven. Er wordt expliciet onderscheid gemaakt tussen het 'gezonde stedelijke dorp' en het 'groene buitengebied'. Daarnaast zijn zoekgebieden voor duurzame energie (wind en zon) aangewezen, waarbij planologische medewerking alleen wordt verleend onder strikte voorwaarden. De visie rust op vier strategische keuzes: ontmoeten en verbinden, een groene en gezonde leefomgeving, een duurzaam Diemen en groei binnen grenzen. Deze vormen de leidraad voor toekomstige ruimtelijke ontwikkelingen en geven richting aan de beleving en zichtbaarheid van de openbare ruimte
Welstandsnota Diemen 2012	de Welstandsnota Diemen 2012 bevat de afspraken en spelregels voor de ruimtelijke kwaliteit en het uiterlijk van gebouwen en bouwwerken. De nadruk ligt op het behoud en versterken van de samenhang tussen bebouwing en openbare ruimte, zodat de herkenbaarheid en beleving van Diemen behouden blijven. De nota benoemt criteria voor architectuur, vormgeving, materiaal- en kleurgebruik, met specifieke richtlijnen per gebiedstype (zoals historische dorpskern, uitbreidingswijken en bedrijventerreinen). Hiermee wordt gestuurd op een verzorgde, herkenbare en toekomstbestendige uitstraling van de bebouwde omgeving. De nota vormt daarmee een belangrijk toetsingskader om de zichtbaarheid, kwaliteit en beleving van de gebouwde omgeving te bewaken

Onderzoeksaanpak

De beoordeling is uitgevoerd met een kwalitatieve inschatting van de visuele impact van bovengrondse elementen, zoals warmtekasten, stations en leidingen. Er is gebruik gemaakt van expert judgement per buurttype om de invloed op de beleving in te schatten. Er wordt een beoordelingskader gehanteerd op basis van zichtbaarheid, integratie in het straatbeeld en mogelijk belevingsverlies. Tabel 9.55 toont de beoordelingsschaal voor zichtbaarheid en beleving.

Tabel 9.55 Beoordelingsschaal zichtbaarheid en beleving

Score	Toelichting
++	de warmteoplossing verbetert de belevingswaarde van de buitenruimte sterk
+	de warmteoplossing verbetert de belevingswaarde van de buitenruimte enigszins
0	het warmtealternatief leidt niet tot verandering van de beleving van de buitenruimte
-	de warmteoplossing zorgt voor een negatief effect op de belevingswaarde van de buitenruimte. de toevoegingen van objecten zijn echter in te passen in de omgeving door plaatsing in groen en architectonische keuzes
--	de warmteoplossing zorgt voor een zeer negatief effect op de belevingswaarde van de buitenruimte. de toevoegingen van objecten zijn slecht in te passen in de omgeving

Effectbeschrijving

Alternatief 1 - MT-Warmtenet

De installaties die voor een MT-warmtenet invloed hebben op de buitenruimte zijn onderstations. Voor een MT-warmtenet gaat dit in totaal om 34 onderstations verspreid over de gemeente. Afhankelijk van de precieze inpassing, kan dit effecten hebben op de ruimtelijke kwaliteit in de gemeente. Het toevoegen van gebouwen met een technische uitstraling in een uniforme wijk valt erg op. De beleving van de wijk verandert voor de bewoners. Door de locatie en het ontwerp van deze gebouwen aan te passen aan hun omgeving en/of het in te passen in het groen kan dit effect verminderd worden. Dit alternatief wordt negatief (-) beoordeeld.

Variant geothermie

Geothermie heeft gemiddeld genomen een marginale visuele impact op het landschap. Het merendeel van de installaties bevindt zich ondergronds; alleen kleine bovengrondse elementen, zoals een gebouw behorend bij de bron en leidingsystemen, blijven zichtbaar. Door gebruik te maken van natuurlijke materialen, landschappelijke beplanting en een compacte ontwerpvorm, is de installatie naar verwachting goed in te passen en blijft de visuele overlast waarschijnlijk beperkt. De variant geothermie wordt negatief (-) beoordeeld.

Variant datathermie

Datathermie maakt gebruik van restwarmte uit datacenters, waarbij nagenoeg alle technische voorzieningen binnenshuis zijn geplaatst. Bovengronds blijven alleen enkele ondersteunende elementen zichtbaar, zoals leidingen en compacte technische ruimtes. Met een zorgvuldige architectonische en technische inpassing kan de installatie beperkt zichtbaar blijven voor de omgeving, waardoor de visuele impact minimaal is en het bestaande karakter van de locatie behouden blijft. De variant datathermie wordt negatief (-) beoordeeld.

Variant aquathermie

Aquathermie heeft een zeer beperkte visuele impact. De technische componenten zijn grotendeels ondergronds of onder water geplaatst, zoals leidingen en warmtewisselaars. Bovengronds zijn slechts beperkte voorzieningen zichtbaar, bijvoorbeeld een klein pompgebouwtje. Door compactheid en een zorgvuldige afstemming op de omgeving blijft het bestaande landschap of dorpsbeeld nagenoeg intact.

Een WKO-installatie heeft een zeer beperkte visuele impact op de omgeving. Het systeem bestaat hoofdzakelijk uit ondergrondse leidingen, waardoor bovengronds slechts beperkte technische voorzieningen zichtbaar zijn, zoals leidingwerk of een compacte technische ruimte in of nabij een gebouw. In veel gevallen worden deze voorzieningen geïntegreerd in bestaande bebouwing, bijvoorbeeld in een kelder, technische ruimte of utiliteitsgebouw. Door deze integratie en een zorgvuldige inrichting van het maaiveld blijft het straat- of landschapsbeeld vrijwel ongewijzigd. Hierdoor is de permanente visuele impact van een WKO-installatie gering en wordt het bestaande karakter van de omgeving behouden. De variant aquathermie wordt negatief (-) beoordeeld.

Alternatief 2 - ZLT-warmtenet (variant Aquathermie en Datathermie)

De installaties die voor een ZLT-warmtenet invloed hebben op de buitenruimte zijn onderstations en transformatorhuisjes. Voor een ZLT-warmtenet gaat dit in totaal om 34 onderstations en 6 transformatorhuisjes verspreid over de gemeente. Afhankelijk van de precieze inpassing, kan dit effecten hebben op de ruimtelijke kwaliteit in de gemeente. Het toevoegen van gebouwen met een technische uitstraling in een uniforme wijk valt erg op. De beleving van de wijk verandert voor de bewoners. Door de locatie en het ontwerp van deze gebouwen aan te passen aan hun omgeving en/of het in te passen in het groen kan dit effect verminderd worden. Dit alternatief wordt negatief (-) beoordeeld.

Alternatief 3 - Warmtepomp

Variant bodemwarmtepomp

Bij toepassing van bodemwarmtepompen stijgt de elektriciteitsvraag in de buurt, wat tot plaatsing van 7 transformatorhuisjes in de gemeente leidt. Afhankelijk van de precieze inpassing, kan dit effecten hebben op de ruimtelijke kwaliteit in de gemeente. Het toevoegen van gebouwen met een technische uitstraling in een uniforme wijk valt erg op. De beleving van de wijk verandert voor de bewoners. Door de locatie en het ontwerp van deze gebouwen aan te passen aan hun omgeving en/of het in te passen in het groen kan dit effect verminderd worden. Dit alternatief wordt negatief (-) beoordeeld.

Variant lucht-water-warmtepomp

Bij toepassing van lucht-water-warmtepompen stijgt de elektriciteitsvraag in de buurt, wat tot plaatsing van 12 transformatorhuisjes in de gemeente leidt. Afhankelijk van de precieze inpassing, kan dit effecten hebben op de ruimtelijke kwaliteit in de gemeente. Het toevoegen van gebouwen met een technische uitstraling in een uniforme wijk valt erg op. De beleving van de wijk verandert voor de bewoners. Door de locatie en het ontwerp van deze gebouwen aan te passen aan hun omgeving en/of het in te passen in het groen kan dit effect verminderd worden.

Daarnaast bestaat een lucht-water-warmtepomp uit een buitenunit die meestal zichtbaar is op of nabij een gebouw, bijvoorbeeld aan een gevel, op het dak of in de tuin. Hoewel deze warmtepompen relatief compact zijn en de vormgeving neutraal is, kan de plaatsing invloed hebben op de visuele kwaliteit van een omgeving. Bij een doordachte positionering en het gebruik van afschermende elementen zoals groene erfafscheidingen of omkastingen, kan de impact worden beperkt. Of dit mogelijk is afhankelijk van het buurttype. Er geldt een algemene negatieve (-) beoordeling, dit wordt verder toegelicht in onderscheid buurttypen.

Effectbeoordeling

Tabel 9.56 toont de effectbeoordeling voor zichtbaarheid en beleving.

Tabel 9.56 Effectbeoordeling zichtbaarheid en beleving

Alternatief	MT-Warmtenet			ZLT-Warmtenet		Warmtepomp	
	Geo-thermie	Data-thermie	Aqua-thermie	Data-thermie	Aqua-thermie	Bodem-warmtepomp	Lucht-water-warmtepomp
gebruiks-fase	-	-	-	-	-	-	-

Onderscheid buurttypen

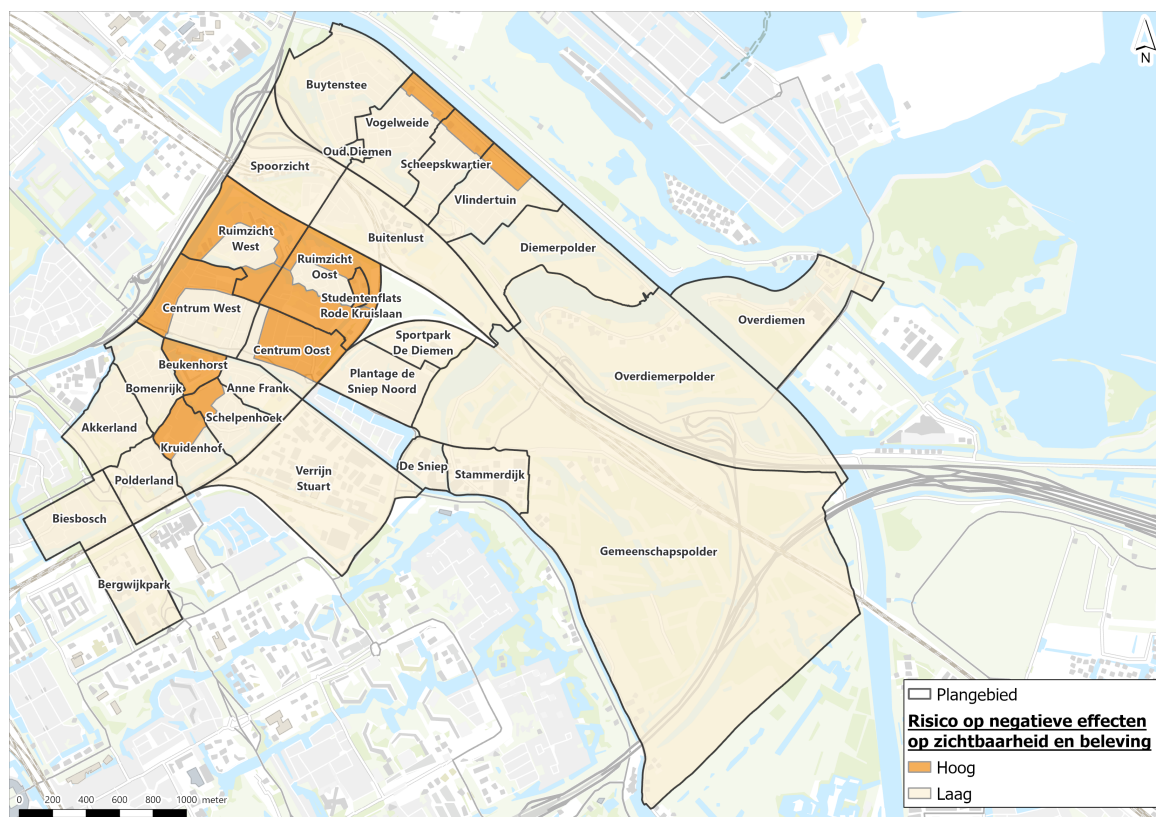
In buurttypen met een tuin, zoals tuinstad laagbouw, bloemkoolwijk, tuindorp, naoorlogse woonwijk en Vinexwijk, is de visuele impact van lucht-water-warmtepompen beperkt. De aanwezigheid van achter- of zijtuinen, groengeoriënteerde inrichting en de mogelijkheid om installaties uit het directe zicht van de openbare ruimte te plaatsen dragen bij aan het behoud van het bestaande straatbeeld. Het gebruik van

afschermende elementen, zoals groene erfafscheidingen of omkastingen, kan bovendien helpen om de buitenunit in de omgeving te laten verdwijnen.

Op bedrijventerreinen is de visuele impact eveneens gering omdat technische installaties hier al deel uitmaken van het stedelijke en landschappelijke beeld. Plaatsing op daken of gevels sluit aan bij het industriële karakter zonder significante verstoring.

Volkswijken, hoogbouw tuinstad en hoogbouw ervaren de grootste visuele hinder van lucht-water-warmtepompen. Door de hoge bebouwingsdichtheid, beperkte buitenruimte en de zichtbaarheid van gevels en balkons zijn individuele installaties direct zichtbaar vanaf de openbare ruimte. Dit kan bijdragen aan een versnipperd gevelbeeld en het verlies van de ruimtelijke samenhang in de wijk. Om visuele effecten in deze buurttypen te beperken, zijn collectieve oplossingen, centrale plaatsing of integratie in gemeenschappelijke technische voorzieningen de meest geschikte aanpak. Afbeelding 9.8 toont het risico op negatieve effecten op zichtbaarheid en beleving op basis van de buurttypen.

Afbeelding 9.8 Risico op negatieve effecten op zichtbaarheid en beleving



9.7.2 Bovengronds ruimtegebruik

Ingreep-effectrelaties

Voor het aanleggen en gebruiken van een warmtesysteem is er ruimte nodig. De installaties van boorputten of pompstations bij warmtebronnen, energiecentrales, warmteoverdrachtstations, onderstations en transformatorhuizen hebben bovengronds ruimtebeslag in de openbare ruimte. De hoeveelheid ruimtebeslag is verschillend per alternatief. Ook de ruimte die wijken bieden is verschillend. Mogelijk heeft dit effecten op de haalbaarheid van een alternatief.

Wetgeving en beleid

In het omgevingsplan van de gemeente Diemen is vastgelegd welke activiteiten, gebouwen en bouwwerken waar in de openbare ruimte zijn toegestaan.

Onderzoeksmethodiek

Om het ruimtegebruik in de openbare ruimte te bepalen wordt berekend wat het ruimtebeslag in vierkante meters in de openbare ruimte is van de alternatieven. De uitgangspunten van het ruimtebeslag van de verschillende technieken in de alternatieven zijn beschreven in hoofdstuk 6. Samen met de gebouw-bebouwingsdichtheid van de buurten wordt deze informatie gebruikt om te bepalen of er voldoende ruimte is in de buurt om aanvullende gebouwen te plaatsen. Tabel 9.57 toont de beoordelingsschaal voor bovengronds ruimtegebruik.

Tabel 9.57 Beoordelingsschaal bovengronds ruimtegebruik in de openbare ruimte

Score	Toelichting
++	niet van toepassing
+	niet van toepassing
0	er is geen verandering ten opzichte van de referentiesituatie, er zijn geen technische gebouwen nodig in de buurt of de toename van het bovengronds ruimtegebruik van de warmteoplossing is kleiner dan 400 m ²
-	het bovengronds ruimtegebruik van de warmteoplossing ligt tussen 400 en 10.000 m ²
--	het bovengronds ruimtegebruik van de warmteoplossing is meer dan 10.000 m ²

Alternatief 1 - MT-warmtenet

Voor alle varianten is een netverzwaring nodig, waarvan onderstations, inclusief piekvoorzieningen met e-boilers, een ruimtebeslag van circa 1.193 m² hebben. Deze bovengrondse gebouwen nemen enkele vierkante meters in beslag en worden vaak geplaatst op stoepen of kleine terreinen. In dichtbebouwde wijken kan het cumulatieve effect aanzienlijk zijn. Werkterreinen voor de aanleg van kabels zijn relatief beperkt, maar kunnen tijdelijk hinder veroorzaken.

Variant geothermie

De geothermievariant vraagt om een relatief groot ruimtebeslag vanwege het centrale karakter. Geothermische boorlocaties (doubletten) hebben een aanzienlijke oppervlakte van circa 8.400 m² nodig per locatie en een geothermische centrale beslaat gemiddeld 3.600 m². Samen met de gemeenschappelijke componenten kan het totale permanente ruimtebeslag voor een geothermievariant oplopen tot circa 14.500 m², afhankelijk van de uiteindelijke configuratie.

Naast het permanente beslag kent geothermie ook een tijdelijke impact op de openbare ruimte. Voor booractiviteiten is extra terrein nodig, variërend van 2.500 tot 10.000 m². Vanwege het grote ruimtebeslag voor de geothermiecentrale wordt deze variant als zeer negatief (--) beoordeeld.

Variant datathermie

De variant datathermie heeft een beperkter bovengronds ruimtegebruik, doordat dit systeem voornamelijk berust op decentrale installaties. De warmteoverdrachtstations hebben een ruimtebeslag van 1.145 en 1.272 m². Het totale ruimtebeslag van datathermie ligt in de orde van 3.700 m², exclusief datacenters. Datathermie wordt als negatief (-) beoordeeld.

Variant aquathermie

Bij aquathermie wordt warmte uit oppervlaktewater gewonnen door middel van een toevoerinstallatie die een ruimte van circa 115 m² vereist. Daarnaast neemt een warmteoverdrachtstation ongeveer 1.229 m² in beslag. Voor aquathermie zijn er meer WKO's nodig, maar dit neemt nauwelijks extra bovengrondse ruimte in. Het totale bovengrondse ruimtebeslag van aquathermie, inclusief de gemeenschappelijke componenten, ligt rond de 3.900 m². Aquathermie wordt als negatief (-) beoordeeld.

Tabel 9.58 Totaal bovengronds ruimtegebruik MT-Warmtenet per variant

Onderdeel systeem	Geothermie oppervlakte (m ²)	Datathermie oppervlakte (m ²)	Aquathermie oppervlakte (m ²)
geothermie boorlocatie doubletten	8.400		
geocentrale	3.600		
HTO	9		
WOS	1.229	1.145 + 1.272	2.418
piekvoorziening E-boiler in onderstations	105	105	105
onderstations incl. e-boilers	1.193	1.193	1.193
WKO-doubletten		15	40
inlaat aquathermie			115
totaal	14.536	3.730	3.871

Alternatief 2 - ZLT-warmtenet

Bij een ZLT-warmtenet zijn er 6 transformatorhuisjes met een ruimtegebruik van 39 m². De oppervlaktes van de warmteoverdrachtsstations en onderstations nemen af omdat er geen collectieve warmtepompen en e-boilers zijn. Het ruimtegebruik in de woning neemt echter wel toe, er is een binnenunit van de warmtepomp, boiler en opslagvat in iedere woning nodig. De verschillen tussen datathermie en aquathermie zijn voor een ZLT-warmtenet minimaal. Daarom worden beiden varianten negatief (-) beoordeeld.

Variant datathermie

De variant datathermie heeft een beperkter bovengronds ruimtegebruik, doordat dit systeem voornamelijk berust op decentrale installaties. De warmteoverdrachtstations hebben een ruimtebeslag van 1.145 en 1.272 m². Het totale ruimtebeslag van een datathermie ligt in de orde van 2.400 m², exclusief datacenters.

Variant aquathermie

Bij aquathermie wordt warmte uit oppervlaktewater gewonnen door middel van een toevoerinstallatie die een ruimte van circa 115 m² vereist. Daarnaast neemt een warmteoverdrachtstation ongeveer 1.229 m² in beslag. Voor aquathermie zijn er meer WKO's nodig, maar dit neemt nauwelijks extra bovengrondse ruimte in. Het totale bovengrondse ruimtebeslag van een aquathermie, inclusief de gemeenschappelijke componenten, ligt rond de 2.500 m².

Tabel 9.59 Ruimtegebruik ZLT-warmtenet per variant

Onderdeel systeem	Datathermie oppervlakte (m ²)	Aquathermie oppervlakte (m ²)
inlaat aquathermie		115
WKO-doubletten	15	40
WOS	582 + 647	1.229
onderstations	1.088	1.088
transformatorhuisjes	39	39
totaal	2.381	2.511

Alternatief 3 - Warmtepomp

Bij warmtepompen moet het elektriciteitsnet het meest verzwaard worden. De toename in bovengronds ruimtegebruik bestaat alleen uit transformatorhuisjes. De lucht-water-warmtepomp geeft een bovengronds ruimtegebruik van 78 m² en is daarmee als neutraal (0) beoordeeld. De bodemwarmtepomp heeft een bovengronds ruimtegebruik van 46 m² en is daarmee neutraal (0) beoordeeld.

Tabel 9.60 Ruimtegebruik warmtepompen

Onderdeel systeem	Lucht-water-warmtepomp (m ²)	Bodemwarmtepomp (m ²)
transformatorhuisjes	78	46

Effectbeoordeling

Tabel 9.61 toont de effectbeoordeling voor bovengronds ruimtegebruik.

Tabel 9.61 Effectbeoordeling bovengronds ruimtegebruik

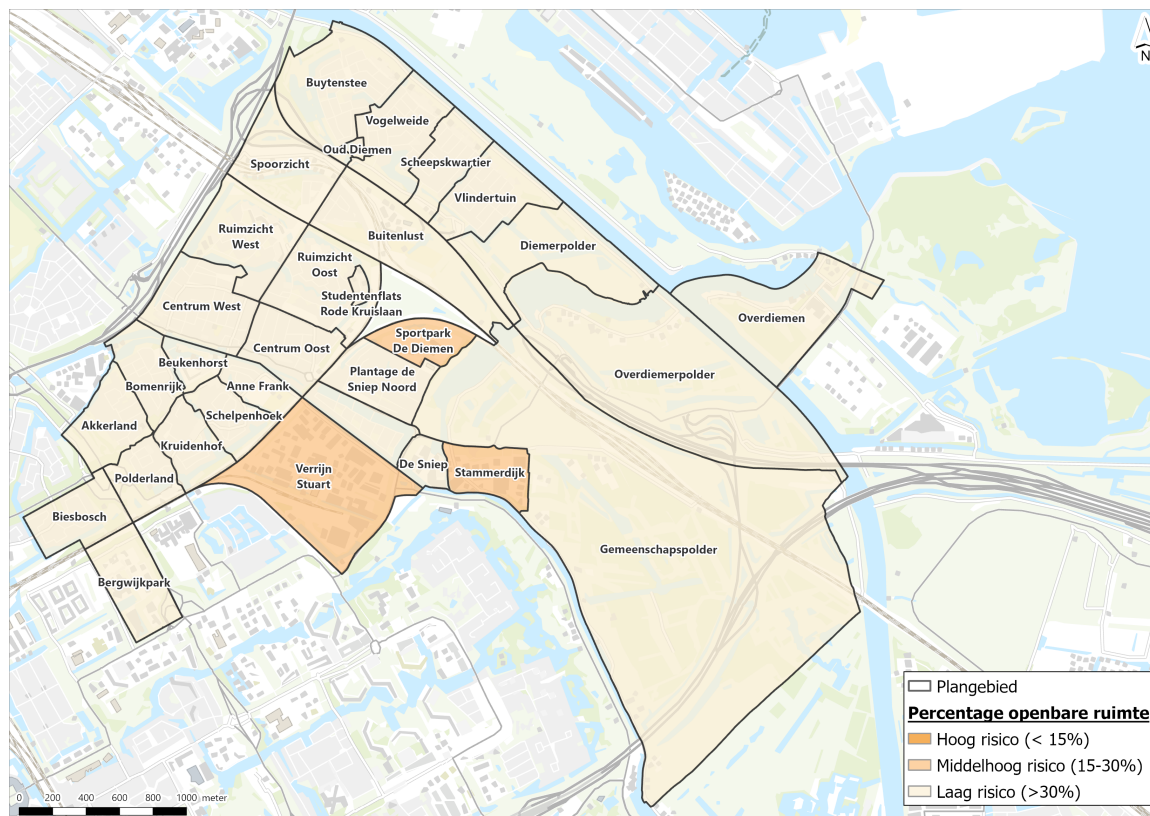
Alternatief	MT-Warmtenet			ZLT-Warmtenet		Warmtepomp	
Variant	Geo-thermie	Data-thermie	Aqua-thermie	Data-thermie	Aqua-thermie	Bodem-warmtepomp	Lucht-water-warmtepomp
gebruiks-fase	--	-	-	-	-	0	0

Locatiespecifieke beoordeling

Voor de locatiespecifieke beoordeling wordt bepaald of er een negatief effect plaatsvindt op de ruimte in de buurt. Als er ruimtebeslag is in de openbare ruimte is dit effect groter als de hoeveelheid openbare ruimte in de buurt beperkt is. Om dit te bepalen is het percentage openbare ruimte gebruikt. Het percentage openbare ruimte is berekend met het openbaar groen en percelen in eigendom van gemeente Diemen. Water en wegen zijn hier vervolgens uit verwijderd en niet meegenomen.

In de meeste wijken van Diemen is het percentage openbare ruimte hoger dan 30 % (zie afbeelding 9.9). In deze wijken wordt verwacht dat het bovengrondse ruimtebeslag inpasbaar is. In de wijken Sportpark de Diemen, Verrijn Stuart en Stammerdijk is het percentage openbare ruimte tussen de 15 - 30 %. In deze wijken is ruimtegebruik een groter aandachtspunt.

Afbeelding 9.9 Percentage openbare ruimte in Diemen



9.8 Verkeer

Ingreep-effectrelaties

Graafwerkzaamheden en het transport van materiaal ten behoeve van de aanleg van warmte-infrastructuur kunnen de verkeersintensiteit en verkeersdoorstroming beïnvloeden. Deze activiteiten veroorzaken tijdelijke verkeersbewegingen van bouw- en transportverkeer en kunnen leiden tot wegafsluitingen, verminderde bereikbaarheid en omleidingen. Hierdoor kunnen lokale verkeerscongestie, vertragingen en verminderde verkeersveiligheid optreden. De effecten zijn afhankelijk van de omvang en fasering van de werkzaamheden en van de beschikbare ruimte in de bestaande infrastructuur.

Omdat warmtenetten veelal onder de straat worden aangelegd, moeten rijbanen en trottoirs tijdelijk worden opengebroken. Hierdoor kan gedurende enkele weken tot circa een half jaar sprake zijn van lokale verkeershinder, afhankelijk van de lengte van het tracé, de omstandigheden in de buurt en de uitvoeringsvolgorde.

Wetgeving en beleid

In tabel 9.62 wordt de belangrijkste wetgeving en beleid rondom het criterium verkeer omschreven.

Tabel 9.62 Wetgeving en beleid verkeer

Wettelijk- en beleidskader	Omschrijving
nationaal	
Wegenverkeerswet (1994)	basiskader voor de veiligheid en doorstroming op de Nederlandse wegen. Regelt het gebruik van wegen, verkeersregels en bevoegdheden van wegbeheerders. Tijdens aanlegwerkzaamheden gelden tijdelijke verkeersmaatregelen op grond van deze wet, zoals afsluitingen of omleidingen. Relevante artikelen: Art. 2 (doel van verkeersmaatregelen: veiligheid, doorstroming, leefbaarheid)
Reglement verkeersregels en verkeerstekens (RVV, 1990)	het reglement is een uitwerking van verkeersregels en verkeersborden die ook gelden bij tijdelijke situaties tijdens aanleg. Beheerders passen tijdelijke verkeersmaatregelen toe conform dit reglement, bijvoorbeeld voor omleidingen, snelheidsbeperkingen en voorrangssituaties
Wegenwet (1930)	de Wegenwet regelt de status en het beheer van openbare wegen. Bepaalt welke overheid bevoegd gezag heeft voor afsluitingen, verleggingen of tijdelijke beperkingen van de openbaarheid van wegen bij werkzaamheden. Relevante artikelen: Art. 6–9 (beheer en openbaarheid)
omgevingswet (2024)	de omgevingswet integreert verkeers- en mobiliteitsaspecten in de fysieke leefomgeving. Gemeenten en provincies kunnen via het Omgevingsplan of de Omgevingsverordening regels stellen over bereikbaarheid, verkeersveiligheid en de inrichting van infrastructuur bij werkzaamheden. Relevante onderdelen: Hoofdstuk 2 (toedeling functies fysieke leefomgeving), Art. 2.18 (instructieregels verkeer en vervoer)
Arbeidsomstandighedenwet (Arbowet)	de Arbowet stelt eisen aan veilige werksituaties in de openbare ruimte, waaronder veilige afzettingen en verkeersmaatregelen ter bescherming van werknemers en weggebruikers. Deze wet is indirect relevant tijdens de aanlegfase
Provinciaal	
Opgave Verkeersveiligheid Noord-Holland 2030	in het document 'Opgave Verkeersveiligheid Noord-Holland 2030' is een duidelijke ambitie geformuleerd: nul verkeersslachtoffers in 2050. De provincie stelt zich verantwoordelijk voor het verbeteren van risicowegen, het ondersteunen van gemeenten met subsidies voor infrastructuurverbetering én het bevorderen van veilige fiets- en voetgangersroutes. Deze elementen zorgen voor afstemming, data-deling en gezamenlijke uitvoering van mobiliteitstrategie en verkeersmanagement
Perspectief Mobiliteit	in dit stuk staat de inzet van de provincies inzet voor een duurzaam, veilig en efficiënt mobiliteitssysteem vastgelegd. Het beleid richt zich op het verminderen van de mobiliteitsbehoefte, het veranderen van reisgedrag richting duurzame vervoerswijzen, en het verbeteren van de bestaande infrastructuur. De provincie wil hiermee de bereikbaarheid vergroten, de leefomgeving verbeteren en verkeersveiligheid waarborgen. Samenwerking tussen overheden en vervoerders speelt daarbij een centrale rol
regio	
beleidskader Mobiliteit Vervoerregio Amsterdam	het verkeers- en vervoerbeleid van de Vervoerregio Amsterdam vormt het regionale kader voor bereikbaarheid en mobiliteit binnen de metropoolregio Amsterdam. In dit beleidskader zijn de gezamenlijke ambities vastgelegd voor een veilig, duurzaam en toegankelijk mobiliteitssysteem, waarbij de mens centraal staat. Het beleid is richtinggevend voor regionale programma's, projecten en investeringsbeslissingen. Daarbij wordt ingezet op samenhang tussen lopen, fietsen, openbaar vervoer en andere vormen van mobiliteit. De uitvoering van het beleid vindt plaats binnen het wettelijk kader van de Wet gemeenschappelijke regelingen en wordt ondersteund door onder meer de participatieverordening, die de betrokkenheid van inwoners en belanghebbenden borgt, en de BDU Infrastructuur, die voorziet in de financiering en uitvoering van infrastructurele maatregelen
gemeentelijk	
Diemen 2040, toegankelijk, duurzaam en verbonden - Mobiliteitsvisie	dit document schetst de visie op mobiliteit en verkeer in de gemeente van de toekomst. Het richt zich op een toegankelijk vervoerssysteem waarin fietsers, voetgangers, openbaar vervoer en elektrische voertuigen naadloos samenwerken. Duurzaamheid staat centraal: verkeer wordt efficiënter, emissies worden verminderd en groene infrastructuur maakt de gemeente leefbaar. Daarnaast benadrukt het document verbondenheid: slimme verkeersoplossingen en digitale technologie zorgen voor veilige, vlotte en goed geïntegreerde routes binnen Diemen en naar de omliggende regio. Het resultaat is een gemeente waarin mobiliteit mensen ondersteunt en tegelijkertijd bijdraagt aan een gezonde, toekomstbestendige leefomgeving

Onderzoeksmethodiek

Voor het onderzoek naar de effecten van het warmteprogramma op verkeer wordt een methodiek gehanteerd die de potentiële ingrepen van de warmtetechnieken koppelt aan de bestaande verkeersstructuur en verkeersgevoeligheid in Diemen. Bij de beoordeling van deze effecten worden de potentiegebieden van warmtebronnen en de waarschijnlijkheid dat er in een wijk een warmtenet gaat worden aangelegd gecombineerd met de huidige verkeerssituatie per buurt en op gemeenteniveau.

De verkeerssituatie wordt zowel op gemeente- als buurniveau bepaald. Op gemeenteniveau worden kritieke punten in het projectgebied geïdentificeerd. Er wordt een analyse uitgevoerd van de overlap tussen de verschillende (potentiegebieden van) warmtebronnen en potentiële warmtenetten met de kritieke verkeersknooppunten. Door dit te combineren ontstaat een indicatie van de gevoeligheid van de buurt voor potentiële verkeershinder als gevolg van de werkzaamheden van het warmteprogramma.

Beoordelingsschaal

Tabel 9.63 toont de beoordelingsschaal voor verkeer. De tekens ++ beteken heel positief, + is positief, 0 is neutraal, - is negatief, en -- is zeer negatief.

Tabel 9.63 Beoordelingsschaal verkeer

Score	Toelichting
++	in het alternatief of de betreffende buurt leiden de ingrepen ten behoeve van het warmteprogramma naar verwachting tot duidelijke positieve effecten op de verkeerssituatie
+	in het alternatief of de betreffende buurt kunnen de ingrepen ten behoeve van het warmteprogramma leiden tot lichte of indirecte positieve effecten op de verkeerssituatie
0	in het alternatief of de betreffende buurt worden door het warmteprogramma geen veranderingen in effecten op de verkeerssituatie verwacht ten opzichte van de referentiesituatie
-	in het alternatief of de betreffende buurt is er risico op negatieve effecten op de verkeerssituatie ten gevolge van ingrepen ten behoeve van het warmteprogramma
--	in het alternatief of de betreffende buurt is er een hoog risico op negatieve effecten op de verkeerssituatie ten gevolge van ingrepen ten behoeve van het warmteprogramma

Effectbeschrijving

De aanleg van warmte-infrastructuur kan leiden tot verschillende typen verkeerskundige effecten. Deze effecten volgen uit de ingreep-effectrelaties waarbij graafwerkzaamheden en transportbewegingen de belangrijkste drukfactoren vormen. Dit vormt vooral een probleem waar de beschikbare wegcapaciteit beperkt is of waar reeds een hoge verkeersdruk bestaat. Dit is in Diemen slechts op een aantal plekken het geval.

Een uitbreiding van het elektriciteitsnet is noodzakelijk voor alle alternatieven, waarbij de uitbreiding voor warmtepompsystemen naar verwachting omvangrijker zal zijn dan voor MT-warmtenetten. Deze werkzaamheden zullen eveneens bijdragen aan transportbewegingen en mogelijk verkeershinder. Toch brengen de verschillen in elektriciteitsnetverzwaring geen significante of doorslaggevende effecten met zich mee voor de beoordeling van verkeer.

De effecten die kunnen plaatsvinden zijn de volgende:

Verkeersintensiteit en doorstroming

De werkzaamheden kunnen leiden tot extra verkeersbewegingen van bouw- en transportverkeer. Deze toename kan de verkeersintensiteit op omliggende wegen mogelijk verhogen en daarmee de kans op een verminderde doorstroming vergroten. Dit speelt vooral op locaties waar de beschikbare wegcapaciteit beperkt is of waar reeds een hoge verkeersdruk bestaat. De verwachting is dat dit in Diemen beperkt het geval zal zijn.

Bereikbaarheid en omleidingen

Het tijdelijk openbreken van rijbanen kan ertoe leiden dat straten of wegvakken minder toegankelijk worden. Hierdoor kunnen omleidingen noodzakelijk zijn, wat kan resulteren in langere reistijden, een mogelijke toename van druk op alternatieve routes en beperkingen in de toegankelijkheid voor bewoners, bedrijven en logistieke stromen. De hinder die wordt ervaren in Diemen zal beperkt zijn door lage drukte en goede mogelijkheden voor tijdelijke omleidingen.

Openbaar vervoer

Wanneer werkzaamheden plaatsvinden in de nabijheid van OV-infrastructuur kan sprake zijn van tijdelijke aanpassingen aan routes, haltes of frequenties. De kans hierop hangt samen met de mate van ruimtelijke overlap tussen ingrepen en OV-corridors. De verwachting bestaat dat er voor het OV tijdelijke omleidingen nodig zijn, maar dat deze geen grote hinder zullen opleveren in Diemen.

Verkeersveiligheid

Door de aanwezigheid van werkvakken, tijdelijk versmalde rijstroken en gewijzigde verkeersstromen kan de kans op onveilige verkeerssituaties toenemen. Dit kan zich voordoen op locaties waar veel verschillende verkeersdeelnemers samenkomen en waar de bewegingsruimte beperkt is. Door de beperkte drukte in Diemen is de verwachting dat de verkeersveiligheid niet in het geding zal komen door graafwerkzaamheden.

Alternatief 1 - MT-warmtenet

Voor de ondergrondse warmteleidingen in het MT-warmtenet zijn graafwerkzaamheden nodig die grotendeels op het straatoppervlak plaatsvinden. Deze werkzaamheden in de buurten kunnen tot een half jaar in beslag nemen. Door het slim faseren van de werkzaamheden, en het voorzien van goede wegomleidingen kan de impact op het verkeer beperkt worden. Daarom wordt dit alternatief neutraal (0) beoordeeld.

Alternatief 2 - ZLT-warmtenet

Voor de ondergrondse warmteleidingen in het ZLT-warmtenet zijn graafwerkzaamheden nodig die grotendeels op het straatoppervlak plaatsvinden. Deze werkzaamheden in de buurten kunnen tot een half jaar in beslag nemen. Door het slim faseren van de werkzaamheden, en het voorzien van goede wegomleidingen kan de impact op het verkeer beperkt worden. Daarom wordt dit alternatief neutraal (0) beoordeeld.

Alternatief 3 - Warmtepomp

Bij dit alternatief worden geen negatieve effecten van op het verkeer verwacht. De beoordeling van dit alternatief is neutraal (0).

Effectbeoordeling

Tabel 9.64 toont de effectbeoordeling voor verkeer.

Tabel 9.64 Effectbeoordeling verkeer

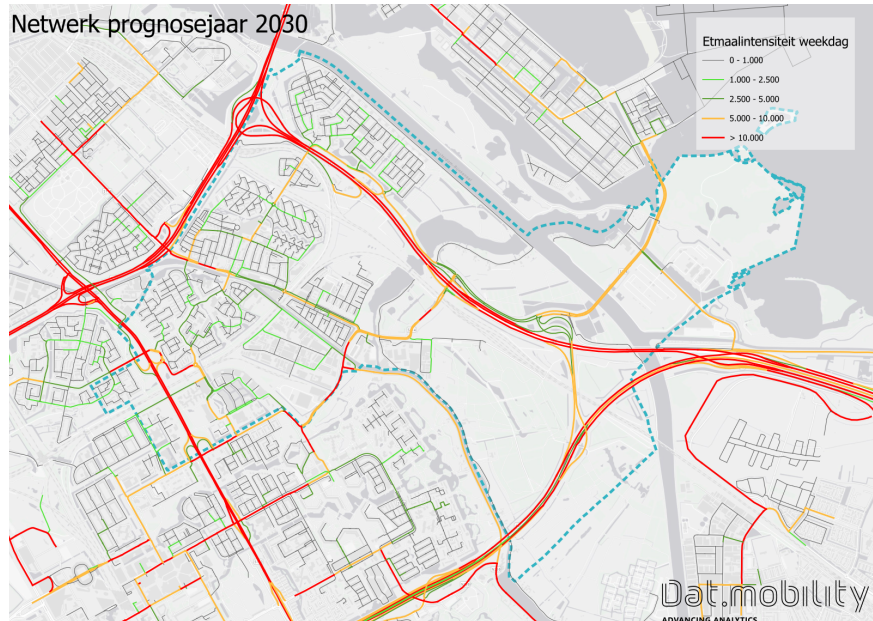
Alternatief	MT-Warmtenet			ZLT-Warmtenet		Warmtepomp	
Variant	Geo-thermie	Data-thermie	Aqua-thermie	Data-thermie	Aqua-thermie	Bodem-warmtepomp	Lucht-water-warmtepomp
aanlegfase	0	0	0	0	0	0	0

Locatiespecifieke beoordeling

Als graafwerkzaamheden bij de A1 plaatsvinden kan er grote verkeershinder plaatsvinden door de grote verkeersdruk op deze weg (afbeelding 9.10). De wijken Buytenstede, Vogelweide, Scheepskwartier, Biesbosch, Harmonielaan, Buitenlust en Vlindertuin zijn bereikbaar vanuit 2 toegangswegen (afbeelding 9.10).

Afsluiting van deze wegen ten behoeve van de aanleg van een warmtenet kan de bereikbaarheid van deze wijk negatief beïnvloeden. Voor deze kritieke plekken zal extra aandacht besteed moeten worden voor mitigeren van eventuele negatieve effecten.

Afbeelding 9.10 Verkeersintensiteit Diemen 2030 (Gemeente Diemen)



Mitigerende maatregelen

Mitigerende maatregelen kunnen zijn bij de toegangswegen om het warmtenet niet onder de weg te leggen en te kijken of er in de berm of onder het voetpad plaats in de ondergrond is om de warmteleidingen te leggen. Daarnaast kan voor de graafwerkzaamheden bij de A1 een horizontaal gestuurde boring (HDD) een optie zijn. Dit is een sleufloze techniek waardoor de boring het verkeer niet hindert.

9.9 Erfgoed

9.9.1 Archeologische waarden

Ingreep-effectrelaties

Het realiseren van warmte-infrastructuur op buurtniveau kan leiden tot ingrepen in de bodem die invloed hebben op archeologische waarden. Tot dergelijke ingrepen behoren graafwerkzaamheden ten behoeve van het aanleggen van distributieleidingen, opslag, (collectieve) warmte-installaties of elektriciteitshuisjes. Ook het boren van bronnen voor bodemwarmte of warmteopslag is een ingreep in de bodem die invloed kan hebben op archeologische waarden. Deze ingrepen kunnen leiden tot directe bodemroerende effecten, zoals versterking of vernietiging van archeologische lagen, en tot indirecte effecten, zoals veranderingen in grondwaterstanden of het zuurstofgehalte in de bodem, die het archeologisch bodemarchief aantasten. Deze indirecte effecten kunnen optreden door wijzigingen in de bodem- en milieufactoren die de conservering van archeologische waarden beïnvloeden. Deze effecten zijn relevant omdat ze de langdurige bewaarmstandigheden van archeologische vondsten beïnvloeden, zelfs als de bodem zelf niet volledig wordt verwijderd.

Wetgeving en beleid

Vanwege de mogelijke relaties tussen ingrepen en effecten op archeologische waarden is vastgelegd in wet- en regelgeving dat hiermee rekening moet worden gehouden. In tabel 9.65 wordt de belangrijkste wetgeving en beleid rondom het criterium archeologische waarden omschreven.

Tabel 9.65 Wetgeving en beleid rondom archeologische waarden

Wettelijk- en beleidskader	Omschrijving
internationaal	
Werelderfgoedverdrag	het Werelderfgoedverdrag verplicht landen om hun cultuurhistorisch erfgoed met uitzonderlijke universele waarde te identificeren, beschermen, behouden en over te dragen aan toekomstige generaties. Het benadrukt de verantwoordelijkheid voor nationale bescherming én internationale samenwerking
nationaal	
Erfgoedwet (2016)	de Erfgoedwet is de nationale implementatie van het internationale kader. landelijke wet voor alle erfgoedsoorten: roerend, immaterieel, archeologisch, gebouwd erfgoed
omgevingswet	de omgevingswet verankert de regels over cultureel erfgoed in de omgeving. Zo moeten gemeenten hun erfgoedbeleid en omgang met gemeentelijke monumenten vastleggen in een omgevingsplan. Ook moet het omgevingsplan rekening houden met de omgeving van beschermde monumenten, zodat deze niet wordt ontsierd
Besluit Kwaliteit Leefomgeving	het BKL bevat wettelijke regels die het belang van het behoud van cultuurhistorisch erfgoed verankeren in omgevingsplannen. Artikel 5.130 verplicht omgevingsplannen rekening te houden met behoud van cultureel erfgoed, waaronder bekende of te verwachten archeologische monumenten, en geeft richtinggevende beginselen (zoals voorkomen van ontsiering, beschadiging of sloop; voorkomen van verplaatsing tenzij noodzakelijk; bevorderen van passend gebruik; beschermen van de omgeving en het karakter van stads- en dorpsgezichten en cultuurlandschappen; en behoud van archeologische monumenten. Het artikel maakt het ook mogelijk om in omgevingsplannen regels te stellen over archeologisch onderzoek en de uitvoering van opgravingen of archeologische begeleiding. Artikel 5.131 benadrukt dat bij omgevingsplannen ook rekening wordt gehouden met het behoud van de uitzonderlijke universele waarde van werelderfgoed
Structuurvisie Infrastructuur en Ruimte (SVIR)	in de Structuurvisie Infrastructuur en Ruimte (SVIR) wordt cultuurhistorie en de bescherming van cultuurhistorische waarden expliciet genoemd als één van de dertien nationale belangen van het Rijk. De SVIR benoemt het 'behouden en versterken van cultuurhistorische waarden, waaronder het Werelderfgoed' als belang en benoemt de praktische uitwerking ervan
Besluit activiteiten leefomgeving (Bal)	het Bal bevat landelijke regels voor veelvoorkomende activiteiten die invloed hebben op de fysieke leefomgeving. Het Bal stelt onder meer eisen bij werkzaamheden aan beschermde monumenten of archeologisch waardevolle gebieden. Er kunnen daarbij extra eisen gelden, zoals een onderzoeksplicht, meldplicht of vergunningplicht
provinciaal	
Leidraad Landschap & Cultuurhistorie	de Leidraad Landschap en Cultuurhistorie is het provinciale beleidskader voor de omgang met cultuurhistorische waarden, waaronder archeologie. De leidraad beschrijft de historische ontstaansgeschiedenis van het landschap en geeft richtlijnen voor het behoud en de versterking van archeologische waarden bij ruimtelijke ontwikkelingen. Gemeenten worden geacht deze uitgangspunten te betrekken bij het opstellen van omgevingsplannen en bij concrete planvorming
Omgevingsverordening Noord-Holland	de Omgevingsverordening Noord-Holland bevat bindende regels waarmee provinciale belangen, waaronder archeologie en cultuurhistorie, worden doorvertaald naar gemeentelijk beleid. In de verordening zijn instructieregels opgenomen die gemeenten verplichten om archeologische waarden te beschermen en mee te wegen in ruimtelijke besluiten. Deze regels zorgen ervoor dat provinciale archeologische belangen juridisch worden geborgd in gemeentelijke omgevingsplannen
gemeentelijk	
Beleidsnota Cultuurhistorie gemeente Diemen	de Beleidsnota Cultuurhistorie vormt het gemeentelijke beleidskader voor de omgang met cultuurhistorisch erfgoed, waaronder archeologie. In de nota zijn de archeologische waarden binnen de gemeente Diemen beschreven en is vastgelegd hoe deze worden beschermd en

Wettelijk- en beleidskader	Omschrijving
	meegewogen bij ruimtelijke ontwikkelingen. Het beleid gaat uit van het principe 'behoud door ontwikkeling' en vormt de basis voor archeologische toetsing bij bouw- en infrastructuurprojecten
Omgevingsvisie Diemen	de Omgevingsvisie Diemen beschrijft de langetermijnambities van de gemeente voor de fysieke leefomgeving. Cultuurhistorie en archeologie maken hier onderdeel van uit als waarden die richting geven aan toekomstige ontwikkelingen. De omgevingsvisie geeft aan waar behoud, bescherming of benutting van archeologische waarden gewenst is en vormt daarmee het strategisch kader waarbinnen archeologie wordt meegewogen bij ruimtelijke keuzes
Omgevingsplan Diemen	in het Omgevingsplan Diemen gelden specifieke informatie- en onderbouwingseisen bij omgevingsvergunningen voor gemeentelijke en archeologische monumenten. Aanvragen moeten het monument identificeren, het huidige en voorgenomen gebruik beschrijven en de motivering en verwachte effecten van de voorgenomen activiteit op archeologische waarden toelichten. Voor ingrepen die de bodem of ondergrond raken zijn aanvullende ruimtelijke gegevens, tekeningen en waar nodig onderzoeks- of opgravingsplannen vereist, evenals rapporten over de archeologische waarde en effecten. Bij sloop, verplaatsing of ingrijpende wijzigingen zijn ook technische onderbouwingen en documentatie van de bestaande situatie vereist. Tekeningen moeten voldoende schaal en historische informatie bevatten. Het beleid richt zich op inzicht, passende mitigatie en waarborging van archeologische waarden
Archeologische beleidskaart Diemen	de archeologische verwachtingskaart geeft een ruimtelijke onderverdeling van gebieden met een lage, middelhoge of hoge archeologische verwachtingswaarde binnen Diemen. Aan deze zones zijn verschillende onderzoeksverplichtingen gekoppeld. De kaart wordt gebruikt bij vergunningverlening en bij het opstellen van omgevingsplannen om te bepalen of archeologisch (voor)onderzoek noodzakelijk is

Onderzoeksmethodiek

Voor het onderzoek naar effecten op archeologische waarden worden de ingrepen van de alternatieven, kennis over de effecten van deze ingrepen en de locaties met archeologische waarden met elkaar verbonden. Per alternatief wordt beschouwd welke ingrepen er voorkomen die kunnen leiden tot aantasting van het bodemarchief, op basis waarvan de alternatieven worden beoordeeld. Vervolgens wordt een beschrijving gegeven op welke locaties in de gemeente (naar verwachting) archeologische waarden voorkomen en waar de kans op aantasting van het bodemarchief dus naar verwachting groter is. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van de archeologische beleidsadvieskaart van de gemeente Diemen.

Beoordelingsschaal

Tabel 9.66 geeft de beoordelingsschaal voor het criterium archeologische waarden weer. De tekens ++ beteken heel positief, + is positief, 0 is neutraal, - is negatief, en -- is zeer negatief.

Tabel 9.66 Beoordelingstabel effecten op archeologische waarden

Score	Toelichting
++	niet van toepassing
+	niet van toepassing
0	het alternatief heeft naar verwachting geen effecten op het archeologisch bodemarchief
-	in het alternatief is er risico op aantasting van het archeologisch bodemarchief door overlap met of de aanwezigheid van gebieden met verwachte archeologische waarden of archeologische gebiedsaanwijzing
--	in het alternatief is er hoog risico op aantasting van het archeologisch bodemarchief door overlap met of de aanwezigheid van gebieden met bekende archeologische waarden

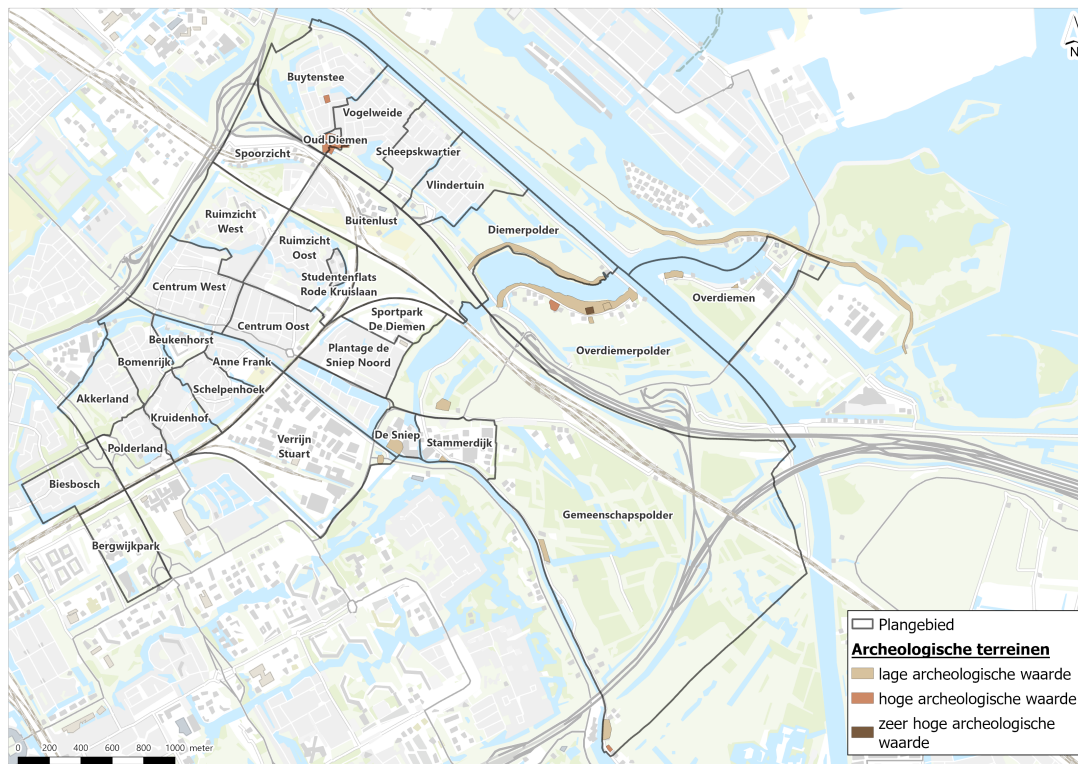
Effectbeschrijving

Afbeelding 9.11 laat de bekende archeologische waarden in de gemeente zien. Afbeelding 9.12 toont de archeologische verwachtingen in de gemeente Diemen zien waarin per gebied wordt aangegeven of de kans

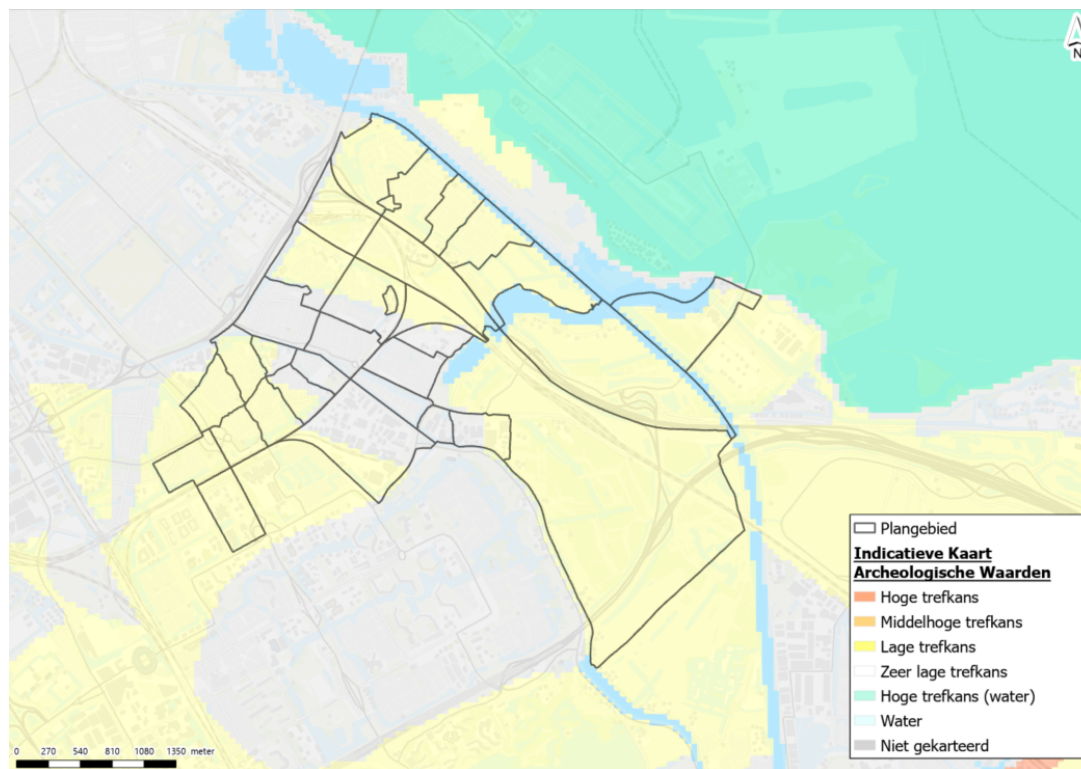
op archeologische vondsten relatief hoog of laag is. Hier moet in de verdere uitwerking rekening worden gehouden met archeologische waarden. Op de kaart is te zien dat verspreid over de gemeente meerdere gebieden aanwezig zijn met een archeologische verwachtingswaarde.

Een uitbreiding van het elektriciteitsnet is noodzakelijk voor alle alternatieven, waarbij de uitbreiding voor warmtepompssystemen naar verwachting omvangrijker zal zijn dan voor MT-warmtenetten. Deze uitbreiding van het stroomnet kan een negatief effect op archeologie hebben voor alle alternatieven.

Afbeelding 9.11 Bekende archeologische waarden [bron: [Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed](#)]



Afbeelding 9.12 Archeologisch verwachtingenkaart [bron: [Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed](#)]



Alternatief 1 - MT-warmtenet

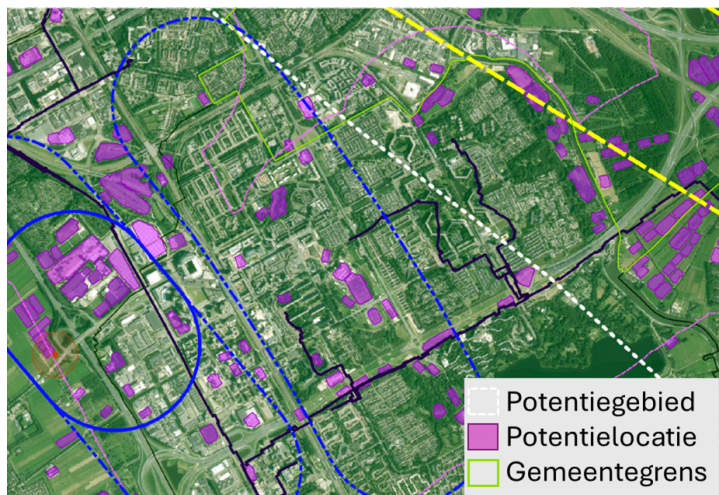
Variant geothermie

Voor deze variant van het MT-warmtenet vindt bodemroering plaats door het realiseren van een boorput. Daarmee is de locatie van de boorput bepalend voor de mogelijke effecten. Omdat nog niet exact bekend is op welke locatie de boorput gerealiseerd zal worden, zijn het potentiegebied en de mogelijke geothermielocaties daarbinnen vergeleken met de archeologische verwachtingskaart. Het potentiegebied van SCAN wat in Diemen ligt, overlapt met een gebied van lage archeologische verwachting (afbeelding 9.12 en afbeelding 9.13).

Daarnaast bestaat dit alternatief uit een warmtenet waarvoor een uitgebreid leidingstelsel op ongeveer één meter diepte nodig is. Daarmee zijn uitgebreide bodemingrepen in de gehele gemeente noodzakelijk waardoor het bodemarchief beschadigd kan raken. Aanleg van een warmtenet kan daarnaast leiden tot indirecte effecten, zoals veranderingen in grondwaterstanden of het zuurstofgehalte in de bodem, die het archeologisch bodemarchief aantasten. In gebieden met archeologische verwachtingswaarden (e.g. Oud-Diemen) heeft de aanleg mogelijk een negatief effect op archeologische waarden. Voor gebieden zonder archeologisch verwachtingswaarde is er geen negatief effect.

Uitgaande van de aanleg van het warmtenet onder bestaande bestrating, kan worden aangenomen dat bodemberoering al heeft plaatsgevonden voor andere ondergrondse infrastructuur. Daarmee wordt de kans op negatief beïnvloeding van het archeologisch bodemarchief klein geacht. Deze variant van het MT-warmtenet is daarom als negatief (-) beoordeeld.

Afbeelding 9.13 Potentiegebied en potentiolocaties geothermie SCAN voor gemeente Diemen



Varianten datathermie en aquathermie

Voor deze varianten is bij de uitkoppeling bij de bron geen grootschalige bodemroering nodig. Wel bestaat dit alternatief uit een warmtenet waarvoor een uitgebreid leidingstelsel op ongeveer één meter diepte nodig is. Daarmee zijn uitgebreide bodemingrepen in de gehele gemeente noodzakelijk waardoor het bodemarchief beschadigd kan raken. Aanleg van een warmtenet kan daarnaast leiden tot indirecte effecten, zoals veranderingen in grondwaterstanden of het zuurstofgehalte in de bodem, die het archeologisch bodemarchief aantasten. In gebieden met archeologische verwachtingswaarden (e.g. Oud-Diemen) heeft de aanleg mogelijk een negatief effect op archeologische waarden. Voor gebieden zonder archeologisch verwachtingswaarde is er geen negatief effect.

Uitgaande van de aanleg van het warmtenet onder bestaande bestrating, kan worden aangenomen dat bodembroering al heeft plaatsgevonden voor andere ondergrondse infrastructuur. Daarmee wordt de kans op negatief beïnvloeding van het archeologisch bodemarchief klein geacht. Deze varianten van het MT-warmtenet zijn daarom als negatief (-) beoordeeld.

Alternatief 2 - ZLT-warmtenet

Varianten datathermie en aquathermie

Voor dit alternatief is bij de uitkoppeling bij de bron geen grootschalige bodemroering nodig. Wel bestaat dit alternatief uit een warmtenet waarvoor een uitgebreid leidingstelsel op ongeveer één meter diepte nodig is. Daarmee zijn uitgebreide bodemingrepen in de gehele gemeente noodzakelijk waardoor het bodemarchief beschadigd kan raken. Aanleg van een warmtenet kan daarnaast leiden tot indirecte effecten, zoals veranderingen in grondwaterstanden of het zuurstofgehalte in de bodem, die het archeologisch bodemarchief aantasten. In gebieden met archeologische verwachtingswaarden (e.g. Oud-Diemen) heeft de aanleg mogelijk een negatief effect op archeologische waarden. Voor gebieden zonder archeologisch verwachtingswaarde is er geen negatief effect.

Uitgaande van de aanleg van het warmtenet onder bestaande bestrating, kan worden aangenomen dat bodembroering al heeft plaatsgevonden voor andere ondergrondse infrastructuur. Daarmee wordt de kans op negatief beïnvloeding van het archeologisch bodemarchief klein geacht. Dit alternatief is daarom als negatief (-) beoordeeld.

Alternatief 3 - Warmtepomp

Variant lucht-water-warmtepomp

Voor deze variant is, naast de uitbreiding van het stroomnet, geen grootschalige bodemroering nodig. Het effect op archeologische waarden is daarom als negatief (-) beoordeeld.

Variant bodemwarmtepomp

Bij deze variant hoeven, naast de uitbreiding van het stroomnet, geen ondergrondse leidingen te worden aangelegd. Grootschalige bodemingrepen zijn dus niet nodig. Echter worden in de tuinen van de woningen bodemingrepen gedaan. Dit kan leiden tot indirecte effecten, zoals veranderingen in grondwaterstanden of het zuurstofgehalte in de bodem, die het archeologisch bodemarchief aantasten. In gebieden met archeologische verwachtingswaarde kan de aanleg van deze systemen een negatief effect hebben op het archeologisch bodemarchief. Voor gebieden zonder archeologisch verwachtingswaarde is er geen negatief effect. Deze variant is daarom als negatief (-) beoordeeld.

Effectbeoordeling

Tabel 9.67 toont de effectbeoordeling voor archeologie.

Tabel 9.67 Effectbeoordeling archeologie

Alternatief	MT-Warmtenet			ZLT-Warmtenet		Warmtepomp	
Variant	Geo-thermie	Data-thermie	Aqua-thermie	Data-thermie	Aqua-thermie	Bodem-warmtepomp	Lucht-water-warmtepomp
aanlegfase	-	-	-	-	-	-	-

9.9.2 Cultuurhistorische waarden

Ingreep-effectrelaties

Voor het realiseren van het warmteprogramma zijn er ingrepen in de omgeving en aan gebouwen nodig. Deze ingrepen hebben mogelijk invloed op cultuurhistorische waarden. De cultuurhistorische waarden in Diemen zijn de rijksmonumenten, provinciale monumenten, gemeentelijke monumenten, en een fort dat deel uitmaakt van de Stelling van Amsterdam. Het fort is aangewezen als UNESCO werelderfgoed.

Voorbeelden van ingrepen die cultuurhistorische waarden kunnen aantasten zijn het plaatsen van warmteoverdrachtsstations, transformatorhuisjes en warmtepompen. Ook kunnen aanpassingen aan gebouwen, zoals de isolatie van een voorgevel of het dak effecten hebben op de cultuurhistorische waarden.

Gebouwaanpassingen aan gebouwen met cultuurhistorische waarde kunnen het uiterlijk van een gebouw en de beleving van cultuurhistorische waarden beïnvloeden. De aanpassingen die benodigd zijn aan de gebouwen om de warmte-oplossing in te passen of om de gebouwen verder te isoleren kunnen invloed hebben op de architectonische waarde van de gebouwen. Hierbij gaat het om het plaatsen van een installatie op of nabij het gebouw of het isoleren van de gevel, het dak of de ramen.

Nieuwe installaties kunnen na plaatsing effect hebben op de identiteit van een omgeving met cultuurhistorische waarden. Daarnaast kunnen tijdens het plaatsen van een nieuwe installatie trillingen ontstaan. Deze trillingen ontstaan mogelijk tijdens de werkzaamheden in de ondergrond of in de straat waarbij materieel wordt ingezet dat trillingen veroorzaakt. Dit kan leiden tot beschadigingen aan een gevel met cultuurhistorische waarde.

Wetgeving en beleid

In tabel 9.68 wordt de wetgeving en beleid rondom het criterium cultuurhistorische waarden omschreven.

Tabel 9.68 Wetgeving en beleid rondom cultuurhistorische waarden

Wettelijk- en beleidskader	Omschrijving
internationaal	
Werelderfgoedverdrag	het Werelderfgoedverdrag verplicht landen om hun cultuurhistorisch erfgoed met uitzonderlijke universele waarde te identificeren, beschermen, behouden en over te dragen aan toekomstige generaties. Het benadrukt de verantwoordelijkheid voor nationale bescherming én internationale samenwerking
nationaal	
Erfgoedwet (2016)	de Erfgoedwet is de nationale implementatie van het internationale kader. landelijke wet voor alle erfgoedsoorten: roerend, immaterieel, archeologisch, gebouwd erfgoed
omgevingswet	de omgevingswet verankert de regels over cultureel erfgoed in de omgeving. Zo moeten gemeenten hun erfgoedbeleid en omgang met gemeentelijke monumenten vastleggen in een omgevingsplan. Ook moet het omgevingsplan rekening houden met de omgeving van beschermde monumenten, zodat deze niet wordt ontsierd
Structuurvisie Infrastructuur en Ruimte (SVIR)	in de Structuurvisie Infrastructuur en Ruimte (SVIR) wordt cultuurhistorie en de bescherming van cultuurhistorische waarden expliciet genoemd als één van de dertien nationale belangen van het Rijk. De SVIR benoemt het 'behouden en versterken van cultuurhistorische waarden, waaronder het Werelderfgoed' als belang en benoemt de praktische uitwerking ervan
Besluit activiteiten leefomgeving (Bal)	het Bal bevat landelijke regels voor veelvoorkomende activiteiten die invloed hebben op de fysieke leefomgeving. Het Bal stelt onder meer eisen bij werkzaamheden aan beschermde monumenten of archeologisch waardevolle gebieden. Er kunnen daarbij extra eisen gelden, zoals een onderzoeksplicht, meldplicht of vergunningplicht
Besluit Kwaliteit Leefomgeving	het BKL bevat wettelijke regels die het belang van het behoud van cultuurhistorisch erfgoed verankeren in omgevingsplannen. Artikel 5.130 verplicht omgevingsplannen rekening te houden met behoud van cultureel erfgoed, waaronder bekende of te verwachten archeologische monumenten, en geeft richtinggevende beginselen (zoals voorkomen van ontsiering, beschadiging of sloop; voorkomen van verplaatsing tenzij noodzakelijk; bevorderen van passend gebruik; beschermen van de omgeving en het karakter van stads- en dorpsgezichten en cultuurlandschappen. Artikel 5.131 benadrukt dat bij omgevingsplannen ook rekening wordt gehouden met het behoud van de uitzonderlijke universele waarde van werelderfgoed
provinciaal	
Leidraad Landschap & Cultuurhistorie	de Leidraad Landschap en Cultuurhistorie is het provinciale beleidskader voor de omgang met cultuurhistorische waarden, waaronder archeologie. De leidraad beschrijft de historische ontstaansgeschiedenis van het landschap en geeft richtlijnen voor het behoud en de versterking van archeologische waarden bij ruimtelijke ontwikkelingen. Gemeenten worden geacht deze uitgangspunten te betrekken bij het opstellen van omgevingsplannen en bij concrete planvorming
Omgevingsverordening Noord-Holland	de Omgevingsverordening Noord-Holland bevat bindende regels waarmee provinciale belangen, waaronder archeologie en cultuurhistorie, worden doorvertaald naar gemeentelijk beleid. In de verordening zijn instructieregels opgenomen die gemeenten verplichten om cultuurhistorische waarden, waaronder archeologie en historisch landschap, moeten beschermen in hun ruimtelijke besluiten

Wettelijk- en beleidskader	Omschrijving
gemeentelijk	
Omgevingsplan	het omgevingsplan bevat regels voor activiteiten die betrekking hebben op gemeentelijke monumenten, gericht op het beschermen van cultuurhistorische waarden. Bij een aanvraag om een omgevingsvergunning moet worden gemotiveerd welke effecten een voorgenomen activiteit heeft op de monumentale waarde van het object en zijn omgeving. Afhankelijk van de aard van de ingreep kunnen aanvullende gegevens worden verlangd, zoals cultuurhistorische rapporten, tekeningen van de bestaande en nieuwe situatie en een beschrijving van materialen, constructies en uitvoeringsmethoden. Voor ingrijpende activiteiten zoals slopen, verplaatsen of wijzigen van een monument gelden uitgebreide documentatie- en motiveringseisen. Ook gebruik van een monument dat kan leiden tot ontsiering of aantasting valt onder de vergunningplicht. Deze regels waarborgen dat cultuurhistorische waarden vroegtijdig worden betrokken bij besluitvorming en dat effecten van ruimtelijke ontwikkelingen op het cultuurhistorisch erfgoed zorgvuldig worden beoordeeld en, waar mogelijk, voorkomen of beperkt
Beleidsnota Cultuurhistorie gemeente Diemen	de Beleidsnota Cultuurhistorie vormt het gemeentelijke beleidskader voor de omgang met cultuurhistorisch erfgoed. In de nota zijn de cultuurhistorische waarden binnen de gemeente Diemen beschreven en is vastgelegd hoe deze worden beschermd en worden meegewogen bij ruimtelijke ontwikkelingen
Omgevingsvisie Diemen	in de Omgevingsvisie wordt cultuurhistorie benoemd als een ruimtelijke kwaliteit die bijdraagt aan de identiteit van Diemen. De visie beschrijft hoe historische structuren, landschappelijke elementen en archeologische waarden richting geven aan toekomstige ontwikkelingen. Cultuurhistorie wordt hierbij niet alleen gezien als iets dat beschermd moet worden, maar ook als iets dat kan worden benut en zichtbaar gemaakt bij nieuwe ontwikkelingen

Onderzoeksmethodiek

Voor het onderzoek naar effecten op cultuurhistorische waarden worden de ingrepen van de alternatieven, kennis over de effecten van deze ingrepen en de locaties (of gebouwen) met cultuurhistorische waarden met elkaar verbonden. Per alternatief wordt beschouwd welke ingrepen er voorkomen die kunnen leiden tot aantasting van cultuurhistorische waarden. Vervolgens wordt een beschrijving gegeven op welke locaties in de gemeente (naar verwachting) cultuurhistorische waarden voorkomen en waar de kans op aantasting van deze waarden dus naar verwachting groter is. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van de cultuurhistorische waardenkaart van de gemeente.

Beoordelingsschaal

Tabel 9.69 geeft de beoordelingsschaal voor het criterium cultuurhistorische waarden weer.

Tabel 9.69 Beoordelingstabel effecten op cultuurhistorische waarden

Score	Toelichting
++	niet van toepassing
+	niet van toepassing
0	het alternatief heeft naar verwachting geen effecten op cultuurhistorische waarden
-	in het alternatief is er beperkt risico op aantasting van cultuurhistorische waarden
--	in het alternatief is er hoog risico op aantasting van cultuurhistorische waarden

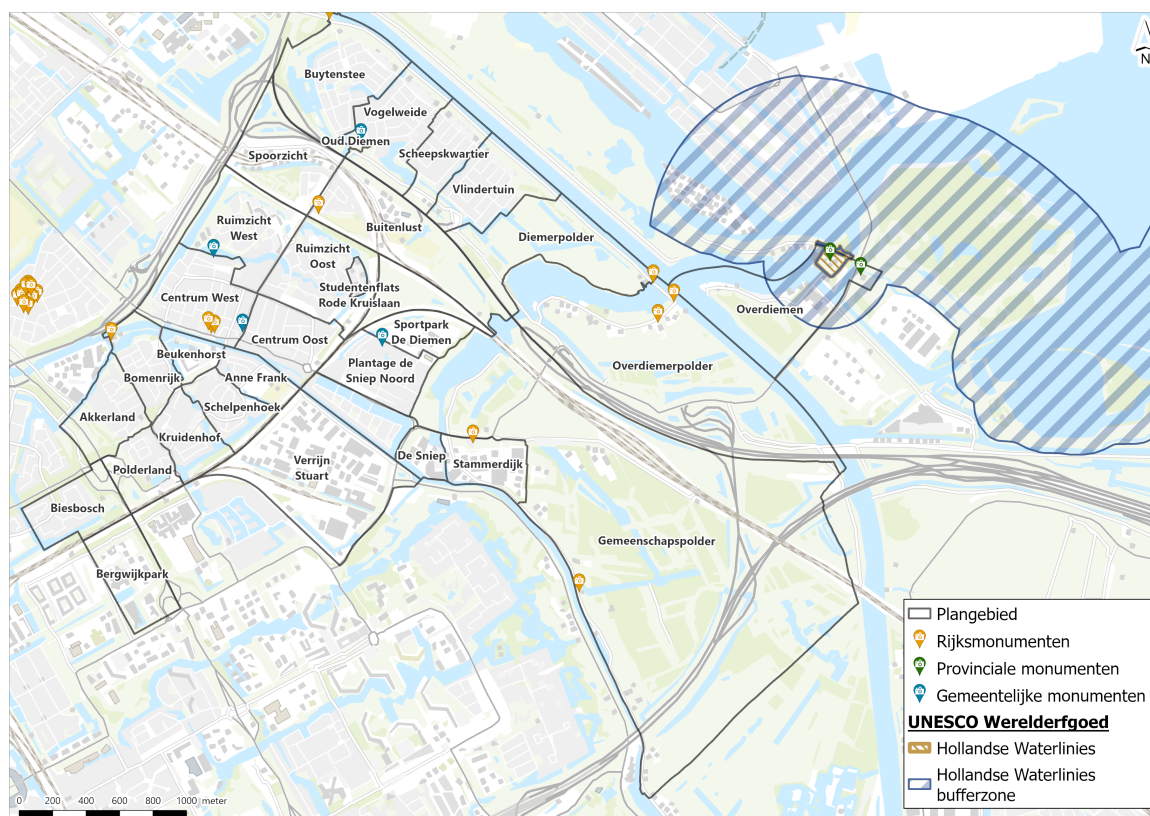
Effectbeschrijving

In de gemeente Diemen bevinden zich verschillende monumenten van cultuurhistorische waarde. De gemeente kent bijvoorbeeld Rijksmonumenten, provinciale monumenten, gemeentelijke monumenten, en een fort dat deel uitmaakt van de Stelling van Amsterdam, dat is aangewezen UNESCO werelderfgoed.

De provinciale monumenten hangen samen met de Hollandse waterlinie, dit betreft Fort Diemerdam en Kringenwetboerderij de Zeehoeve. De cultuurhistorische waarden zijn over de gehele gemeente verspreid (zie afbeelding 9.14).

Een uitbreiding van het elektriciteitsnet is noodzakelijk voor alle alternatieven, waarbij de uitbreiding voor warmtepompsystemen naar verwachting omvangrijker zal zijn dan voor MT-warmtenetten. Deze verschillen brengen echter geen significante of doorslaggevende verschillen tussen de alternatieven met zich mee voor de beoordeling van de cultuurhistorie.

Afbeelding 9.14 Cultuurhistorie Diemen



Alternatief 1 - MT-warmtenet

Variant geothermie

Voor deze variant zijn één of meerdere bovengrondse boorlocaties benodigd. De potentiegebieden van SCAN overlappen niet met de cultuurhistorische waarden van Diemen. Bij de bron zijn daarom geen negatieve effecten te verwachten op cultuurhistorie. Voor deze variant zijn er in de buurt en in het transport echter wel verschillende bovengrondse installaties nodig (onder andere warmteoverdrachtstations en onderstations). De ingrepen zijn relatief kleinschalig. Omdat het gaat om installaties van beperkte omvang waarvan de locatiekeuze nog flexibel is, is de verwachting dat voor een locatie gekozen kan worden waar zich geen cultuurhistorische waarden bevinden. Daarom wordt het risico op aantasting beperkt gezien, en deze variant als negatief (-) beoordeeld.

Variant datathermie

Voor deze variant is er bij de bron alleen een warmteoverdrachtstation nodig. In het transport en de buurt zijn verschillende bovengrondse installaties benodigd (onder andere warmteoverdrachtstations en onderstations). Omdat het gaat om installaties van beperkte omvang waarvan de locatiekeuze nog flexibel is, is de verwachting dat voor een locatie gekozen kan worden waar zich geen cultuurhistorische waarden bevinden. Daarom wordt het risico op aantasting beperkt gezien, en deze variant als negatief (-) beoordeeld.

Variant aquathermie

Voor deze variant zijn bij de broninstallaties voor het winnen van warmte uit het Amsterdam-Rijnkanaal nodig. Omdat de precieze locatie van deze installaties nog niet bekend is, is fysieke aantasting van cultuurhistorische waarden niet uit te sluiten, omdat deze waarden zich ook bij het Amsterdam-Rijnkanaal bevinden.

In het transport en de buurt zijn verschillende bovengrondse installaties benodigd (onder andere warmteoverdrachtstations en onderstations). Omdat het gaat om installaties van beperkte omvang waarvan de locatiekeuze nog flexibel is, is de verwachting dat voor een locatie gekozen kan worden waar zich geen cultuurhistorische waarden bevinden. Daarom wordt het risico op aantasting beperkt gezien, en deze variant als negatief (-) beoordeeld.

Alternatief 2 - ZLT-warmtenet

Variant datathermie

Voor deze variant is er bij de bron alleen een warmteoverdrachtstation nodig. In het transport en de buurt zijn verschillende bovengrondse installaties benodigd (onder andere warmteoverdrachtstations en onderstations). Omdat het gaat om installaties van beperkte omvang waarvan de locatiekeuze nog flexibel is, is de verwachting dat voor een locatie gekozen kan worden waar zich geen cultuurhistorische waarden bevinden. Daarom wordt het risico op aantasting beperkt gezien.

Het isoleren van gebouwen die op het warmtenet worden aangesloten maakt ook onderdeel uit van dit alternatief. Deze gebouwaanpassing kan invloed hebben op de architectonische waarde van gebouwen. Voor gebouwen met een monumentenstatus kan dit leiden tot aantasting van de cultuurhistorische waarde. Echter, dit betreft in Diemen een beperkt aantal gebouwen dus is het risico op aantasting van cultuurhistorische waarden beperkt. De variant is daarom negatief (-) beoordeeld.

Variant aquathermie

Voor deze variant zijn bij de broninstallaties voor het winnen van warmte uit het Amsterdam-Rijnkanaal nodig. Omdat de precieze locatie van deze installaties nog niet bekend is, is fysieke aantasting van cultuurhistorische waarden niet uit te sluiten, omdat deze waarden zich ook bij het Amsterdam-Rijnkanaal bevinden.

In het transport en de buurt zijn verschillende bovengrondse installaties benodigd (onder andere warmteoverdrachtstations en onderstations). Omdat de precieze locatie van deze installaties nog niet bekend is, is fysieke aantasting van cultuurhistorische waarden niet uit te sluiten. Omdat het om installaties van een beperkte omvang gaat is het risico op aantasting van cultuurhistorische waarden beperkt. Het isoleren van gebouwen die op het warmtenet worden aangesloten maakt ook onderdeel uit van dit alternatief. Deze gebouwaanpassing kan invloed hebben op de architectonische waarde van gebouwen. Voor gebouwen met een monumentenstatus kan dit leiden tot aantasting van de cultuurhistorische waarde. Echter, dit betreft in Diemen een beperkt aantal gebouwen dus is het risico op aantasting van cultuurhistorische waarden beperkt. De variant is daarom negatief (-) beoordeeld.

Alternatief 3 - Warmtepomp

Variant lucht-water-warmtepomp

Voor deze variant zijn gebouwaanpassingen nodig, zoals het isoleren van gebouwen en het plaatsen van buitenunits voor warmtepompen. Deze gebouwaanpassing kunnen invloed hebben op de architectonische waarde van gebouwen. Voor gebouwen met een monumentstatus kan dit leiden tot aantasting van de cultuurhistorische waarde. Echter, dit betreft in Diemen een beperkt aantal gebouwen dus is het risico op aantasting van cultuurhistorische waarden zeer beperkt. De variant is daarom neutraal (0) beoordeeld.

Variant bodemwarmtepomp

Voor deze variant moeten gebouwen geïsoleerd worden. Deze gebouwaanpassing kunnen invloed hebben op de architectonische waarde van gebouwen. Voor gebouwen met een monumentstatus kan dit leiden tot aantasting van de cultuurhistorische waarde.

Echter, dit betreft in Diemen een beperkt aantal gebouwen dus is het risico op aantasting van cultuurhistorische waarden zeer beperkt. De variant is daarom neutraal (0) beoordeeld.

Effectbeoordeling

Tabel 9.70 toont de effectbeoordeling voor cultuurhistorische waarden.

Tabel 9.70 Effectbeoordeling cultuurhistorie

Alternatief	MT-Warmtenet			ZLT-Warmtenet		Warmtepomp	
Variant	Geo-thermie	Data-thermie	Aqua-thermie	Data-thermie	Aqua-thermie	Bodem-warmtepomp	Lucht-water-warmtepomp
gebruiks-fase	-	-	-	-	-	0	0

9.10 Hittestress en koeling

Ingreep-effectrelaties

Het hitte-eilandeffect treedt op in stedelijke gebieden waar bebouwing, asphalt en gebrek aan groen ervoor zorgen dat warmte wordt vastgehouden, waardoor de temperatuur in de bebouwde kom vaak enkele graden hoger ligt dan in omliggende landelijke gebieden. Dit kan weer leiden tot hittestress, dat ontstaat wanneer het lichaam moeite heeft om overtollige warmte kwijt te raken bij hoge temperaturen, wat kan leiden tot gezondheidsproblemen zoals uitdroging, uitputting en zelfs hitteberoerte.

De verwachting is dat door klimaatverandering dit effect nog sterker toeneemt. Hierdoor neemt de behoefte aan koeling in de woning toe. Systemen die in huis worden toegepast kunnen direct of indirect effect hebben op de hittestress in de buurt. De ingrepen en hun effect op hittestress in de woning en op straat zijn terug te vinden in tabel 9.71.

Tabel 9.71 Ingreep - effect relaties hittestress

Locatie effect	Ingreep	Effect op hittestress
in de woning	isolatie van gevels, daken en vloeren (vereist voor warmtepompen, ZLT-warmtenetten en in mindere mate MT-warmtenetten, afhankelijk van initiële label)	isolatie zorgt ervoor dat de woning in eerste instantie minder snel opwarmt, maar de warmte minder snel kwijt kan als de woning eenmaal is opgewarmd. Ventilatie zorgt er echter voor dat de netto hittestress lager is dan bij een slecht geïsoleerde woning [de Vries et al., 2024]
in de woning	aansluiting op koelende warmtetechnieken (bodemwarmtepomp, lucht-water-warmtepomp, ZLT-warmtenet met koeloptie)	koelingssystemen zorgen voor lagere hittestress in de woningen. ZLT-warmtenetten, bodemwarmtepompen en lucht-water-warmtepompen geven mogelijkheden tot koelen
op straat	buitenunit van lucht-water-warmtepomp (uitstoot van onttrokken warmte)	de lucht-water-warmtepomp is een systeem dat voor verkoeling kan zorgen in de woning, maar de warmte die onttrokken wordt uit de woning uitstoot via de buitenunit aan de buitenlucht

Locatie effect	Ingreep	Effect op hittestress
op straat	warmteverlies warmtenetten	bij het gebruik van ZLT- en MT-warmtenetten in de wijk kan de bodem opwarmen door warmteverliezen van de leidingen van het net. Bij MT-warmtenetten (tot 70 °C aanvoer) leidt dit tot een 2–3 °C hogere bodemtemperatuur binnen 0,5 m van de leiding. De invloed neemt snel af met de afstand: op ongeveer 1 m afstand bedraagt de temperatuurverhoging gemiddeld 0,5–1 °C, en op 2 m afstand is deze kleiner dan 0,2 °C. Bij ZLT-warmtenetten is de invloed op de bodemtemperatuur verwaarloosbaar [Blokker & Pan, 2022]
op straat	plaatsing van extra technische objecten in de buitenruimte (transformatorhuisjes, onderstations, WOS e.d.)	Voor de warmtesystemen moeten extra objecten worden toegevoegd aan de buitenruimte. Ten eerste is er een toename van transformatorhuisjes in de wijk voor de systemen die een elektriciteitsvraag hebben. Ten tweede zijn er voor de warmtenetten in de buurt onderstations nodig. Wanneer deze objecten op voormalig groen worden gebouwd, kan het toevoegen van deze objecten de hittestress versterken, doordat het verkoelende effect van groen wordt verminderd

Wetgeving en beleid

In tabel 9.71 wordt de belangrijkste wetgeving en beleid rondom het criterium hittestress en koeling omschreven.

Tabel 9.72 Wetgeving en beleid hittestress en koeling

Wettelijk- en beleidskader	Omschrijving
nationaal	
Deltaplan Ruimtelijke Adaptatie (DPRA) (2017)	het DPRA richt zich op het versterken van de ruimtelijke adaptatiecapaciteit van Nederland, met als doel een klimaatbestendige en waterrobuuste inrichting tegen 2050. Het DPRA bevat zeven ambities, waarvan de eerste drie direct relevant zijn voor hittestress: - kwetsbaarheid in beeld brengen (stresstesten): Het uitvoeren van stresstesten om de kwetsbaarheid voor klimaatverandering, waaronder hittestress, in kaart te brengen; - risicodialoog voeren en strategie opstellen: Het aangaan van gesprekken met betrokken partijen om risico's te bespreken en strategieën te ontwikkelen voor adaptatie; - uitvoeringsagenda opstellen: Het formuleren van concrete uitvoeringsplannen om de vastgestelde strategieën te realiseren. Daarnaast worden de ambities 'Meekoppelkansen benutten', 'Stimuleren en faciliteren', 'Reguleren en borgen' en 'Handelen bij calamiteiten' genoemd, die gezamenlijk bijdragen aan een integrale aanpak van klimaatadaptatie
Nationale Klimaatadaptatiestrategie (NAS) (2020)	in de NAS richt Nederland zich op klimaatadaptatie die verder gaat dan het DPRA. De NAS behandelt sectoren, ketens, thema's en klimaatrisico's die in het DPRA niet aan bod komen, zoals gezondheidsverlies, arbeidsverlies en de toename van allergieën en infecties door klimaatverandering. Tegelijkertijd bouwt de NAS voort op DPRA-thema's, bijvoorbeeld de effecten van verschuivende klimaatzones en hittestress in stedelijke gebieden. De strategie stimuleert gebruik van stresstesten en hittekaarten, lokaal maatwerk, en samenwerking tussen rijk, gemeenten, waterschappen, kennisinstellingen en maatschappelijke partijen, zodat maatregelen integraal en efficiënt worden uitgevoerd
Nationaal uitvoeringsprogramma Klimaatadaptatie (2023)	in 2023 is het Nationaal Uitvoeringsprogramma Klimaatadaptatie (NUP KA'23) verschenen om de uitvoering van de NAS te versnellen. De overheid hanteert daarbij drie uitgangspunten: slimmer (kennis is vindbaar en toepasbaar), intensiever (klimaatadaptatie wordt standaard meegenomen) en inclusiever (voor en door iedereen). Op basis hiervan zijn de komende jaren vijf prioriteiten geformuleerd: 1. concretere adaptatiedoelen vaststellen, 2. kennis over klimaatadaptatie toegankelijker en toepasbaar maken, 3. aandacht voor rechtvaardigheid in adaptatiebeleid vergroten, 4. klimaatbestendigheid standaard meenemen in beleid en uitvoering, en 5. mogelijkheden verkennen om financiering van klimaatadaptatie te verbreden
provinciaal	

Wettelijk- en beleidskader	Omschrijving
Notitie Bouwstenen Klimaatadaptatie	in de Notitie Bouwstenen Klimaatadaptatie zijn de uitgangspunten en maatregelen vastgelegd voor een klimaatbestendige provincie. Voor hittestress betekent dit: stedelijke gebieden inrichten met klimaatadaptieve materialen, meer bomen, waterdoorlatende oppervlakken en schaduwplekken. Ook worden relaties gelegd met gezondheid, biodiversiteit en energietransitie. Gemeenten worden opgeroepen stresstesten uit te voeren en adaptatie te integreren in bestemmingsplannen
Uitvoeringsagenda Klimaatadaptatie 2025–2027	de provincie erkent in de Uitvoeringsagenda de toenemende frequentie van hittegolven en de effecten daarvan op de leefbaarheid in stedelijke gebieden. Om hittestress tegen te gaan, richt de provincie zich op het bevorderen van groenblauwe infrastructuur, zoals het aanleggen van schaduwrijke plekken, het vergroenen van daken en gevels, en het creëren van waterberging in stedelijke omgevingen. Daarnaast wordt ingezet op het integreren van klimaatadaptatie in ruimtelijke plannen en het stimuleren van kennisdeling en samenwerking tussen gemeenten, waterschappen en andere relevante partijen. Door deze maatregelen hoopt de provincie de negatieve effecten van hittestress te verminderen en de leefbaarheid in stedelijke gebieden te verbeteren
gemeentelijk	
Jaarstukken 2023: Extra Groen	groen is belangrijk voor het bevorderen van biodiversiteit en het verminderen van hittestress in Diemen. Daarom wil de gemeente groen in de wijken behouden en waar mogelijk uitbreiden, samen met bewoners. Daarnaast streeft Diemen ernaar om de komende vier jaar ten minste 1.000 nieuwe bomen te planten, zowel in de openbare ruimte als op particuliere grond
Omgevingsvisie Diemen 2040	groen en water worden op meerdere plekken ingezet om bij te dragen aan klimaatadaptatie, waaronder ook om het in de zomer koel te houden. Groen en natuur worden onderdeel gemaakt van de buitenruimte zodat verblijfskwaliteit omhoog gaat, en zodat mensen in buurt toegankelijk groen hebben om verkoeling te vinden. In het ontwerp en de keuzes voor ruimtelijke ontwikkeling wordt getracht nieuwe ingrepen te toetsen op duurzaamheid en leefbaarheid, waaronder klimaatadaptieve aspecten zoals hittebestendigheid
Programma klimaatadaptatie 2024-2028	dit Programma is een meer praktische invulling van de omgevingsvisie Diemen. Gemeente Diemen wil bomen planten voor meer schaduw en er wordt gezorgd dat iedere bewoner binnen 300 meter van diens huis toegang heeft tot een hittebestendige verblijfplek

Onderzoeksmethodiek

Voor de effectbepaling van hittestress is gebruik gemaakt van GIS-kaarten van hittegevoelige gebieden. Op deze kaarten is te zien waar in de huidige situatie al hittestress is. Samen met het klimaatadaptatiebeleid van de gemeente wordt gekeken welke mate van hittestress in de referentiesituatie verwacht kan worden. Zodra de referentiesituatie goed in beeld is, wordt een inschatting gemaakt van de bijdrage van de verschillende technieken in de alternatieven op deze hittestress. Er wordt gekeken of de technieken de ruimte opwarmen, of door middel van het toenemen van objecten in de openbare ruimte voor verstening zorgen.

Dit wordt gedaan door middel van expert judgement. Daarnaast wordt geanalyseerd of een alternatief ook potentieel bijdraagt aan het tegengaan van hittestress, bijvoorbeeld doordat technieken ook geschikt zijn voor koeling, of doordat isolatie wordt toegepast. Per buurt wordt vervolgens geconcludeerd wat de mate van toename of afname van hittestress is, en wat dit betekent voor bijvoorbeeld het verwachte aircogebruik als autonome ontwikkeling, en wat deze toename voor de hittestress in de buurt betekent.

Beoordelingsschaal

Tabel 9.73 toont de beoordelingsschaal voor hittestress en koeling.

Tabel 9.73 Beoordelingsschaal hittestress en koeling

Score	Toelichting
++	het warmtealternatief versterkt naar verwachting de koeling van de omgeving en woning
+	het warmtealternatief leidt naar verwachting tot een lichte afname van hittestress in de omgeving
0	het warmtealternatief leidt tot geen of nauwelijks tot verandering van de hittestress in de woning en in de buurt
-	het warmtealternatief versterkt naar verwachting licht de hittestress in de omgeving en woning
--	het warmtealternatief versterkt naar verwachting de hittestress in de omgeving en woning

Effectbeschrijving

Hieronder volgt een beschrijving per alternatief wat het verwachte effect op hittestress is. Daarop volgt een locatiespecifieke beschrijving, waarin is aangegeven waar dit effect extra aandacht vereist. In tabel 9.74 is een overzicht weergegeven van de effecten van de verschillende alternatieven op hittestress.

Mogelijke autonome ontwikkeling: airco's

Door klimaatverandering en de verdere verdichting van bebouwing is het de verwachting dat in de toekomst de temperatuur in dichtbebouwde gebieden verder stijgt. Hierdoor neemt naast de warmtevraag, ook de koude vraag toe. Op dit moment is er nog veel onduidelijk over wat die koudevraag is, en hoe deze ingevuld kan worden met energie.

Een van de mogelijkheden is dat inwoners airco's aanschaffen om te gaan met de hittestress in hun omgeving of woning. Airco's bestaan uit een binnenunit die warmte wint uit de lucht in de woning, en deze loost in de buitenruimte. De buitenruimte warmt daardoor extra op. Airco's maken gebruik van elektriciteit waardoor mogelijk aanvullende netverzwaring nodig is. Daarnaast zorgt de buitenunit mogelijk voor een verdere verrommeling van de ruimtelijke kwaliteit.

Sommige van de onderzochte alternatieven zijn ook geschikt voor koeling. Bij het toepassen van deze technieken is het niet de verwachting dat deze autonome ontwikkeling optreedt.

Tabel 9.74 Effect op hittestress van alternatieven

Alternatief	MT-warmtenet	ZLT-warmtenet	Warmtepomp	Warmtepomp
Variant	Geothermie / aquathermie / datathermie	Aquathermie / datathermie	Lucht-water- warmtepomp (individueel)	Bodemwarmtepomp (individueel)
bijdrage aan hittestress buiten door warmteverlies	warmteverlies leidingen kunnen straat lokaal opwarmen	warmteverlies leidingen verwaarloosbaar	buitenunit stoot warmte uit op straat	geen warmteverlies
bijdrage aan hittestress buiten door verstening (extra objecten)	onderstations en transformatorhuisjes dragen bij aan verstening	onderstations en transformatorhuisjes dragen bij aan verstening	transformatorhuisjes dragen bij aan verstening	transformatorhuisjes dragen bij aan verstening
geschikt voor koeling binnen (effect op hittestress binnen)	niet geschikt voor koeling	geschikt voor koelen en vermindert hittestress binnenshuis	geschikt voor koelen en vermindert hittestress binnenshuis	geschikt voor koelen en vermindert hittestress binnenshuis

Alternatief 1 - MT-warmtenet

Bij dit alternatief wordt beperkt isolatie toegepast (afhankelijk van het initiële energielabel). Dit zorgt voor een verlaging van de hittestress in de woning mits ventilatie wordt toegepast. Voor een MT-warmtenet komen er onderstations bij. De aantallen en oppervlaktes van deze objecten in de buitenruimte zijn terug te vinden in tabel 9.75. Door de grootte van de onderstations is de bijdrage aan versterking bij dit alternatief het grootst.

Ook zorgt het warmtenet wel voor een opwarming van de bodem en daarom straat. Op ongeveer 1 meter afstand van de leiding bedraagt de temperatuurverhoging gemiddeld 0,5–1 °C [Blokker & Pan, 2022]. Aangezien de leidingen van een warmtenet zich op een diepte van 1 meter bevinden [Beuken et al., 2020] hebben MT-warmtenetten een effect op de temperatuur van de oppervlakte, en vergroot het de hittestress in de wijk.

Een aandachtspunt bij MT-warmtenetten is dat, wanneer er in de gemeente geen passieve koelingsmaatregelen, zoals groenvoorziening en zonwerende schermen, worden toegepast, hittestress vooral wordt bestreden met actieve koeling, zoals airconditioning. Deze systemen stoten hitte uit bij gebruik, dus deze maatregel zorgt voor verhoogde hittestress op straat. In de referentiesituatie vindt dit ook plaats, dit effect is dus neutraal. Het effect op hittestress en koeling wordt daarom als negatief (-) beoordeeld.

Variant geothermie

Voor geothermie worden geen aanvullende effecten verwacht. De beoordeling blijft daarmee gelijk aan de algemene beoordeling voor MT-warmtenetten met een negatief effect (-).

Variant datathermie

Voor datathermie worden geen aanvullende effecten verwacht. De beoordeling blijft daarmee gelijk aan de algemene beoordeling voor MT-warmtenetten met een negatief effect (-).

Variant aquathermie

Voor aquathermie worden geen aanvullende effecten verwacht. De beoordeling blijft daarmee gelijk aan de algemene beoordeling voor MT-warmtenetten met een negatief effect (-).

Alternatief 2 - ZLT-warmtenet

Bij dit alternatief wordt isolatie toegepast. Dit zorgt voor een verlaging van de hittestress in de woning mits ventilatie wordt toegepast. Daarnaast heeft het systeem zelf mogelijkheid tot koelen wat de hittestress in de woning verlaagt. Daarnaast voorkomt dit de aanschaf van airconditioners, welke hitte uitstoten in de buurt.

Echter, bij een ZLT-warmtenet komen wel onderstations en transformatorhuisjes bij. De aantallen en oppervlaktes van deze objecten in de buitenruimte zijn terug te vinden in Tabel 9.75. Het effect op hittestress en koeling wordt als positief (+) beoordeeld.

Variant geothermie

Voor geothermie worden geen aanvullende effecten verwacht. De beoordeling blijft daarmee gelijk aan de algemene beoordeling voor MT-warmtenetten met een positief effect (+).

Variant datathermie

Voor datathermie worden geen aanvullende effecten verwacht. De beoordeling blijft daarmee gelijk aan de algemene beoordeling voor MT-warmtenetten met een positief effect (+).

Variant aquathermie

Voor aquathermie worden geen aanvullende effecten verwacht. De beoordeling blijft daarmee gelijk aan de algemene beoordeling voor MT-warmtenetten met een positief effect (+).

Alternatief 3 - Warmtepomp

Variant lucht-water-warmtepomp

Bij deze variant wordt isolatie toegepast, dit zorgt voor een verlaging van de hittestress in de woning mits ventilatie wordt toegepast. Daarnaast zorgt de mogelijkheid tot koelen voor een verlaging van hittestress in de woning. Echter kan de toevoeging van objecten (transformatorhuisjes) in de buitenruimte wel voor verstening en dus verhoogde hittestress in de buurt zorgen. De aantallen en oppervlaktes van deze transformatorhuisjes in de buitenruimte zijn terug te vinden in Tabel 9.75. Hoewel het aantal transformatorhuisjes groter is dan bij de warmtenetten, is de verstening in dit alternatief lager, doordat er in dit alternatief geen onderstations worden geplaatst.

Daarnaast zorgt de buitenunit van de lucht-water warmtepomp ervoor dat de hittestress in de buurt wordt verhoogd als de warmtepomp voor koeling wordt gebruikt doordat er warme lucht naar buiten wordt geblazen. Onderzoekers [Xie et al, 2024] hebben dit effect onderzocht bij een laagbouwwijk in Londen waar de lucht-water-warmtepompen voor een temperatuurverhoging van 0,12 °C in de buurt zorgden tijdens warme periodes. Echter voorkomt dit wel de aanschaf van airconditioners, welke hitte uitstoten in de buurt in de referentiesituatie. Het effect op hittestress en koeling wordt daarom als neutraal (0) beoordeeld.

Variant bodemwarmtepomp

Bij deze variant wordt isolatie toegepast. Dit zorgt voor een verlaging van de hittestress in de woning mits ventilatie wordt toegepast. Daarnaast zorgt de mogelijkheid tot koelen voor een verlaging van hittestress in de woning. Echter, de toevoeging van objecten (transformatorhuisjes) in de buitenruimte kan wel voor verstening en dus verhoogde hittestress in de buurt zorgen. De aantallen en oppervlaktes van deze transformatorhuisjes in de buitenruimte zijn terug te vinden in Tabel 9.75. Hoewel het aantal transformatorhuisjes groter is dan bij de warmtenetten, is de verstening in dit alternatief lager, doordat er in dit alternatief geen onderstations worden geplaatst.

Een bodemwarmtepomp kan ook koelen, maar geeft geen warmte af aan de buitenlucht. Dit betekent dat een bodemwarmtepomp wel de aanschaf van airconditioners, voorkomt, maar niet zorgt voor significante temperatuurverhoging in de buurt. Het effect op hittestress en koeling wordt daarom als positief (+) beoordeeld.

Tabel 9.75 Aantallen en oppervlakte objecten in buitenruimte MT- en ZLT-warmtenetten en warmtepompen

Onderdeel systeem	Aantal	Oppervlakte per stuk (m ²)	Totaal (m ²)
MT-warmtenet			
onderstations incl. e-boilers	34	35	1.193
ZLT-warmtenet			
onderstations	34	32	1.088
Transformatorhuisjes	6	6,5	39
lucht-water-warmtepomp			
transformatorhuisjes	12	6,5	78
bodemwarmtepomp			
transformatorhuisjes	7	6,5	46

Effectbeoordeling

Tabel 9.76 toont de effectbeoordeling voor hittestress en koeling.

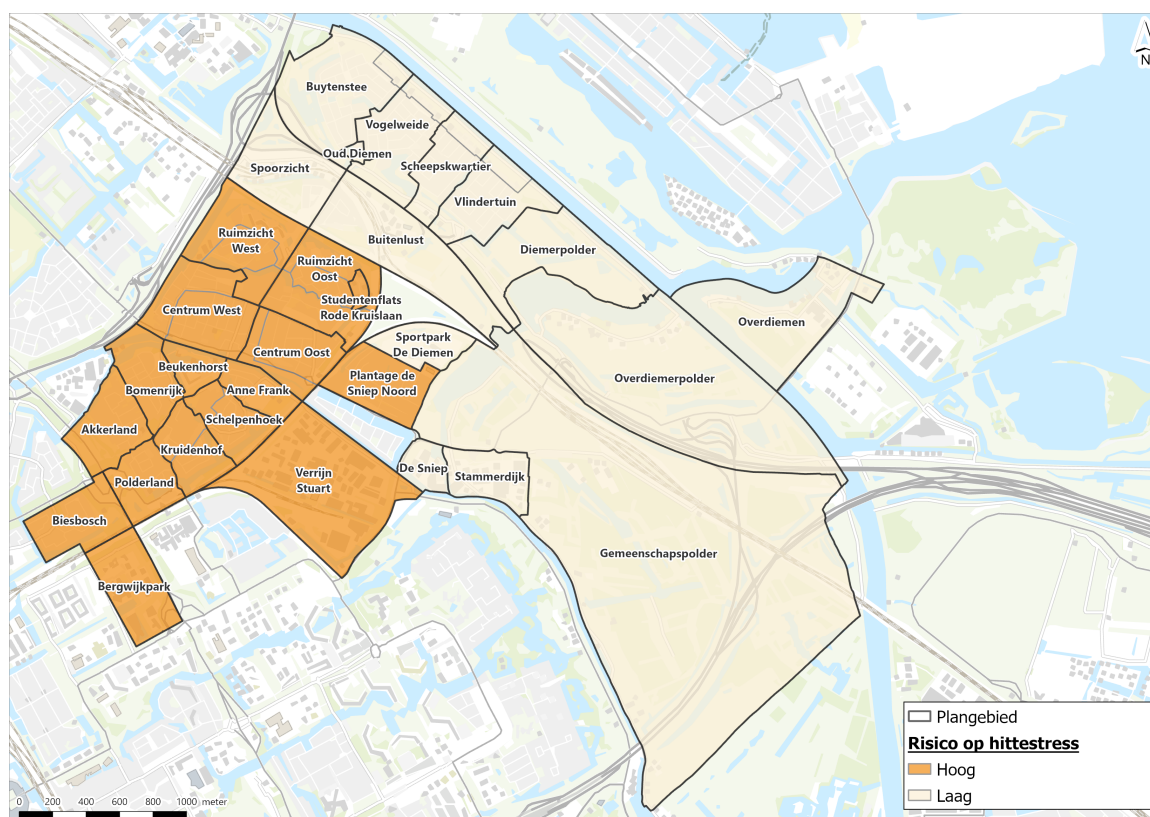
Tabel 9.76 Effectbeoordeling hittestress en koeling

Alternatief	MT-Warmtenet			ZLT-Warmtenet		Warmtepomp	
Variant	Geo-thermie	Data-thermie	Aqua-thermie	Data-thermie	Aqua-thermie	Bodem-warmtepomp	Lucht-water-warmtepomp
gebruiks-fase	-	-	-	+	+	0	+

Locatiespecifieke beoordeling

GIS-analyse wijst uit dat het stedelijk hitte-eiland effect het meest plaatsvindt in de binnenstad (zie afbeelding 9.15). Voor deze buurten zorgt hittestress op straat voor een extra negatief effect. Door meer dichte bebouwing en minder koeling door beplanting in deze buurten kan hitte minder makkelijk verdwijnen. Verdere verstening van deze omgeving, opwarming van het straatoppervlak en de warmte-uitstoot van buitenunits van warmtepompen en airconditioners zorgen daarom in deze wijken voor een extra negatief effect.

Afbeelding 9.15 Risico op hittestress per buurt



Mitigerende maatregelen

Mitigerende maatregelen kunnen worden getroffen om de hittestress die de systemen veroorzaken te verlagen. Zonneschermen en groen zorgen voor passieve koeling, wat de noodzaak van actieve koeling verlaagt. Dit zorgt ervoor dat de airconditioners, lucht-water-warmtepompen en hybride warmtepompen minder aanstaan en de buitenunits van deze systemen dus minder warmte naar de straat uitstoten.

De plaatsing van onderstations en transformatorhuisjes kan zo worden gekozen dat er geen groen voor hoeft te wijken, en hierbij minder bijdraagt aan verstening en daaropvolgend hittestress. Een mogelijkheid hiervoor is om de onderstations in bestaande gebouwen te plaatsen.

Voor MT-warmtenetten kan er extra isolatie om de warmteleidingen worden gebruikt om de uitstraling van de warmte naar de straat te verminderen. Het verhoogde ruimtegebruik van de leidingen is hierbij een aandachtspunt.

9.11 Veiligheid

Externe veiligheid gaat over de risico's voor mens en milieu bij het maken, gebruiken, opslaan en vervoeren van gevaarlijke stoffen. In de omgevingswet wordt bij externe veiligheid onderscheid gemaakt tussen risicobronnen: dat zijn Seveso-inrichtingen, het basisnet, buisleidingen en windturbines, en risico-ontvangers: de mens.

In het warmteprogramma worden geen ingrepen gedaan die risicobronnen toevoegen aan de leefomgeving, waardoor er geen verhoging van het risico dat risico-ontvangers lopen wordt verwacht.

Bij de aanleg van de onderdelen van het warmtesysteem kunnen echter wel werkzaamheden plaatsvinden of gebouwen geplaatst worden in de buurt van risicobronnen. In het omgevingsplan van de gemeente Diemen is opgenomen binnen welke afstand van risicobronnen het niet of beperkt toegestaan is om te bouwen. Voor buisleidingen is dit binnen 4 of 5 meter, voor het basisnet meestal binnen de beheerzone. Voordat werkzaamheden in de buurt van sommige risicobronnen zoals buisleidingen starten, wordt doormiddel van een melding bij de beheerder van de risicobron door de beheerder bepaald of de werkzaamheden veilig kunnen plaatsvinden, of dat er aanvullende maatregelen genomen moeten worden. In de referentiesituatie zijn de risicobronnen in gemeente Diemen in kaart gebracht.

10

SLOTBESCHOUWING

In hoofdstuk 9 is van de aspecten een effectbeschrijving en effectbeoordeling gegeven. Paragraaf 10.1 geeft een samenvattend overzicht van de effectbeoordelingen per alternatief en variant. In paragraaf 10.2 worden de alternatieven en varianten met elkaar vergeleken, en de belangrijkste aandachtspunten vanuit het milieuonderzoek benoemd. De alternatieven en varianten staan beschreven in hoofdstuk 6.

10.1 Samenvattende effectbeoordelingstabel

Tabel 10.1 geeft een overzicht van alle effectbeoordelingen uit hoofdstuk 9. De tekens betekenen:

- ++ = heel positief
- + = positief
- 0 = neutraal
- - = negatief
- -- = zeer negatief

Tabel 10.1 Samenvattende effectbeoordelingstabel

Thema	Aspect	Fase	MT-warmtenet	MT-warmtenet	MT-warmtenet	ZLT-warmtenet	ZLT-warmtenet	Warmtepomp	Warmtepomp
			Geothermie	Datathermie	Aquathermie	Datathermie	Aquathermie	Bodemwarmtepomp	Lucht-water-warmtepomp
geluid, trillingen en EMV	geluidshinder	aanlegfase	-	0	0	0	0	0	0
		gebruiksfase	0	0	0	0	0	0	-
	geïnduceerde seismiciteit en trillingen	aanlegfase	--	-	-	-	-	0	0
		gebruiksfase	-	0	0	0	0	0	0
	elektromagnetische velden	gebruiksfase	0	0	0	0	0	0	0
bodem en water	bodemkwaliteit	aanlegfase chemisch	0	0	0	0	0	0	0
		aanlegfase biologisch	-	-	-	-	-	0	0
		gebruiksfase chemisch	0	0	0	0	0	0	0
		gebruiksfase biologisch	-	-	-	0	0	0	0
	risico op zettingen	aanleg - en gebruiksfase	-	-	-	-	-	0	0
	ondergronds ruimtegebruik	aanleg - en gebruiksfase	0	-	--	-	--	-	0
	grondwater	aanlegfase	-	0	0	0	0	--	0
		gebruiksfase	-	-	-	-	-	0	0
	drinkwater	gebruiksfase	-	-	-	0	0	0	0

Thema	Aspect	Fase	MT-warmtenet	MT-warmtenet	MT-warmtenet	ZLT-warmtenet	ZLT-warmtenet	Warmtepomp	Warmtepomp
			Geothermie	Datathermie	Aquathermie	Datathermie	Aquathermie	Bodemwarmtepomp	Lucht-water-warmtepomp
bodem en water	oppervlaktewater	gebruiksfase	0	0	-	0	-	0	0
natuur en biodiversiteit	beschermde gebieden	aanlegfase	--	0	0	0	0	0	0
		gebruiksfase	0	0	0	0	0	0	0
	beschermde soorten	aanleg - en gebruiksfase	-	-	-	-	-	-	-
lucht	luchtkwaliteit	aanlegfase	--	-	-	-	-	0	0
circulariteit	circulair materiaalgebruik	aanlegfase	--	-	-	-	-	0	0
ruimtelijke kwaliteit	zichtbaarheid en beleving	gebruiksfase	-	-	-	-	-	-	-
	bovengronds ruimtegebruik	gebruiksfase	--	-	-	-	-	0	0
verkeer	verkeershinder	aanlegfase	0	0	0	0	0	0	0
erfgoed	archeologische waarden	aanlegfase	-	-	-	-	-	-	-
	cultuurhistorische en monumentale waarden	gebruiksfase	-	-	-	-	-	0	0
hittestress en koeling	effect van warmteopwekking of koeling op hittestress	gebruiksfase	-	-	-	+	+	+	0

10.2 Vergelijking van de alternatieven

Deze paragraaf maakt een vergelijking tussen de onderzochte alternatieven en zoomt in op de gegeven zeer negatieve effectbeoordelingen en positieve effectbeoordelingen, zoals te zien in tabel 10.1.

Wat opvalt in de samenvattende tabel is dat de alternatieven vooral neutrale en negatieve effecten hebben. In een paar gevallen is er sprake van een positief effect of een zeer negatief effect. In geen enkel geval is er sprake van een zeer positief effect.

10.2.1 Relatief weinig effecten warmtepompen

Op basis van tabel 10.1 kan geconcludeerd worden dat beide varianten van het alternatief warmtepomp in vergelijking met de andere alternatieven vaker neutraal worden beoordeeld. Voor een aantal aspecten is er sprake van een negatief effect.

Grondwater

Alleen voor het aspect grondwater is sprake van een zeer negatief effect in de aanlegfase voor de variant bodemwarmtepomp. Dit komt doordat tijdens de aanleg van bodemwarmtepomp-systemen de scheidende lagen doorboord kunnen worden. Het drukverschil tussen deze lagen kan tot menging van grondwater leiden en daarmee de verspreiding van verontreinigingen. Bij bodemwarmtepompen bestaat bovendien een aanzienlijk risico dat het boorgat na boring niet goed wordt afgedicht, wat lekkage en verspreiding kan veroorzaken. Door vooronderzoek naar verontreinigingen in de bodem is dit te mitigeren.

Hittestress en koeling

In tegenstelling tot de lucht-water-warmtepomp scoort de variant bodemwarmtepomp positief op koeling en hittestress. Een bodemwarmtepomp geeft namelijk geen warmte af aan de omgeving terwijl deze warmtepomp ook koelt. Dit voorkomt de aanschaf van airconditioners en daarmee, wordt de variant als positief beoordeeld. De varianten datathermie en aquathermie binnen het alternatief ZLT-warmtenet hebben ook een positieve beoordeling op dit aspect door isolatie en een warmtepomp die aanschaf van airconditioners voorkomt.

10.2.2 Sterk negatieve effecten bij geothermie

De variant geothermie, binnen het alternatief MT-warmtenet, scoort het vaakst zeer negatief.

Trillingen

In een verkennend onderzoek zijn trillingsniveaus bij vier locaties ingeschat, waarbij hinder voor personen in gebouwen is beoordeeld. De resultaten laten zien dat trillingsintensiteiten tot 65-75 meter van de boorlocatie kunnen optreden, wat tot negatieve effecten leidt als binnen deze afstand woningen, gezondheidszorg of andere gevoelige functies liggen. Omdat de exacte locaties nog niet vastliggen en er hinder kan optreden in potentiegebieden, wordt geothermie tijdens de aanlegfase als sterk negatief beoordeeld.

In een vervolgfase kan geavanceerde 3D-analyses, ondergrondmodellen, laboratoriumonderzoek en veldmetingen nodig zijn om de effecten in de ondergrond goed te begrijpen. Wanneer de definitieve locatie voor een geothermieboring wordt bepaald, moet de trillingsanalyse worden geactualiseerd en rekening worden gehouden met gevoelige apparatuur en processen in de omgeving.

Beschermde gebieden

De aanleg van een geothermieput vereist langdurig gebruik van zwaar materieel, wat kan leiden tot stikstofdepositie in nabijgelegen Natura 2000-gebieden, zoals Botshol op 3,4 km afstand. Omdat deze afstand te kort is om uit te sluiten dat er geen effect optreedt, en er voor dit zware materieel geen elektrisch

alternatief is dat niet leidt tot stikstofdepositie, bestaat er een reëel risico op aanzienlijke effecten op het beschermde gebied.

Effecten kunnen zich voordoen in de vorm van verzuring en vermesting als gevolg van stikstofdepositie. Afhankelijk van de gevoeligheid van een Natura 2000-gebied zorgt dit ervoor dat de samenstelling en bedekking van de vegetatie veranderd. Hierdoor is het mogelijk dat soorten met een instandhoudingsdoelstelling niet meer kunnen worden voorzien in hun levensbehoeften, hun ecologische rol binnen het systeem niet meer kunnen vervullen en binnen het gebied afnemen of verdwijnen. De uitstoot van stikstof vindt uitsluitend plaats in de aanlegfase van het project en is daarom tijdelijk van aard.

Hierom is in de vervolgfase mogelijk een passende beoordeling nodig. Voor de andere alternatieven wordt licht (mogelijk elektrisch) materieel ingezet met beperkte stikstofuitstoot. Om de stikstofdepositie voor geothermie te mitigeren, kunnen diverse maatregelen worden genomen. Gebruik dus waar mogelijk elektrisch materieel en stap anders over op schonere brandstoffen. Beperk daarnaast het aantal transportbewegingen en kies bij voorkeur een locatie die zo ver mogelijk van een Natura 2000-gebied ligt. Bij een concreet geothermieproject dient een AERIUS berekening te worden uitgevoerd om de effecten in beeld te brengen.

Luchtkwaliteit

Daarnaast is er sprake van zeer negatieve effecten op de luchtkwaliteit in de aanlegfase van de variant geothermie. De aanleg van zowel MT- als ZLT-warmtenetten vergt langdurige werkzaamheden. De werkzaamheden per straat zijn gefaseerd en verspreid over meerdere jaren, waardoor de impact op de luchtkwaliteit over tijd en ruimte gespreid wordt. De variant met geothermie is echter een langdurige, intensieve ingreep wat een aanzienlijke uitstoot veroorzaakt door zwaar materieel, dit komt door de diepe boringen voor geothermie. Deze variant is daardoor relatief het slechtst beoordeeld. De werkzaamheden per woning voor warmtepompen zijn daarentegen kort. Het grote aantal woningen zorgt ervoor dat de totale uitvoeringsperiode zich uitstrekt over meerdere jaren. Hierdoor blijft de uitstoot per locatie beperkt. Voor de varianten waar licht materieel ingezet kan wordt geldt dat er steeds vaker een elektrische variant beschikbaar is. Door zoveel mogelijk elektrisch materieel te gebruiken, kunnen de effecten op luchtkwaliteit tijdens de aanleg sterk worden verminderd.

Circulariteit

De variant geothermie scoort ook zeer negatief in de aanlegfase op het aspect circulair materiaalgebruik. Geothermie heeft een hoge materiaalbelasting en de geothermieput kan niet worden teruggewonnen en is daarom relatief het slechtst voor de circulariteit. De andere alternatieven zijn niet zeer negatief, maar wel negatief beoordeeld. Bij aanleg van zowel MT- als ZLT-warmtenetten wordt namelijk PUR (polyurethaan, een kunststofschuim dat vaak wordt gebruikt als isolatiemateriaal) gebruikt dat niet terug te winnen is. Warmtepompen zijn relatief gunstig voor circulariteit, maar de bodemlus bij een bodemwarmtepomp mag niet worden teruggewonnen. Dit verlaagt de circulariteit voor deze variant. Bij dit aspect dient wel opgemerkt te worden dat gezien de onzekerheden en het abstractieniveau van het warmteprogramma het beperkt mogelijk is de effecten van circulariteit op een objectieve wijze te beoordelen of te vergelijken tussen alternatieven. De analyse is gericht op het in beeld brengen van kansen en uitdagingen voor circulariteit en de effectbeoordeling is daarmee indicatief. Bij de uitwerking van concrete projecten in vervolgfases kunnen meer gedetailleerde berekeningen uitgevoerd worden zoals een MKI-analyse.

Bovengronds ruimtegebruik

Als laatste is er voor de variant geothermie sprake van een zeer negatieve beoordeling op het aspect bovengronds ruimtegebruik. Voor alle varianten is een netverzwaring nodig, waarvan onderstations, inclusief piekvoorzieningen met e-boilers, een ruimtebeslag van circa 1.193 m² hebben (35m² per onderstation, in totaal zijn er 34 nodig). De geothermievariant vraagt echter om een relatief groot ruimtebeslag van een geothermiecentrale en voor de booropstelling. Deze variant wordt in vergelijking tot de andere alternatieven als zeer negatief beoordeeld.

10.2.3 Onderscheidende negatieve effecten

Aquathermie bij warmtenetten

Alleen voor de aquathermievariant van het MT-warmtenet en ZLT-warmtenet is sprake van een afwijkende score, namelijk een negatieve beoordeling voor het oppervlaktewater tijdens de gebruiksfase. Door warmte aan water te onttrekken en het afgekoelde water terug te brengen, kunnen temperatuur- en waterkwaliteitsveranderingen ontstaan die invloed hebben op ecosystemen zoals planten, vissen en micro-organismen. Ook kunnen organismen beschadigd raken bij passage door de installatie en kan de stroming lokaal het voedselweb beïnvloeden. De uiteindelijke impact is sterk afhankelijk van de lokale watercondities en beheersmaatregelen.

Warmtepompen

Voor enkele aspecten scoren de alternatieven met warmtepompen onderscheidend negatief, in tegenstelling tot de overige alternatieven met een neutrale beoordeling. Dit betreft het geluid tijdens de gebruiksfase van de lucht-waterwarmtepomp en het ondergrondse ruimtegebruik van de bodemwarmtepomp. Het negatieve effect van geluid bij de lucht-waterwarmtepomp doet zich vooral voor in dichtbebouwde buurten, waar woningen dicht op elkaar staan en geluid zich kan cumuleren. Het negatieve effect van het ondergrondse ruimtegebruik bij de bodemwarmtepomp wordt veroorzaakt door het grotere beslag op de ondergrond als gevolg van de aanleg van een bodemlus.

10.2.4 Relatief veel ondergronds ruimtegebruik bij aquathermie

De variant aquathermie bij zowel een MT-warmtenet als een ZLT-warmtenet hebben een zeer negatieve beoordeling, namelijk op het aspect ondergronds ruimtegebruik. Dit geldt voor zowel de aanlegfase als de gebruiksfase. Voor deze variant zijn namelijk 40 WKO's nodig met een ondergronds ruimtegebruik van 80 hectare. In combinatie met de aanleg van het warmtenet leidt dit tot een relatief groot ondergronds ruimtegebruik. De sterk negatieve beoordeling geeft hier vooral aan dat deze varianten meer ruimte in de ondergrond innemen dan de andere alternatieven en varianten. Het leidt daarentegen niet tot knelpunten in de ondergrond.

Deze effecten van het warmtenet op ondergronds ruimtegebruik zijn te mitigeren door het herinrichten en optimaliseren van de ondergrondse ruimte. Hierbij is wel een probleem dat in zeer smalle straten geen extra ruimte kan worden gemaakt. Een detailstudie op wijkniveau kan hierbij helpen.

10.2.5 Inzichten op buurniveau

Op buurniveau kunnen specifieke kenmerken en aandachtspunten van belang zijn voor de vergelijking van de alternatieven. De relevante buurtspecifieke informatie is hieronder beschreven.

Ondergronds ruimtegebruik

Op buurniveau geldt dat in buurten met smalle straten, de ruimte in de ondergrond waarschijnlijk al bezet is door andere ontwikkelingen, zoals leidingen. Hier is de ruimte voor warmteleidingen beperkt. In de buurttypen buitengebied en bloemkoolwijk zijn de straten relatief smal en is daardoor de kans groter dat hier al veel in de ondergrond ligt. In de typen hoogbouw en bedrijven zijn de straten doorgaans breder en is er relatief meer ruimte in de ondergrond. Dit is voornamelijk van toepassing rond het centrum en de buurten Vogelweide, Scheepskwartier en Vlindertuin.

Beschermde soorten

Buurten waarin Natuurnetwerk Nederland of de Ecologische structuur ligt, hebben een hoger risico op negatieve effecten. Buurten zonder Natuurnetwerk Nederland of de Ecologische structuur hebben een lager risico. Vrijwel alle buurten hebben een hoog risico, Stammerdijk en Centrum West hebben een normaal risico.

Lucht

Wanneer de luchtkwaliteit in een buurt in de referentiesituatie al slechter was, zal een ingreep in die buurt doorgaans een groter effect hebben. Dit komt doordat er in dergelijke gebieden meer ruimte is voor verslechtering van de luchtkwaliteit. Met name de noordelijke buurten (noordelijk van Plantage de Sniep Noord en Anne Frank scoren hoog op het risico op verslechtering van de luchtkwaliteit.

Zichtbaarheid en beleving

In buurttypen met tuinen, zoals tuinstad laagbouw, bloemkoolwijk, tuindorp, naoorlogse woonwijk en Vinexwijk is de visuele impact van lucht-water-warmtepompen meestal klein omdat installaties uit het zicht kunnen worden geplaatst en groen of omkastingen zorgen voor extra afscherming. Ook op bedrijventerreinen blijft de impact klein, omdat technische installaties daar passen binnen het industriële karakter. In volkswijken en hoogbouw is de visuele hinder juist groter door de hoge dichtheid en zichtbaarheid van gevels en balkons, wat kan leiden tot een rommelig straatbeeld. Dit is van toepassing aan de randen van Vogelweide, Scheepskwartier, Vlindertuin en rond het centrum.

Bovengronds ruimtegebruik

Het ruimtebeslag weegt zwaarder naarmate er minder openbare ruimte beschikbaar is. De openbare ruimte is bepaald op basis van openbaar groen en gemeentelijke percelen in Diemen, exclusief water en wegen. In de meeste wijken is relatief veel openbare ruimte aanwezig, waardoor bovengronds ruimtebeslag doorgaans goed inpasbaar is. In Sportpark de Diemen, Verrijn Stuart en Stammerdijk is de openbare ruimte beperkter, ruimtegebruik is daar een belangrijker aandachtspunt.

Hittestress en koeling

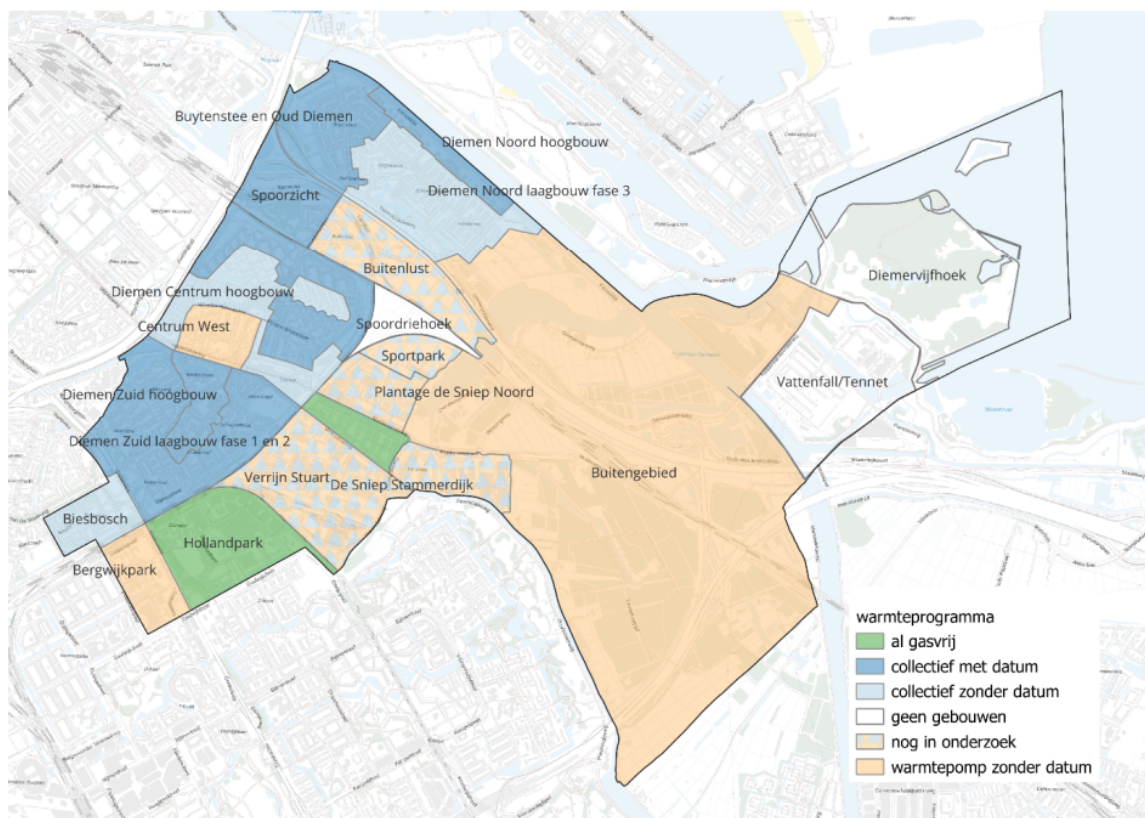
Het stedelijk hitte-eiland effect is het sterkst in de binnenstad, waar hittestress op straat extra zwaar weegt. Door de dichte bebouwing en beperkte verkoeling door groen blijft warmte hier langer hangen. Dit betreft de westelijke buurten.

MILIEUEFFECTEN VAN HET WARMTEPROGRAMMA

11.1 Wat staat er in het warmteprogramma?

In het warmteprogramma is per buurt beschreven welk alternatief (warmtetechniek en warmtebron) wordt toegepast. Afbeelding 11.1 toont de resultaten van het warmteprogramma. In de afbeelding is te zien dat voor de meeste buurten aan de westzijde wordt ingezet op een collectief warmtenet op basis van datathermie vanuit de datacenters. Op bedrijventerreinen, en andere buurten is een mix van een warmtenet en warmtepompen mogelijk. Dit moet in veel gevallen nog wel verder wordt onderzocht. In de gebieden Bergwijkpark, Centrum West en Buitengebied is al wel zeker dat een warmtenet geen optie is en wordt ingezet op lucht-water-warmtepompen en bodemwarmtepompen.

Afbeelding 11.1 Het warmteprogramma



Tabel 11.1 Gekozen warmtetechnieken per gebied in het warmteprogramma

Gebieden	Fasering	Alternatief
Diemen Zuid hoogbouw	1 ^e fase (2025-2030)	MT-warmtenet op datathermie
Diemen Zuid laagbouw fase 1 en 2	1 ^e fase (2025-2030)	MT-warmtenet op datathermie
Diemen Centrum hoogbouw	1 ^e fase (2025-2030)	MT-warmtenet op datathermie
Spoorzicht	1 ^e fase (2025-2030)	Mix van MT-warmtenet op datathermie en warmtepompen
Bedrijventerrein Verrijn Stuart	1 ^e fase (2025-2030)	Mix van MT-warmtenet op datathermie en warmtepompen
Buytenstee en Oud Diemen	2 ^e fase (2030-2035)	Mix van MT-warmtenet op datathermie en warmtepompen
Plantage de Sniep Noord	2 ^e fase (2030-2035)	ZLT-warmtenet op datathermie
Diemen Noord hoogbouw	2 ^e fase (2030-2035)	MT-warmtenet op datathermie
Bedrijventerrein De Sniep en Stammerdijk	2 ^e fase (2030-2035)	Mix van ZLT-warmtenet op datathermie en warmtepompen
Diemen Noord laagbouw fase 3	3 ^e fase (2035-2040)	Warmtepompen
Buitenlust	3 ^e fase (2035-2040)	Mix van MT-warmtenet op datathermie en warmtepompen
Diemen Centrum laagbouw	3 ^e fase (2035-2040)	Mix van MT-warmtenet op datathermie en warmtepompen
Diemen Centrum West	3 ^e fase (2035-2040)	Warmtepompen
Biesbosch	3 ^e fase (2035-2040)	MT-warmtenet op datathermie
Kantorengedebied Bergwijkpark	3 ^e fase (2035-2040)	Warmtepompen
Buitengebied	3 ^e fase (2035-2040)	Warmtepompen

11.2 Wat zijn de bijbehorende effecten?

In deze paragraaf worden de effecten van de gekozen alternatieven beschreven. Paragraaf 11.2.2 beschrijft effecten die zowel optreden bij een MT-warmtenet op datathermie als een ZLT-warmtenet op datathermie. Paragraaf 11.2.3 beschrijft de effecten die specifiek optreden bij een MT-warmtenet op datathermie. Paragraaf 11.2.4 beschrijft de effecten die specifiek optreden bij een ZLT-warmtenet op datathermie. Paragraaf 11.2.5 beschrijft de effecten van een bodemwarmtepomp en paragraaf 11.2.6 de effecten van een lucht-water-warmtepomp.

11.2.1 Effecten van alle gekozen alternatieven

Natuur en biodiversiteit

Omdat de exacte locaties van werkzaamheden voor een warmtenet nog niet bekend zijn, wordt bij de beoordeling overal een risico voor beschermde soorten aangenomen. Dit risico kan wel met mitigerende maatregelen worden beperkt door voorafgaand aan de werkzaamheden een inspectie en/of een natuurtoets uit te voeren om de aanwezigheid van beschermde soorten vast te stellen, waarna werkzaamheden zoveel mogelijk buiten kwetsbare periodes plaatsvinden. Op basis van de beleidskaart van de gemeente is er een hoger risico op negatieve effecten op beschermde soorten in alle buurten, behalve Centrum West en Stammerdijk.

Bodemkwaliteit

Bij de aanleg van een warmtetechniek in de buurten Anne Frank, Buitenlust, Centrum Oost, Centrum West, De Sniep, Ruimzicht Oost, Ruimzicht West, Spoorzicht, Stammerdijk en Studentenflats Rode Kruislaan zijn er positieve effecten op de bodemkwaliteit. In deze buurten is de grond meer verontreinigd dan in de andere buurten.

11.2.2 Effecten zowel bij MT-warmtenet op datathermie als ZLT-warmtenet op datathermie

Geluidshinder en trillingen

Bij de aanleg van warmtenetten ontstaan trillingen door werkzaamheden zoals heien, graven, het intrillen van materialen en zwaar verkeer. Vooral heien en intrillen kunnen voelbare trillingen veroorzaken. Deze trillingen zijn tijdelijk en het effect hangt af van de lokale grondsoort en het gebruikte materieel. Tijdens de gebruiksfase van een warmtenet zijn trillingen minimaal. Alleen in de directe omgeving van grote installaties, zoals pompen en compressoren, kan het trillingsniveau iets hoger zijn. Voor de meeste mensen zijn deze trillingen echter niet merkbaar.

Risico op zettingen

Bij het aanleggen van een warmtenet wordt de grondwaterspiegel tijdelijk verlaagd om droge werkcondities te creëren. Dit verhoogt het risico op bodemdaling, vooral in gebieden met veengrond, doordat veen sneller oxideert en inklinkt. Tijdens het gebruik zorgen de leidingen en installaties voor een blijvend gewicht op de bodem, wat tot verzakkingen kan leiden. Daarnaast wordt de bodem warmer, waardoor veen sneller verdwijnt en verdere bodemdaling kan optreden. Om te voorkomen dat de grond gaat verzakken, kan eerst een extra laag zand worden aangebracht zodat de bodem alvast inklinkt en steviger wordt, en kunnen we bijvoorbeeld zwakke grond vervangen, stevige palen gebruiken, de bodem verstevigen of lichtere machines inzetten, zodat alles stevig blijft liggen.

Ondergronds ruimtegebruik

De aanleg van een warmtenet vraagt veel ruimte in de ondergrond. In het onderzochte plangebied is in totaal 402 kilometer aan leidingen nodig. Daarnaast nemen WKO-systemen extra ruimte in beslag; voor een warmtenet met datathermie zijn 15 WKO's nodig, samen goed voor 30 hectare. Vooral in de buurten in en rond het centrum van Diemen hebben minder ruimte in de ondergrond. Door vooraf een uitgebreide analyse van de ondergrond te maken, is het mogelijk een warmtenet in de ondergrond te passen.

Grondwater

Het gebruik van een WKO bij een warmtenet betekent dat grondwater wordt onttrokken en teruggepompt. Hierdoor verandert de stroming en samenstelling van het grondwater. Dit kan leiden tot menging van verschillende watertypen, een snellere verspreiding van verontreinigingen en mogelijk negatieve invloed op de drinkwaterwinning. Het risico wordt verkleind door tijdens de aanlegfase onder andere de verontreinigde grond schoon te maken en het contact met het grondwater te beperken.

Lucht

De aanleg van een warmtenet vereist dat er veel leidingen worden gelegd, wat de aanlegfase verlengt tot meer dan zes maanden. Door de werkzaamheden per straat te spreiden, blijft de overlast per straat beperkt en wordt de totale bouwperiode over meerdere jaren verdeeld. Hierdoor wordt de impact op de luchtkwaliteit gespreid in tijd en ruimte. Het risico op effecten op luchtkwaliteit is hoger in buurten aan de noordwestzijde van de gemeente. Op buurten in het westen en zuiden van de gemeente is dit risico lager.

Erfgoed: archeologische waarden

Voor de aanleg van een warmtenet moeten overal in de gemeente leidingen worden gelegd, meestal op circa één meter diepte. Hierdoor kunnen archeologische sporen in de bodem beschadigd raken, vooral in gebieden waar waardevolle vondsten worden verwacht. In delen van de gemeente zonder archeologische verwachting is het risico op schade klein. In de vervolgfase moet archeologisch onderzoek duidelijk maken waar en op welke diepte archeologische resten aanwezig zijn.

Erfgoed: cultuurhistorische waarden

Bij een warmtenet zijn alleen enkele bovengrondse installaties nodig, zoals warmteoverdrachtstations en onderstations. Omdat deze installaties niet groot zijn en flexibel geplaatst kunnen worden, is het risico op aantasting van cultuurhistorische waarden beperkt. In de vervolgfase moet cultuurhistorisch onderzoek duidelijk maken wat de aantasting is op cultuurhistorische waarden.

11.2.3 Effecten specifiek bij MT-warmtenet op datathermie

Drinkwater

Door de hoge temperatuur van de leidingen van een MT-warmtenet kan de bodem lokaal tot 2–3 graden opwarmen. Hierdoor kunnen drinkwaterleidingen in de buurt ook opwarmen, vooral in dichtbebouwde gebieden. Door herinrichting van de ondergrond kan dit risico beperkt worden en ook door voldoende afstand (minimaal 1,5 meter) te houden tussen het warmtenet en de waterleidingen (bron: [Vereniging van Waterbedrijven in Nederland](#))

Circulariteit

De levensduur van een MT-warmtenet is belangrijk voor de circulariteit van het systeem. De leidingen gaan ongeveer 40 jaar mee, maar bovengrondse installaties en afleversets moeten elke 15 jaar vervangen worden. Door bodemdaling kan het nodig zijn warmteleidingen vaker te vernieuwen, terwijl kabels flexibeler zijn en langer meegaan. Bij datathermie wordt gebruikgemaakt van een centrale, modulair opgebouwde warmtepomp, waardoor onderdelen makkelijker te vervangen of te hergebruiken zijn. De gebruikte materialen zijn deels goed herbruikbaar, maar sommige isolatiematerialen beperken de circulariteit.

Ruimtelijke kwaliteit: zichtbaarheid en beleving

De aanleg van een MT-warmtenet betekent dat er 34 onderstations in de gemeente geplaatst moeten worden. Deze gebouwen hebben een technische uitstraling en kunnen de ruimtelijke kwaliteit en het uiterlijk van de wijk beïnvloeden, vooral als ze niet goed worden ingepast. Door deze gebouwen aan te passen aan de omgeving of in het groen te plaatsen, kan het effect worden verminderd. Bij datathermie zijn de meeste technische voorzieningen binnen geplaatst en zijn bovengronds alleen enkele kleine onderdelen zichtbaar. Het risico op effecten op de zichtbaarheid en beleving doet zich vooral voor in de delen van Beukenhorst, Buytenstee, Centrum Oost, Centrum West, Kruidenhof, Ruimzicht West, Scheepskwartier, Schelpenhoek, Vlindertuin en Vogelweide. Daarnaast geldt dit risico voor de gehele wijken Ruimzicht Oost en Studentenflats Rode Kruislaan. Met zorgvuldige inpassing blijft de visuele impact beperkt en blijft het karakter van de omgeving behouden.

Ruimtelijke kwaliteit: bovengronds ruimtegebruik

Er is extra ruimte nodig voor onderstations, waaronder piekvoorzieningen met elektrische boilers. Deze gebouwen nemen samen circa 1.193 m² in beslag en worden meestal op stoepen of kleine terreinen geplaatst. In dichtbebouwde wijken kan het gezamenlijke effect groot zijn. Tijdens de aanleg van kabels is er tijdelijk hinder door werkterreinen. Bij datathermie is het bovengronds ruimtegebruik kleiner, omdat het systeem vooral uit decentrale installaties bestaat. De warmteoverdrachtstations nemen 2.418 m² in beslag en het totale ruimtebeslag bedraagt ongeveer 3.700 m², exclusief datacenters. In de buurten Sportpark de Diemen, Stammerdijk en Verrijn Stuart is bovengronds ruimtegebruik een groter aandachtspunt dan in de andere buurten vanwege de relatief kleine hoeveelheid openbare ruimte.

Hittestress en koeling

Een MT-warmtenet is beperkt geïsoleerd, wat de hittestress in huis kan verlagen als er goed geventileerd wordt. De nieuwe onderstations zorgen echter voor meer verharding in de wijk. De leidingen onder de grond maken de bodem en straat gemiddeld 0,5 tot 1 graad Celsius warmer, waardoor de hittestress in de wijk toeneemt. Om te voorkomen dat het door warmtesystemen extra heet wordt in de straat, kun je zonneschermen en planten gebruiken voor verkoeling, de technische gebouwen slim plaatsen zodat er geen groen verdwijnt (bijvoorbeeld in bestaande gebouwen), en bij MT-warmtenetten de leidingen extra goed isoleren zodat ze zo min mogelijk warmte afgeven aan de omgeving. Het risico op hittestress is groter in dichtbebouwde buurten in het centrum en in het zuidwesten van de gemeente.

11.2.4 Effecten specifiek bij ZLT-warmtenet op datathermie

Circulariteit

De leidingen van een ZLT-warmtenet gaan even lang mee als die van een MT-warmtenet. De bovengrondse installaties en water-water-warmtepompen moeten wel minder vaak (elke 25-30 jaar) worden vervangen dan een MT-warmtenet. Verder is de circulariteit gelijk aan die van een MT-warmtenet op datathermie.

Ruimtelijke kwaliteit: zichtbaarheid en beleving

Bij een ZLT-warmtenet zijn er net zoveel onderstations nodig als bij een MT-warmtenet, maar komen er daarnaast zes extra transformatorhuisjes in de gemeente om de warmtepompen bij bewoners van voldoende elektriciteit te voorzien. De effecten zijn verder identiek aan die van een MT-warmtenet op datathermie.

Ruimtelijke kwaliteit: bovengronds ruimtegebruik

Er is extra ruimte nodig voor onderstations, waaronder piekvoorzieningen met elektrische boilers. Deze gebouwen nemen samen circa 1.088 m² in beslag en worden meestal op stoepen of kleine terreinen geplaatst. In dichtbebouwde wijken kan het gezamenlijke effect groot zijn. Tijdens de aanleg van kabels is er tijdelijk hinder door werkterreinen. Bij datathermie is het bovengronds ruimtegebruik kleiner, omdat het systeem vooral uit decentrale installaties bestaat. De warmteoverdrachtstations nemen 1.229 m² in beslag en het totale ruimtebeslag bedraagt ongeveer 2.400 m², exclusief datacenters.

Hittestress en koeling

Een ZLT-warmtenet is geïsoleerd, wat de hittestress in huis kan verlagen als er goed geventileerd wordt. Daarnaast heeft het systeem zelf mogelijkheid tot koelen wat de hittestress in de woning verlaagt. Daarnaast voorkomt dit de aanschaf van airconditioners, welke hitte uitstoten in de buurt. De nieuwe onderstations zorgen echter voor meer verharding in de wijk. Om te voorkomen dat het door warmtesystemen extra heet wordt in de straat, kun je zonneschermen en planten gebruiken voor verkoeling, de technische gebouwen slim plaatsen zodat er geen groen verdwijnt (bijvoorbeeld in bestaande gebouwen). Het risico op hittestress is groter in dichtbebouwde buurten in het centrum en in het zuidwesten van de gemeente.

11.2.5 Effecten bij bodemwarmtepomp

Ondergronds ruimtegebruik

Voor de aanleg van een bodemlus voor een bodemwarmtepomp is ongeveer 25 m² per woning nodig. Deze bodemlus komt in de tuinen van de bewoners en het is onwaarschijnlijk dat dit past voor elke woning in Diemen. Vooral in de buurten in en rond het centrum van Diemen hebben minder ruimte in de ondergrond. Door vooraf een uitgebreide analyse van de ondergrond te maken, kan worden gekeken waar een bodemlus in de bodem past.

Grondwater

Bij het aanleggen van bodemwarmtepompen moeten er gaten in de grond worden geboord voor het plaatsen van een bodemlus. Daarbij kunnen verschillende lagen in de bodem, die normaal van elkaar gescheiden zijn, met elkaar in contact komen. Dit kan ervoor zorgen dat grondwater uit verschillende lagen zich met elkaar mengt. Als in één van die lagen vervuiling zit, kan die vervuiling zich zo makkelijker verspreiden. Het risico wordt verkleind door tijdens de aanlegfase onder andere de verontreinigde grond schoon te maken en het contact met het grondwater te beperken.

Ruimtelijke kwaliteit: zichtbaarheid en beleving

Bij bodemwarmtepompen stijgt de elektriciteitsvraag in de buurt, wat kan leiden tot meer transformatorhuisjes. Afhankelijk van de inpassing kunnen deze gebouwen met een technische uitstraling de ruimtelijke kwaliteit en de beleving van de wijk beïnvloeden. Door locatiekeuze en inpassing in het groen kan dit worden beperkt. Het risico op effecten op de zichtbaarheid en beleving doet zich vooral voor in de delen van Beukenhorst, Buytenstee, Centrum Oost, Centrum West, Kruidenhof, Ruimzicht West, Scheepskwartier,

Schelpenhoek, Vlindertuin en Vogelweide. Daarnaast geldt dit risico voor de gehele wijken Ruimzicht Oost en Studentenflats Rode Kruislaan.

Erfgoed: archeologische waarden

De aanleg van een bodemwarmtepomp kan leiden tot indirecte effecten, zoals veranderingen in de grondwaterstand of in het zuurstofgehalte van de bodem. Dit heeft gevolgen voor de mogelijke aanwezige archeologische waarden in de bodem. In de vervolgfase moet archeologisch onderzoek duidelijk maken waar en op welke diepte archeologische resten aanwezig zijn.

Hittestress en koeling

Voor een bodemwarmtepomp wordt isolatie toegepast, wat de hittestress in huis kan verlagen als er goed geventileerd wordt. Daarnaast heeft het systeem zelf mogelijkheid tot koelen wat de hittestress in de woning verlaagt. Daarnaast voorkomt dit de aanschaf van airconditioners, welke hitte uitstoten in de buurt. De nieuwe transformatorhuisjes zorgen echter voor meer verharding in de wijk. Deze kunnen slim worden geplaatst zodat er geen groen verdwijnt (bijvoorbeeld in bestaande gebouwen). Het risico op hittestress is groter in dichtbebouwde buurten in het centrum en in het zuidwesten van de gemeente.

11.2.6 Effecten bij lucht-water-warmtepomp

Geluidshinder

De lucht-water-warmtepompen produceren geluid. Deze voldoen aan de wetgeving, maar als meerdere lucht-water-warmtepompen dicht bij elkaar worden geplaatst, kan het geluid cumuleren. Geluidshinder vindt vooral plaats in dichtbebouwde buurten. Geluidshinder van lucht-water-warmtepompen kan worden beperkt door ze op het dak of binnen in een technische ruimte te plaatsen, een geluidswerende omkasting te gebruiken bij plaatsing buiten, en door warmtepompen met een avond- en nachtmodus toe te passen die 's avonds en 's nachts stiller werken.

Ruimtelijke kwaliteit: zichtbaarheid en beleving

Bij lucht-water-warmtepomp stijgt de elektriciteitsvraag in de buurt, wat kan leiden tot meer transformatorhuisjes. Afhankelijk van de inpassing kunnen deze gebouwen met een technische uitstraling de ruimtelijke kwaliteit en de beleving van de wijk beïnvloeden. Door betere locatiekeuze en inpassing in het groen kan dit worden beperkt. Daarnaast is bij lucht-water-warmtepompen een zichtbare buitenunit aanwezig. Dit kan invloed hebben op de visuele kwaliteit, maar met een goede positionering en afscherming (bijv. groen of omkasting) kan de impact verminderen. Het risico op effecten op de zichtbaarheid en beleving doet zich vooral voor in de delen van Beukenhorst, Buytenstee, Centrum Oost, Centrum West, Kruidenhof, Ruimzicht West, Scheepskwartier, Schelpenhoek, Vlindertuin en Vogelweide. Daarnaast geldt dit risico voor de gehele wijken Ruimzicht Oost en Studentenflats Rode Kruislaan. Met zorgvuldige inpassing blijft de visuele impact beperkt en blijft het karakter van de omgeving behouden.

Erfgoed: archeologische waarden

Voor de uitbreiding van het stroomnet moeten overal in de gemeente kabels worden gelegd. Hierdoor kunnen archeologische sporen in de bodem beschadigd raken, vooral in gebieden waar waardevolle vondsten worden verwacht. In delen van de gemeente zonder archeologische verwachting is het risico op schade klein. In de vervolgfase moet archeologisch onderzoek duidelijk maken waar en op welke diepte archeologische resten aanwezig zijn.

LEEMTEN IN DE KENNIS EN AANZET TOT MONITORING

12.1 Leemten in kennis

Bij het onderzoeken van de milieueffecten van het warmteprogramma zijn de volgende leemten in kennis geconstateerd:

- **trillingen en geïnduceerde seismiciteit door het gebruik van geothermieputten.** De ontwikkelende wetgeving en nog bestaande leemten in kennis over de effecten van geothermie in de diepe ondergrond zorgen ervoor dat het risico op het ontstaan van milieueffecten niet volledig uitgesloten kan worden. Wetgeving die passend is bij de Nederlandse ondergrond wordt hiervoor doorontwikkeld, gelijk met de lessen die geleerd worden uit pilotprojecten;
- **het kwantificeren van de effecten van aquathermie op de waterkwaliteit, en de schaalbaarheid hiervan.** Huidige studies zijn vaak gericht op kleinschalige oplossingen. Hier worden wel effecten gezien, maar de ernst van deze effecten is sterk afhankelijk van het water waar een aquathermiebron in geplaatst wordt;
- **het ontstaan van lekkages in bodemlagen door boringen en hun doorwerkende effecten op het grondwater.** Het ontstaan van lekkages door boringen is niet uit te sluiten. Als deze optreden zijn ze lastig te herstellen, waardoor de ondergrond blijvend veranderd. De mogelijke effecten hiervan op de grondwaterkwaliteit en -stroming, doorwerkend in het drinkwater en verdroging van natuurgebieden, zijn niet duidelijk. Vanuit modelstudies is het de aanname dat dit effect marginaal is, maar dat er wel kwetsbaarheden kunnen ontstaan.

Het advies is om in het warmteprogramma rekening te houden met deze leemten. In de fasering van de wijkaanpakken kan ruimte opgenomen worden om onderzoeken te monitoren, zodat in buurten die later in de fasering zitten, beter zicht is op deze effecten.

12.2 Aanzet tot monitoring

Het warmteprogramma beschrijft de plannen voor het verduurzamen én aardgasvrij maken van de buurten in Diemen in de komende tien jaar. De voorspelde milieueffecten zijn daarom gedaan op basis van uitgangspunten voor de komende tien jaar, die dus in de loop der tijd kunnen veranderen. Globaal zijn er drie vormen van onzekerheid die aanleiding vormen voor monitoring. Deze worden hieronder nader toegelicht:

- onzekerheid over locatie, inpassing en uitwerking van het warmteprogramma: het tempo, de fasering, de grootte en de locaties van de ingrepen zijn nog niet bekend. Dit zal in het vervolg bepaald worden;
- onzekerheid over de voorspelde effecten: de milieuonderzoeken zijn op basis van bestaande kennis over methoden en effecten uitgevoerd. Voortschrijdende inzichten op het gebied van omgevingskwaliteit, de fysieke leefomgeving en de woonomgeving kunnen ervoor zorgen dat een beoordeling uit dit plan-MER niet meer passend is. Dit is bijvoorbeeld een risico bij stikstof in de aanlegfase;
- onzekerheid vanwege leemten in kennis in dit plan-MER: de effecten kunnen ook onzeker zijn vanwege een leemte in kennis. In de vorige paragrafen zijn de leemten in kennis en de onzekerheden beschreven die tot gevolg hebben dat de milieueffecten nog niet vastgesteld kunnen worden;
- op dit moment is de exacte fasering, omvang en locatie van de aanleg van warmtenetten en andere werkzaamheden in de straten nog niet bekend. Hierdoor kan in deze fase nog geen concrete

beoordeling worden gemaakt van de tijdelijke effecten van aanlegwerkzaamheden op de luchtkwaliteit, bijvoorbeeld als gevolg van bouwverkeer, omleidingen en extra transportbewegingen. Wel wordt aanbevolen om bij de verdere uitwerking en fasering van projecten expliciet aandacht te besteden aan mogelijke effecten op de luchtkwaliteit en verkeershinder. Bij toekomstige uitvoeringsbesluiten en project-MER's dient daarom te worden onderzocht in hoeverre aanlegwerkzaamheden kunnen leiden tot tijdelijke verslechtering van de luchtkwaliteit en welke mitigerende maatregelen nodig zijn om deze effecten zoveel mogelijk te beperken;

- de effecten van de aanleg van warmtenetten op bodemdaling en veranderingen in grondwaterstanden binnen de gemeente moeten zorgvuldig worden gemonitord. Door de bestaande bodemdaling in de gemeente Diemen en de werkzaamheden voor de aanleg van warmtenetten bestaat het risico op schade aan infrastructuur en gebouwen. Het is daarom noodzakelijk om na de uitvoering van de werkzaamheden de situatie te monitoren en, indien nodig, tijdig passende maatregelen te nemen om eventuele schade te beperken of te voorkomen.

Deze onzekerheden passen bij het detailniveau van het warmteprogramma en voorliggende plan-MER. Daarom volgen na het warmteprogramma nog diverse procedurele stappen waarin onzekerheden ingevuld gaan worden, zoals een uitvoeringsplan, een omgevingsplanwijziging en omgevingsvergunning of een BOPA, waarbij mogelijk ook een MER(-beoordelings)procedure doorlopen wordt. Op programmaniveau is er noodzaak om 3 onzekerheden concreet te monitoren. Dit zijn:

- het monitoren van de lessen die geleerd worden over milieueffecten vanuit pilotprojecten rondom geothermie, en het aansluiten bij de veranderende wetgeving om grip te krijgen op deze leemte;
- het monitoren van onderzoeken en pilotproject in grootschalige toepassing van aquathermie. Hiernaar wordt nog steeds onderzoek gedaan, waardoor er een steeds beter beeld ontstaat van de milieueffecten van deze techniek, ook bij grootschaligere installaties;
- de effecten van opschaling van boringen in de bodem op de verwachte milieueffecten zijn nog niet in beeld. Onderzoek naar dit effect, en opschaling, moet gemonitord worden.

Het monitoren van en ontwikkelen van kennis over deze onzekerheden helpt om bij de herziening van het warmteprogramma over vijf jaar een nauwkeurigere effectbeoordeling te maken, en waar nodig plannen bij te stellen.

REFERENTIES

- 1 Alles over aardwarmte. (2026). Geraadpleegd van <https://www.allesoveraardwarmte.nl/van-concept-tot-uitvoering/fasering/>.
- 2 Antea Group. (2025). Milieueffectrapport. Geraadpleegd van <https://utrecht.bestuurlijkeinformatie.nl/Agenda/Document/d10d2616-d5ef-4a77-8efc-c32d88dc1a43?documentId=8a62b3c4-47be-48f3-900e-20283bdd8dc5&agendaltemId=1f193b44-bf36-4bb1-8fd3-0a71e31bea32>.
- 3 G. Bakema, J. Bloem, M. Heinen, M. Knotters en N. van Rooijen (2023). *Wordt de grond ons te warm onder de voeten?* Bodem nummer 3 (WUR) <https://edepot.wur.nl/639299>.
- 4 Bal, D. (2018). Effecten op trofische niveaus. *De Levende Natuur*, 119(5), 160–220. Geraadpleegd van <https://natuurtijdschriften.nl/pub/1010651/dln201811905010.pdf>.
- 5 Barber, J. R., Crooks, K. R., & Fristrup, K. M. (2010). The costs of chronic noise exposure for terrestrial organisms. *Trends in Ecology & Evolution*, 25(3), 180–189. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0169534709002614>
- 6 Beuken, R., Moerman, A., van Steen, J., & van Laarhoven, K. (2020). *Grote invloed warmtenetten op energieverbruik en CO₂-uitstoot*. Wageningen University & Research. <https://edepot.wur.nl/568870>.
- 7 Blokker, E. J. M., & Pan, Q. (2022). *Invloed warmtenetten op drinkwatertemperatuur: Resultaten TKI Engine (KWR 2022.121)*. KWR Water Research Institute. <https://api.kwrwater.nl/uploads/2022/12/KWR-2022.121-Invloed-warmtenetten-op-temperatuur-drinkwater.-ResultatenTKI-Engine-%28OPENBAAR%29.pdf>.
- 8 Bonte, M., Stuijzand, P. J., Hulsmann, A., & Van Beelen, P. (2011). Underground thermal energy storage: Environmental risks and policy developments in the Netherlands and European Union. *Ecology and Society*, 16(1), Artikel 22. <https://www.ecologyandsociety.org/vol16/iss1/art22/>.
- 9 CE Delft. (2018). *Factsheet warmtenet hogetemperatuur*. Geraadpleegd van https://www.leiderdorp.nl/fileadmin/Leiderdorp_bestanden/Inwoner/Project/Oranjewijk/CE_Delft_5R19_Factsheet_warmtenet_Hogetemperatuur.pdf.
- 10 Caissie, D. (2006). The thermal regime of rivers: a review. *Freshwater Biology*, 51(8), 1389–1406. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2006.01597.x>.
- 11 Callic. (2023). TEO installatie 2.3 MWt Hyde Park Hoofddorp. Geraadpleegd van <https://www.callic.nl/projecten/teo-installatie-2-3-mwt-hyde-park-hoofddorp/>.
- 12 Cirkel, G., Dijkstra, J., & van Vliet, M. (2022). *Mogelijke lange-termijneffecten van grootschalige geothermie op grondwaterkwaliteit*. STOWA. <https://www.stowa.nl/deltafacts/waterkwaliteit/kennisimpuls-waterkwaliteit/mogelijke-lange-termijneffecten-van>.
- 13 De Ingenieur. (2019, 9 december). Warmte winnen uit water. Geraadpleegd van <https://deingenieur.nl/artikelen/warmte-winnen-uit-water>.
- 14 De Vlieger, H., Oerlemans, P., Dinkelman, D., Zaadnoordijk, W. J., Koenen, M., Kooreman, S., Valstar, J., Beernink, S., & Schout, G. (2020). Verkenning HTO. WarmingUP. <https://www.warmingup.info/documenten/window-fase-1---a1---verkenning-hto-het-groene-net.pdf>.
- 15 de Vries, F., Heller, R., Kluck, J., Coppel, L., Schoonderbeek, J., & Föllmi, D. (2024). *Hitte in de woning: Factsheets voor een integrale hitteaanpak met een lage energievraag voor koeling*. Hogeschool van Amsterdam. <https://www.hva.nl/>.
- 16 Deltares. (2021). Effecten van aquathermie op vissen en ecosystemen. Geraadpleegd van https://publications.deltares.nl/11205155_000.pdf.
- 17 Donald, P. F., & Evans, A. D. (2006). Habitat connectivity and matrix restoration: The wider implications of agri-environment schemes. *Journal of Applied Ecology*, 43(2), 209–218. <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1365-2664.2006.01146.x>.

- 18 DWA. (2011). *Rendementsverbetering WKO*. Geraadpleegd van https://iplo.nl/publish/pages/91781/rendementsverbetering_wko_dwa_juli_2011_1.pdf.
- 19 EBN & IF Technology. (2023). *Potentieonderzoek Hoge Temperatuur Opslag (HTO)*. Geraadpleegd van https://www.ebn.nl/wp-content/uploads/2023/05/1jun2023_Potentieonderzoek_HTO_EBN_IF_Technology_-_Rotterdam_Den_Haag_-_Leidse_Regio.pdf.pdf.
- 20 Enviroliteracy Team. (2025, 13 maart). Will diluted antifreeze kill animals? A comprehensive guide. Geraadpleegd van <https://enviroliteracy.org/animals/will-diluted-antifreeze-kill-animals/>.
- 21 Duurzame Jongens. (13 juni 2025). *Levensduur van een warmtepomp*. De Duurzame Jongens. Geraadpleegd van <https://de-duurzame-jongens.nl/levensduur-warmtepomp/>.
- 22 Ecoforest. (2025). *Rendement van geothermie: economische analyse en terugverdientijd*. Ecoforest. Geraadpleegd van <https://ecoforest.com/nl/nieuws/rendement-van-geothermie-economische-analyse-en-terugverdientijd/>.
- 23 Elize Energie. (2019). *Veelgestelde vragen – Service en onderhoud*. Geraadpleegd van <https://elize.nl/service-en-onderhoud/veelgestelde-vragen>.
- 24 Francis, C. D., Ortega, C. P., & Cruz, A. (2009). Noise pollution changes avian communities and species interactions. *Current Biology*, 19(16), 1415–1419. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960982209013281>
- 25 Gemeente Diemen (2024). Jaarstukken 2023. Geraadpleegd van <https://programmabegroting2023.financielestukken.diemen.nl/pdfondemand/printpdf?docId=113210>.
- 26 Gemeente Diemen. (2021). Notitie Programma Groot Onderhoud Openbare Ruimte 2020-2025. Geraadpleegd van [Notitie Programma Groot Onderhoud Openbare Ruimte 2020-2025 | Lokale wet- en regelgeving](#).
- 27 Gemeente Diemen. (2022). Omgevingsvisie Diemen 2040. Geraadpleegd van [Omgevingsvisie Diemen 2040 | Lokale wet- en regelgeving](#).
- 28 Gemeente Diemen. (2023). Kwaliteitsplan openbare ruimte: Verbinden, ontmoeten en thuiskomen. Geraadpleegd van [Kwaliteitsplan Openbare Ruimte: Verbinden, ontmoeten en thuiskomen | Lokale wet- en regelgeving](#).
- 29 Gemeente Diemen. (2024). Actieplan geluid 2024–2028. <https://lokaleregelgeving.overheid.nl/CVDR725764>.
- 30 Gemeente Diemen. (2024). Programma klimaatadaptatie Gemeente Diemen. Geraadpleegd van <https://diemen.bestuurlijkeinformatie.nl/Document/View/8f3a1c30-d95d-4ae4-8fa5-99f78687b563>.
- 31 GGD. (2019) Gezondheidskundige richtwaarden omgevingsgeluid van de GGD. Geraadpleegd van <https://www.rivm.nl/ggd-richtlijn-mmk-omgevingsgeluid/gezondheidseffecten-geluid/gezondheidskundige-richtwaarden>.
- 32 Greening, B., & Azapagic, A. (2012). *Domestic heat pumps: Life cycle environmental impacts and potential implications for the UK* (achtergrondartikel LCA). The University of Manchester. https://milieudatabase.nl/media/filer_public/1c/59/1c595655-febe-48c6-9100-adb11bd240e8/domestic_heatpumps_achtergrond_artikel_lcirca.pdf.
- 33 IF Technology. (2022). Potentieonderzoek geothermie Noord-Holland en Flevoland. Geraadpleegd van https://geoapps.noord-holland.nl/waf/Documents/Geothermie/72125JK20220923_%20Publieksrapportage_Geothermie.pdf.
- 34 Internationale Commissie ter Bescherming van de Rijn (ICBR). (2013). Actuele stand van de kennis over mogelijke effecten van veranderingen in het afvoerregime en de watertemperatuur op het ecosysteem van de Rijn en mogelijke handelingsperspectieven. Geraadpleegd van https://www.iksr.org/fileadmin/user_upload/DKDM/Dokumente/Fachberichte/NL/rp_NI_0204.pdf.
- 35 Kenniscentrum BIJ12. (2023). Kennisdocument Rugstreeppad. Geraadpleegd van <https://www.bij12.nl/wp-content/uploads/2023/11/Kennisdocument-Rugstreeppad.pdf>.
- 36 KRW. (2013). Effecten en risico's van gesloten. Geraadpleegd van [bodemenergiesystemenhttps://edepot.wur.nl/396258](https://edepot.wur.nl/396258).
- 37 Mangs, S. (2005). *Insulation materials in district heating pipes: Environmental and thermal performance of polyethylene terephthalate and polyurethane foam* (Doctoral thesis). Chalmers University of Technology. <https://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/9176/9176.pdf>.
- 38 Markarian, R. K. (1980). A study of the relationship between aquatic insect growth and water temperature in a small stream. *Hydrobiologia*, 75, 81–95. Geraadpleegd van <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00006565>.

- 39 Melvin, S. D., & Trudeau, V. L. (2012). Growth, development and incidence of deformities in amphibian larvae exposed as embryos to naphthenic acid concentrations detected in the Canadian oil sands region. *Environmental Pollution*, 167, 178–183. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2012.04.002>.
- 40 Meyer, D., Schoetter, R., & van Reeuwijk, M. (2023). Energy and environmental impacts of air-to-air heat pumps in a mid-latitude city. arXiv. <https://arxiv.org/abs/2309.15837>.
- 41 Muntendam-Bos, A. G., Hoedeman, G., Polychronopoulou, K., Draganov, D., Weemstra, C., Van Der Zee, W., Bakker, R. R., & Roest, H. (2022). An overview of induced seismicity in the Netherlands. *Netherlands Journal of Geosciences – Geologie en Mijnbouw*, 101. <https://doi.org/10.1017/njg.2021.14>.
- 42 Newton, I. (1994). The role of nest sites in limiting the numbers of hole-nesting birds: A review. *Biological Conservation*, 70(3), 265–276. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0006320794901724>
- 43 Noord-Hollandse Energie Regio. (2021). RES 1.0 Noord-Holland Zuid. Geraadpleegd van <https://energieregionh.nl/media/pages/medialibrary/41a099e877-1729685517/nhz-res-1-20210708.pdf>.
- 44 NPLW. (2025). Aquathermie (thermische energie uit water). Geraadpleegd van <https://www.nplw.nl/warmtenet/warmtebronnen/aquathermie>.
- 45 NPLW (2024). *Bodemenergie*. Geraadpleegd op 3 februari 2026, van <https://www.nplw.nl/warmtenet/warmtebronnen/bodemenergie>.
- 46 Oerlemans, P., Borst, C., Schutte, C., & Kleinlugtenbelt, R. (2023). *Potentieonderzoek Hoge Temperatuur Opslag (HTO) RES Rotterdam Den Haag & Leidse Regio*. EBN & IF Technology. https://www.ebn.nl/wp-content/uploads/2023/05/1jun2023_Potentieonderzoek_HTO_EBN_IF_Technology_-_Rotterdam_Den_Haag_-_Leidse_Regio.pdf.pdf EBN.
- 47 Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO). (2024, mei). Reikwijdtedocument bijlage 2: Maatregelenencatalogus beschermde soorten (D). Geraadpleegd van <https://www.rvo.nl/sites/default/files/2024-05/Reikwijdtedocument-bijlage%202-Maatregelenencatalogus-beschermde-soorten-%28D%29.pdf>.
- 48 Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO). (2024, mei). Reikwijdtedocument bijlage 2: Kennisdocument na-isolatie en renovaties (C). <https://www.rvo.nl/sites/default/files/2024-05/Reikwijdtedocument-bijlage%202-Kennisdocument%20na-isolatie-en-renovaties-%28C%29.pdf>.
- 49 Rijkswaterstaat. (2024). Waterinfo Geraadpleegd van <https://waterinfo.rws.nl/thema/Waterkwantiteit?view=map>.
- 50 SCAN. (2024). Onderzoeks boring in Ouder-Amstel. Geraadpleegd van <https://scanaardwarmte.nl/scan-publiceert-eerste-gegevens-uit-onderzoeks-boring-in-ouder-amstel/>.
- 51 Schout, G., & Bloemendal, M. (2022). *Effecten van bodemenergiesystemen op de grondwaterkwaliteit*. Geraadpleegd van <https://www.stowa.nl/deltafacts/waterkwaliteit/kennisimpuls-waterkwaliteit/effecten-van-bodemenergiesystemen-op-de>.
- 52 Schreurs, E. (2024). *Warmtepompen krijgen een tweede leven met refurbished onderdelen*. Warmte365. Geraadpleegd van <https://www.warmte365.nl/nieuws/warmtepompen-krijgen-een-tweede-leven-met-refurbished-onderdelen-65ACADB1.html>.
- 53 Sil, A., Wakadikar, K., Kumar, S., & Babu, S. S. (2012). Toxicity characteristics of drilling mud and its effect on aquatic fish populations. *Journal of Hazardous, Toxic, and Radioactive Waste*, 15(1), 51–57. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)HZ.2153-5515.0000092](https://doi.org/10.1061/(ASCE)HZ.2153-5515.0000092).
- 54 Startanalyse. (2025). Diemen. Geraadpleegd van <https://startanalyse.pbl.nl/gemeentedata>.
- 55 Stichting Climate Adaptation Services (CAS). Kaartviewer Klimaat-effectatlas. Geraadpleegd van <https://www.klimaat-effectatlas.nl/nl/kaartviewer>.
- 56 Stichting RIONED. (2024). *Hergebruik van drukloze pvc-buizen*. Geraadpleegd van https://www.riool.net/media/xs5imr1o/stichtingrioned_tervisie_092024hergebruik-pvc-buizen-een-praktische-handreiking.pdf.
- 57 Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (STOWA). (2023). Ecologische impact van TEO-systemen. Geraadpleegd van <https://www.stowa.nl/deltafacts/waterkwaliteit/ecologische-impact-teo-systemen>.
- 58 STOWA. (2022). Mogelijke lange-termijn effecten van grootschalige geothermie op grondwaterkwaliteit. <https://www.stowa.nl/deltafacts/waterkwaliteit/kennisimpuls-waterkwaliteit/mogelijke-lange-termijneffecten-van>.
- 59 STOWA. (2025). Aquathermie. Geraadpleegd van <https://www.stowa.nl/onderwerpen/energietransitie/produceren-van-energie-om-aquathermie/aquathermie>.
- 60 TKI Urban Energy. 2020. Warmtenetten ontrafeld. Geraadpleegd van https://topsectorenergie.nl/documents/389/TKI_WarmtenettenOntrafeldUpdate2021.pdf.

- 61 TNO. (2021). Rapportage milieuhygiënische risico's thermische vervuiling nabij geothermieputten. https://www.nlog.nl/sites/default/files/2021-04/age_21-10.017_sodm_bvk_rapportage_milieuhygiënische_risicos_thermische_vervuiling_nabij_geothermieputten.pdf.
- 62 Van Dijk, R. (2019, 5 september). Effecten van bouwmethode verdiepte ligging A27 / A12 Ring Utrecht op beschermde natuurwaarden (Projectnr. 367108). Opgesteld voor Rijkswaterstaat Midden-Nederland. Sweco. Geraadpleegd van <https://www.commissieMER.nl/projectdocumenten/00006525.pdf>.
- 63 Waternet. (2025). 2024: ons water in cijfers. Geraadpleegd van <https://www.waternet.nl/blog/2024-ons-water-in-cijfers/>.
- 64 Waterschap Amstel, Gooi en Vecht. (2025). Waterkwaliteit. Geraadpleegd van <https://www.agv.nl/specials/waterkwaliteit/>.
- 65 Xie, X., Luo, Z., Grimmond, S., Liu, Y., Ugalde-Loo, C. E., Bailey, M. T., & Wang, X. (2024). Could residential air-source heat pumps exacerbate outdoor summer overheating and winter overcooling in UK 2050s climate scenarios? iScience, 27(8), 106102. https://www.researchgate.net/profile/Zhiwen-Luo-4/publication/383989556_Could_residential_air-source_heat_pumps_exacerbate_outdoor_summer_overheating_and_winter_overcooling_in_UK_2050s_climate_scenarios/links/67cf6ad5d759700065077d2e/Could-residential-air-source-heat-pumps-exacerbate-outdoor-summer-overheating-and-winter-overcooling-in-UK-2050s-climate-scenarios.pdf?tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIiwicGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIn19.
- 66 Zoogdierverseniging. (2023). Advies agendabepaling monitoring en onderzoek aan vleermuizen in het kader van de energietransitie (2021.19). Geraadpleegd van [https://www.zoogdierverseniging.nl/sites/default/files/2023-04/2021.19_advies_agendabepaling_monitoring_en onderzoek aan vleermuizen in het kader van de en ergietransitie.pdf](https://www.zoogdierverseniging.nl/sites/default/files/2023-04/2021.19_advies_agendabepaling_monitoring_en Onderzoek aan vleermuizen in het kader van de en ergietransitie.pdf).

Bijlage(n)

BIJLAGE: UITGANGSPUNTEN WARMTESYSTEEM

I.1 Uitgangspunten warmtevraag

Om het vermogen van de installaties van de alternatieven te bepalen, is de warmtevraag van Diemen benodigd. Daarnaast is de vermogensvraag onderverdeeld in een basislast, middenlast en pieklast welke door verschillende systemen worden opgevangen.

Tabel I.1 Uitgangspunten warmtevraag Diemen

Parameter	Waarde	Eenheid	Bron
aantal woningequivalenten	16.855	WEQ	startanalyse
warmtevraag (ruimteverwarming en tapwater)	500.000	GJ/jaar	startanalyse
piekvermogen Diemen	66	MW	startanalyse en model vraagprofiel
basislast	26,4	MW	startanalyse en model vraagprofiel
middenlast	13,2	MW	startanalyse en model vraagprofiel
pieklast	26,4	MW	startanalyse en model vraagprofiel

I.2 Uitgangspunten systemen

In Diemen is het warmtesysteem nog onbekend. Maar voor het onderzoek zijn op basis van kentallen de uitgangspunten opgesteld voor de systemen die deel uitmaken van de alternatieven. Deze uitgangspunten maakt het mogelijk de effecten van alternatieven te onderzoeken. Let op dit is niet hoe het systeem er daadwerkelijk komt uit te zien. Dit zal verder worden uitgewerkt in de uitvoeringsplannen.

Tabel I.2 Uitgangspunten systemen

Parameter	Waarde	Eenheid	Bron/uitgangspunt
systeeminstelling			
basislast	40	% van totaal vermogen	aanname
bufferlast (opslag WKO/HTO)	20	% van totaal vermogen	aanname
pieklast (E-boiler)	40	% van totaal vermogen	aanname
piekvermogen t.o.v. warmte	13,3	MW per TJ	op basis van model vraagprofiel
pieklast (e-boiler)			

Parameter	Waarde	Eenheid	Bron/uitgangspunt
vermogen	0,8	MW	referentieproject Leeuwarden
diameter e-boiler	2	m	referentieproject Leeuwarden
oppervlakte per MW	3,9	m ² /MW	berekening
oppervlakte per onderstation	3,1	m ²	berekening: Oppervlakte E-boilers / totaal aantal onderstations
WKO			
WKO potentie	1	MW	potentie per systeem gebaseerd op studie Amsterdam: https://amsterdamgreencampus.nl/wp-content/uploads/2021/12/Bijlagen_Hillenius_TE_O.pdf
WKO bovengronds oppervlakte	1	m ² per doublet	https://utrecht.bestuurlijkeinformatie.nl/Reports/Document/0396cda9-c6c4-4e89-8e27-700ee64c8782?documentId=3d3c19a5-ba0e-4038-a52f-85ea14065534
aantal WKO aquathermie 30 -	40	stuks	bandbreedte op basis van berekening met vraagcurve
aantal WKO datathermie 10 -	15	stuks	bandbreedte op basis van berekening met vraagcurve
HTO			
oppervlakte HTO doublet	3	m ² per doublet	https://www.warmingup.info/documenten/wind-ow-fase-1---a1---verkenning-hto-het-groene-net.pdf
vermogen doublet	4,5	MW per doublet	https://www.warmingup.info/documenten/wind-ow-fase-1---a1---verkenning-hto-het-groene-net.pdf
WOS			
vermogen basis & middenlast WOS	39,6	MW	op basis van buurtdata
oppervlakte met collectieve WP	61	m ² /MW	https://utrecht.bestuurlijkeinformatie.nl/Reports/Document/0396cda9-c6c4-4e89-8e27-700ee64c8782?documentId=3d3c19a5-ba0e-4038-a52f-85ea14065534
oppervlakte collectieve WP	30	m ² /MW	https://www.bakerhughes.com/clean-power-solutions/industrial-heat-pumps
oppervlakte WOS met collectieve WP	2.418	m ²	berekening: Vermogen WOS * oppervlakte/vermogen
oppervlakte WOS zonder collectieve WP	1.229	m ²	berekening: Oppervlakte WOS met collectieve WP - oppervlakte collectieve WP
COP collectieve warmtepomp aquathermie en datathermie	4	GJth/GJel	https://www.dutchdatacenters.nl/download/dathermie-in-perspectief/
onderstation			
aantal woningequivalenten per onderstation	500	WEQ/OS	https://www.terneuzen.nl/Duurzaamheid/Terneuzen_aardgasvrij_TVW/Rapport_Restwarmtenet_Terneuzen_Schetsontwerp_businesscase_en_uitvoeringsplan_Hoek.pdf
onderstation zonder e-boiler	32	m ²	https://delft.raadsinformatie.nl/document/14533760/1

Parameter	Waarde	Eenheid	Bron/uitgangspunt
onderstation met e-boiler	35,0781042	m ²	berekening: Oppervlakte onderstation + oppervlakte E-boiler
geothermie			
geothermiedoublet	4800 + aantal doubletten * 1200	m ²	rapport Ruimte vraag Aardwarmte - openresearch.amsterdam
geocentrale	1800 + aantal doubletten * 600	m ²	rapport Ruimte vraag Aardwarmte - openresearch.amsterdam
vermogen per doublet	10	MWth	aanname op basis van https://geoapps.noord-holland.nl/waf/Documents/Geothermie/72125JK20220923_%20Publieksrapportage_Geothermie.pdf
doubletten	3	stuks	berekening: basislast / vermogen per doublet
datathermie			
vermogen datacenter Treubweg	9	MW	aangeleverd door gemeente
vermogen datacenter Sciencepark	10	MW	aangeleverd door gemeente
aquathermie			
inlaatoppervlakte	4,3	m ² /MW	https://www.callic.nl/projecten/teo-installatie-2-3-mwt-hyde-park-hoofddorp/
oppervlakte inlaat	115	m ²	berekening op basis van basislast vermogen
transformatorhuisjes			
aantal MT-warmtenet	0		prognose aangeleverd door Liander
aantal ZLT-warmtenet	6		prognose aangeleverd door Liander
aantal lucht-water-warmtepomp	12		prognose aangeleverd door Liander
aantal bodemwarmtepomp	7		inschatting op basis van COP LWP 2, COP BWP 3,8 en COP warmtepomp ZLT-warmtenet 4 en bovenstaande prognoses
oppervlakte transformatorhuisje	6,5	m ²	https://www.enexis.nl/over-ons/elektriciteitsstations/elektriciteitshuisjes
bodemwarmtepomp			
binnenunit	0,6	m ²	berekening op basis van https://www.eigenhuis.nl/verduurzamen/verwarmen/warmtepomp/is-mijn-huis-geschikt-voor-een-warmtepomp
boiler	0,4	m ²	berekening op basis van https://www.eigenhuis.nl/verduurzamen/verwarmen/warmtepomp/is-mijn-huis-geschikt-voor-een-warmtepomp
opslagvat	0,3	m ²	berekening op basis van https://www.eigenhuis.nl/verduurzamen/verwarmen/warmtepomp/is-mijn-huis-geschikt-voor-een-warmtepomp

Parameter	Waarde	Eenheid	Bron/uitgangspunt
lucht-water-warmtepomp			
binnenunit	0,6	m ²	berekening op basis van https://www.eigenhuis.nl/verduurzamen/verwarmen/warmtepomp/is-mijn-huis-geschikt-voor-een-warmtepomp
boiler	0,4	m ²	berekening op basis van https://www.eigenhuis.nl/verduurzamen/verwarmen/warmtepomp/is-mijn-huis-geschikt-voor-een-warmtepomp
opslagvat	0,3	m ²	berekening op basis van https://www.eigenhuis.nl/verduurzamen/verwarmen/warmtepomp/is-mijn-huis-geschikt-voor-een-warmtepomp
buitenunit	0,6	m ²	berekening op basis van https://www.eigenhuis.nl/verduurzamen/verwarmen/warmtepomp/is-mijn-huis-geschikt-voor-een-warmtepomp
afleversets			
afleversets	0,12	m ²	https://ce.nl/wp-content/uploads/2021/04/07_Factsheet_HT-warmtenet_DEF_extra.pdf

I.3 Uitgangspunten aquathermie

De potentie van aquathermie in het Amsterdam-Rijnkanaal is bepaald aan de hand van het debiet van het Amsterdam-Rijnkanaal. Als norm voor het maximale debiet van de aquathermie installatie is 10 % van de maatgevende lage afvoer gebruikt (STOWA, 2023)¹. De maatgevend lage afvoer is het debiet van het Amsterdam-Rijnkanaal die 10 % van de tijd overschreden wordt. Negentig procent van de tijd is de afvoer dus hoger.

Het maximaal toegestane debiet voor de aquathermie installatie is dan 7.285 m³/uur. Uitgaande van een warmtevraag van Diemen van circa 500.000 GJ/jaar², en 3.500 vollasturen van de aquathermie-installatie (aangezien de warmte het meest efficiënt in de zomer kan worden onttrokken), en er 6 graden van het water wordt onttrokken is er een debiet van 5.650 m³/uur nodig. Dit valt binnen de 10 % van de maatgevend lage afvoer. Hiervoor is data van het RWS gebruikt.

I.4 Buurtypen buurten plangebied

Tabel I.3 Buurten die onderdeel zijn van het plangebied en het buurttype

Buurt	Buurttype
Akkerland	bloemkoolwijk
Anne Frank	bloemkoolwijk
Bergwijckpark	bedrijven

¹ STOWA. (2023) *Handreiking voor Beoordeling van Ecologische Effecten van TEO-Systemen*. Geraadpleegd van <https://www.stowa.nl/sites/default/files/2024-01/STOWA%202023-40%20WEB.pdf>.

² Op basis van Startanalyse.

Buurt	Buurttype
Beukenhorst	hoogbouw
Biesbosch	bloemkoolwijk
Bomenrijk	Vinex wijk
Buitenlust	bloemkoolwijk
Buytenstee	bloemkoolwijk, hoogbouw
Centrum Oost	tuindorp, tuinstad hoogbouw
Centrum West	tuindorp, tuinstad hoogbouw
De Sniep	bedrijven
Diemerpolder	buitengebied
Gemeenschapspolder	buitengebied
Kruidenhof	hoogbouw, bloemkoolwijk
Oud Diemen	bloemkoolwijk
Overdiemen	buitengebied
Overdiemerpolder	buitengebied
Plantage de Sniep Noord	Vinex wijk
Polderland	bloemkoolwijk
Ruimzicht Oost	hoogbouw, tuinstad laagbouw, tuinstad hoogbouw
Ruimzicht West	hoogbouw, tuinstad laagbouw, tuinstad hoogbouw
Scheepskwartier	Vinex wijk, hoogbouw
Schelpenhoek	hoogbouw, bloemkoolwijk
Spoorzicht	tuindorp
Sportpark De Diemen	bedrijven
Stammerdijk	bedrijven
Studentenflats Rode Kruislaan	hoogbouw
Verrijn Stuart	bedrijven
Vlindertuin	Vinex wijk, hoogbouw
Vogelweide	Vinex wijk, hoogbouw



BIJLAGE: ONDERZOEK TRILLINGEN GEOTHERMIE

II.1 Project inleiding

Trillingen en overlast die mogelijk ontstaan bij boringen naar aardwarmte, of geothermie, zijn geïdentificeerd als aandachtspunt in een studie naar omgevingsbeïnvloeding van warmte-installaties. Deze studie maakt onderdeel uit van het milieueffectrapport (MER) warmteprogramma dat Witteveen+Bos opstelt voor de gemeente Diemen.

Er bestaat tegenstrijdige berichtgeving over het al dan niet optreden van significante trillingen tijdens het boren naar geothermie en vervolgens gedurende de gebruiksfase van de warmte-installatie. Volgens EBN veroorzaken de SCAN proefboringen geen trillingen (SCAN, 2025), echter bij de geothermie boringen op de campus van TU Delft moesten tentamens tijdens de boringen worden verplaatst vanwege verwachte trillingsoverlast. Deels komt dit doordat geothermie in Nederland nog vrij nieuw is in de stedelijke omgeving. Bovendien bestaat er geen raamwerk voor fysische of statistische trillingspredictie bij dergelijke boringen.

Om toch nog enigszins een conclusie te kunnen trekken over omgevingsbeïnvloeding van geothermie installaties in de stedelijke omgeving, wordt in deze notitie de stand van kennis verkend en een inschatting gemaakt van optredende trillingen bij geothermie boringen.

II.2 Methodiek trillingsanalyse

Er bestaat geen specifiek juridisch kader in zijn algemeenheid voor trillingen. Daarom wordt de meet- en beoordelingsrichtlijnen voor trillingen van Stichting Bouwresearch Rotterdam vaak als toetsingskader gehanteerd. Deze heeft formeel geen wettelijke status, maar wordt in jurisprudentie dikwijls toegepast bij het beoordelen van trillingen. Dit instrument wordt daarom in voorliggend onderzoek als toetsingskader aangehouden.

De richtlijn bestaat uit drie onderdelen, die elk een ander aspect van trillingen beoordelen. Te weten:

- deel A: schade aan bouwwerken (SBR, 2017);
- deel B: hinder voor personen in gebouwen (SBR, 2006, herdruk juli);
- deel C: storing aan apparatuur (SBR, 2006, herdruk juli).

In de onderstaande paragrafen worden deze onderdelen op hoofdlijnen toegelicht.

II.3 SBR-A: Schade aan bouwwerken

De richtlijn SBR deel A geeft grenswaarden waarbij de kans op schade aan bouwwerken of onderdelen daarvan aanvaardbaar klein is. Dat wil zeggen een kans op schade van 1 % of minder. De richtlijn kent twee gebouwcategorieën (op hoofdlijnen beschreven, zie de richtlijn voor de specifieke definitie):

- categorie 1: gebouwen of onderdelen daarvan die deze bestaan uit gewapend beton of hout;
- categorie 2: gebouwen of onderdelen daarvan die bestaan uit metselwerk.

Per gebouwcategorie specificeert de richtlijn per frequentie een karakteristieke grenswaarde (V_{kar}) van de topwaarde van de trillingssnelheid (V_{top}) op onderdelen van een bouwwerk (bijvoorbeeld fundatie of op vloeren en gevels). De V_{top} is de hoogste trillingssnelheid die kan voorkomen als gevolg van een activiteit. Door toepassing van veiligheidsfactoren wordt de karakteristieke grenswaarde verlaagd, waardoor de uiteindelijke toetsingswaarde lager uitvalt. Wanneer de topwaarde lager is dan de toetsingswaarde, dan is de kans op schade aanvaardbaar klein.

De veiligheidsfactoren zijn afhankelijk van het type trilling (kortdurend, herhaald voorkomend of continu), de bouwkundige staat (trillinggevoelig of niet) en de eventuele monumentale status.

II.4 SBR-B: Hinder voor personen in gebouwen

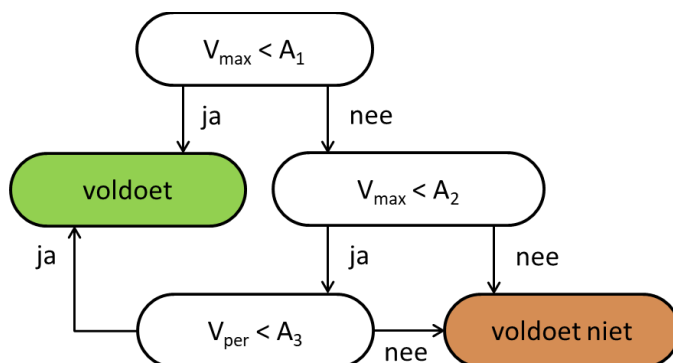
De richtlijn geeft een beoordelingsmethode om hinder voor personen in een pand te beoordelen. Deze richtlijn kent een tweetal toetsingsgrootheden, namelijk V_{max} en V_{per} . V_{max} betreft het maximaal optredende trillingsniveau en hiermee wordt de maatgevende trilling getoetst. V_{per} betreft een effectieve waarde over de beoordelingsperiode, waarbij de verhouding tussen de bedrijfsduur van de trillingsbron en de duur van de beoordelingsperiode betrokken.

De toetsingsprocedure conform de richtlijn is aangegeven in Afbeelding II.2. De streefwaarden zijn erop gericht om de hinder door trillingen te voorkomen of zoveel mogelijk te beperken. Overschrijding van deze streefwaarden dient zoveel mogelijk te worden vermeden. Conform de SBR worden er drie streefwaarden gehanteerd:

- A₁: onderste streefwaarde voor de trillingssterkte V_{max}
- A₂: bovenste streefwaarde voor de trillingssterkte V_{max}
- A₃: streefwaarde voor de trillingssterkte V_{per}

In eerste instantie wordt het maximale trillingsniveau V_{max} getoetst aan de onderste streefwaarde A₁. Wanneer V_{max} een lagere waarde heeft, wordt voldaan aan de richtlijn. Voor een hogere waarde wordt V_{max} getoetst aan A₂, de bovenste streefwaarde. Hiernaast moet de periodiek effectieve waarde V_{per} afgeleid worden. Alleen wanneer V_{max} kleiner is dan A₂ en V_{per} kleiner dan A₃, wordt voldaan aan de SBR-richtlijn.

Afbeelding II.1 Toetsingsschema trillinghinder volgens SBR-B



Volgens de SBR-richtlijn wordt er onderscheid gemaakt tussen de omstandigheden waaronder trillingen voorkomen. Hierbij wordt onderscheidt gemaakt tussen:

- continu voorkomende trillingen gedurende langere tijd¹, bijvoorbeeld door machines, ook machines die niet permanent in gebruik zijn;
- herhaald voorkomende trillingen gedurende langere tijd, bijvoorbeeld rail- en werkverkeer;
- continu of herhaald voorkomende trillingen gedurende een aaneengesloten tijdsduur, korter dan 3 maanden, door bouw- of sloopwerkzaamheden;
- incidenteel voorkomende, kortdurende trillingen, door bijvoorbeeld explosies.

Bij de classificatie van de omstandigheden gaat het in dit geval om continue trillingen gedurende een periode van langer dan 3 maanden. Binnen het toetsingskader wordt onderscheid gemaakt tussen een bestaande situatie, een nieuwe situatie of een gewijzigde situatie. Omdat in dit project sprake is van continue trillingen, wordt er geen onderscheid gemaakt tussen een nieuwe en bestaande situatie. De toetsing wordt uitgevoerd voor verschillende tijdsintervallen, waarbij onderscheid gemaakt wordt:

- dagperiode: van 07.00 uur tot 19.00 uur;
- avondperiode: van 19.00 uur tot 23.00 uur;
- nachtperiode: van 23.00 uur tot 07.00 uur.

In Tabel II.1 staan de streefwaarden voor continue trillingen, deze zijn afhankelijk van de gebouwfunctie. Een aandachtspunt is dat aangezien de trillingen 24 uur per dag zullen doorgaan, ervan uit gegaan wordt dat er in dit geval niet voldaan kan worden aan de toetswaarde A_3 voor de periodiek effectieve waarde V_{per} . Dit houdt in dat om hinder uit te sluiten er voldaan moet worden aan de toetswaarde A_1 .

Tabel II.1 Streefwaarden voor continue trillingen voor zowel nieuwe als bestaande situaties

Gebouwfunctie	Dag en avond			Nacht		
	A_1	A_2	A_3	A_1	A_2	A_3
gezondheidszorg	0,1	0,4	0,05	0,1	0,2	0,05
wonen	0,1	0,4	0,05	0,1	0,2	0,05
onderwijs en kantoor	0,15	0,6	0,07	0,15	0,6	0,07
bijeenkomst	0,15	0,6	0,07	0,15	0,6	0,07
kritische werkruimte	0,1	0,1	-	0,1	0,1	-

In bijlage 5 van de SBR-richtlijn is een kwalificatie van mogelijke hinder gegeven om de toelaatbaarheid van trillingssterkten voor weg- en railverkeer te helpen beoordelen. De kwalificatie is weergegeven in Tabel II.2. Hierbij moet worden opgemerkt dat ervaring van trillingen en hinder hiervan zeer subjectief is en afhangt van de mate waarin de trillingssterkte voorkomt, de aanwezigheid van andere trillingsbronnen (achtergrondtrillingen), de mogelijkheden tot treffen van trillingsreducerende maatregelen, de historie en de persoon.

¹ Langer dan 3 maanden.

Tabel II.2 Hinderkwalificatie volgens bijlage 5 van SBR-richtlijn

$V_{\max}$ [-]	Hinderkwalificatie
< 0,1	geen hinder
0,1 - 0,2	weinig hinder (bestaande situaties)
0,2 - 0,8	matige hinder
0,8 - 3,2	hinder
> 3,2	ernstige hinder

Op basis van Tabel II.2 kan worden geconcludeerd dat er tot een waarde van $V_{\max}$ is 0,1 tot 0,2 trillingen door personen niet of in beperkte mate worden waargenomen en er in de regel ook geen of (weinig) hinder zal zijn.

II.5 SBR-C: Storing aan apparatuur

Met SBR-C wordt getoetst aan de grenswaarden voor gevoelige apparatuur. Trillingen in ruimten van gebouwen kunnen het goed functioneren van apparatuur belemmeren en eventueel tot schade leiden. Om dat te voorkomen kent de richtlijn grenswaarden om het functioneren van de apparatuur als gevolg van trillingen niet te belemmeren. De trillingsgevoeligheid van apparatuur kan sterk variëren, waarbij sommige typen apparatuur dusdanig gevoelig zijn dat zij al worden beïnvloed door trillingsniveaus die voor mensen niet waarneembaar zijn. Voorbeelden hiervan zijn fabricageapparatuur voor de micro-elektronica, optische apparatuur en hoog precisie weegapparatuur.

Grenswaarden worden afgegeven in de vorm van toelaatbare trillingssterkten voor afzonderlijke frequenties, voor meerdere frequenties samen, of een combinatie van beiden. Ook hier wordt onderscheid gemaakt tussen het type trilling (kortdurend, herhaald voorkomend of continu) en de gevoeligheid voor de apparatuur voor trillingen.

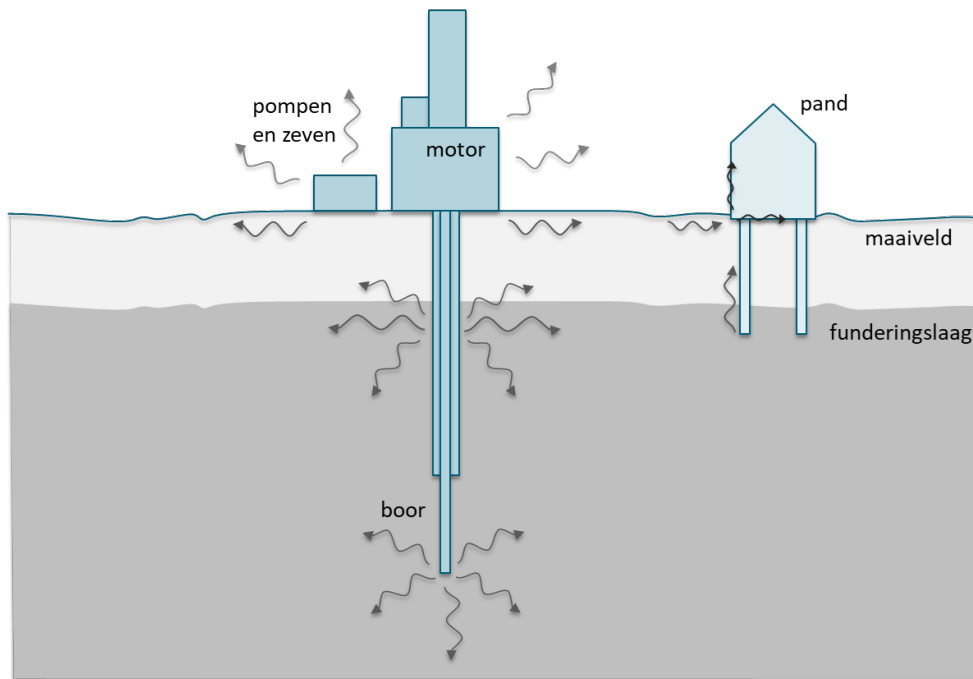
II.6 Predictie trillingsniveau

Om een inschatting te kunnen maken van de verwachte schade of hinder door trillingen bij geothermie boringen, is een predictie nodig van de verwachte trillingsniveaus. Dit is gedaan op basis van literatuur over boringen naar olie. De gevolgde stappen, zoals schematisch weergegeven in Afbeelding II.2 zijn:

- 1 het opstellen van een overzicht van de mogelijke trillingsbronnen;
- 2 het beschouwen van de overdracht van de bron naar de bebouwing beschouwd;
- 3 het maken van een indicatieve inschatting van de verwachte trillingsniveaus in het pand.

Vanwege de grote onzekerheden in deze predictie worden de uitkomsten uitsluitend als globale indicaties van de mogelijke hinder gegeven. De verschillende locaties zijn gerangschikt op basis van een relatieve verwachting van meer of minder hinder.

Afbeelding II.2 Schematische weergave van een geothermie boring met de mogelijke trillingsbronnen en overdrachtspaden naar de ontvanger



Inventarisatie mogelijke trillingsbronnen

Er zijn meerdere mogelijke bronnen van trillingen bij boringen ten behoeve van geothermie. Deze mogelijke bronnen zijn een eerste inschatting van mogelijke processen die trillingen kunnen veroorzaken. Nader onderzoek is nodig om deze bronnen aan te vullen en te duiden.

De meest voor de hand liggende bron is de roterende beweging van de boor. Deze wordt doorgegeven van de motor (boven de grond) via de aandrijfstang naar de boorkop. Behalve aan trillingen opgewekt door de roterende beweging kan hier gedacht worden aan trillingen veroorzaakt door speling in de aandrijfstang of het (tijdelijk) vast komen te zitten van de boorkop en het overkomen van de wrijving. Een andere mogelijke bron van trillingen is het aanvoeren en afvoeren van de boorvloeistof en het afvoeren van het geboorde materiaal. Voor deze processen worden pompen en zeven boven de grond gebruikt, welke ook een bron van mogelijke trillingen kunnen zijn.

Voor de inschatting van hinder naar omgeving kunnen deze bronnen opgedeeld worden naar de locatie waar deze zich bevinden. Hierbij zijn drie locaties gedefinieerd:

- 1 in de diepe lagen;
- 2 in de ondiepe lagen, zoals de funderingslaag van de omliggende bebouwing;
- 3 boven het maaiveld.

Uit verschillende onderzoeken blijkt dat vooral het beitelen of kloppen met de boor om door harde rotslagen heen te komen leiden tot hoge trillingen [\(Pilecki, 2019\)](#), [\(Nicholls, 2009\)](#). Op deze locatie worden dit type lagen niet verwacht en daarmee wordt niet verwacht dat er bij het boren zelf hoge trillingsniveaus onder de grond ontstaan en doorgegeven worden naar het maaiveld of de fundering van de omliggende bebouwing tijdens het boren. Er is een onderzoek gevonden waarin wordt aangegeven dat bij boren in zand en kleilagen zelden maaiveldniveaus worden gemeten die hoger zijn dan 1 mm/s op $r_0 = 5$ m [\(Pilecki, 2019\)](#). Wat deze trillingen in de ondergrond op deze locatie zullen zijn, is een aandachtspunt om verder te onderzoeken, bijvoorbeeld door het uitvoeren van metingen bij geothermie boringen in Nederland.

Onderzoek toont aan dat de opgelegde constante boorsnelheid aan het oppervlak niet leidt tot een constante snelheid aan de boorkop (Pilecki, 2019). In werkelijkheid wordt hier een grote variatie in rotatiesnelheid gezien. Dit wordt verklaard door de zogenaamde 'stick-slip', een proces dat wordt veroorzaakt door de flexibiliteit in torsierichting van het totale systeem van boor en aandrijving waardoor een niet uniform oscillerend gedrag ontstaat. Dit kan leiden tot rotatiesnelheden die wel tien keer hoger zijn dan de nominale rotatiesnelheid (aan het oppervlak) of tot totale stilstand van de boorkop. Dit gedrag is detecteerbaar aan het oppervlak door fluctuaties in het benodigde vermogen. De invloed van dit gedrag op trillingen zijn in deze analyse niet beschouwd.

In deze analyse wordt wel een inschatting gedaan van de trillingen boven het maaiveld, zoals de trillingen door de aandrijving van de boor en de pompen en zeven voor de boorvloeistof en puin. Hierbij wordt verwezen naar het artikel van Pilecki (Pilecki, 2019). In dit artikel worden metingen bij een boring naar olie op een locatie met een grondopbouw van zand (0 - 14 m), klei (15 - 20 m) en dieper zand vergeleken met een model van trillingen op het maaiveld veroorzaakt door de apparatuur boven maaiveld. Uit dit onderzoek blijkt een verticale versnelling van maximaal $0,18 \text{ m/s}^2$ met een dominante frequentie van rond de 50 Hz op 20 meter. Dit komt overeen met een maximaal trillingsniveau van ongeveer $0,57 \text{ mm/s}$.

Samengevat worden in deze analyse twee trillingsbronnen beschouwd:

- boren onder maaiveld;
- trillingen door overige activiteiten boven maaiveld.

De gehanteerde parameters (zoals trillingsniveau en dominante frequentie) staan in Tabel II.3.

Overdracht

Met behulp van een afstandsrelatie kan worden voorspeld wat het gemeten trillingsniveau op maaiveld ter plaatste van de woningen naast het spoor zullen zijn. Hier is de onderstaande afstandsrelatie voor gebruikt (Massarch, 1993):

$$v(r) = v(r_0) \left(\frac{r_0}{r} \right)^n e^{-\alpha(r-r_0)}$$

Waarbij $v(r)$ is de trillingensnelheid op r meter van de bron (in dit geval de boorlocatie) en $v(r_0)$ de trillingsamplitude op de referentie afstand r_0 . De parameter n geeft de geometrische demping aan en de parameter α de materiaaldemping. Deze twee parameters zijn gebruikt om de amplitude op de locatie van de bebouwing in te schatten. Bij deze analyse is uitgegaan van de parameters zoals aangegeven in Tabel II.3.

Voor de geometrische demping is onderscheid gemaakt tussen de twee brontypen. Hierbij is voor de bron onder de grond aangenomen dat de trillingen zich verspreiden als volumegolven en voor de overige bronnen boven de grond is aangenomen dat deze zich verspreiden als oppervlaktegolven.

De materiaaldemping is bepaald aan de hand van de analyse van de grondopbouw, zie hoofdstuk II.7. Er is in deze analyse onderscheid gemaakt tussen de materiaaldemping in de toplagen (waarbij de opgebrachte zandlaag niet is meegenomen) van de ondergrond en de diepere lagen van de ondergrond. Voor de bron 'boren onder maaiveld' is uitgegaan van de materiaaldemping van de diepere lagen. Dit zijn de stijvere lagen, waarin trillingen minder gedempt worden en waarin bovendien de palen van de belendingen gefundeerd zullen zijn. Deze stijvere lagen worden daarmee aangenomen maatgevend te zijn in de overdracht van de trillingen.

Voor de bron 'overige trillingsbronnen boven maaiveld' wordt uitgegaan van de slappere lagen vlak onder het maaiveld. Hierbij wordt ervan uitgegaan dat de trillingen die boven maaiveld ontstaan niet zullen doordringen in de stijvere lagen van de ondergrond.

Tabel II.3 Gehanteerde parameters voor inschatting trillingsniveau bron

Omschrijving	Variabele	Bron: boren onder maaiveld	Bron: overige trillingsbronnen boven maaiveld
amplitude snelheid	$v(r_0)$	1,0 mm/s	0,57 mm/s
referentie afstand	r_0	5 m	20 m
parameter voor geometrische demping	n	1	0.5
dominante frequentie	f_{dom}	7 Hz	50 Hz
demping ondergrond locatie 1	α_1	0,0018	0,031
demping ondergrond locatie 2	α_2	0,0018	0,031
demping ondergrond locatie 3	α_3	0,0022	0,031
demping ondergrond locatie 4	α_4	0,0015	0,026

Ontvanger

De trillingsniveaus in een woning kunnen verschillen van de niveaus op maaiveld, hierbij speelt de stijfheid van de fundering, het aantal verdiepingen en eigenschappen van onder andere de vloeren een rol. Met behulp van de beschikbare gegevens van de bebouwing kan een indicatie worden gegeven van de verwachte niveaus. In deze analyse is een inschatting gemaakt van de gebouwoverdracht tussen maaiveld en fundering en van fundering naar verdieping op basis van kengetallen. In Nederland wordt hier vaak de methodiek uit de CUR ([CUR Bouw & Infra, 2012](#)) voor gehanteerd, deze is ontwikkeld voor het omschrijven van de omgevingseffecten bij het intrillen of heien van damwanden of planken. Een andere methodiek die gehanteerd kan worden is op basis van de Transit Noise and Vibration Impact Assessment Manual ([FTA, 2018](#)). In deze methodiek wordt ook het aantal verdiepingen van een pand in beschouwing genomen. De overdrachtsfactoren uit de Transit Noise and Vibration Impact Assessment Manual zijn lager dan de overdrachtsfactoren uit de CUR. Uit ervaring blijkt dat de overdrachtsfactoren voor kleinere bouwwerken zoals beschreven in de CUR een redelijke benadering geven van de werkelijke overdracht. Voor grotere bouwwerken zijn de factoren uit de CUR erg conservatief en wordt uitgegaan van de overdrachtsfactoren uit de Transit Noise and Vibration Impact Assessment Manual voor grote bakstenen bouwwerken van 3 of meer verdiepingen (hoofdstuk 6, ([FTA, 2018](#))). De gehanteerde factoren zijn samengevat in Tabel II.4.

In de Transit Noise and Vibration Impact Assessment Manual is ook een reductiefactor opgenomen om de demping van trillingen per verdiepingvloer te berekenen. Dit komt neer op een overdrachtsfactor van 0,8 voor de eerste tot vijfde verdiepingen en een overdrachtsfactor van 0,9 voor hogere verdiepingen. Deze is in deze beschouwing niet meegenomen, omdat is aangenomen dat het hoogste trillingsniveau in het pand maatgevend zal zijn. Echter, wanneer gekeken moet worden naar het aantal personen dat hinder kan ondervinden of naar trillingsreducerende maatregelen, moet per verdiepingvloer de hinder bepaald worden.

Voor een inschatting van de trilling in het pand wordt dan gebruik gemaakt van de onderstaande vergelijking:

$$v_{ontvanger} = C_{fv} \cdot C_{mf} \cdot v(r)$$

Voor een uitvoerige doorrekening en analyse van een specifiek ontwerp kan een eindige-elementenmodel worden opgezet. Een berekening met een eindige-elementenmodel valt buiten dit onderzoek.

Tabel II.4 Overzicht overdrachtsfactoren ontvanger

Type bouwwerk	Referentie	Overdracht maaiveld naar fundering	Overdracht fundering naar verdiepingvloer
pand met beperkte afmetingen	CUR 166 (CUR Bouw & Infra, 2012)	$C_{mf} = 0,7$	$C_{fv} = 1,8$
pand met grote afmetingen	FTA manual (FTA, 2018)	$C_{mf} = 0,32$	$C_{fv} = 2,0$

II.7 Setting bij representatieve locaties

II.7.1 Keuze van representatieve locaties

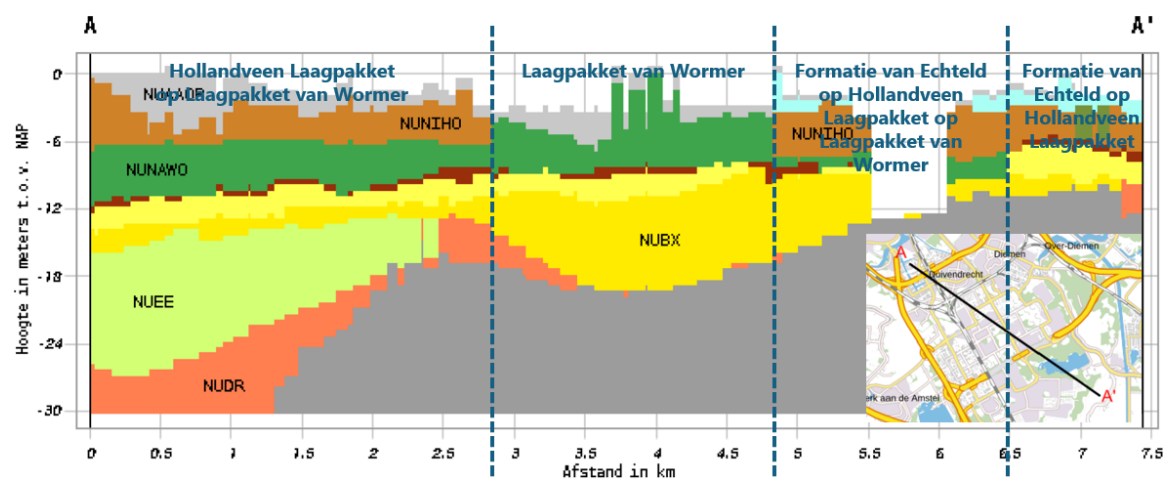
Voor de gemeente Diemen zijn de exacte boorlocaties nog niet bekend. De beoordeling van trillingen vindt daarom plaats op fictieve locaties die binnen het zoekgebied een representatieve grondopbouw tonen. Deze representatieve locaties zijn gekozen op basis van de landelijke geologische kaart, het geologisch model GeoTOP en grondonderzoek die beschikbare zijn via DINOloket (TNO - GDN, 2025).

Geologisch model

Op basis van het geologisch model GeoTOP, zijn er drie overgangen in de ondiepe grondopbouw (eerste 10 m onder het maaiveld) te herkennen (zie Afbeelding II.3):

- rond 2.8 km, waar het Hollandveen Laagpakket uit de Formatie van Nieuwkoop eindigt, en alleen het Laagpakket van Wormer uit de Formatie van Naaldwijk aan de oppervlakte aanwezig is;
- rond 4.8 km, waar het Hollandveen Laagpakket uit de Formatie van Nieuwkoop weer aan de oppervlakte voorkomt;
- rond 6.5 km, waar het Laagpakket van Wormer uit de Formatie van Naaldwijk eindigt.

Afbeelding II.3 Geologisch lengteprofiel door de projectlocatie op basis van GeoTOP, waarbij het Hollandveen Laagpakket uit de Formatie van Nieuwkoop (NUNIHO in bruin) aan de oppervlakte aanwezig is in het eerste deel (tussen 0 - 2.8 km) en in het derde en vierde deel (tussen 4.8 - 7.5 km), en waarbij het Laagpakket van Wormer uit de Formatie van Naaldwijk (NUNAWO in donker groen) eindigt in het vierde deel (tussen 6.5 - 7.5 km)

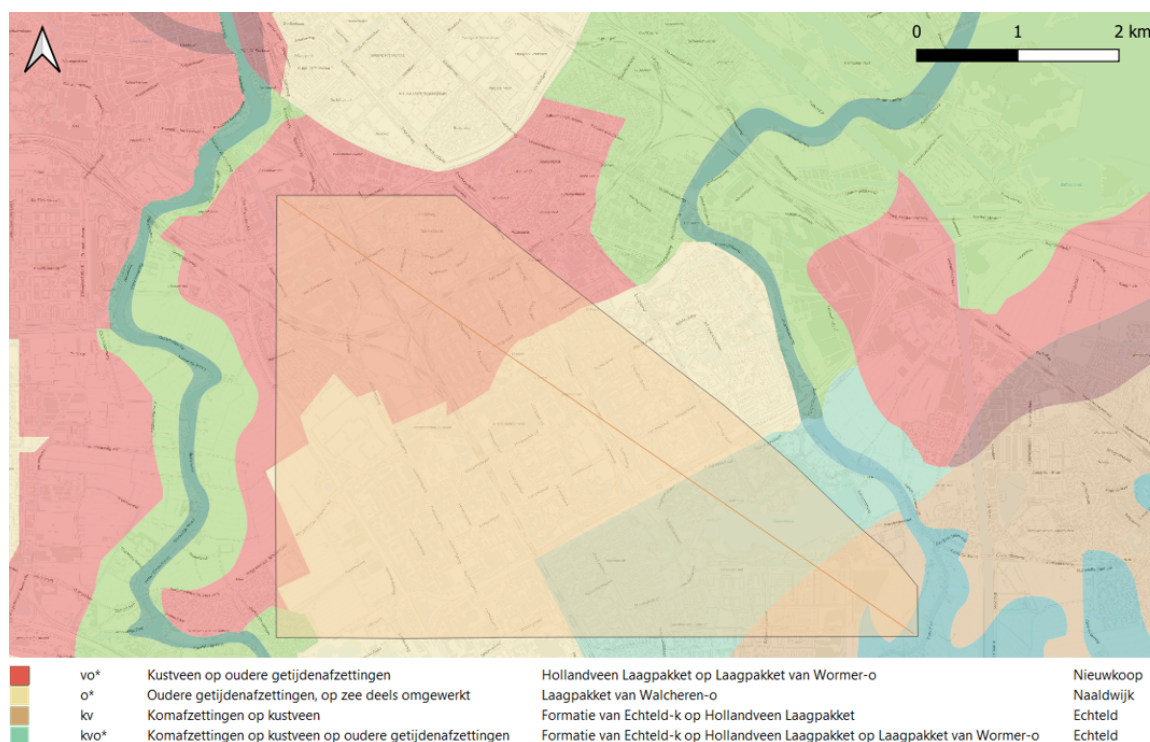


Geologische kaart

Op basis van de geologische kaart, zijn er vier duidelijke delen op de kaart te herkennen, die zeer goed aansluiten bij de grenzen eerder vastgestelde op basis van het geologisch model (zie Afbeelding II.4):

- tussen 0 - 2.8 km, met voornamelijk kustveen op oudere getijden- of komafzettingen (Hollandveen Laagpakket uit de Formatie van Nieuwkoop op Laagpakket van Wormer uit de Formatie van Naaldwijk);
- tussen 2.8 - 4.8 km, met voornamelijk oudere getijdenafzettingen (Laagpakket van Wormer uit de Formatie van Naaldwijk);
- tussen 4.8 - 6.5 km, met voornamelijk komafzettingen op kustveen op oudere getijden (Formatie van Echteld op Hollandveen Laagpakket uit de Formatie van Naaldwijk op Laagpakket van Wormer uit de Formatie van Naaldwijk);
- tussen 6.5 - 7.5 km, met voornamelijk komafzettingen op kustveen (Formatie van Echteld-k op Hollandveen Laagpakket uit de Formatie van Nieuwkoop).

Afbeelding II.4 Geologische kaart van de projectlocatie met Hollandveen Laagpakket in het eerste deel (tussen 0 - 2.8 km), Laagpakket van Wormer in het tweede deel (tussen 2.8 - 4.8 km), Formatie van Echteld op Hollandveen Laagpakket op Laagpakket van Wormer in de derde deel (tussen 4.8 - 6.5 km), en Formatie van Echteld op Hollandveen Laagpakket in het vierde deel (tussen 6.5 - 7.5 km)

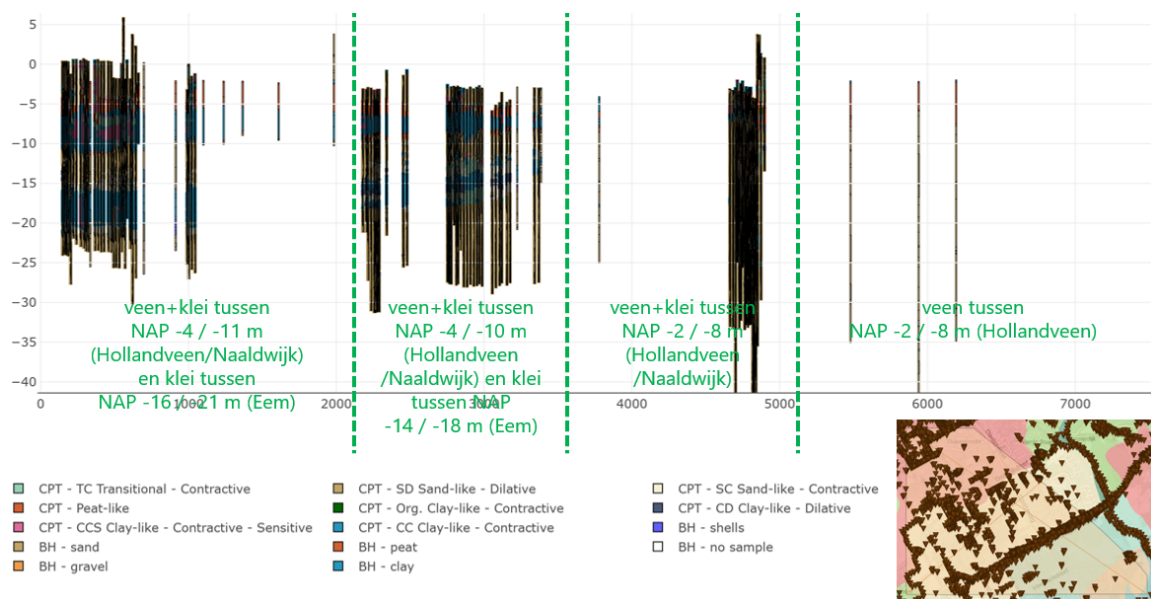


Beschikbaar grondonderzoek

Op basis van beschikbaar grondonderzoek (boringen en sonderingen), zijn er vier duidelijke intervallen te herkennen, die grotendeels in lijn zijn met, maar toch enigszins afwijken van de eerder vastgestelde grenzen op basis van het geologisch model en de geologische kaart (zie Afbeelding II.5):

- tussen 0 - 2.2 km, met een dik pakket veen+klei tussen NAP -3 / -11 m (Hollandveen Laagpakket uit de Formatie van Nieuwkoop op Laagpakket van Wormer uit de Formatie van Naaldwijk) en een dik pakket klei tussen NAP -16 / -21 m (Eem Formatie);
- tussen 2.2 - 3.6 km, met een dunner en ondieper pakket veen+klei tussen NAP -4 / -9.5 m (Hollandveen Laagpakket uit de Formatie van Nieuwkoop op Laagpakket van Wormer uit de Formatie van Naaldwijk) en een dunner en ondieper pakket klei tussen NAP -14 / -18 m (Eem Formatie);
- tussen 3.6 - 5.1 km, met een dun en ondiep pakket veen+klei tussen NAP -3 / -7.5 m (Hollandveen Laagpakket uit de Formatie van Nieuwkoop op Laagpakket van Wormer uit de Formatie van Naaldwijk);
- tussen 5.1 - 7.5 km, met een dun en ondiep pakket veen tussen NAP -3 / -6 m (Hollandveen Laagpakket uit de Formatie van Nieuwkoop).

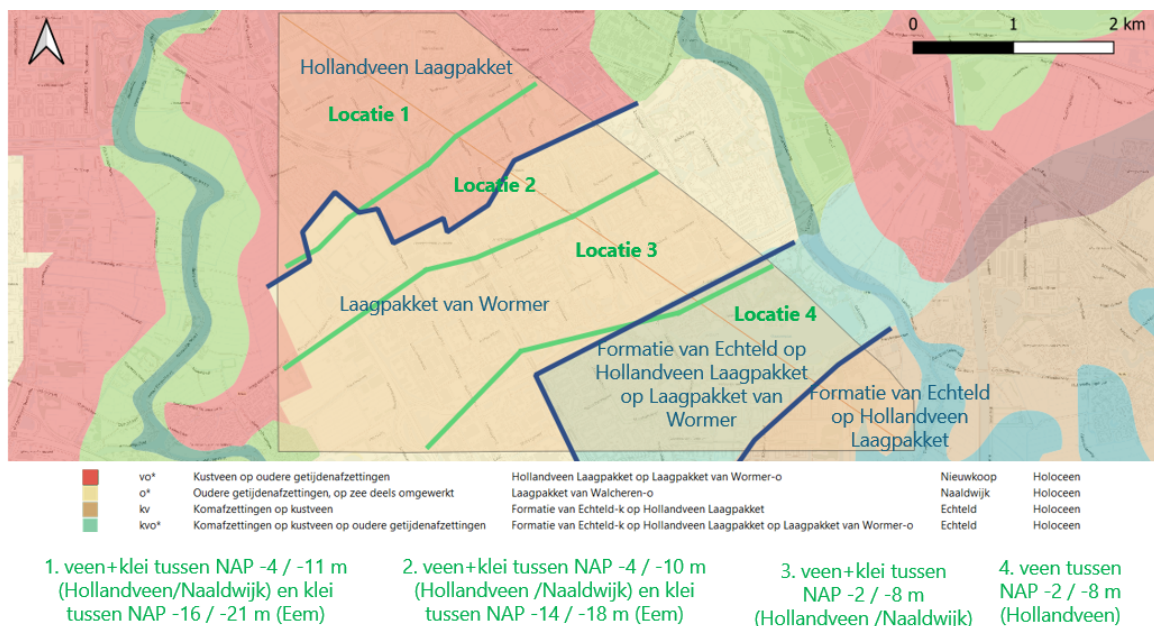
Afbeelding II.5 Lengteprofiel van beschikbaar grondonderzoek door de projectlocatie



Uiteindelijk locatiekeuze

Voor de gemeente Diemen is er daarom voor gekozen om de beoordeling van trillingen uit te voeren op vier fictieve locaties die binnen het zoekgebied een representatieve grondopbouw weergeven. Hierbij wordt uitgegaan van de vier duidelijke delen die zijn te onderscheiden op basis van het beschikbaar grondonderzoek, aangezien deze nauwkeuriger zijn dan het geologisch model en de geologische kaart (zie Afbeelding II.6).

Afbeelding II.6 Verdeling van de projectlocatie in vier fictieve locaties met een representatieve grondopbouw op basis van de observatie uit het beschikbaar grondonderzoek (in groen), die grotendeels in lijn zijn met de overgangen zoals aangegeven in het geologisch model en de geologische kaart (in blauw)

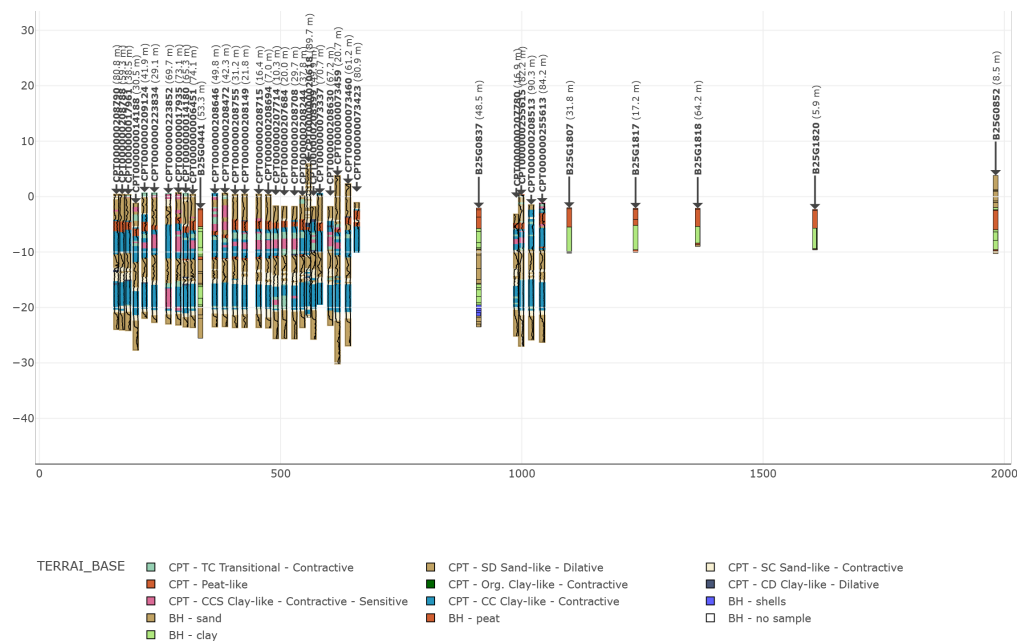


II.7.1.1 Locatie 1

Grondopbouw

Op basis van beschikbaar grondonderzoek (zie Afbeelding II.7), is een representatieve grondopbouw is opgesteld voor locatie 1 (zie Tabel II.5). Het algemene maaiveld ligt in dit gebied rond NAP -1.0 m en de algemene freatische lijn rond NAP -2.0 m. Op basis van deze gegevens is vervolgens een V_s berekend volgens de relatie van Robertson & Cabal (Robertson & Cabal, 2015).

Afbeelding II.7 Gedetailleerde lengteprofiel van beschikbaar grondonderzoek door locatie 1



Tabel II.5 Representatieve grondopbouw voor locatie 1 (indicatieve V_s waarden afgeleid op basis van CPT000000208014)

Eigendom	Lithologie	Boven kant laag [m+NAP]	Dikte [m]	V_s [m/s]
Antropogene	opgebrachte grond (zand)	-1.0	2.0	150
Hollandveen Laagpakket uit de Formatie van Nieuwkoop	veen	-3.0	3.5	110
Laagpakket van Wormer uit de Formatie van Naaldwijk	klei	-6.5	4.5	80
Boxtel Formatie	zand	-11.0	5.0	275
Eem Formatie	klei	-16.0	5.0	160
Drente Formatie	zand	-21.0	> 10.0	260

Bebouwing

Binnen locatie 1 zijn verschillende gebouwfuncties opgehaald uit de Basisregistratie Adressen en Gebouwen (PDOK, 2015) (zie Afbeelding II.8). Te zien is dat op deze locatie een drietal clusters zijn te onderscheiden:

- een cluster in het zuidwesten van deze locatie met voornamelijk panden met gebruiksdoel 'overige gebruiksfunctie', de panden liggen op het terrein van het tuinpark 'Ons Lustoord' en lijken te bestaan uit kleine bouwwerken waar geen overnachtingen mogen plaatsvinden;
- een cluster in het oosten van deze locatie met voornamelijk panden met het gebruiksdoel 'woonfunctie', met een mix aan woningtypes, zoals vrijstaande woningen, gekoppelde woningen en hoogbouw;
- een cluster in het noordwesten met panden met winkelfunctie, kantoorfunctie en industrie functie.

Voor panden met de woonfunctie zijn de toetsingswaarden het strengste, bovendien zijn over het algemeen kleinere panden gevoeliger voor trillingen. Daarmee lijkt voor de oostzijde van deze locatie de kans op hinder groter te zijn dan voor de westzijde van deze locatie.

Afbeelding II.8 Overzicht type panden bij locatie 1

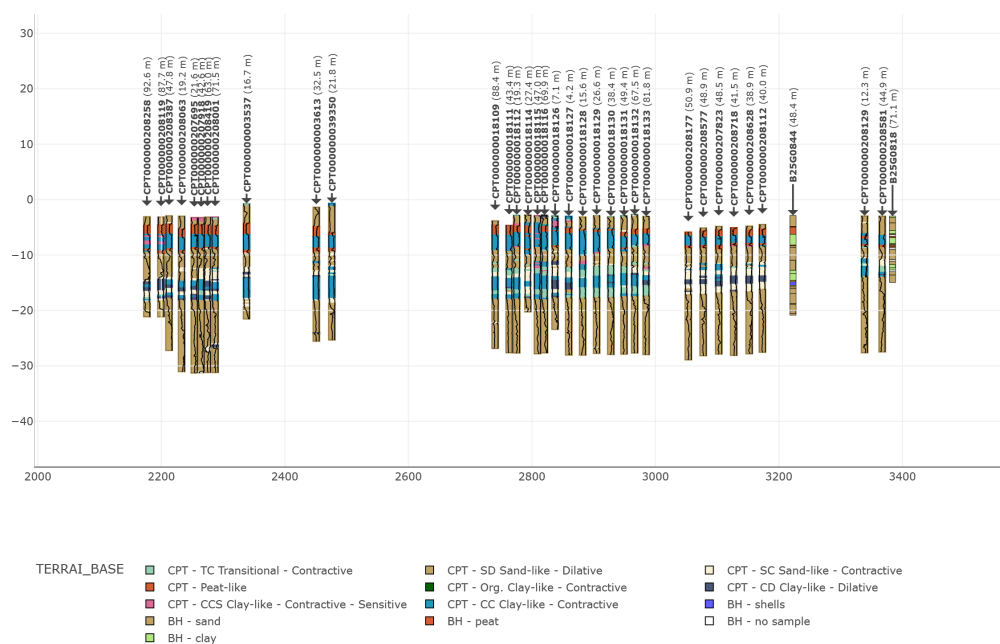


II.7.1.2 Locatie 2

Grondopbouw

Op basis van beschikbaar grondonderzoek (zie Afbeelding II.9), is een representatieve grondopbouw is opgesteld voor locatie 2 (zie Tabel II.6). Het algemene maaiveld ligt in dit gebied rond NAP -2.5 m en de algemene freatische lijn rond NAP -3.0 m. Op basis van deze gegevens is vervolgens een V_s berekend volgens de relatie van Robertson & Cabal (Robertson & Cabal, 2015).

Afbeelding II.9 Gedetailleerde lengteprofiel van beschikbaar grondonderzoek door locatie 2



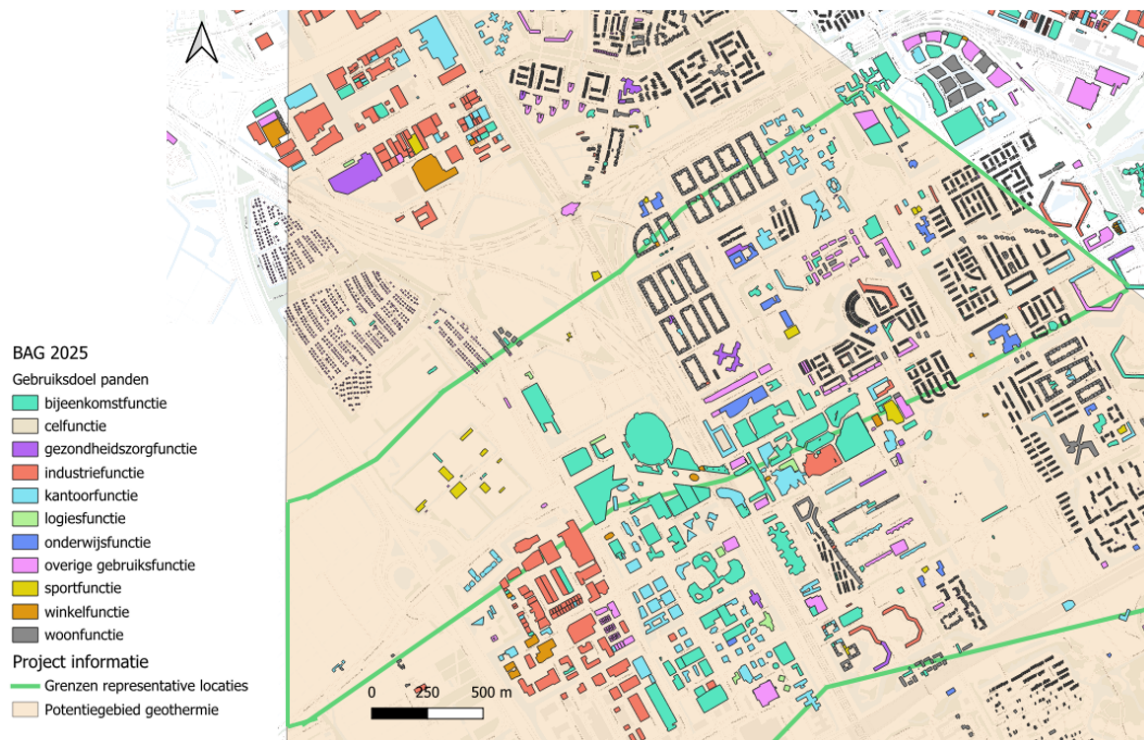
Tabel II.6 Representatieve grondopbouw voor locatie 2 (indicatieve V_s waarden afgeleid op basis van CPT000000207823)

Eigendom	Lithologie	Boven kant laag [m+NAP]	Dikte [m]	V_s [m/s]
Antropogene	opgebrachte grond (zand)	-2.5	1.5	150
Hollandveen Laagpakket uit de Formatie van Nieuwkoop	veen	-4.0	2.5	110
Laagpakket van Wormer uit de Formatie van Naaldwijk	klei	-6.5	3.0	80
Boxtel Formatie	zand	-9.5	4.5	210
Eem Formatie	klei	-14.0	4.0	130
Drente Formatie	zand	-18.0	> 15.0	260

Bebouwing

Binnen locatie 2 zijn verschillende gebouwfuncties opgehaald uit de Basisregistratie Adressen en Gebouwen (PDOK, 2015) (zie Afbeelding II.10). Op deze locatie liggen veel verschillende typen bouwwerken met verschillende gebruiksdoelen. Met name in het oostelijke deel van deze locatie liggen veel panden met woonfunctie. Bij onderzoek naar het type bouwwerken is gezien dat er op deze locatie veel hoogbouw (appartementencomplexen) liggen. Over het algemeen zijn grotere bouwwerken minder gevoelig voor trillingen, deels door de funderingswijze en deels door de (stijvere) gebouweigenschappen. Verder valt op dat aan de westzijde van deze locatie weinig bebouwing is, dat maakt de kans op hinder kleiner.

Afbeelding II.10 Overzicht type panden bij locatie 2

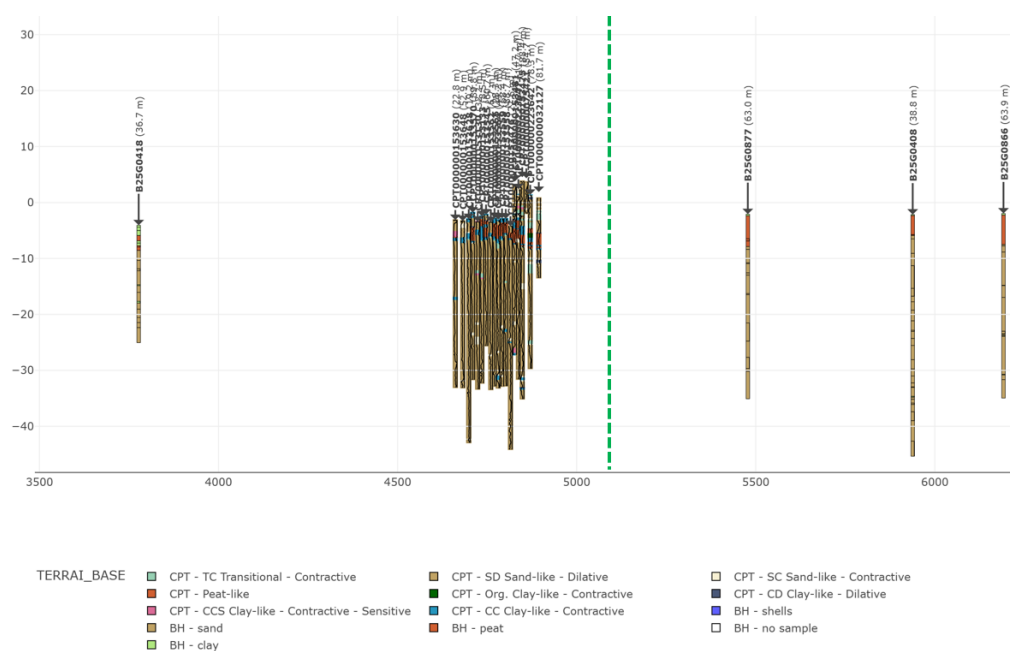


II.7.1.3 Locatie 3

Grondopbouw

Op basis van beschikbaar grondonderzoek (zie Afbeelding II.11), is een representatieve grondopbouw is opgesteld voor locatie 3 (zie Tabel II.7). Het algemene maaiveld ligt in dit gebied rond NAP -2.5 m en de algemene freatische lijn rond NAP -3.0 m. Op basis van deze gegevens is vervolgens een V_s berekend volgens de relatie van Robertson & Cabal ([Robertson & Cabal, 2015](#)).

Afbeelding II.11 Gedetailleerde lengteprofiel van beschikbaar grondonderzoek door locatie 3 (en locatie 4)



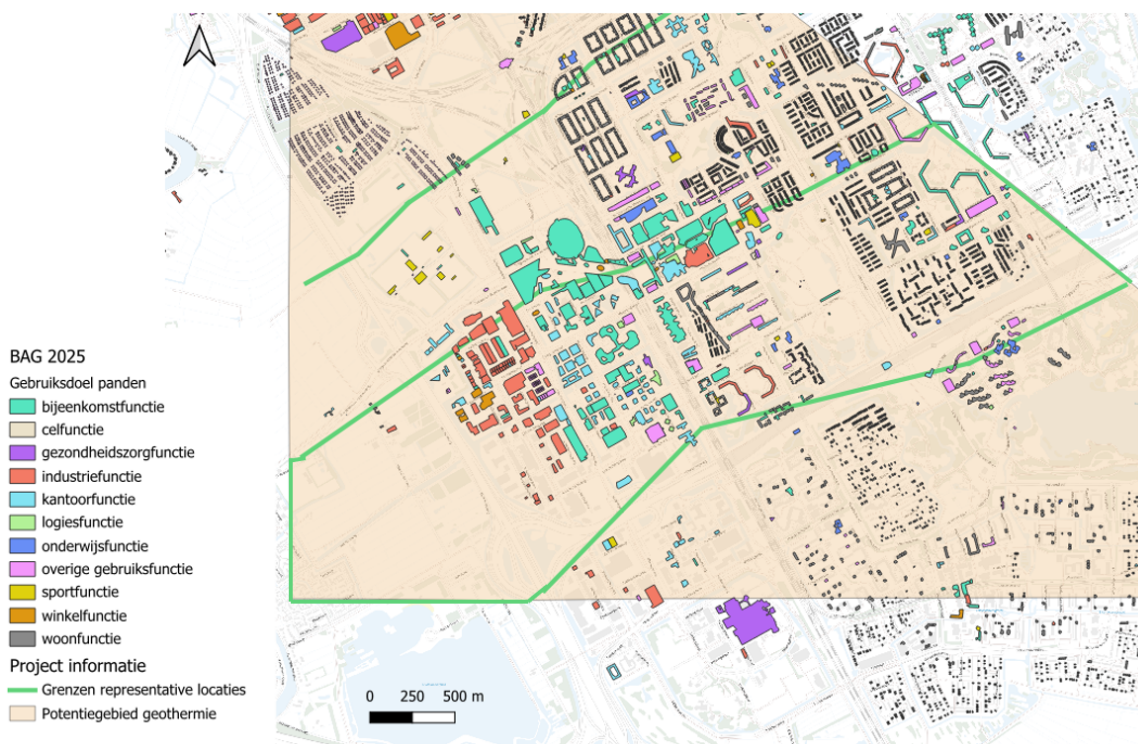
Tabel II.7 Representatieve grondopbouw voor locatie 3 (indicatieve V_s waarden afgeleid op basis van CPT000000021653)

Eigendom	Lithologie	Boven kant laag [m+NAP]	Dikte [m]	V_s [m/s]
Antropogene	opgebrachte grond (zand)	-2.5	0.5	180
Hollandveen Laagpakket uit de Formatie van Nieuwkoop	veen	-3.0	3.5	110
Laagpakket van Wormer uit de Formatie van Naaldwijk	klei	-6.5	1.0	80
Boxtel Formatie	zand	-7.5	7.5	230
Drente Formatie	zand	-15.0	> 20.0	200

Bebouwing

Binnen locatie 3 zijn verschillende gebouwfuncties opgehaald uit de Basisregistratie Adressen en Gebouwen (PDOK, 2015) (zie Afbeelding II.12). Aan de oostzijde van deze locatie bevinden zich voornamelijk panden met een woonfunctie. Hier is een mix aan woningtypes te zien, zoals vrijstaande woningen, gekoppelde woningen en hoogbouw. Ten westen van het midden van deze locatie bevinden zich met name panden met een kantoorfunctie, industrie functie en bijeenkomstfunctie. Aan de westzijde is weinig bebouwing aanwezig, dit maakt de kans op hinder door trillingen kleiner.

Afbeelding II.12 Overzicht type panden bij locatie 3

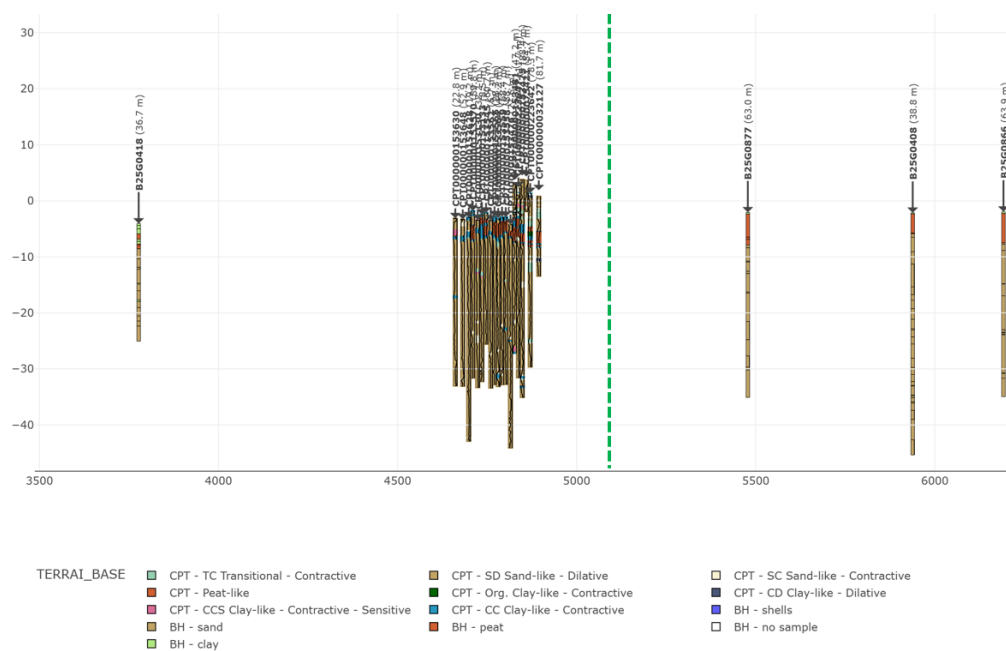


II.7.1.4 Locatie 4

Grondopbouw

Op basis van beschikbaar grondonderzoek (zie Afbeelding II.13), is een representatieve grondopbouw is opgesteld voor locatie 4 (zie Tabel II.8). Het algemene maaiveld ligt in dit gebied rond NAP -1.5 m en de algemene freatische lijn rond NAP -2.5 m. Op basis van deze gegevens is vervolgens een V_s berekend volgens de relatie van Robertson & Cabal (Robertson & Cabal, 2015).

Afbeelding II.13 Gedetailleerde lengteprofiel van beschikbaar grondonderzoek door locatie 4 (en locatie 3)



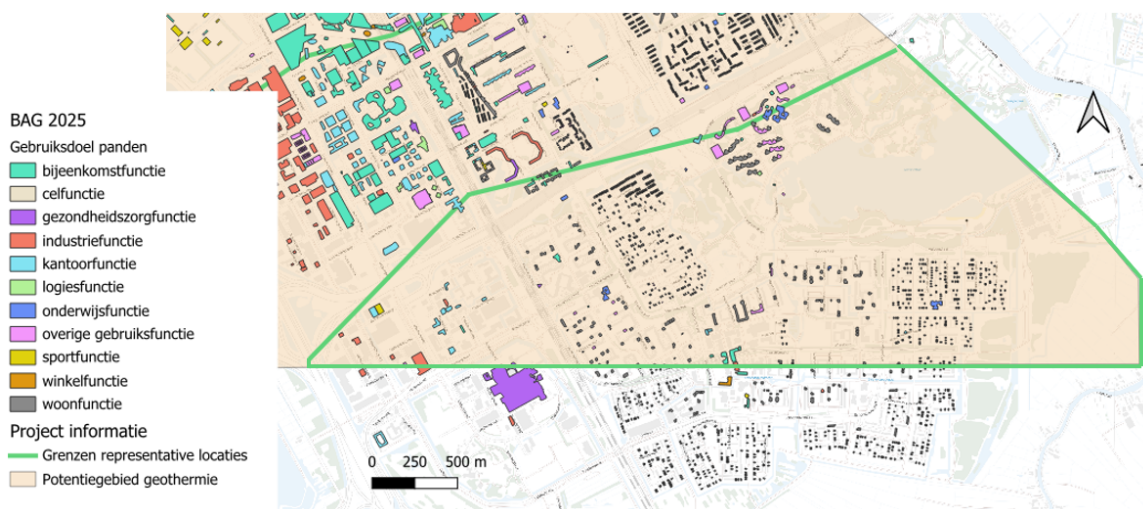
Tabel II.8 Representatieve grondopbouw voor locatie 4 (indicatieve V_s waarden afgeleid op basis van CPT000000025133)

Eigendom	Lithologie	Boven kant laag [m+NAP]	Dikte [m]	V_s [m/s]
Antropogene	opgebrachte grond (zand)	-1.5	1.5	180
Hollandveen Laagpakket uit de Formatie van Nieuwkoop	veen	-3.0	3.0	110
Boxtel Formatie	zand	-6.0	6.0	200
Drente Formatie	zand	-12.0	>25.0	325

Bebouwing

Binnen locatie 4 zijn verschillende gebouwfuncties opgehaald uit de Basisregistratie Adressen en Gebouwen (PDOK, 2015) (zie Afbeelding II.14). Aan de zuidwestzijde liggen enkele panden met industriefunctie, winkelfunctie en kantoorfunctie. De rest van deze locatie heeft voornamelijk panden met woonfunctie. Ook hier is een mix van verschillende bouwtypes te zien, waaronder geschakelde woningen en appartementencomplexen van 4 à 5 verdiepingen. Voor dit type bouwwerk geldt dat deze minder gevoelig voor trillingen zullen zijn dan kleinere panden.

Afbeelding II.14 Overzicht type panden bij locatie 4



II.8 Trillingsanalyse bij representatieve locaties

II.8.1 Toetsingskader

Beoordelingsrichtlijnen

In hoofdstuk II.2 zijn de verschillende onderdelen van de SBR richtlijnen beschreven. In de onderstaande beschouwing wordt alleen ingegaan op het onderdeel B: hinder aan personen. Aangezien de trillingen 24 uur per dag zullen doorgaan, wordt ervan uitgegaan dat er niet voldaan kan worden aan de toetswaarde A_3 voor de periodiek effectieve waarde V_{per} . Daarom is de onderstaande analyse uitgevoerd op basis van de toetswaarde A_1 : de onderste streefwaarde voor de trillingssterkte V_{max} .

Op basis van de beschikbare informatie lijkt het onwaarschijnlijk dat de trillingsniveaus dusdanig hoog zullen zijn dat er kans op schade zal optreden. Op basis van de methodiek van onderdeel A van het SBR toetsingskader zal de meest strenge toetswaarde, waarmee de kans op schade acceptabel klein is, 3,3 mm/s zijn. Deze is berekend voor een pand in gebouwcategorie 2, met een gevoelige bouwkundige staat of een monumentale status is de toetsingswaarde bij een continue trilling met een dominante frequentie van 38 Hz. De kans dat deze waarde overschreden zal worden en daarmee de kans op schade door boringen wordt zeer klein geacht.

In onderdeel C van het SBR toetsingskader wordt ingegaan op de grenswaarden voor gevoelige apparatuur om te voorkomen dat trillingen het goed functioneren van apparatuur belemmeren. De mate waarin apparatuur trilling gevoelig is kan sterk verschillen en hangt onder andere af van het pand waarin de apparatuur staat, zoals de fundering van het pand, de opstelling van de apparatuur en de apparatuur zelf, zoals de eisen die gesteld worden door de fabrikant van de apparatuur. In dit stadium van het onderzoek is er niet genoeg informatie om een toetsing uit te kunnen voeren op basis van onderdeel C, deze zal in een later stadium van dit project beschouwd moeten worden.

Beoordeling trillingen

Bij de trillingsanalyse worden per locatie twee afbeeldingen getoond. In beide afbeeldingen staat op de horizontale as de afstand tot de bron, en op de verticale as het trillingsniveau. Er staan drie afstandsrelaties in de afbeeldingen, het voorspelde trillingsniveau op maaiveld, het voorspelde trillingsniveau in een pand met beperkte afmetingen, en het voorspelde trillingsniveau in een pand met grote afmetingen. Te zien is dat voor deze laatste categorie de voorspelde trillingsniveaus het laagste zijn.

Ook is er per locatie een tabel met daarin de kritische afstand op basis van de voorspelde trillingsniveaus gegeven. Voor booractiviteiten of overige trillingsbronnen op een afstand korter dan de kritische afstand kan hinder niet kunnen worden uitgesloten.

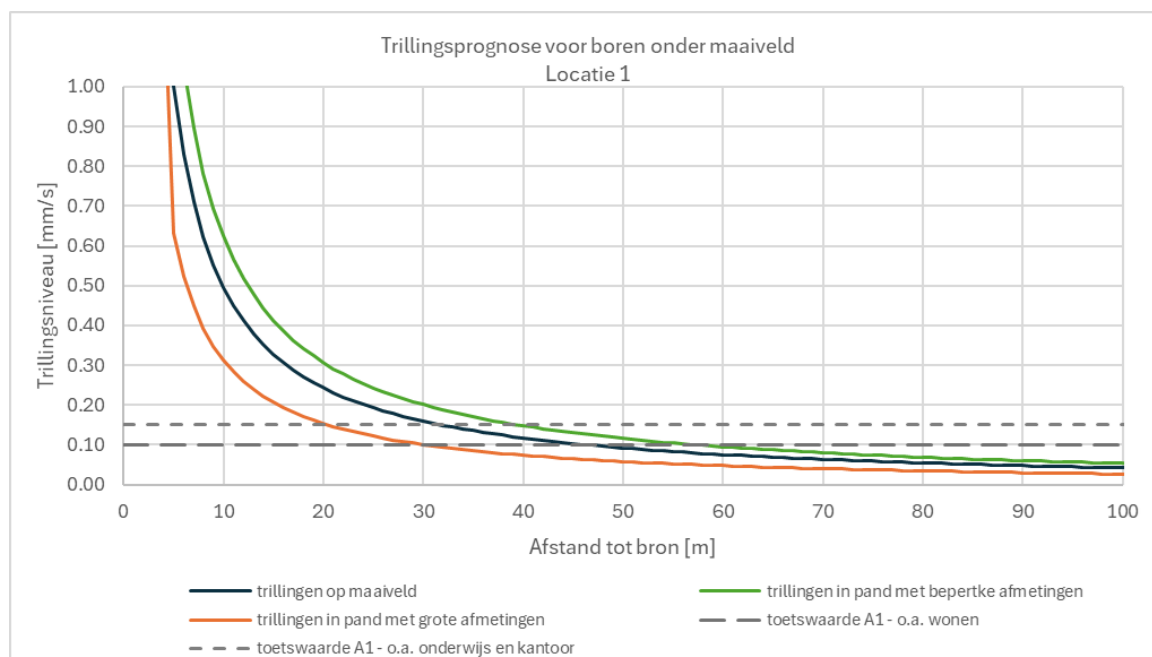
II.8.1.1 Locatie 1

Uitgaande van de parameters in tabel ii.1, tabel ii.3 en tabel ii.4 zijn de afstandsrelaties uit Afbeelding II.15 en Afbeelding II.16 gevonden. In Afbeelding II.9 is de kritische afstand op basis van de voorspelde trillingsniveaus gegeven. Uit de grafieken en tabel kan worden afgeleid dat voor de activiteiten boven maaiveld de trillingen verder reiken dan voor de booractiviteiten onder de grond, dit komt met name door het type trilling en de bijbehorende geometrische damping. Ook is er te zien dat de kans dat er hinder zal optreden groter is voor panden met beperkte afmetingen (minder dan 3 verdiepingen en vrijstaand of geschakeld in een korte rij) waarbij het gebruiksdoel wonen is. Uitgaande van Afbeelding II.8 lijkt dat een boorlocatie aan de oostzijde van deze locatie een grotere kans op hinder zal hebben dan een boorlocatie aan de westzijde, doordat aan de oostzijde een groter aantal gebouwen met een woonfunctie zijn.

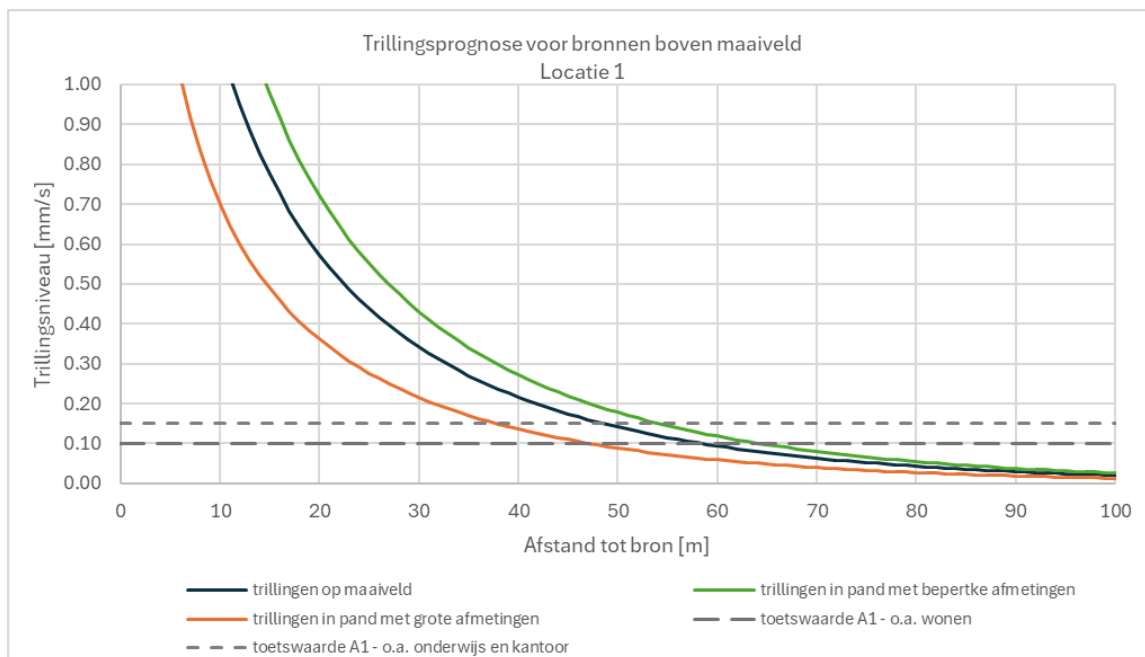
Tabel II.9 Kritische afstand op basis van trillingsprognose locatie 1

Type bouwwerk	Gebouwfunctie	Toetswaarde	Bron: boren onder maaiveld afstand tot bron [m]	Bron: overige trillingsbronnen boven maaiveld afstand tot bron [m]
pand met beperkte afmetingen	o.a. wonen	$A_1 = 0,1$	60	65
pand met beperkte afmetingen	o.a. kantoor	$A_1 = 0,15$	40	55
pand met grote afmetingen	o.a. wonen	$A_1 = 0,1$	35	50
pand met grote afmetingen	o.a. kantoor	$A_1 = 0,15$	25	40

Afbeelding II.15 Inschatting trillingsniveau voor locatie 1 voor boren onder maaiveld



Afbeelding II.16 Inschatting trillingsniveau voor locatie 1 voor bronnen boven maaiveld



II.8.1.3 Locatie 2

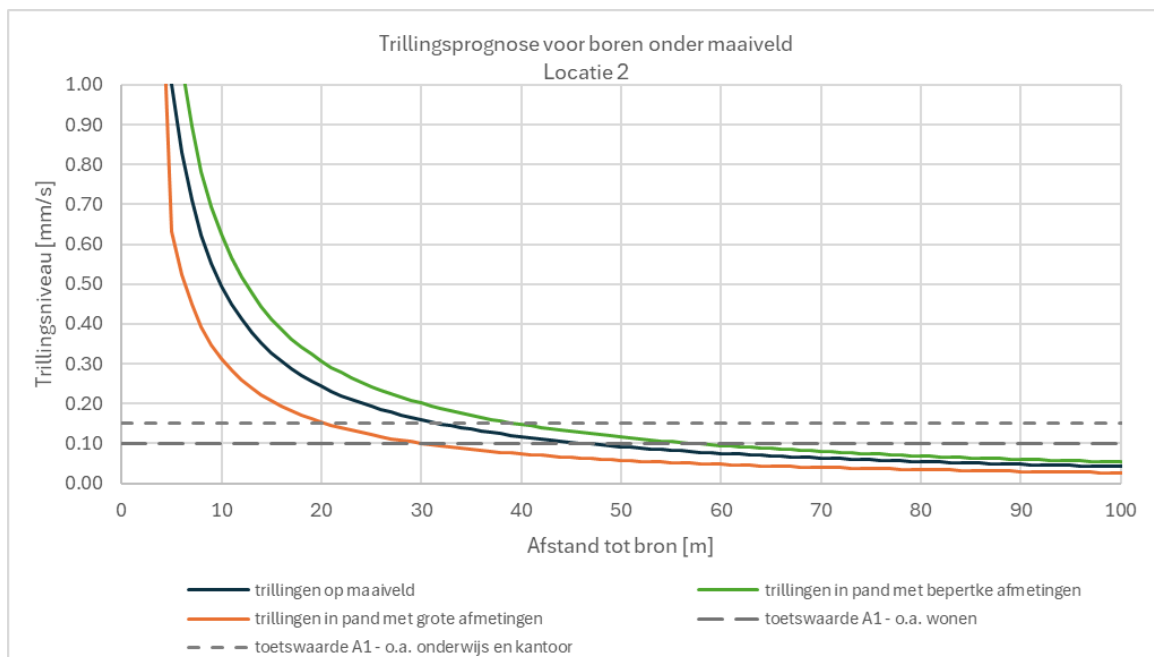
Uitgaande van de parameters in Tabel II.1, Tabel II.3 en Tabel II.4 zijn de afstandsrelaties uit Afbeelding II.17 en Afbeelding II.18 gevonden. In Tabel II.10 is de kritische afstand op basis van de voorspelde trillingsniveaus gegeven. Te zien is dat deze gelijk zijn aan de kritische afstanden voor locatie 1. Uitgaande van Afbeelding II.10 lijkt dat een boorlocatie aan de oostzijde van deze locatie een grotere kans op hinder zal hebben dan een boorlocatie aan de westzijde, aangezien hier aan de westzijde minder bebouwing aanwezig is en de bebouwing die er is een gebouwfunctie anders dan wonen heeft.

Ten opzichte van locatie 1 zal deze locatie gunstiger kunnen zijn, doordat er veel grote appartementencomplexen aanwezig zijn. Voor deze appartementencomplexen is de kritische afstand korter dan voor kleinere woningen.

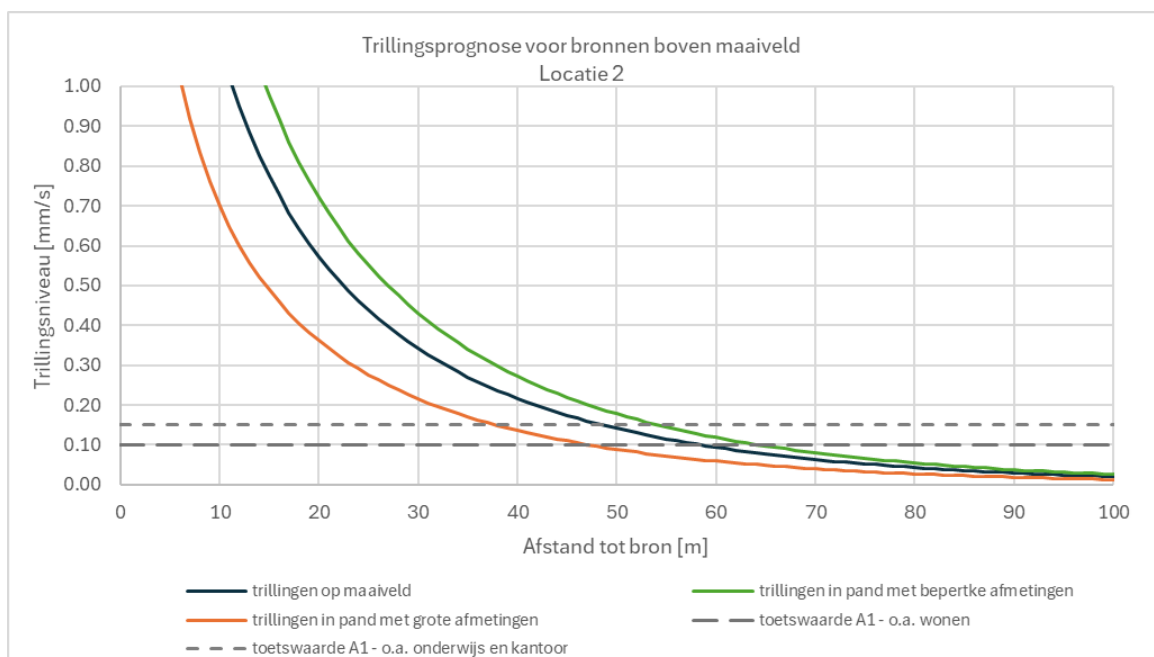
Tabel II.10 Kritische afstand op basis van trillingsprognose locatie 2

Type bouwwerk	Gebouwfunctie	Toetswaarde	Bron: boren onder maaiveld afstand tot bron [m]	Bron: overige trillingsbronnen boven maaiveld afstand tot bron [m]
pand met beperkte afmetingen	o.a. wonen	$A_1 = 0,1$	60	65
pand met beperkte afmetingen	o.a. kantoor	$A_1 = 0,15$	40	55
pand met grote afmetingen	o.a. wonen	$A_1 = 0,1$	35	50
pand met grote afmetingen	o.a. kantoor	$A_1 = 0,15$	25	40

Afbeelding II.17 Inschatting trillingsniveau voor locatie 2 voor boren onder maaiveld



Afbeelding II.18 Inschatting trillingsniveau voor locatie 2 voor bronnen boven maaiveld



II.8.1.3 Locatie 3

Uitgaande van de parameters in Tabel II.1, Tabel II.3 en Tabel II.4 zijn de afstandsrelaties uit Afbeelding II.19 en Afbeelding II.20 gevonden. In Tabel II.11 is de kritische afstand op basis van de voorspelde trillingsniveaus gegeven. In de grafieken is te zien dat er iets meer afname van de trillingsniveaus met afstand is voor de bron boren onder maaiveld. Door de afronding is dit echter niet terug te zien in de tabel met de kritische afstanden. In Afbeelding II.12 is te zien dat aan de westzijde voornamelijk panden met kantoor of industrieelfunctie zijn, waar de minder strenge toetswaarde voor geldt.

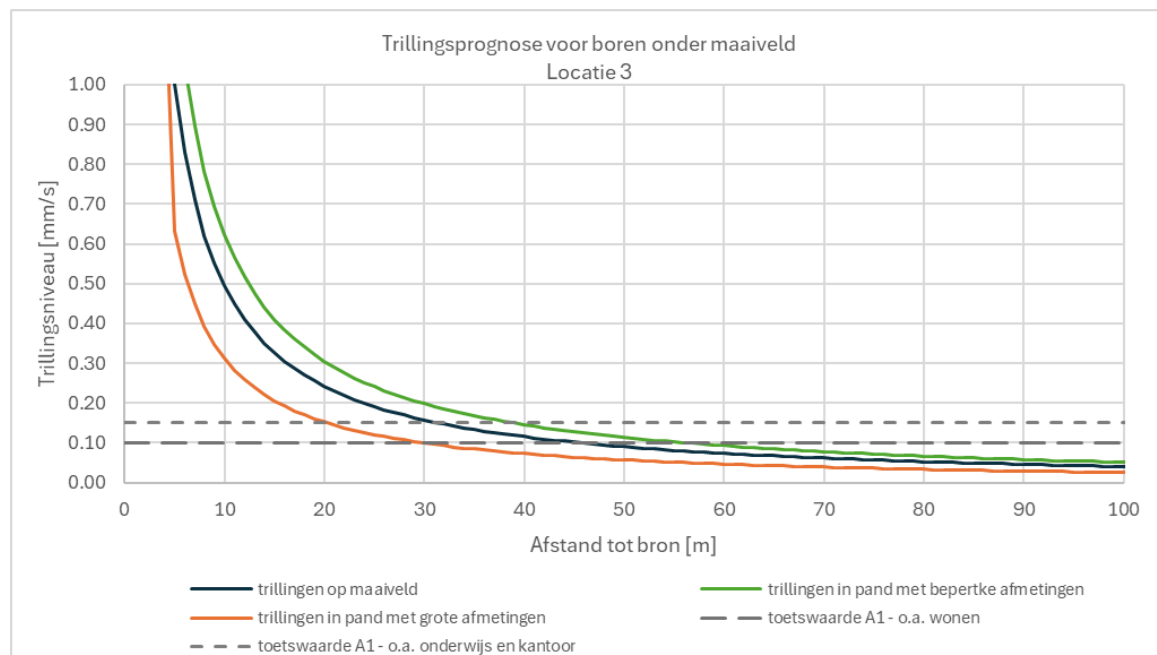
Aan de oostzijde liggen met name panden met woonfunctie, waarbij een mix van verschillende bouwwijzen voorkomt. Op basis hiervan wordt verwacht dat bij boringen aan de westzijde van deze locatie minder hinder zal optreden dan bij boringen aan de oostzijde.

Wel houdt dit in dat het invloedsgebied van de booractiviteiten is op deze locatie iets kleiner, waardoor deze locatie gunstiger kan zijn dan locaties 1 en 2, doordat er meer panden met kantoor of industrie functie aanwezig zijn.

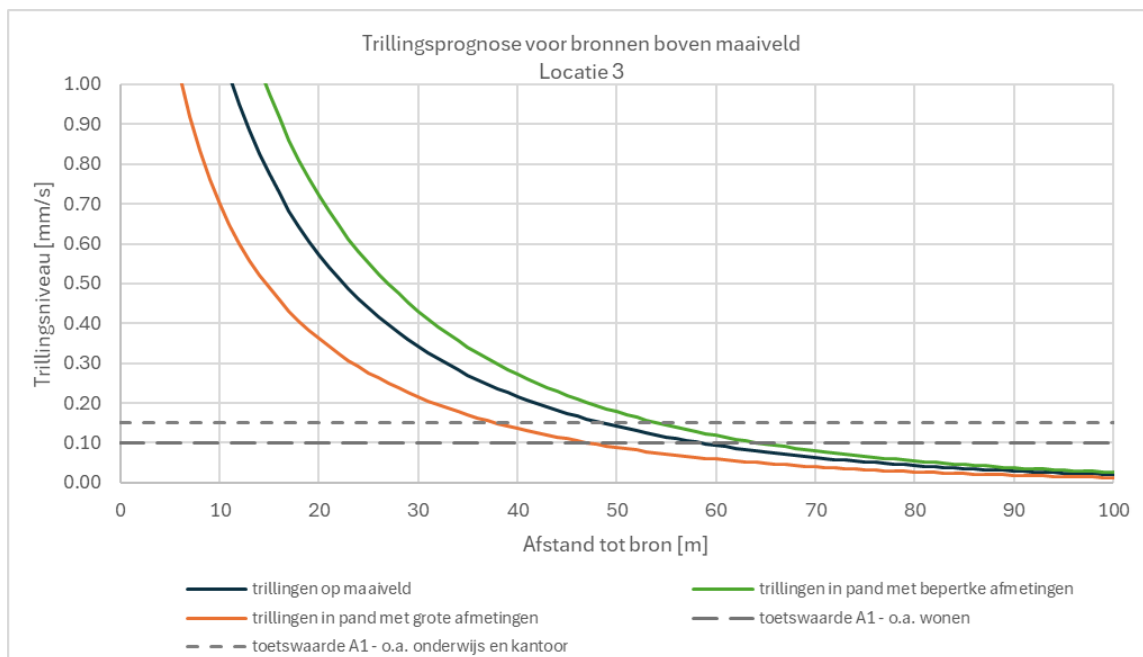
Tabel II.11 Kritische afstand op basis van trillingsprognose locatie 3

Type bouwwerk	Gebouwfunctie	Toetswaarde	Bron: boren onder maaiveld afstand tot bron [m]	Bron: overige trillingsbronnen boven maaiveld afstand tot bron [m]
pand met beperkte afmetingen	o.a. wonen	$A_1 = 0,1$	60	65
pand met beperkte afmetingen	o.a. kantoor	$A_1 = 0,15$	40	55
pand met grote afmetingen	o.a. wonen	$A_1 = 0,1$	30	50
pand met grote afmetingen	o.a. kantoor	$A_1 = 0,15$	25	40

Afbeelding II.19 Inschatting trillingsniveau voor locatie 3 voor boren onder maaiveld



Afbeelding II.20 Inschatting trillingsniveau voor locatie 3 voor bronnen boven maaiveld



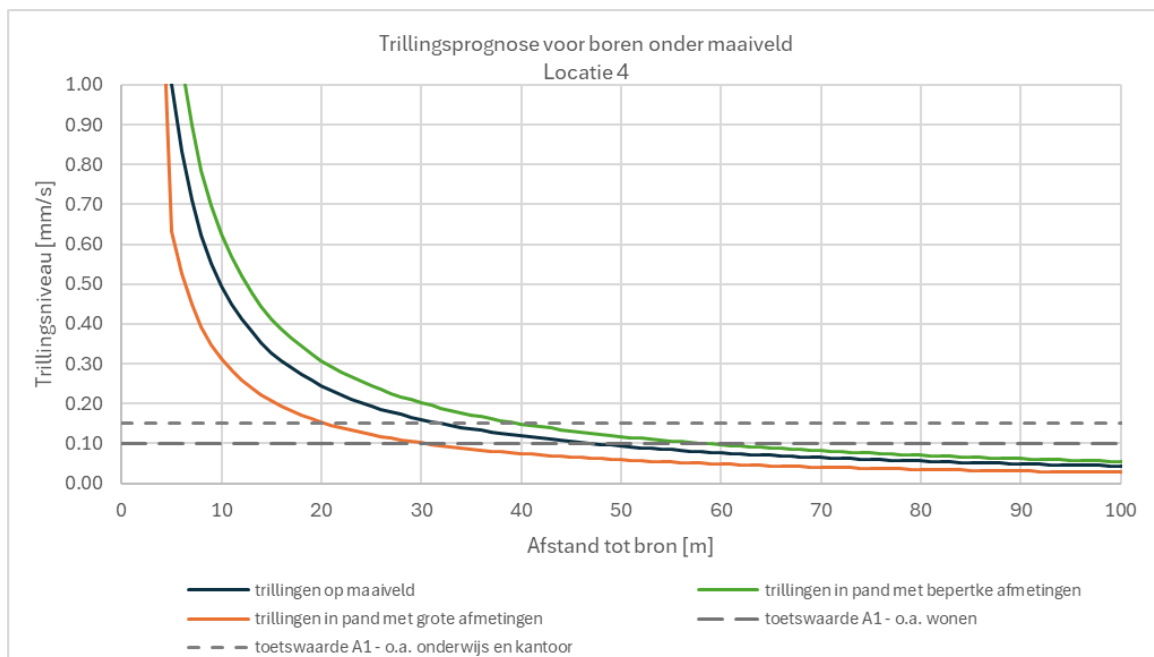
II.8.1.4 Locatie 4

Uitgaande van de parameters in Tabel II.1, Tabel II.3 en Tabel II.4 zijn de afstandsrelaties uit Afbeelding II.21 en Afbeelding II.22 gevonden. In Tabel II.12 is de kritische afstand op basis van de voorspelde trillingsniveaus gegeven. Bebouwing op deze hele locatie betreft voornamelijk panden met woonfunctie, met variërende bouwwijzen zoals aangegeven in Afbeelding II.14 Wel lijkt de dichtheid van de bebouwing op deze locatie kleiner te zijn dan op de andere locaties, waardoor het aantal personen dat hinder ervaart lager zal zijn. Daarom is het te zien dat de kritische afstand voor de overige trillingsbronnen boven maaiveld groter zijn dan voor de andere locaties, waardoor deze locatie in principe minder gunstig is.

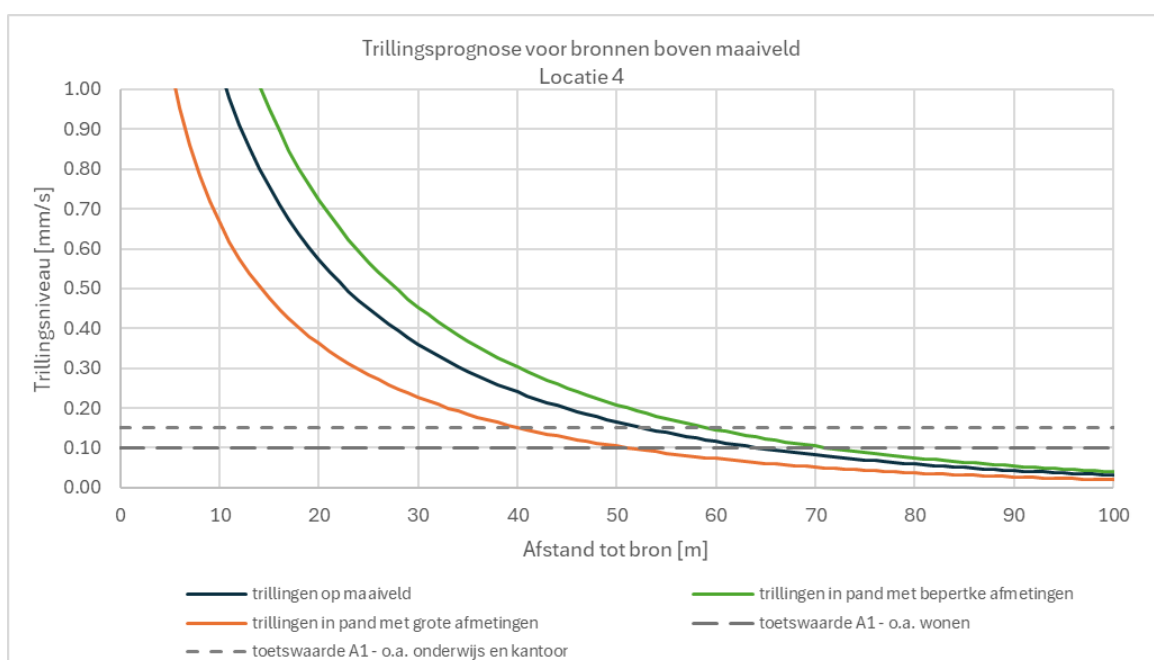
Tabel II.12 Kritische afstand op basis van trillingsprognose locatie 4

Type bouwwerk	Gebouwfunctie	Toetswaarde	Bron: boren onder maaiveld	Bron: overige trillingsbronnen boven maaiveld
			afstand tot bron [m]	afstand tot bron [m]
pand met beperkte afmetingen	o.a. wonen	$A_1 = 0,1$	60	75
pand met beperkte afmetingen	o.a. kantoor	$A_1 = 0,15$	40	60
pand met grote afmetingen	o.a. wonen	$A_1 = 0,1$	35	55
pand met grote afmetingen	o.a. kantoor	$A_1 = 0,15$	25	45

Afbeelding II.21 Inschatting trillingsniveau voor locatie 4 voor boren onder maaiveld



Afbeelding II.22 Inschatting trillingsniveau voor locatie 4 voor bronnen boven maaiveld



II.9 Conclusies

In dit verkennende onderzoek is de stand van kennis verzameld en de verwachte hinder door trillingen onderzocht rondom vier representatieve locaties voor de installatie van een geothermie boring in de gemeente Diemen. Op basis van literatuur onderzoek is een inschatting gemaakt van de te verwachte trillingen bij geothermie boringen. Hierbij zijn twee typen trillingsbronnen meegenomen, dit betreft trillingen veroorzaakt door:

- boren onder maaiveld, waarbij uitgegaan is van een maximale trillingssnelheid van 1 mm/s op $r_0 = 5\text{m}$ bij 7 Hz;
- trillingsbronnen van apparatuur boven het maaiveld, zoals de aandrijving van de boor en de pompen en zeven voor de boorvloeistof en puin, waarbij is uitgegaan van 0,6 mm/s op $r_0 = 20\text{m}$ bij 50 Hz.

Eventuele trillingen door het zogenaamde 'stick-slip' gedrag worden in deze analyse niet beschouwd. De hierboven genoemde waarden zijn gebaseerd op literatuur en betreffen locaties buiten Nederland. Wat deze trillingen in de ondergrond op deze locatie zullen zijn, is een aandachtspunt om verder te onderzoeken, bijvoorbeeld door het uitvoeren van metingen bij geothermie boringen in Nederland.

Per locatie is de verwachte hinder in kaart gebracht op basis van het beoordelingskader SBR-B: Hinder voor personen in gebouwen. Dit is gedaan op basis van de grondopbouw voor vier locaties en indicatie van de bronniveaus van de trillingen. Dit is per locatie getoond aan de hand van grafieken waarin de afstand tot de bron is uitgezet tegen het verspelde trillingsniveau op maaiveld en in de panden. Uit dit onderzoek komt naar voren dat de verschillen in de grondopbouw leiden tot kleine verschillen in de afstandsrelatie.

Voor locatie 1, 2 en 3 geldt dat er binnen deze gebieden gezocht moet worden naar een locatie waar binnen een straal van:

- minimaal 65 meter geen bebouwing aanwezig is met gebouwfunctie wonen, gezondheidszorg of kritische werkruimte;
- minimaal 55 meter geen bebouwing aanwezig is gebouwfunctie onderwijs, kantoor of bijeenkomst.

Voor locatie 4 geldt dat er gezocht moet worden naar een locatie waar binnen een straal van:

- minimaal 75 meter geen bebouwing aanwezig is met gebouwfunctie wonen, gezondheidszorg of kritische werkruimte;
- minimaal 60 meter geen bebouwing aanwezig is gebouwfunctie onderwijs, kantoor of bijeenkomst.

Wanneer gekeken wordt naar de bebouwing en de gebouwfuncties binnen de verschillende locaties wordt geconcludeerd dat aan de westzijde van alle locaties de grootste kans aanwezig is dat er een locatie gevonden wordt waar de minste hinder wordt verwacht.

Tot slot moet worden opgemerkt dat dit gaat om een indicatie van de verwachte hinder op basis van de in de literatuur gevonden bronwaarden. Wanneer de definitieve locatie van de geothermische boring gekozen wordt, zal deze analyse geactualiseerd moeten worden, waarbij op pandniveau de hinder beschouwd moeten worden. Hierbij moet ook geïnventariseerd moeten worden of er gevoelige apparatuur of processen plaatsvinden rondom de gekozen locatie. Voor een nauwkeurigere inschatting wordt geadviseerd om metingen te doen bij de installatie van een geothermie boring in Nederland.

II.10 Referenties

- CUR Bouw & Infra. (2012). *166 Damwandconstructies, 6e druk*. Gouda: CURNET.
- Federal Transport Administration. (2018). *Transit Noise and Vibration Impact Assessment Manual*. Washington: FTA, U.S. Department of Transportation.
- FTA. (2018). *Transit Noise and Vibration Impact Assessment Manual*. Federal Transit Administration.
- Massarch, K. (1993). *Man-Made Vibrations and Solutions. International Conference on Case History in Geotechnical Engineering*. St. Louis.

- Nicholls, K. (2009, October). Estimating the potential impact of cable percussion piling. *Ground Engineering*, pp. 44-45.
- PDOK. (2015). *Basisregistratie Adressen en Gebouwen (BAG)*. (PDOK) Retrieved 12 18, 2025, from <https://www.pdok.nl/introductie/-/article/basisregistratie-adressen-en-gebouwen-ba-1>
- Pilecki, Z. (2019). Assessment of Ground Vibrations Induced by Gas and Oil Well Drilling Using Numerical Simulations. *Archives of Mining Sciences*, 64, 447-461.
- Robertson, P., & Cabal, K. (2015). Guide to Cone Penetration Testing for Geotechnical Engineering. *Gregg Drilling & Testing*.
- Saldivar, B., Boussaada, I., Mounier, H., Mondié, S., & Niculescu, S. (2014). An Overview on the Modeling of Oilwell Drilling Vibrations. *Proceedings of the 19th World Congress*, pp. 5169-5174.
- SBR. (2006, herdruk juli). *Trillingen: meet- en beoordelingsrichtlijnen. Deel B: Hinder voor personen in gebouwen*. SBRcurnet.
- SBR. (2006, herdruk juli). *Trillingen: meet- en beoordelingsrichtlijnen. Deel C: Storing aan apparatuur*. SBRcurnet.
- SBR. (2017). *SBR Trillingsrichtlijn A: Schade aan bouwwerken: 2017*. SBRcurnet.
- SCAN. (2025). *Veelgestelde vragen: Veroorzaakt de onderzoeksboring trillingen?* Retrieved 18-12-2025, from <https://scanaardwarmte.nl/veelgestelde-vragen>.
- TNO - GDN. (2025). *Geological Survey of the Netherlands*. (DINOloket) Retrieved 12 16, 2025, from <https://www.dinoloket.nl/>

