

Kunstmatige infiltratie in Zweden*

1. Inleiding

De kunstmatige infiltratie heeft in Zweden een lange historie. In 1890 is het eerste projekt in bedrijf genomen in Göteborg. De naam van J. G. Richert is daar nauw mee verbonden. De oudste ervaringen op het gebied van de kunstmatige infiltratie stammen uit Zweden.

Op dit moment zijn een dertigtal werken voor kunstmatige infiltratie in bedrijf. Het totale waterverbruik in Zweden bedraagt slechts 3 % van de neerslag; de verdeling over het land is echter niet



IR. A. J. ROEBERT
adjunkt-direkteur
Gemeentewaterleidingen
Amsterdam - Sloterdijk

gelijkmatig. In het noorden valt relatief de meeste neerslag, terwijl zich in het zuiden de bevolkingscentra bevinden. Het waterverbruik in Zweden is relatief hoog. Als voorbeeld kan worden aangehaald de stad Oerebro met circa 115.000 inwoners. Het gemiddelde totale waterverbruik is ongeveer 50.000 m³ per dag, dat is 435 liter per hoofd per dag (Bettaque, 1973). Hiervan is 50 % nodig voor het huishoudelijk verbruik, dat in tabel I nader gespecificeerd wordt, terwijl daarin ook de cijfers zijn vermeld van de Werkgroep Waterverbruik voor het geraamde waterverbruik in Nederland in 2000 (Zuidema, 1970).

TABEL I - Waterverbruik in Oerebro (Zweden) thans en de raming — 1970 voor Nederland in in 2000 (in l per hoofd per dag).

	Oerebro (thans)	Nederland (2000)
voedselbereiding	13	20
vaatwas	22	15
textielwas	26	20
toiletspoeling	43	45
baden, douchen en overige persoonlijke verzorging	87	65
onderhoud huis	13	35
onderhoud auto	13	
tuinbesproeiing	—	
	217	200

Er zijn ook gegevens bekend over het totale verbruik in de grote steden en de andere bevolkingscentra, waar 55 % van de Zweedse bevolking woont; daar wordt circa 750 miljoen m³ water per jaar verbruikt (530 l per hoofd per dag). Van deze hoeveelheid is 60 % direkt ontleend aan het oppervlaktewater, 20 % aan het grondwater

* Verslag van een studiereis van de Commissie Infiltratie (Wirdu) naar Zweden van 18 tot 20 september 1973.

en 20 % is het aandeel van de kunstmatige infiltratie.

In de ongeveer 30 werken voor kunstmatige infiltratie wordt dus circa 150 miljoen m³ kunstmatig grondwater geproduceerd. De gemiddelde grootte van de werken is bescheiden. Dit hangt nauw samen met de geringe uitgestrektheid van de watervoerende pakketten in Zweden. Slechts 5 % van het land is bedekt met Fluvioglaciale sedimenten, die in hoofdzaak de watervoerende pakketten vormen. Men kan stellen dat zowel het grondwater als het kunstmatige grondwater vooral van belang is voor de kleinere en middelgrote steden met een inwonertal lager dan 100.000. Vooral de laatste 20 jaar is het aantal werken en de capaciteit daarvan sterk uitgebreid. In verband daarmee werden op een aantal plaatsen uitgebreide proeven gedaan. Teneinde nader kennis te nemen van de verworven ervaring en een inzicht te verkrijgen in de resultaten van de studies is door een aantal leden van de Commissie Infiltratie een bezoek gebracht aan de waterleidingbedrijven van Uppsala en Eskilstuna alsmede aan het door Richert gestichte ingenieursbureau VBB, Vattenbyggnadsbyran te Stockholm. Dit bureau heeft het merendeel van de infiltratiewerken in Zweden ontworpen en is ook in het buitenland (Canada) op dit gebied werkzaam.

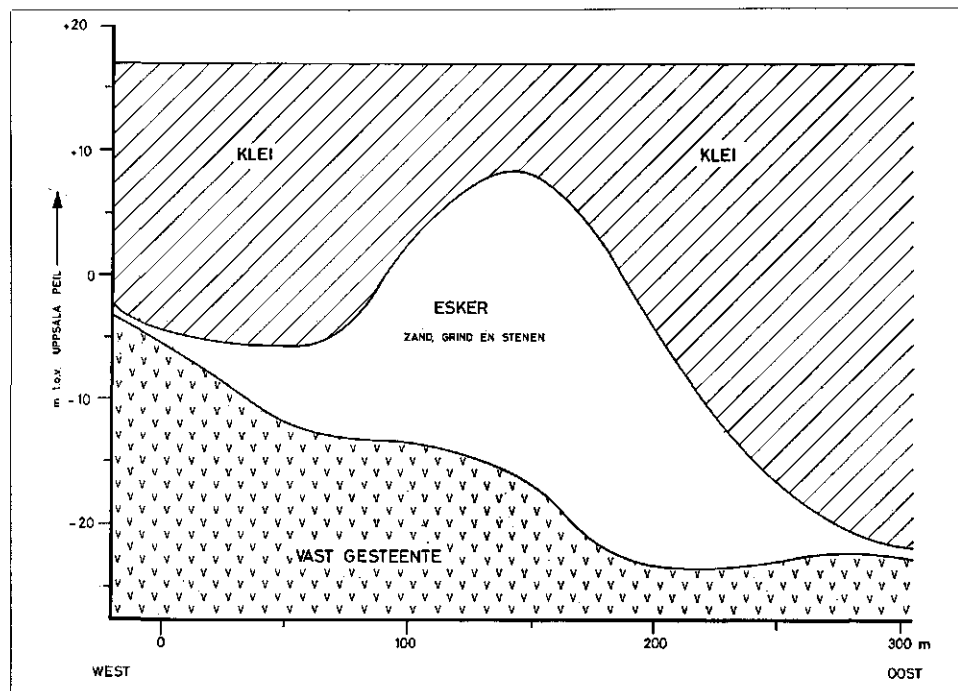
Alvorens nader in te gaan op de bezoeken aan de genoemde bedrijven zal in het algemeen iets worden meegegeeld over de kunstmatige infiltratie in Zweden. Deze

algemene opmerkingen zijn gebaseerd op gegevens die zijn ontleend aan de literatuur doch vooral ook aan de toelichtingen die de Commissie gedurende het hele bezoek heeft ontvangen van dr. Gustav Winqvist (VBB), die zich alle moeite getroost heeft het bezoek zo vruchtbaar mogelijk te maken door zijn ter zake kundige inleidingen en zijn openhartige deelname aan de discussies.

2. De eskers

De kunstmatige infiltratie vindt vooral plaats in het doorlatende gedeelte van de zogenaamde eskers. Dit zijn de belangrijkste watervoerende pakketten waarin de kunstmatige infiltratie plaatsvindt. De grind- en zandafzettingen, die men eskers noemt, zijn gevormd in snelstromende smeltwaterbeken onder het ongeveer duizend meter dikke landijs, dat Zweden gedurende de ijstijden bedekte. Thans vindt men deze afzettingen terug als langgerekte, vaak slingerende ruggen van zand en grind; soms gaan ze over kleine heuvels heen of zijn later bedekt door kleilagen. In enkele gevallen zijn de eskers gebonden aan depressies in het landschap ten gevolge van grote verschuivingen in de ondergrond. Om een voorstelling te krijgen van de vorming moet men zich een stagnerende landijs- of gletsjerbedekking voorstellen, waaronder het smeltwater wordt afgevoerd door tamelijk nauwe beken. Het door en in het ijs meegevoerde zand en grind komt in deze beken tot afzetting. Om te komen tot de vorming van een esker is het een voorwaarde dat het landijs

Afb. 1 - Geïdealiseerd dwarsprofiel (naar Sidenvall, 1970) over de geheel ingesloten esker van Uppsala, 3 km ten noorden van P.S. Storvad (afb. 2).



stagneert of zich terugtrekt; bij bewegend ijs zouden de afzettingen spoedig worden vervormd of afgeknepen. De hoogte van een esker ligt tussen enkele meters en vele tientallen meters; de breedte varieert sterk, ook van dezelfde esker en hangt mede af van de vorm van het onderliggende harde gesteente en bedraagt meestal enkele honderden meters. In Midden-Finland zijn eskers gelegen op een vlakke ondergrond; deze steken tot 80 meter boven hun omgeving uit. Zij het minder hoog, ook ten Noorden van Stockholm ziet men dergelijke eskers die op sommige plaatsen zijn afgegraven voor de winning van zand en grind. In het algemeen kan de lengte, eventueel met onderbrekingen, enkele honderden kilometers bedragen.

Of een esker watervoerend is, hangt uiteraard geheel af van de ontwikkelingen na de vorming en van de situatie ter plaatse.

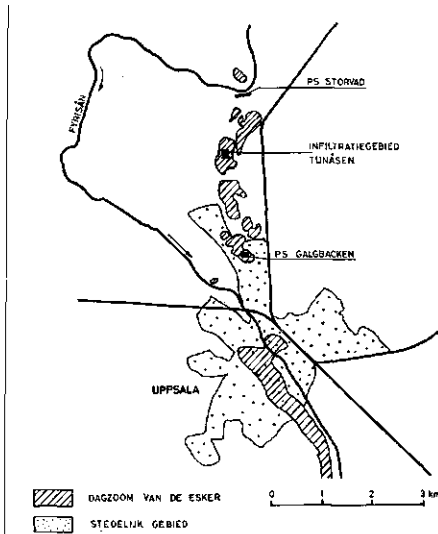
Naar de randen toe wordt het materiaal fijner, de kern is dan ook het meest doorlatende gedeelte.

In afb. 1 wordt een geïdealiseerd dwarsprofiel over de geheel ingesloten esker van Uppsala gegeven. De geologische situatie van de eskers is meestal gekompliceerder; daarop zal bij de verdere beschrijving van de Uppsala-esker nog worden teruggekomen. Door de afdekking met klei is in het geschetste beeld een watervoerend pakket met (semi) spanningswater ontstaan; deze situatie komt veelvuldig voor.

In verschillende eskers zijn proeven ondernomen om de stroomsnelheid en de stroombanen van het water te leren kennen met behulp van tracers (Knutson, 1968). Deze proeven stonden ook in verband met het vaststellen van beschermingszones. Als reële snelheden worden genoemd 10 à 25 meter per dag. Te zamen met de opgegeven verhangen (De Geer, 1968) leidt dit tot zeer hoge waarden voor de doorlatendheid van het eskermateriaal nl. 1500-4000 m/dag. Het is waarschijnlijk dat de zeer hoge waarden slechts in bepaalde delen van de eskers voorkomen. De 'effective size' (d_{10}) van het eskerzand bedraagt 0,1 - 0,5 mm; de uniformiteitscoëfficiënt ($d_{60} : d_{10}$) varieert van 1,5 tot 3. De esker bestaat veelal uit schoon zand en bevat naar de kern toe meer grind en stenen, dit in tegenstelling tot het moraine materiaal in het zuiden van Zweden, waar veel silt in voorkomt.

3. Doel van de kunstmatige infiltratie

Zoals bij alle infiltratie-werken is de doelstelling een combinatie van verschillende aspecten. Een van de nadelen van het directe gebruik van oppervlaktewater in Zweden is het zeer grote temperatuurverschil van het water in zomer en winter. De proeven in Uppsala (Winqvist, 1968)



Afb. 2 - Situatie van de Uppsala-esker.

hebben aangetoond dat bij voldoende lange verblijftijd, in de orde van 300 dagen, een uitstekende afvlakking van de verschillen wordt verkregen. Daarnaast zijn de rivieren in de periode van de sneeuwsmelt vaak zeer troebel; in deze perioden wordt de inlaat gestaakt en ingeteerd op de voorraad in de ondergrond. In andere perioden van het jaar is de watervoering van sommige rivieren te gering. Ook dan wordt de voorraad aangesproken.

De verbetering van de smaak, de reuk en het organisch stofgehalte van het rivierwater wordt ook als doel van de infiltratie genoemd. Zeker voor het niet al te sterk verontreinigd oppervlaktewater zal dit betekenis hebben, ook al is het eskermateriaal vrij inert. De menging met het oorspronkelijke grondwater is eveneens een voordeel.

Afb. 3 - Infiltratiebed in Tunäsen.



De herkomst van het water, grondwater of oppervlaktewater, speelt in Zweden volgens dr. Winqvist geen grote rol bij de beoordeling van de kwaliteit van het afgeleverde drinkwater. Men zou wel bereid zijn een wat hogere prijs voor het water te betalen als men weet dat het (kunstmatig) grondwater betreft.

In feite zijn ook in Zweden het gehele scala van argumenten van toepassing, die de kunstmatige infiltratie in Nederland zo aantrekkelijk maken.

4. Uppsala

De watervoerende esker van Uppsala loopt van noord naar zuid dwars door de stad (afb. 2). Over een lengte van 45 km vormt de Uppsala-esker een aaneengesloten grondwaterpakket. Volgens Sidenvall (1970) is de ligging van de esker gebonden aan een belangrijke tektonische breuk. In de stad was oorspronkelijk het grondwater uit de esker artesisch.

Al gedurende meer dan 300 jaar wordt er water aan ontleend t.b.v. de drinkwatervoorziening. De dikte varieert van 20 tot 40 meter; sommige gedeelten liggen 100 meter diep onder een kleibedekking.

De doorlatendheid van het eskermateriaal in de lengterichting wordt 10 maal zo hoog geschat als in de breedterichting. De natuurlijke grondwaterstroom in de esker is noord-zuid gericht en is ca. 1000 m³ per uur groot.

Water van de rivier de Fyrisån wordt ingenomen via een visvang, daarna volgt een snelfiltratie ($v = 7$ m/uur, 1 maal per dag terugspoelen, ook surface wash). Vooral in het voor- en najaar bevat het rivierwater vaak veel klei; de inname en de infiltratie

wordt dan onderbroken. Via een reservoir wordt het water geleid naar het werk Tunåsen, naar de 10 infiltratiebedden met een gezamenlijk oppervlak van 10.000 m², die niet steeds alle in gebruik zijn. De infiltratiebedden zijn afgedekt met een laag zand van 0,15 - 0,2 mm en worden als er geen onverwachte gebeurtenissen optreden tweemaal per jaar met de hand schoongemaakt (zie afb. 3), om te groot verlies aan zand te voorkomen. De gemiddelde infiltratiesnelheid bedraagt 5 meter per dag; de infiltratiecapaciteit bedraagt gemiddeld 1100 m³ per uur en maximaal 1800 m³ per uur.

De infiltratiebedden zijn vrij smal en lang en hebben een betonnen rand. De vorm is in hoofdzaak bepaald door de eis die gesteld werd ten aanzien van de bescherming van de vorm van de hoog in het landschap oprijzende esker. Dit klemde te meer omdat de esker oude koningsgraven bevat uit de tijd van de Kelten.

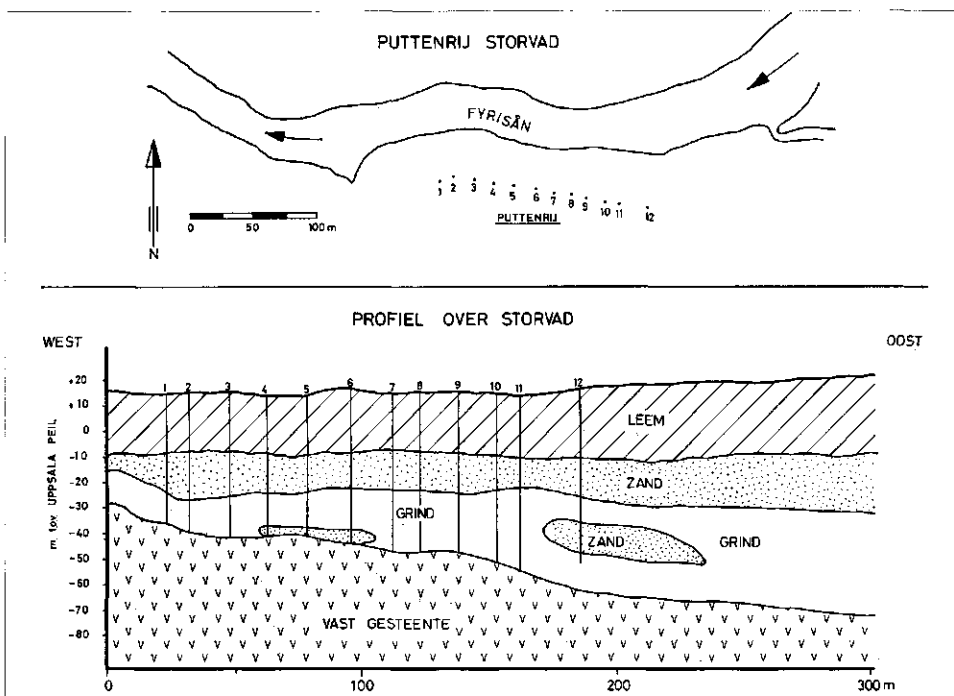
Het geïnfilterde water perkoleert over een hoogte van ca. 20 m door de onverzadigde zone voordat het grondwater wordt bereikt. Dan stroomt het grondwater zowel voor een zeer gering percentage in noordelijke richting over een afstand van 1500 meter naar de puttenrij Storvad (zie afb. 4), als in zuidelijke richting. Het water dat te Storvad wordt opgepompt, bevat waarschijnlijk minder dan 5% geïnfilterd water en vooral natuurlijk grondwater, dat vanuit het noorden toestroomt. Omdat de esker, gaande van Tunåsen naar het zuiden onder de oppervlakte zich splitst in 2 takken, bereikt het infiltratiewater niet de putten van het reeds oudere pompstation Galgbacken gelegen in de ene tak, doch stroomt voornamelijk door de andere tak naar meer zuidelijk gelegen verbruikers, met wie speciale afspraken bestaan.

Op basis van ter beschikking gestelde cijfers en tekeningen kan voor de esker nabij Storvad het doorlaatvermogen van het watervoerende pakket globaal worden gesteld op 20.000 à 40.000 m²/dag; de doorlatendheid van het materiaal bedraagt ongeveer 1000 à 2000 m/dag. De capaciteit van de putten bedraagt ongeveer 125 m³/uur bij een afpompings van 0,2 m. De filterlengte is 10 m. De werkelijke stroomsnelheden in de ondergrond liggen in de orde van 7 m/dag.

Uppsala beschikt over een zeer fraai gelegen watertoren met een inhoud van 18.000 m³ (afb. 5), hiervan is 4.000 m³ gereserveerd voor brandbestrijding. De diameter beneden is 18 m en de maximale diameter bovenaan is 60 m, de hoogte bedraagt 50 m.

De kosten hebben 5,8 miljoen Zweedse Kronen bedragen, dat is ongeveer 3,5 miljoen gulden.

Het reservoir is gebouwd op de grond en

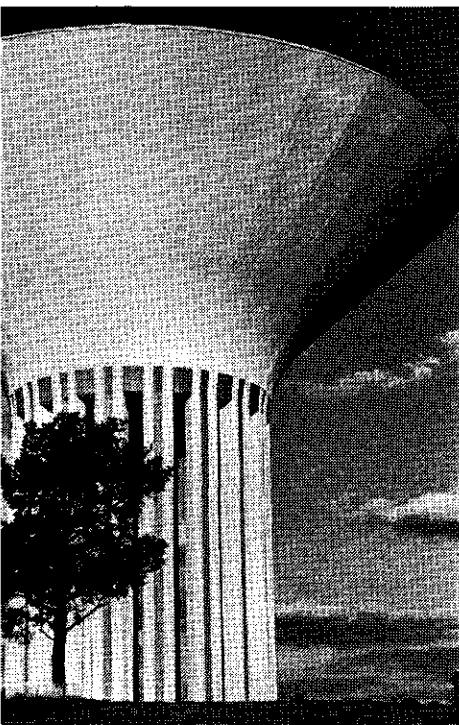


Afb. 4 - Situatie en profiel bij P.S. Storvad.

daarna hydraulisch omhoog gebracht met een snelheid van 0,40 m/dag. Het totale gewicht van de toren, exclusief water, bedraagt 7200 ton. De konstruktietijd bedroeg 2 jaar.

Kwaliteitsveranderingen in de ondergrond
Over de chemische samenstelling van het water te Uppsala is niet veel bekend geworden tijdens het bezoek.

Afb. 5 - De Watertoren van Uppsala.



Tussen 1955 en 1962 zijn op grote schaal infiltratieproeven in het terrein uitgevoerd. Tussen de infiltratievijvers te Tunåsen en de terugwinning te Galgbacken waren 3 waarnemingsputten ingericht, die regelmatig zijn bemonsterd om een inzicht te verkrijgen in de kwaliteitsveranderingen en de verblijftijden. De infiltratiecapaciteit bedroeg 1,5 à 2 miljoen m³/jaar.

Door middel van tracers is vastgesteld dat het geïnfilterde water wel de drie waarnemingsputten bereikte, doch niet het pompstation Galgbacken. Het is op basis van deze proeven, dat men het bestaan heeft vastgesteld van de twee takken van de esker, zoals hiervoor reeds is vermeld. In tabel II wordt een overzicht gegeven van de kwaliteitsveranderingen van het rivierwater in de ondergrond. Hierbij moet worden opgemerkt dat de bepaling van het KMnO₄-verbruik niet gelijk is aan die in ons land. Ook in de Uppsala-esker vindt een fluoropname in het water plaats; het fluor is afkomstig van de granietkorrels in het watervoerende pakket.

5. Eskilstuna

De kunstmatige infiltratie in Eskilstuna is gestart in 1953. Het ruwe water wordt gepompt uit de rivier Hyndevadsån naar de voorzuivering die bestaat uit 2 roterende perlon mikrozeven (0,04 mm) en 4 snelfilters.

Daarna wordt het water gevoerd in de infiltratiebassins die meer dan 20 m boven de grondwaterstand liggen. Het water legt dan door de esker een weg af van 500 meter. Na de onttrekking door middel van

TABEL II - Gemiddelden van de waterkwaliteit in enkele punten van het infiltratiegebied te Uppsala tussen Tunåsen en Galgbacken (naar Sidenvall, 1970) in mg/l 1965 - 1962.

	afstand vanaf infiltratievijver m	KMnO ₄ -getal ¹	Cl'	NO ₃ '	SO ₄ '
rivier Fyrisån	—	60	—	—	—
R 5202	150	ca. 30	10	3—5	35
R 5201	400	10	12	4—10	40—50
R 500	825	5	15	5—15	60—100
P.S. Galgbacken	1000	4	20	5—15	30

¹ KMnO₄-bepaling niet gelijk aan die in ons land. ³ Infiltratie gaat niet naar Galgbacken.

² Bijmenging grondwater.

putten wordt het water belucht en gesnel-filtreerd. Tenslotte wordt kalk en chloor toegevoegd.

De gemiddelde capaciteit van de installatie bedraagt 40.000 m³ per dag. De huidige levering is ongeveer 10,5 miljoen m³ per jaar, het verbruik is 430 l/hoofd/dag, waarvan ongeveer 300 l huishoudelijk verbruik.

De infiltratie en terugwinning

De infiltratie vindt plaats in een viertal tot ca. 5 m diepte uitgegraven infiltratievijvers. De bodem en de wanden van de infiltratievijver zijn bedekt met een 1 m dikke laag grof zand.

Kort na iedere schoonmaak treedt een soort drooginfiltratie op hetgeen betekent dat slechts een gedeelte van de bodem van de infiltratievijver met water is bedekt. Veelal reeds na een paar dagen is echter het gehele oppervlak met water bedekt. Naarmate een zekere weerstand wordt opgebouwd, stijgt het water en treedt ook door de schuinstaande wanden infiltratie op. Steeds wordt ongeveer dezelfde hoeveelheid water in de vijvers geleid. De infiltratiesnelheid bedraagt ca. 7 m per dag, terwijl er per jaar tweemaal wordt schoongemaakt tussen mei en september. De verstopping hangt veelal samen met het voorkomen van algen in de infiltratievijvers. Over de kunstmatige infiltratievijvers in Sodertällje heeft men een bedekking van plastic platen aangebracht en daarmee een vijfvoudige verbetering bereikt ten opzichte van de looptijden.

In de winter bedraagt de ijsbedekking in de Eskilstuna slechts 20 cm. Elders kan dit wel meer bedragen. Indien noodzakelijk kan ook in de winter worden schoongemaakt nadat het ijs is verwijderd; zelfs als het zand een week lang aan de lucht is blootgesteld, kan de infiltratie weer zonder moeilijkheden worden hervat.

In het totaal staan 50 waarnemingsputten ter beschikking om de grondwaterstroming in de esker na te gaan. De esker heeft ter plaatse een watervoerende doorsnede van ongeveer 8000 m², bij een maximale dikte

van 25 m. Het eskermateriaal bevat geen silt en geen klei.

Het is moeilijk gebleken juiste cijfers te verkrijgen over de doorlatendheid van het eskermateriaal en over de spreiding van de verblijftijden. Onderstaande cijfers geven echter wel een indruk van de orde van grootte. Met behulp van keukenzout als tracer is bij een verhang van 0,002 een verblijftijd geconstateerd van 6 weken; de afstand tussen infiltratie en terugwinning bedraagt 500 m, zodat de doorlatendheid berekend kan worden op 2000 m/dag. De vraag kan worden gesteld of dit nu is gebaseerd op de kortste verblijftijd, zodat slechts de maximale doorlatendheidscoëfficiënt is gevonden; de berekening hieronder werpt hierop enig licht.

De doorsnede van de esker bedraagt 8000 m². De genoemde cijfers geven de mogelijkheid de opbrengst te berekenen:

$$Q = k \cdot F \cdot i$$

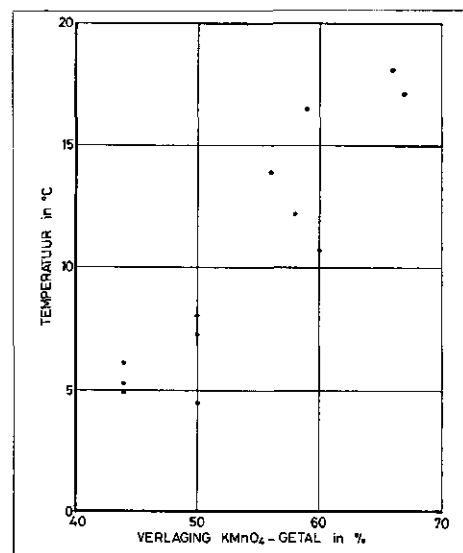
waarin:

Q = de opbrengst in m³/etmaal;

k = de doorlatendheid van het eskermateriaal in m²/etmaal;

F = de oppervlakte van de dwarsdoor-

Afb. 6 - Het verband tussen de verlaging van het KMnO₄-getal en de temperatuur van geïnfiltreerd water in Eskilstuna.



sne van de esker in m²;
i = het verhang.

Aldus wordt berekend dat Q = 32.000 m³/etmaal, hetgeen goed in overeenstemming is met de in 1972 gemiddeld opgepompte hoeveelheid van ca. 30.000 m³/etmaal; de bijdrage van het oorspronkelijke grondwater hieraan bedraagt ca. 3%. Als conclusie moet gelden dat inderdaad over de gehele doorsnede van de esker de doorlatendheid zeer groot is, zoals hierboven is berekend.

De terugwinning vindt plaats met 9 putten, die 40 m diep zijn en ieder een capaciteit hebben van 360 m³/uur. De boordiameter is 800 mm en de filterdiameter bedraagt 600 mm Schönebecker met sleufbreedte van 2½ mm; de filterlengte is 10 m, als filtergrind is toegepast 8 - 10 mm. De berekende doorlatendheidswaarde is beter in overeenstemming met deze gegevens dan met de eerder opgegeven specificatie van het eskersand. Na terugwinning wordt het water belucht met een Inkabeluchting, gesnel-filtreerd en gaat na de chloor- en kalkdosering naar de reinwaterkelder voor transport naar de stad die gelegen is op een afstand van 8 km.

Waterkwaliteit

Tijdens het bezoek aan de werken zijn gegevens verstrekt betreffende de kwaliteit van het water op verschillende punten in het systeem.

In tabel III wordt een overzicht gegeven van de jaargemiddelden van een aantal parameters.

TABEL III - Jaargemiddelde cijfers betreffende de kwaliteit van het water in het waterwerk Hyndeved te Eskilstuna.

1. Ruwwater uit de rivier Hyndevedsån.
- 2B. Ruwwater na mikrozeef en snelfilter, gereed voor infiltratie.
3. Teruggewonnen water na de infiltratie; in de ondergrond gemengd met grondwater.
5. Af te leveren reinwater.

Cijfers in mg/l, tenzij anders vermeld.

	1	2B	3	5
Kleur (mg Pt/l)	—	—	—	—
Troebelheid (ZP x 10 ⁵) *	252	113	17	13
Troebelheid (SiO ₂ mg/l)	18	—	—	—
KMnO ₄ -getal	25	—	12	11
Fe	0,12	—	0,05	0,05
Mn	0,05	—	0,05	0,05
F	0,3	—	—	1,0
CO ₂	2,5	—	9	2
Hardheid °D	4,6	—	4,9	5,2
Temperatuur °C	8,6	—	—	10,4
pH	7,5	—	6,8	8,1

* ZP = Zeiss Pulfricheenheid; 1 ZP = 0,013 JTU.

De meeste parameters zijn vrij konstant gedurende het gehele jaar. Wel treden variaties op in de troebelheid, in het KMnO₄-getal en in de temperatuur. Het verband tussen deze twee laatste is in

afb. 6 weergegeven. Deze afbeelding is interessant, omdat bij kunstmatige infiltratie in de Nederlandse duinen geen invloed van de temperatuur van het water op de kwaliteitsveranderingen bij infiltratie is te bespeuren (Wirdu 1969, pag. 25). Opmerkelijk is nog dat het fluor-gehalte tijdens de passage in de ondergrond sterk toeneemt en voorts nog het ontbreken op de ter beschikking gestelde lijsten van gegevens over het NH₄-ion en zuurstofgehalte.

Proefinstallatie, zuurstof

De vele infiltratieprojecten die in de laatste decennia in Zweden zijn gebouwd, onttrekken veelal het water aan licht verontreinigd oppervlaktewater, waarvan bijv. het KMnO₄-getal hoger is dan in het geval van Eskilstuna. Om een inzicht te verkrijgen in de zuurstofhuishouding zijn door Jansa in een publikatie (Jansa 1951) proeven aangekondigd, die een antwoord zouden moeten geven op de vragen betreffende de verwijdering van organische stoffen, de zuurstofhuishouding en de verstopping van de bodem op de langere termijn. Deze proeven werden uitgevoerd te Eskilstuna in een ongeveer 15 m hoge infiltratiekolom. In Zweden wordt veelal geïnfiltrerd op grote hoogte boven de grondwaterstand en Jansa was van mening dat tijdens de passage van het water door de onverzadigde zone een beluchting zou optreden, zoals bij droogfiltratie. De proeven zijn niet erg succesvol verlopen en er zijn geen publikaties over verschenen. Het is duidelijk geworden uit de proeven en ook uit de in bedrijf zijnde infiltratieprojecten dat tijdens de passage door de onverzadigde zone geen toevoer van zuurstof van enige praktische betekenis optreedt. Deze ervaring is geheel in overeenstemming met de studies die onlangs zijn uitgevoerd door Bakker en Wind (1974). De reden dat men voor de infiltratiebassins punten uitkoos die hoog boven de grondwaterstand waren gelegen is daarmee vervalven.

Terzijde zij opgemerkt dat in de Nederlandse Veluwe de reden dat lokaties gezocht worden die hoog boven de grondwaterstand liggen een geheel andere is. Daar wil men namelijk op voldoende grote afstand infiltreren van gebieden waar het oppervlaktewater in verbinding staat met het grondwater, teneinde deze gebieden niet te beïnvloeden bij verhogingen en verlagen van de grondwaterstand in de infiltratiegebieden.

Het is nog van belang een techniek te noemen die gebruikt is bij de infiltratie in een esker van de stad Vasterås. Het ruwe water uit het meer Malåren is sterker verontreinigd dan te Eskilstuna.

In het midden van de infiltratiebassins zijn daar filters in de grond geplaatst vlak bij

het grondwatervniveau, waardoor lucht in de formatie werd/wordt geperst. Deze installatie is tijdens de reis niet bezocht. De gastheren deelden hierover mee dat het technisch moeilijk bleek te zijn, niet economisch en dat bovendien door accumulatie van stikstof verstopping zou kunnen optreden.

6. Slotbeschouwing

— Bij het ontwerp van de werken heeft men ernaar gestreefd de infiltratievijvers zo hoog mogelijk boven de grondwaterstand aan te leggen.

Tijdens het bezoek aan enkele Zweedse installaties voor kunstmatige infiltratie is het duidelijk geworden dat de hoge verwachtingen die men daar koesterde ten aanzien van de zuurstofopname tijdens de passage door de onverzadigde zone, niet zijn bevestigd.

De zuurstoftoevoer wordt verwaarloosbaar klein geacht.

— Het is opgevallen dat de KMnO₄-getallen van het oppervlaktewater, dat voor drinkwater wordt gebruikt, vrij hoog liggen. De verontreiniging wordt veelal nog veroorzaakt door huishoudelijk afvalwater.

— Het nut van de lange verblijftijden in de ondergrond is duidelijk aangetoond voor wat betreft de afvlakking van de temperatuurverschillen. Ten aanzien van de verwijdering van bacteriën en virussen is minder duidelijkheid.

Het is niet ondenkbaar dat de lange verblijftijden in dit opzicht hun nut hebben.

— Opvallend was het geringe aantal gegevens die beschikbaar waren over het zuurstofgehalte en in het algemeen de zuurstofhuishouding bij de kunstmatige infiltratie.

— Een interessant aspect betreft nog de vorstvrije ligging van waterleidingen in Midden-Zweden.

Lange tijd heeft gegolden, dat 1,40 m gronddekking voldoende was. De laatste jaren wordt in de winter echter intensief gewerkt aan het sneeuwvrij houden van de wegen.

Door het verdwijnen van deze natuurlijke isolatie is men thans genoodzaakt de leidingen 1,80 m gronddekking te geven.

— In dit verslag is getracht een overzicht te geven van de ervaringen die de Commissie Infiltratie (Wirdu) heeft opgedaan. Slechts door de inspanningen van de Zweedse collegae is de vruchtbare overdracht van kennis en ervaring mogelijk geworden. Aan het slot van dit verslag zij hen een woord van dank gewijd.

Literatuur

1. Bakker, J. W. en Wind, G. P. (1974) *Zuurstof-*

toevoer naar uit een kanaal infiltrerend water. Interne Nota JCW, 822.

2. Bettaque, R. (1973) *Moderne Wasserwerke in Sweden.* GWF 114.H8 p. 358-362.

3. Eriksson, E. e.a. (1968) *Groundwater Problems,* Proc. Intern. Symp. Stockholm, Oktober 1966. Pergamon Press.

hierin:

- 3a. Geer, J. de (1968), *Some hydrogeological aspects on aquifers, especially eskers,* p. 73-87.

- 3b. Knutson, G. (1968), *Tracers for groundwater investigation,* p. 123-152.

- 3c. Winqvist, G. (1968), *Artificial replenishment of groundwater,* p. 197-211.

4. Jansa, OVE (1951), *Artificial groundwater supplies of Sweden.* UGGI. Ass. Gen. de Bruxelles 1951. Extrait du Tome II.

5. Sidenvall, J. (1970), *Grundvatten i Uppsala-trakten.* Diss. Univers. Uppsala.

6. Wirdu (1969). H. J. M. Lips, J. van Puffelen en B. Bulten, *Kwaliteitsverandering bij infiltratie in de duinen.*

7. Zuidema, R. (1970), Verkort eindrapport van de werkgroep waterverbruik. Grondslagen basisplannen 9. H₂O (3) nr. 26, pp. 688-699.

