



Notitie

Aan M. van Houten/ B. Ruysenaars
Van Wijbrand Sommer, w.sommer@amsterdam.nl
Datum 1 mei 2024
Ons kenmerk 2024-1000583

Onderwerp Verkenning bodemenergie Muyskenkwartier

Opsteller	Collegiale toets	Paraaf	Datum
W. Sommer			15-3-2024

1. Inleiding

Het Muyskenkwartier verandert van een traditioneel bedrijventerrein naar een gemengde woon-werkwijk. Er is uitbreiding gepland in onder andere functies wonen, kantoor en bedrijven. Mogelijk zal (een deel van) de nieuwbouw gebruik gaan maken van bodemenergie voor verwarming en/of koeling. Ook bestaande bouw kan mogelijk worden aangesloten op bodemenergie; bijvoorbeeld na renovatie. Deze notitie betreft een verkenning van de toekomstige energiebehoefte (verwarming en koeling) van de geplande nieuwbouw en bestaande bouw op kavelniveau en op welke manier deze kan worden geleverd met behulp van bodemenergiesystemen, uitgaand van een individueel bodemenergiesysteem per kavel. Daarbij wordt ook ingegaan op de vraag of voldoende ruimte in de ondergrond aanwezig is voor individuele warmteoplossingen en of sturingsinstrumenten nodig zijn om bodemenergie voor alle ontwikkelingen beschikbaar te maken.

Bij het opstellen van deze notitie is gebruik gemaakt van onderstaande bronnen:

[1] Programma bvo, aangeleverd door projectteam, 20 maart 2024

2. Geplande ontwikkelingen

De toekomstvisie van het gebied inclusief nieuwe ontwikkelingen is weergegeven in Figuur 1. Het programma is opgenomen in Tabel 1. Voor de toekomstige ontwikkelingen J, K en L is het uitgangspunt dat hier 1000-1500 woningen komen en 11.300-15.000 m² BVO werkfunctie. De verdeling in bouwblokken/verkaveling is nog niet bekend. Op basis van een gemiddeld oppervlak van 85 m² BVO per woning en het grondoppervlak van de gebieden J, K en L is het programma over de gebieden verdeeld.



Figuur 1: Toekomstvisie.

Tabel 1: Programma BVO (m²); deels bestaand (*), deels nieuw te realiseren

Kavel	Omschrijving	horeca	kantoor	bedrijf	wonen	maatschappelijk	hotel	Totaal
A	Student hotel*				15.940			15.940
B	Van der Valk*	560					12.468	13.028
C	Johny River*		12.026					12.026
D	Koffiefabriek*	150		662	6.672			7.484
E	JM 4/6 woningen*				21.000			21.000
F	Mercure*	665					15.960	16.625
G	Kavel 1	150	1.000	1.000	17.700	150		20.000
H	Kavel 2		13.200		4.000			17.200
I	Kavel 3			1.740	14.100			15.840
J	Toekomstige ontwikkeling		3.609		29.498			33.108
K	Toekomstige ontwikkeling		6.076		49.656			55.732
L	Toekomstige ontwikkeling		3.315		27.095			30.410
	Totaal	1.525	39.226	3.402	18.5662	150	28.428	258.393

In deze notitie wordt uitgegaan van een individueel bodemenergiesysteem per kavel. Het realiseren van een gezamenlijk bodemenergiesysteem voor meerdere kavels is ook mogelijk, en vaak gunstig vanuit energetisch perspectief en wat betreft duurzaamheid. Organisatorisch, financieel en technisch is een collectief systeem complexer en daarmee moeilijker te realiseren.

3. Energievraag

Op basis van kentallen (zie bijlage 1) en het bouwprogramma is per kavel de warmte- en koudevraag berekend. Hierbij is onderscheidt gemaakt tussen wonen (woningen en hotel) en niet-wonen (horeca, kantoor, bedrijf, maatschappelijk) en tussen bestaande bouw en nieuwbouw. De energievraag per ontwikkeling is samengevat in Tabel 2.

Tabel 2: Prognose warmte- en koudevraag (*bestaande bouw).

Kavel	energie [MWh/j]		aansluitvermogen [kW]	
	Warmtevraag	Koudevraag	Warmtevraag	Koudevraag
A*	1.036	80	574	335
B*	834	83	475	290
C*	1.215	120	553	613
D*	849	28	705	182
E*	1.617	105	1.407	441
F*	1.903	55	1.627	369
G	662	348	743	489
H	676	535	751	757
I	523	274	588	385
J	1.094	572	1.228	804
K	1.841	964	2.067	1.353
L	1.005	526	1.128	738
Totaal	13.254	3.690	11.845	6.755

4. Dimensioneren bodemenergie

Op basis van kentallen (zie Bijlage 1) is per kavel berekend hoe in de energievraag kan worden voorzien, gebruik makend van de verschillende types bodemenergiesystemen (doublet, monobron, gesloten systeem; zie toelichting in Bijlage 3). De (diepe) bodemopbouw ter plaatse van Muyskenkwartier is vergelijkbaar met de bodemopbouw in de rest van de stad waardoor het gebruik van deze kentallen mogelijk is (zie bijlage 2).

Voor doubletten is uitgegaan van een debiet tussen 70 en 250 m³/u per doublet. Voor monobronnen is uitgegaan van een debiet tussen 20 en 80 m³/u per monobron. Voor gesloten systemen is uitgegaan van een capaciteit van 30 W/m (luslengte).

Uitgangspunten berekening

In deze studie wordt ervan uitgegaan dat koude direct uit het bodemenergiesysteem wordt geleverd, maar dat warmte wordt geleverd via een warmtepomp. De gebouwzijdige energievraag wordt derhalve omgerekend naar de bodemzijdige energievraag. De inzet van bodemenergie kan

vervolgens worden gedimensioneerd op de warmtevraag of de koudevraag. Over het algemeen zijn deze niet even groot (zie Tabel 2).

Voor open systemen wordt meestal een energiebalans voorgeschreven (een beperkt koudeoverschot in de bodem wordt soms toegestaan). Als het bodemsysteem gedimensioneerd wordt op de grootste energievraag, dan is een regeneratiesysteem (bijvoorbeeld aquathermie of droge koeler) nodig als er een bodemzijdige energiebalans moet worden gerealiseerd. Deze manier van dimensioneren resulteert in de grootste inzet en daarmee (ondergronds) ruimtebeslag van de bodemenergiesystemen. Het bodemsysteem kan ook gedimensioneerd worden op de kleinste energievraag. In dat geval is een aanvullende energievoorziening nodig (bijvoorbeeld een piek-ketel of aansluiting op het warmtenet). Deze manier van dimensioneren resulteert in een kleinere inzet van het bodemsysteem en daardoor een kleiner (ondergronds) ruimtebeslag. NB op dit moment ligt er in dit gebied geen warmtenet, dus dat zou dan doorgetrokken moeten worden.

In Tabel 3 is de mogelijke inzet van bodemenergiesystemen gepresenteerd, zowel voor de situatie dat gedimensioneerd wordt op de warmtevraag (W) als op de koudevraag (K).

Een '-' betekend dat de energievraag te klein wordt geacht voor het realiseren van het desbetreffende bodemenergiesysteem.

Tabel 3: Mogelijkheden bodemenergiesystemen per ontwikkeling.

Kavel	Benodigd debiet (m³/uur)		doubletten		monobronnen		bodemplussen	
	Warmtevraag	Koudevraag	W	K	W	K	W	K
A	62	48	-	-	1	1	72	56
B	51	42	-	-	1	1	60	49
C	60	88	-	1	1	2	70	103
D	76	26	1	-	1	1	89	31
E	151	63	1	-	2	1	176	74
F	175	53	1	-	3	1	204	62
G	80	70	1	1	1	1	93	82
H	81	109	1	1	2	2	94	127
I	63	55	-	-	1	1	74	65
J	132	115	1	1	2	2	154	134
K	222	194	1	1	3	3	259	226
L	121	106	1	1	2	2	141	124
Totaal**	1.274	969	6	4	16	13	1481	1126

*W = gedimensioneerd op warmtevraag, K = gedimensioneerd op koudevraag

**NB op basis van een collectief systeem

Op basis van de prognose van het benodigde waterdebiet om te voldoen aan de verwachte warmte en koudevraag zijn er 5 kavels (A, B, D, G en I) waar op basis van deze prognose één monobron per kavel voldoende is. Voor de overige kavels kan de energie worden geleverd door een doublet of meerdere monobronnen. NB voor 'kavels' J, K en L kan het zijn dat deze worden

opgeknipt in meerdere bouwblokken. Afhankelijk van de energievraag van deze afzonderlijke bouwblokken kan een monobron alsnog aantrekkelijker zijn als gekozen wordt voor een individueel bodemenergiesysteem per bouwblok.

Bij het toepassen van individuele systemen per kavel zijn dus circa 5 monobronnen en 7 dubletten nodig. Bij een collectief systeem kan de totale energiebehoefte worden geleverd met 6 dubletten.

5. Bestaande bodemenergiesystemen

In het plangebied zijn nog geen bodemenergiesystemen vergund, maar in de omgeving wel. Gegevens van de meest nabije systemen zijn samengevat in Tabel 4. De systemen zijn op kaart weergegeven in Figuur 2. Tevens is aan de overzijde van de Duivendrechtsevaart een interferentiegebied vastgesteld ("Amstelkwartier 3de fase en Kauwgomballenkwartier"). Binnen het interferentiegebied zijn alle open en gesloten bodemenergiesystemen vergunningplichtig. Voor zover bekend is er voor het interferentiegebied geen bodemenergieplan met aanvullende orderings- en/of gebruiksregels vastgesteld.

Tabel 4: Vergunde bodemenergiesystemen

LGRnr	Type	Waterbezwaar [m³]			Vergund debiet [m³/uur]
		Winter (ontwerp)	Zomer (ontwerp)	Vergund (per jaar)	
PNH2210	Monobron (1 bron)	64.000	43.000	161.400	45
PNH1928	Monobron (1 bron)	55.000	23.000	117.000	40
PNH2149	Monobron (1 bron)	245.600	203.900	539.500	85
PNH2036	Monobron (2 bronnen)	135.320*	135.320*	270.640	80
365873	Gesloten (tot 200 m-mv)				

*geschat op basis van vergund waterbezwaar



Figuur 2: Vergunde bodemenergiesystemen en ligging beschermzone waterkering (blauw); op de achtergrond de plankaart zoals in Figuur 1. Verder plangebied (zwarte contour) en interferentiegebied Amstelskwartier 3de fase en Kauwgomballenkwartier (paarse contour). Voor de monobronnen in Tabel 4 is tevens de thermische straal weergegeven.

6. Waterkering

Langs de oostzijde van het gebied is een waterkering aanwezig welke een beperking vormt voor het plaatsen van bronnen. De ligging van de waterkering is aangegeven in Figuur 2. Conform de legger van Amstel, Gooi en Vecht, bestaat de waterkering uit een kernzone (rode gebied) en een beschermingszone (blauwe gebied). In de kernzone zijn boringen ten behoeve van een open bodemenergiesysteem verboden [3]. In de beschermingszone is een vergunningsplicht voor het realiseren van een open bodemenergiesysteem vastgesteld. De volgende punten moeten aangetoond worden:

- Er is geen redelijk alternatief voor de locatie;
- Het bodemenergiesysteem belemmert het beheer en onderhoud van de kering nu en in de toekomst niet;
- Het bodemenergiesysteem heeft geen negatieve invloed op de stabiliteit van de waterkering;
- De mechanische boringen voor de aanleg van het ondergrondse deel worden uitgevoerd door een bedrijf dat erkend is voor de BRL SIKB 2100, 'Mechanisch boren' en het daaraan gekoppelde protocol 2101 Mechanisch boren.

Conform Beleidsregels die horen bij de Keur van AGV - Afwegingskader voor vergunningverlening en maatwerkvoorschriften wordt voortsnog rekening gehouden dat geen bronnen kunnen worden geplaatst binnen een afstand van 10 meter tot de kernzone.

7. Ruimtelijke inpassing

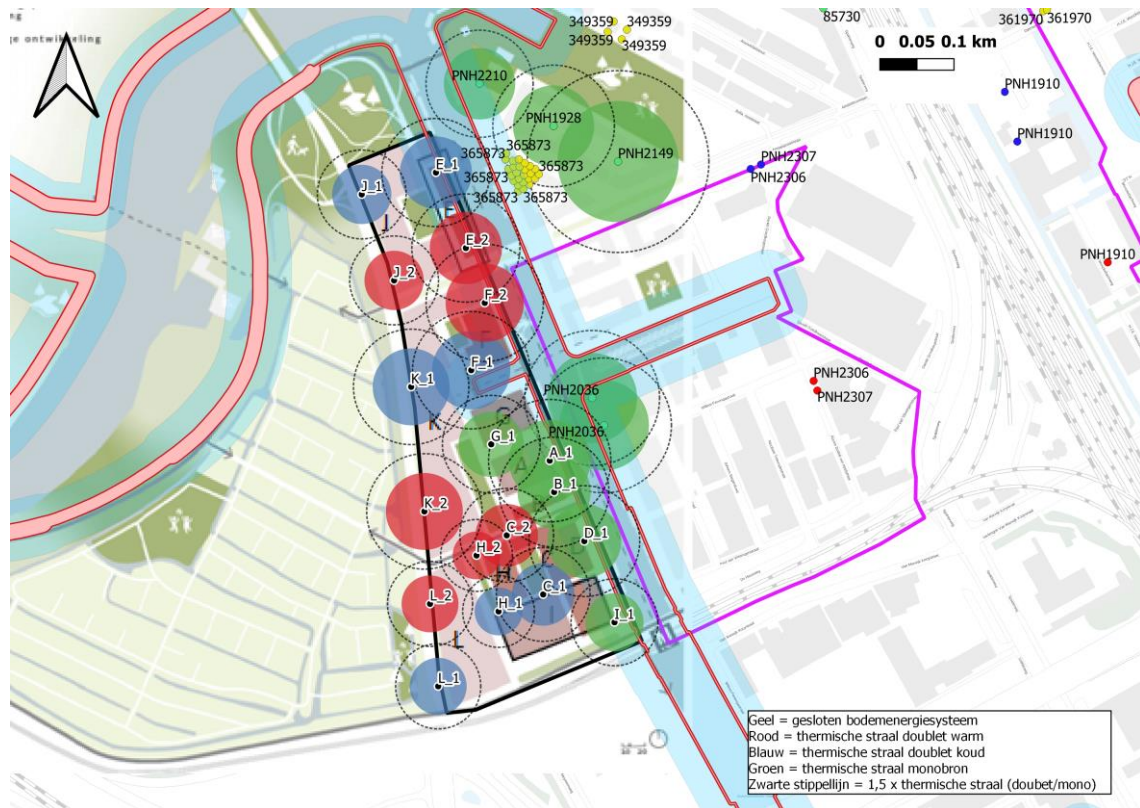
In verband met de vraag of er voldoende ruimte is om alle mogelijke toekomstige systemen een plek te kunnen geven, is onderzocht wat de benodigde ruimte is bij maximale inzet op bodemenergie. Dat betekent dat systemen worden gedimensioneerd op de grootste energievraag. Hierbij is het scenario verkend dat kavels A, B, D, G en I een monobron plaatsen en de overige kavels doubletten.

Per kavel is de omvang van het benodigde systeem bepaald en ingepast op en rond de geplande kavels. De inpassing kan alleen gebruikt worden om inzicht te krijgen in het ruimtebeslag van de systemen. Er is niet doorgerekend of het realiseren van deze systemen leidt tot ontoelaatbare onderlinge beïnvloeding tussen de systemen, tevens is geen rekening gehouden met beschikbare ruimte voor leidingwerk.

Wel is globaal rekening gehouden met de maaiveldinrichting waarbij systemen op of zo dicht mogelijk bij de bouwblokken zijn geplaatst. Voor de open systemen is tevens weergegeven: de thermische straal van elke bron (rood = warme bron doublet, blauw = koude bron doublet, groen = monobron). De thermische straal is een maat voor de ruimtelijke (thermische) beïnvloeding van de bron. Om ontoelaatbare onderlinge beïnvloeding te voorkomen is bij doubletten over het algemeen tussen een koude en een warme bron een afstand nodig van minimaal 2 tot 3 thermische stralen¹. Daarom is bij doubletten per bron ook een cirkel met een straal gelijk aan 1,5 x de thermische straal (zwarte stippellijn) weergegeven. Voor de afstand tussen monobronnen onderling, tussen monobronnen en doubletsystemen en tussen open en gesloten systemen bestaan geen algemeen toepasbare afstandregels. NB het thermisch invloedsgebied wordt normaalgesproken gedefinieerd als de afstand tot waar een bodemenergiesysteem meer dan 0,5 °C invloed heeft op de temperatuur. Dit gebied is groter dan het gebied binnen de thermische straal; bovendien is het thermisch invloedsgebied in veel gevallen niet cirkelvormig door invloeden van naburige bronnen en regionale grondwaterstroming.

In Figuur 3 is de mogelijke ruimtelijke inpassing van de bodemenergiesystemen weergegeven.

¹ kennisplatform.bodemenergie.nl/ Sommer et al. PhD thesis, Wageningen University (2015)
ISBN 978-94-6257-294-2



Figuur 3: Mogelijke inpassing bodemenergiesystemen.

8. Conclusies en aanbevelingen

In deze studie is een inschatting gemaakt van de typen bodemenergiesystemen die passen bij de geplande ontwikkelingen in Muyskenkwartier. Op basis van de gehanteerde uitgangspunten is er in principe voldoende ruimte voor alle bouwblokken om een individueel bodemenergiesysteem aan te leggen. Om ervoor te zorgen dat de beschikbare ruimte voldoende wordt benut zodat ook kavels die later ontwikkelen de gelegenheid hebben om een bodemenergiesysteem aan te leggen worden de volgende aanbevelingen gedaan:

1. Aanwijzen zoekgebieden voor het plaatsen van bronnen.
 - a. Voor de kavels J, K en L is het wenselijk de bronnen aan de westzijde van de kavels te plaatsen zodat er voor de kavels aan de oostzijde van het plangebied ook ruimte overblijft om bronnen te plaatsen.
 - b. Voor bestaande kavels E (JM 4/6 woningen) en F (Mercure hotel) is op basis van het bouwjaar rekening gehouden met een relatief hoge warmtevraag waardoor voor deze kavels rekening is gehouden met een doubletsysteem. Als de energievraag lager is (bv naar aanleiding van renovaties) is mogelijk een monobron voldoende is. Voor kavel E zijn beide opties in te passen op de kavel.

- Bij kavel F is de ruimte op de kavel voor een (groot) doublet systeem beperkt; indien nodig kan een scheefgesteld² doublet worden toegepast.
- c. Het gebouw op kavel D (Koffiefabriek) lijkt te zijn gesloopt tussen 2019-2022 (foto's op streetview). De invulling van deze kavel bepaald welk type bodemenergiesysteem daar het beste bij past.
 - d. Voor kavels C (Johnny River) en H is op basis van de prognose van de koelvraag een benodigd debiet berekend van respectievelijk 88 en 109 m³/u. Dit kan geleverd worden door 1 doublet (per kavel). Het maximum debiet van één monobron (circa 80 m³/u) is onvoldoende; derhalve zijn alternatief 2 monobronnen nodig per kavel. Mogelijk kan de energievraag worden geoptimaliseerd zodat 1 monobron per kavel voldoende is. Om inpassing met de monobronnen van omliggende kavels B en D mogelijk te maken wordt aanbevolen voor kavels C en H ook uit te gaan van monobronnen.
 - e. Voorafgaand aan het vaststellen van zoekgebieden wordt aanbevolen voor de bestaande bouw (en eventuele nieuwbouw op kavel D) de energievraag te achterhalen en met de gebouweigenaren af te stemmen of er plannen zijn voor renovatie en/of toepassing van bodemenergie.
2. Voorschrijven minimale filterlengte. In de berekeningen is rekening gehouden met bronfilters van 40 m lengte (doubletten) en 20 m lengte (monobronnen). Indien kortere filters worden toegepast wordt het thermisch invloedsgebied van de bronnen groter en dienen deze verder uit elkaar te worden geplaatst. De beschikbare ruimte in de ondergrond wordt dan niet voldoende benut.
 3. Middels een interferentieberekening de haalbaarheid van (1.) doorrekenen.
 4. De zoekgebieden vast te leggen in een bodemenergieplan. Na vaststelling (door gemeente en provincie) is dit plan bindend voor alle partijen. Alternatief kan het plan worden afgestemd met grondeigenaren en/of ontwikkelende partijen zonder deze vast te stellen. In dat geval is het plan niet juridisch afdwingbaar, maar het wordt wel makkelijker om wijzigingen en optimalisaties door te voeren.

Kanttekening hierbij is dat voor deelgebied J, K en L wordt uitgegaan van een (collectief) systeem per deelgebied. Indien deze worden opgeknipt in meerdere bouwblokken waarbij per bouwblok een individueel systeem wordt gemaakt moet de zonering mogelijk worden aangepast.

² In dat geval wordt het koude of warme bronfilter dieper geplaatst waardoor de bronnen dichter bij elkaar kunnen staan zonder dat deze elkaar teveel beïnvloeden.

Bijlage 1: Kentallen

kentallen energievraag (gebouwzijdig) - nieuwbouw		per BVO		per GO	
gebouwfunctie		Wonen +Hotel	Niet-wonen	Wonen +Hotel	Niet-wonen
ruimteverwarming	kWh/m ² /jaar	15.0	40.0	17.6	47.1
warmtapwater	kWh/m ² /jaar	17.0	1.5	20.0	1.8
koeling / zomercomfort	kWh/m ² /jaar	15.0	36.0	17.6	42.4
aansluitvermogen warmte*	W/m ²	36.0	46.0	42.4	54.1
aansluitvermogen koude	W/m ²	21.0	51.0	24.7	60.0

*inclusief tapwater

Voor de bestaande bouw zijn onderstaande kentallen aangepast (obv TKK model):

Wonen + Hotel (per BVO)

		Nieuwbouw	2005-2020	1991	<1975
ruimteverwarming	kWh/m ² /jaar	15.0	45.0	57.0	95.0
warmtapwater	kWh/m ² /jaar	17.0	20.0	20.0	20.0
koeling / zomercomfort	kWh/m ² /jaar	15.0	5.0	5.0	3.0
aansluitvermogen warmte*	W/m ²	36.0	36.0	67.0	100.0

Niet-wonen (per BVO)

		Nieuwbouw	<1993
ruimteverwarming	kWh/m ² /jaar	40.0	100.0
warmtapwater	kWh/m ² /jaar	1.5	1.0
koeling / zomercomfort	kWh/m ² /jaar	36.0	10.0

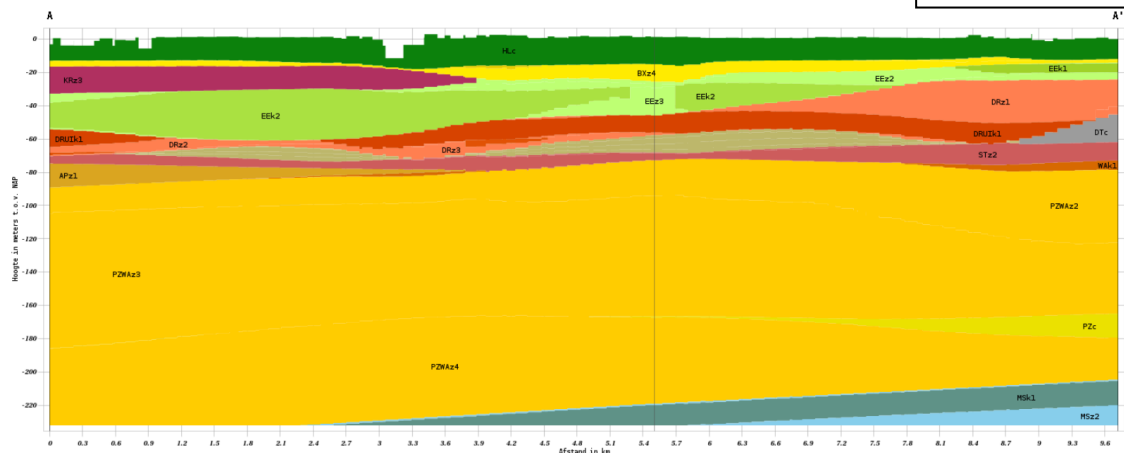
kentallen bodemenergie			
dT gemiddeld	C	6	
COP gemiddeld (warmtelevering)	-	4	
range debiet doublet	m ³ /u	70	250
range debiet monobron	m ³ /u	20	80
range diepte bodemlussen	m-mv	50	200
filterlengte doublet	m	40	
filterlengte monobron	m	20	
vermogen bodemlus	W/m	30	
porositeit	-	0.3	
warmtecapaciteit water	MJ/m ³ /C	4.183	
warmtecapaciteit korrelskelet	MJ/m ³ /C	1.700	
warmtecapaciteit aquifer	MJ/m ³ /C	2.445	

Bijlage 2: Bodemopbouw

Ter plaatse van Muyskenkwartier is tussen circa 90 en 200 m-mv een goed doorlatend zandpakket aanwezig (zie onderstaande doorsnede door regionaal geohydrologisch model Regis). In die zin is de bodemopbouw vergelijkbaar met de bodemopbouw in de rest van de stad. Dit pakket wordt in Amsterdam veel gebruikt voor open bodemenergiesystemen. Het bovenste en onderste gedeelte van dit pakket is minder geschikt voor het plaatsen van bronfilters [3].

Voor een aantal open bodemenergiesystemen in Amsterdam is bekend dat sprake is van putverstopping. Uit onderzoek³ blijkt dat de putverstopping mogelijk te maken heeft met het mengen van grondwater met verschillende redoxtoestand. Deze overgang in redoxtoestand wordt verwacht op een diepte van 65 tot 100 m-mv. Om het risico op putverstopping te verkleinen is het voor open systemen (met name monobronnen) van belang deze niet te plaatsen op een overgang tussen verschillende watertypen. Globaal is in Amsterdam een toepassing vanaf 100 à 120 m-mv aan te bevelen. Om het risico op putverstoppingen te minimaliseren, wordt aanbevolen om gebruik te maken van de grofzandige lagen (100 - 174 m-mv) [3]. Het bodempakket tussen 180 en 220 m-mv is naar verwachting ook geschikt voor open bodemenergiesystemen; wel is de doorlatendheid naar verwachting lager dan in het ondiepere deel van het pakket.

Verticale Doorsnede BRO REGIS II v2.2.1



³ IF Technology/ Installeet, Putverstopping door sulfaatreductie, Een onderzoek in opdracht van Bodemenergie Nederland, 27 december 2021.

Bijlage 3: Typen bodemenergiesystemen

Er bestaan verschillende typen bodemenergiesystemen. Onder andere kan onderscheid worden gemaakt tussen open en gesloten systemen. Een schematische tekening is opgenomen in Figuur 4.

Open systemen

Bij open systemen wordt middels onttrekkings- en infiltratiebronnen grondwater uit de bodem omhoog gepompt en na gebruik voor verwarming of verkoeling weer in de bodem gebracht. Binnen de open systemen wordt nog onderscheidt gemaakt tussen doubletsystemen en monobronnen.

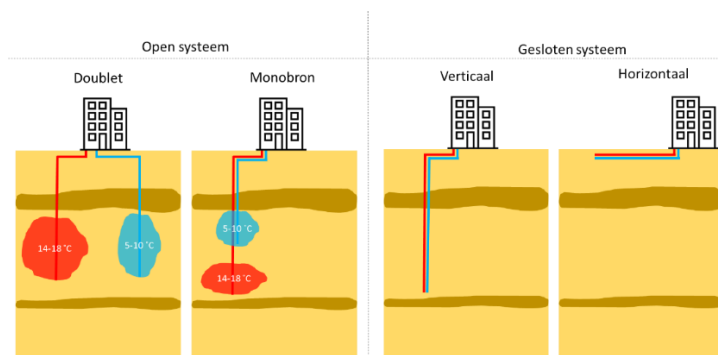
Een **doublet** bestaat uit twee bronnen (een onttrekkingsbron en een infiltratiebron) die in een apart boorgat worden geplaatst. Er zijn dus twee boorgaten nodig. Over het algemeen worden de bronfilters op dezelfde diepte gerealiseerd waarbij een bepaalde afstand tussen de bronnen wordt gehanteerd. Het is ook mogelijk de bronfilters op verschillende diepte te plaatsen, in dat geval kan de horizontale afstand tussen de bronnen worden verkleind (scheefgesteld doublet).

Bij een **monobron** worden het onttrekkingsfilter en het infiltratiefilter in hetzelfde boorgat aangelegd. Deze bevinden zich dus boven elkaar. Omdat maar 1 boorgat nodig is kunnen de kosten lager zijn dan voor een doubletsysteem waar minimaal 2 boorgaten nodig zijn. Bij een beperkte dikte van het watervoerend pakket en beperkte boordiameter is de maximale capaciteit van een monobron lager dan van een doublet systeem.

Een open bodemenergiesysteem kan bestaan uit meerdere monobronnen of doubletten.

Gesloten systeem

Bij een gesloten bodemenergiesysteem wordt geen grondwater verplaatst. In plaats daarvan wordt een vloeistof gecirculeerd door buizen onder de grond. De uitwisseling van warmte met de bodem vindt plaats door geleiding door de wand van de buis. De buizen kunnen zowel horizontaal als verticaal aangelegd worden. Een gebruikelijke toepassing is Amsterdam zijn verticale buizen die worden aangelegd tot een diepte van maximaal circa 200 m. Een systeem kan bestaan uit meerdere verticale buizen.



Figuur 4: Schematische tekening typen bodemenergiesystemen