

Voorbeeldexamen Ontwerp en realisatie ondergrondse gesloten systemen

Lees zorgvuldig onderstaande informatie

- Dit examen bestaat uit 30 meerkeuzevragen.
 - Lees, voordat u antwoord geeft, de vraag zorgvuldig door.
 - Vul uw antwoord op een meerkeuzevraag in op het antwoordblad: maak achter het nummer van de vraag op uw antwoordblad **met potlood** het betreffende hokje zwart. Dus als u vindt dat bij vraag 1 het goede antwoord C is, dan maakt u achter de 1 het hokje onder de C zwart.
 - Als u zich vergist heeft, kunt u het hokje uitgummen en een ander hokje zwart maken.
 - Beantwoord alle vragen. Geef per vraag maar één antwoord.
 - Een goed beantwoorde vraag levert één scorepunt op. Niet of dubbel beantwoorde vragen worden fout gerekend.
 - Er wordt geen kladpapier uitgereikt. U kunt lege ruimtes in het boekje gebruiken om aantekeningen te maken. LET OP: de aantekeningen die u in de boekjes maakt worden NIET beoordeeld.
 - Het opgavenboekje bestaat uit 16 pagina's (inclusief voorblad).
 - Controleer het opgavenboekje op volledigheid.
 - Na afloop van het examen levert u het opgavenboekje en het antwoordblad in.
-
- Het gebruik van een niet-programmeerbare rekenmachine is toegestaan.
 - Het gebruik van naslagwerken is NIET toegestaan.
 - Dit examen bevat een formulekaart als bijlage.
 - De tijdsduur van dit examenonderdeel is maximaal 120 minuten.
 - U kunt maximaal 30 punten behalen.
 - Voorlopige cesuur: Bij een score van 21 punten of hoger hebt u een voldoende. Bij een score van 20 punten of lager hebt u een onvoldoende

ELKE VORM VAN FRAUDE ZAL ONMIDDELLIJKE UITSLUITING VAN HET EXAMEN TOT GEVOLG HEBBEN.

Dit boekje pas openen als daarvoor toestemming wordt gegeven.

- 1 U krijg opdracht voor het realiseren van een gesloten bodemenergiesysteem met als uitgangspunt een verwarmend vermogen van 80 kW en een COP van 4,5.

Wat moet u doen?

- A Een melding doen voor dit systeem.
- B Een vergunning aanvragen voor de aanleg van dit systeem.
- C Onderzoeken of er specifieke eisen aan de aanleg gesteld worden en indien dit NIET zo is een vergunning aanvragen.
- D Onderzoeken of er specifieke eisen aan de aanleg gesteld worden en indien dit NIET zo is een melding doen.

| Vocht | Textuur | Warmtegeleidingscoëfficiënt $Wm^{-1}K^{-1}$ | | | Warmtecapaciteit $MJm^{-3}K^{-1}$ | | |
|-------------|--|--|------|------|--------------------------------------|------|------|
| | | min | Max | typ | min | max | typ |
| Verzadigd | Klei | 0,90 | 2,22 | 1,60 | 1,60 | 3,40 | 2,40 |
| | Leem | 1,00 | 2,35 | 1,70 | 1,60 | 3,40 | 1,60 |
| | Veen | 0,20 | 0,70 | 0,40 | 0,50 | 3,80 | 2,20 |
| | Zand, Matig grof t/m matig fijn | 1,73 | 5,02 | 2,20 | 2,20 | 2,86 | 2,50 |
| | Zand, Uiterst grof t/m middel grof zand (grindhoudend) | 1,80 | 5,02 | 2,30 | 2,10 | 2,86 | 2,45 |
| | Zand, kleiig | 1,50 | 2,30 | 1,90 | 2,20 | 2,86 | 2,50 |
| | Mergel | 1,96 | 2,78 | 2,20 | 2,30 | 2,30 | 2,30 |
| Onverzadigd | Klei | 0,40 | 0,90 | 0,40 | 1,51 | 1,61 | 1,60 |
| | Zand, Matig grof t/m matig fijn | 0,27 | 0,75 | 0,40 | 1,30 | 1,60 | 1,40 |
| | Zand, Uiterst grof t/m middel grof zand (grindhoudend) | 0,35 | 0,50 | 0,45 | 1,20 | 1,60 | 1,35 |
| | Zand, sliohoudend | 0,27 | 0,75 | 0,40 | 1,30 | 1,60 | 1,40 |
| | Zand, compact | 1,1 | 1,5 | 1,35 | 1,30 | 1,60 | 1,40 |

De bodemopbouw op een locatie is als volgt omschreven:

- 0 - 2 meter: opgebracht zand (onverzadigd)
- 2 - 15 meter: klei en veen (freatisch – grondwater – niveau)
- 15 - 50 meter: matig grof zand (1e watervoerende pakket)
- 50 - 57 meter: klei en zandige klei (1e scheidende laag)
- 57 - 95 meter: grof zand (2e watervoerende pakket)
- 95 - 135 meter: klei (2e scheidende laag)

De ontwerpdiepte voor het bodemwarmtewisselaarsysteem is 90 meter. Vanaf 2 meter diepte is grondwater aangetroffen.

Wat is de voor het ontwerp te gebruiken warmtegeleidingscoëfficiënt?

- A 1,95 $W-1mK-1$
- B 2,00 $W-1mK-1$
- C 2,42 $MJm-3K-1$
- D 2,40 $MJm-3K-1$

- 3** Uit het geohydrologische vooronderzoek is gebleken dat op een locatie sprake is van een aanzienlijke grondwaterstroming in het tweede watervoerende pakket.

De volgende stappen worden genomen:

1. U stelt vast of het een groot of klein systeem betreft.
2. U stelt vast of er al dan niet sprake is van een energiebalans.
3. U stelt vast wat de diepte van het tweede watervoerende pakket is.
4. U voert een nader onderzoek uit om de effecten van de grondwaterstroming op het ontwerp te bepalen.

In welke volgorde moet u de stappen doorlopen? Begin met de eerste stap.

- A** 1, 2, 3, 4
- B** 4, 3, 2, 1
- C** 3, 1, 2, 4

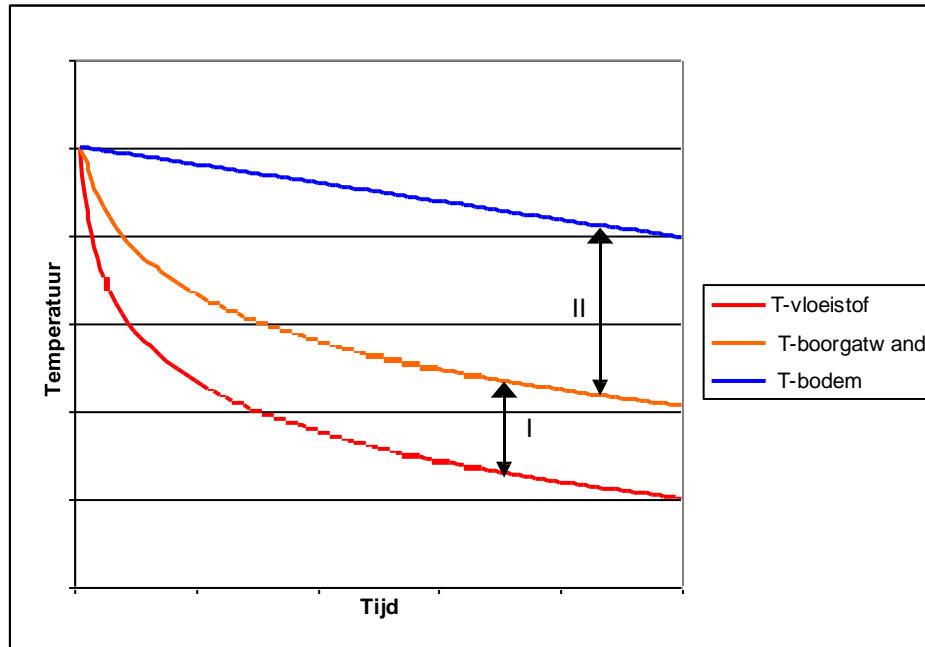
- 4** Voor het ontwerp van een groot gesloten bodemenergiesysteem gesitueerd in Zuid Limburg is informatie uit enkele boorbeschrijvingen voorhanden. De boringen bevinden zich op 1500 – 2500 meter van de locatie.

Welk aanvullend vooronderzoek moeten tenminste worden uitgevoerd?

1. proefboring met gedetailleerde bodembeschrijving
2. een Thermische Respons Test
3. bepalen van de plaatselijke grondwatergradiënt
4. pompproef

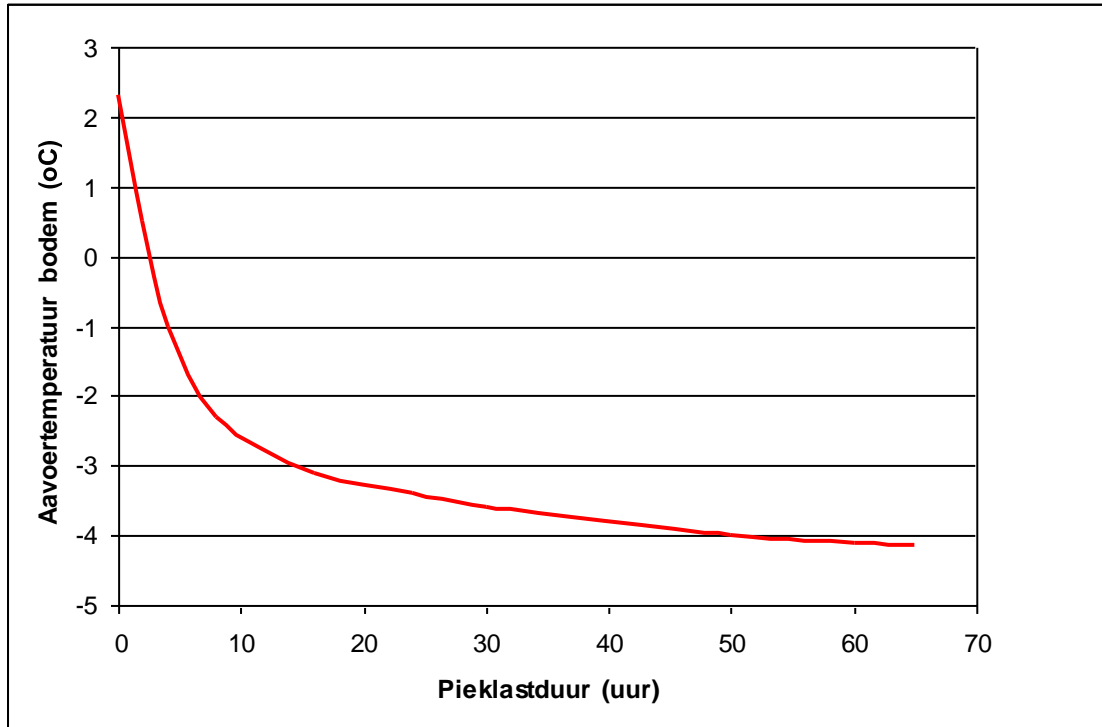
- A** 1 en 2
- B** 2 en 3
- C** 3 en 4

- 5 In een bodemwarmtewisselaarsysteem stroomt de warmte in de bodem door temperatuurverschillen. In het figuur hieronder is het temperatuurverloop bij een constante energiestroom weergegeven voor de vloeistoftemperatuur in de bodemwarmtewisselaar, temperatuur aan de boorgatwand en in de bodem (gemiddelde temperatuur in het bodemopslagvolume).



- Door welke parameter wordt het temperatuurverschil bij I bepaald?
- A door de geothermische warmteflux
 - B door de ongestoorde bodemtemperatuur
 - C door de warmtegeleidingscoëfficiënt boorgatvulling en stroomsnelheid vloeistof
 - D door de warmtegeleidingscoëfficiënt van de bodem
- 6 Door welke parameter wordt het temperatuurverschil bij II bepaald?
- A door de geothermische warmteflux
 - B door de ongestoorde bodemtemperatuur
 - C door de warmtegeleidingscoëfficiënt boorgatvulling en stroomsnelheid vloeistof
 - D door de warmtegeleidingscoëfficiënt van de bodem

- 9 Uit een ontwerpberekening volgt de temperatuur in de maand met de laagste temperatuur bij pieklastbedrijf (aanvoertemperatuur bodem: injectietemperatuur naar bodem) zoals in onderstaand figuur weergegeven. De maximale pieklastduur is 30 uur. Uitgangspunt is een ontwerp conform de eisen zoals gesteld in de AMvB.



Wat geldt voor dit bodemwarmtewisselaarsysteem?

- A voldoet aan de AMvB eisen, maar is wel te groot ontworpen (overgedimensioneerd)
- B voldoet aan eisen AMvB en is niet te klein of te groot ontworpen
- C voldoet niet aan eisen AMvB, het is te klein ontworpen (ondergedimensioneerd)

- 10 Gegeven voor een warmtepomp met een gesloten bodemenergiesysteem, in verwarmingsbedrijf:

- aanvoertemperatuur naar de warmtepomp uit de bron niet lager dan $+2^{\circ}\text{C}$
- temperatuurverschil verdamper 4K
- intern temperatuurverschil verdamper 1,5K
- veiligheidsmarge 2K

Welk circuliatiemiddel moet tenminste worden toegepast?

- A antivriesmiddel 20%, -7°C
- B antivriesmiddel 30%, -12°C
- C water, 0°C

- 11** Hoe krijgt u de thermisch best presterende bodemwarmtewisselaar?
- A** door spoelboring met spoelbak, afvullen met tremiepijp (vulleiding) en bentoniet
 - B** door spoelboring met spoelbak, afvullen met grof zand met een stortkoker
 - C** door spoelboring met spoelkuil, afvullen met uitgeboord materiaal
- 12** In opdracht van de gemeente controleert u de werkzaamheden bij de aanleg van een gesloten bodemenergiesysteem. Bij het boren van de bodemwarmtewisselaars blijkt geen bentoniet aanwezig te zijn. In de werkopdracht staat dat de bronnen tenminste op een diepte tussen 45 en 50 meter afgedicht moeten worden.

Wat doet u?

- A** Dit maakt niet uit, volgens de boorder is er geen scheidende laag.
 - B** U legt het werk stil tot er bentoniet aangeleverd wordt en controleert het logboek van de boorder.
 - C** U vraagt de boorder hier op te letten.
- 13** Het invoeren van de bodemwarmtewisselaar gaat moeizaam.

Wat controleert u NIET?

- A** of de bodemwarmtewisselaar met water wordt gevuld voordat deze wordt ingebouwd
 - B** of de diameter van het boorgat in orde is
 - C** of er voldoende mensen aanwezig zijn om te helpen bij het naar beneden drukken
 - D** of het boorgat is ingestort
- 14** De lektheid van een bodemwarmtewisselaarsysteem is getest op 6 bar. Na een uur is de druk met minder dan 0,5 bar teruggelopen.

Is deze test volgens het protocol (ISSO73) uitgevoerd?

- A** Ja, de drukval is minder dan 10% en het systeem is lekdicht.
 - B** Nee, de dichtheidsbeproeving moet eerst op lagere druk uitgevoerd worden om lekkages op te kunnen sporen.
 - C** Nee, een uur is te kort om te testen.
- 15** Wanneer een bron niet goed gespoeld wordt kan er vuil achterblijven en bacteriegroei optreden.

Wat kan er dan gebeuren?

- A** Er treed corrosie op in het bodemwarmtewisselaarsysteem.
- B** Er treed lekkage op.
- C** Het drukverlies van de bodemwarmtewisselaar en warmtepomp wordt verhoogd.

16 Is volgens de regelgeving een actieve lekdetectie bij bodemwarmtewisselaars met antivriesmiddel nodig?

- A Ja, bij systemen met een vermogen van 70 kW of meer.
- B Ja, er is altijd een risico op lekkage.
- C Nee, bodemwarmtewisselaars lekken in de praktijk niet.

17 Welke informatie over de warmtepompinstallatie is nodig om het bodemwarmtewisselaarsysteem hydraulisch te ontwerpen?

- A het debiet en maximale drukverlies
- B het rendement van de warmtepomp
- C het vermogen van de warmtepomp en totale te leveren energiehoeveelheid

18 Een bodemenergiesysteem met een vermogen van 15 kW wordt ontworpen op een gemiddelde temperatuur van ± 0 °C en wordt afgevuld met een 25% monopropyleenglycol mengsel.

Welk ontwerp heeft de voorkeur uit oogpunt van thermisch en hydraulisch ontwerp?

- A drie U-lussen, debiet 1 m³/uur Reynolds **2500**, boorgatweerstand 0,14 K/(W/m)
- B en enkele diepe U-lus, debiet 3 m³/uur Reynolds 10.000, boorgatweerstand 0,08 K/(W/m)
- C zes U-lussen, debiet 0,5 m³/uur Reynolds 1450, boorgatweerstand 0,19 K/(W/m)

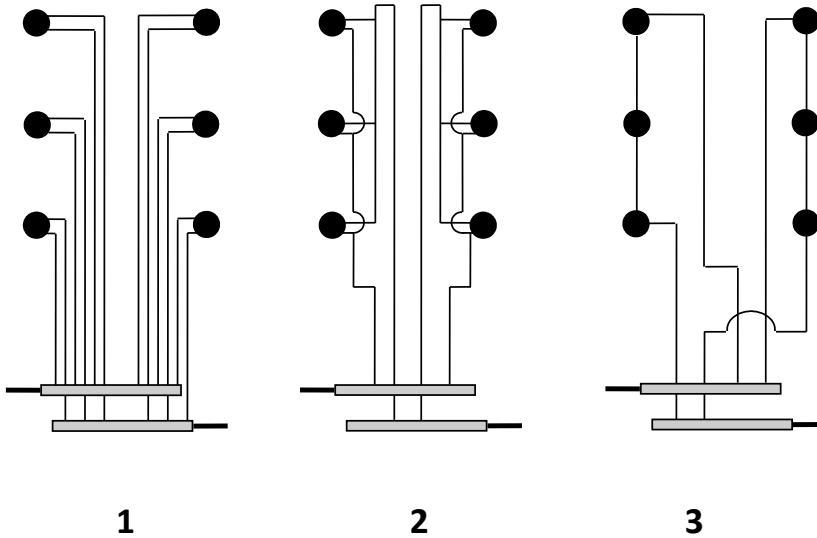
19 Welk materiaal is geschikt voor een verticale bodemwarmtewisselaar met een einddiepte van circa 150 meter?

- A PE100 32 mm, SDR 17,6
- B PE100 40 mm, SDR 11,0
- C PEX 40 mm, wanddikte 2,3 mm.

20 Welke onderdelen mogen ondergronds toegepast worden?

- A knelkoppelingen PE
- B perskoppelingen met metalen verbinding
- C elektrolasmoffen

21 Welke manieren van aansluiten zijn correct?



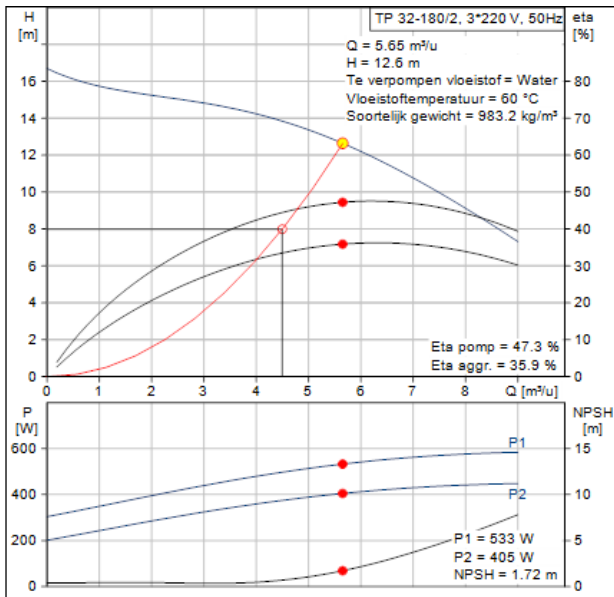
- A 1,2
- B 1,3
- C 2,3

22 Gegeven zijn:

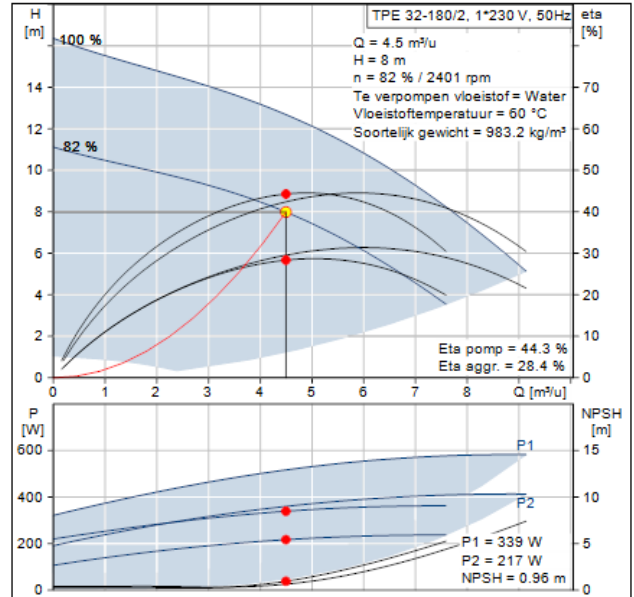
- drukverlies warmtepomp 4 mWk
- drukverlies bodemwarmtewisselaarsysteem 6 mWk
- debiet 15 m³/uur
- dichtheid medium 1030 kg/m³
- efficiëntie pomp 45%

Bereken de pompenergie E_{as} .

- A 9,33 Watt
- B 933 Watt
- C 560 Watt



pompcurve 1



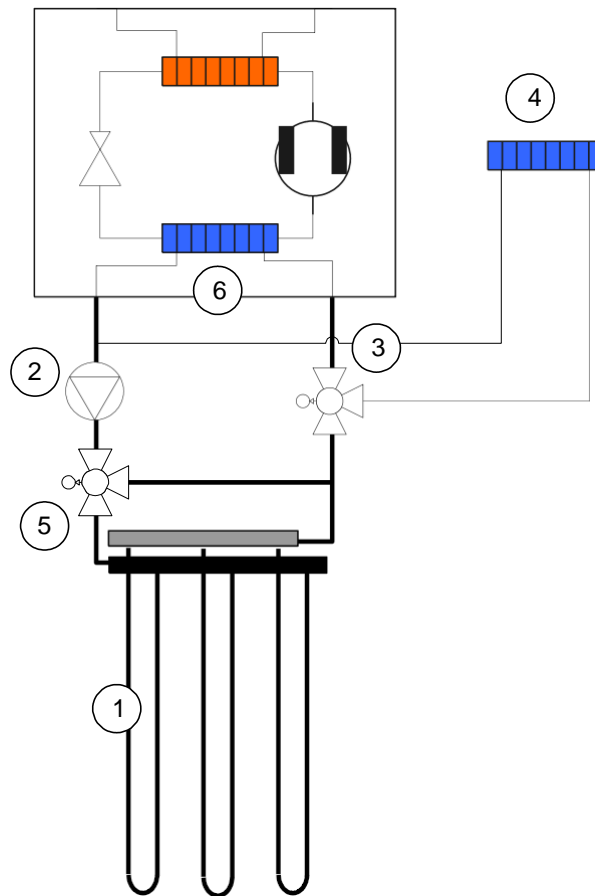
pompcurve 2

Een warmtepompsysteem heeft een debiet nodig van 4,5 m³/uur en een opvoerhoogteverlies van 8 meter mwk.

Welke pomp geeft voor dit systeem de beste prestatie?

- A pompcurve 1
- B pompcurve 2
- C pompcurven 1 en 2 zijn gelijk.

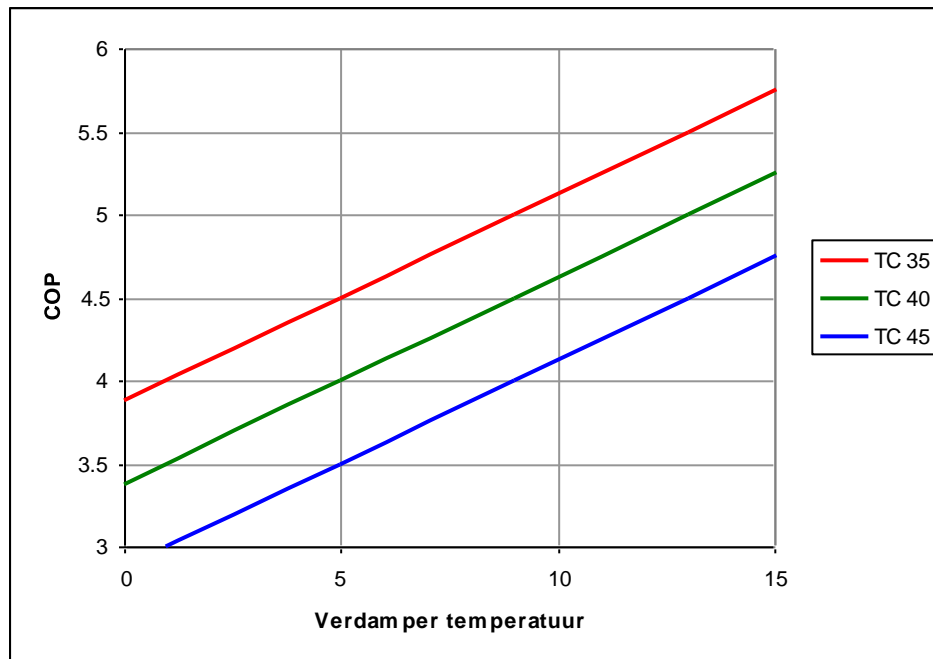
24 Hieronder staat een prinsipeschema van een warmtepompsysteem.



Waar wordt de regelklep (5) in bovenstaand prinsipeschema van een omkeerbaar warmtepompsysteem bij gebruikt?

- A regeling temperatuur vrije koeling circuit
- B regeling verdampertemperatuur bij verwarmingsbedrijf
- C regeling condensortemperatuur bij koelbedrijf

- 25** Wanneer is een 'omgevingsvergunning beperkte milieutoets' (obm) nodig voor aanleg van een gesloten bodemenergiesysteem?
Opmerking: Ga uit van de situatie dat de AmvB Bodemenergie in werking is getreden (situatie na 1 juli 2013).
- A** Een obm is alleen nodig bij gesloten systemen binnen een interferentiegebied.
 - B** Een obm is alleen nodig bij gesloten systemen met een vermogen groter of gelijk aan 70 kW.
 - C** Een obm is nodig bij alle gesloten systemen.
 - D** Een obm is nodig bij gesloten systemen binnen een interferentiegebied en/of voor gesloten systemen met een vermogen groter of gelijk aan 70 kW.
- 26** Een gesloten bodemenergiesysteem is vijf jaar geleden aangelegd, vóór de inwerkingtreding van de AmvB Bodemenergie.
Welke algemene regels gelden voor dit bodemenergiesysteem?
Opmerking: Ga uit van de situatie dat de AmvB Bodemenergie in werking is getreden (situatie na 1 juli 2013).
- A** Er gelden diverse regels in het Activiteitenbesluit, namelijk over melding, registratie, eisen aan temperatuur, energiebalans, rendement, interferentie en beëindiging van het systeem.
 - B** Er gelden geen algemene regels voor dit systeem.
 - C** Er geldt één regel in het Activiteitenbesluit, namelijk over beëindiging van het systeem.



De condensortemperatuur van een warmtepomp (afgegeven thermisch vermogen 6,5 kW) bedraagt 35°C. Begin december is de verdampertemperatuur 5°C, eind februari is deze gedaald tot 0°C. Het aantal draaiuren is in deze periode 350 uur/maand.

Hoeveel MWh thermische energie is aan de bodem onttrokken?

- A 5,23
- B 5233
- C 6,8
- D 6825

- 28** Bij het voorspoelen van een gesloten bodemenergiesysteem is een bepaalde minimale stroomsnelheid vereist.

De minimale stroomsnelheid wordt gekozen in verband met

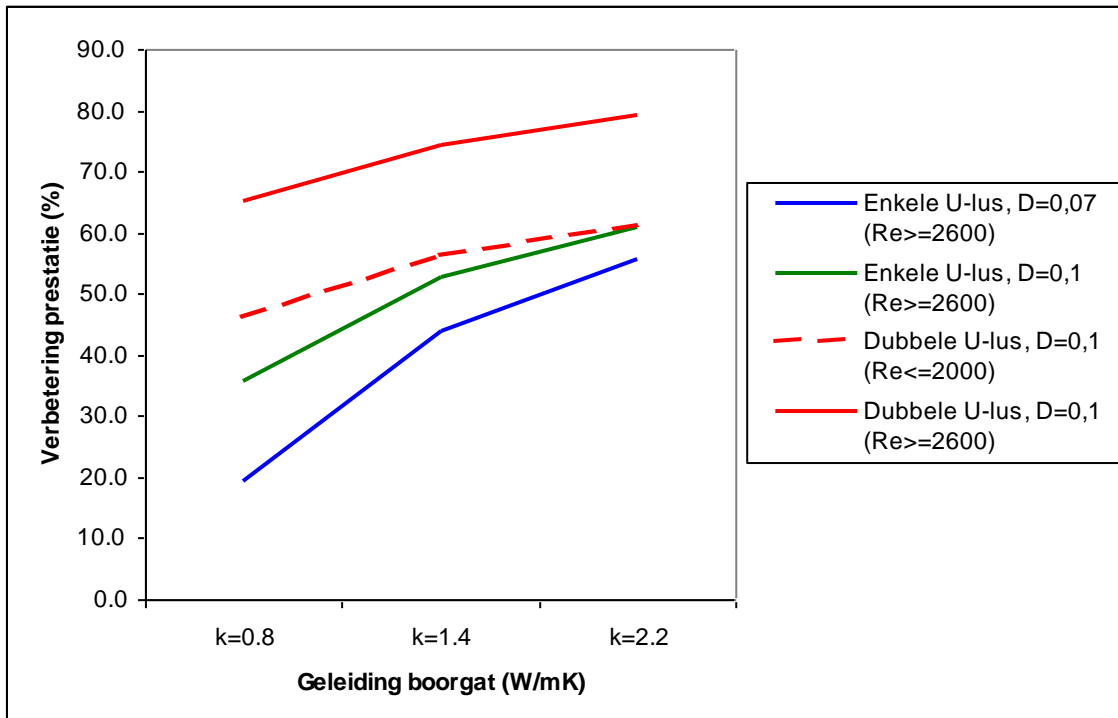
- A drukverlies in de leidingen.
- B totale volume in het systeem en spoeltijd.
- C uitspoelen van meest voorkomende deeltjes.

- 29** Op twee locaties wordt een vergelijkbaar warmtepompsysteem met een gesloten bodemenergiesysteem geïnstalleerd. Op locatie 1 bedraagt de warmtegeleidingscoëfficiënt van de bodem 1,6 W/mK; op locatie 2 bedraagt de warmtegeleidingscoëfficiënt 2,3 W/mK.

Welke stellingen zijn juist?

1. Bodemenergiesysteem op locatie 1 is minder groot dan op locatie 2.
2. Bodemenergiesysteem op locatie 1 is groter dan op locatie 2.
3. Tussenafstand individuele bodemwarmtewisselaars op locatie 1 is minder groot dan op locatie 2.
4. Tussenafstand individuele bodemwarmtewisselaars op locatie 1 is groter dan op locatie 2.

- A 1 en 3
- B 1 en 4
- C 2 en 3
- D 2 en 4



De prestatie van een bodemwarmtewisselaar wordt door verschillende parameters beïnvloedt, die onderling kunnen samenhangen. In bovenstaand figuur is de prestatie weergegeven van verschillende configuraties, ten opzichte van een slecht presterende warmtewisselaar. Mogelijke verbetering van de prestatie kan worden bereikt door de afstand (D) tussen de opgaande en neergaande benen van de U-lus te vergroten, door de warmtegeleidingscoëfficiënt van het boorgat te beïnvloeden of door het toepassen van dubbele U-lussen. We zien bijvoorbeeld dat een tussenafstand (D) van 0,07 m of van 0,10 m een verbetering van circa 5% oplevert.

Het stromingsprofiel in een enkele U-lus bodemwarmtewisselaar is net turbulent (Reynolds 2400).

Wat is, op basis van het figuur hierboven, een kosteneffectieve manier om de prestatie van de warmtepomp te vergroten?

- A dubbele U-lus toepassen
- B dubbele U-lus toepassen en een hoge geleiding van het boorgat verzorgen
- C hoge geleiding van het boorgat verzorgen