

Miljøprojekt Nr. 866 2003
Teknologiudviklingsprogrammet for
jord- og grundvandsforurening.

Afprøvning af In-Well Aerator på lavtydende magasin

Afprøvning af en modificeret stripningsmetode (In-Well
Aerator) på et lavtydende magasin med højt
forureningskoncentration

Majbrith Sørensen og Børge Hvidberg
Carl Bro A/S

Helle Broch
Sønderjyllands Amt

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling.

Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter.

Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Indhold

FORORD.....	5
SAMMENFATNING OG KONKLUSIONER.....	7
SUMMARY AND CONCLUSIONS.....	9
1.1 INDLEDNING.....	11
1.2 FORURENINGSSITUATION.....	11
1.2.1 Baggrund	12
1.2.2 Geologi og hydrogeologi	12
1.2.3 Jord	14
1.2.4 Poreluft og indeklima	14
1.2.5 Grundvandsforurening	14
1.2.6 Risikovurdering	14
1.3 AFVÆRGESTRATEGI.....	15
1.4 PROJEKTFORLØB.....	15
1.4.1 Dokumentationsprøver	16
1.4.2 Driftsresultater	17
1.4.3 Energiforbrug	17
1.4.4 Optimering	18
1.4.5 Observerede vandspejlsniveauer	18
1.4.6 Oprensingsresultat	19
1.5 ØKONOMI.....	21
1.5.1 Eablering	21
1.5.2 Drift	21
1.5.3 Demontering	21
1.6 SAMMENFATNING.....	21
1.7 FREMTIDIGT AFVÆRGEFORLØB.....	21
1.8 LITTERATURLISTE.....	22

Forord

I de senere år er det erfaret, at der findes mange grunde, der er forurenet med chlorerede opløsningsmidler. Forureninger med chlorerede opløsningsmidler medfører hyppigt grundvandsproblemer. Derfor er der ofte behov for afværgepumpning eller rensning af grundvandet. Traditionelle teknikker er erfaringsvis dyre, besværlige og tilsynskrævende. Derfor er der behov for afprøvning af nye teknikker, som kan supplere de kendte teknikker.

Denne rapport beskriver afprøvningen af en modificeret stripningsmetode, der kombinerer grundvandsoppumpning ved lufthæveprincippet med forureningsfjernelse ved stripning på lavt ydende magasiner.

Herunder indeholder rapporten en vurdering af metoden m.h.t. rensningseffekt og økonomi.

Metoden indebærer, at grundvandet oppumpes og renses ved indblæsning af luft i en afværgeboring.

Metoden er udviklet i USA og er gennem flere år anvendt på University of Californial Davis til at afskære en forureningsfane med chlorerede opløsningsmidler i grundvandet. I denne rapport beskrives de foreløbige resultater af en afprøvning af metoden under danske forhold på en lokalitet i Aabenraa, Sønderjylland.

Afprøvningen er foretaget under Miljøstyrelsens Teknologiuudviklingsprogram for jord- og grundvandsforurening i et samarbejde mellem Sønderjyllands Amt, Adept Technologies A/S og Carl Bro as.

Rapporten er et supplement til Miljøprojekt nr. 642, 2001 " Afprøvning af In well Aerator, Teknologiuudviklingsprogrammet for jord og grundvandsforurening".

Sammenfatning og konklusioner

Afprøvningen af In-Well Aeratoren har vist, at den effektivitet oppumper og renser grundvand for indhold af chlorerede opløsningsmidler på opløst form.

På den aktuelle lokalitet er opnået rensningsgrader på 98,9% - 99,9% ved høje forureningskoncentrationer.

Anlægsøkonomisk er metoden attraktiv i forhold til andre kendte metoder.

Driftsøkonomisk vurderes In-Well areatoren for lavt ydende magasiner med lille løftehøjde og høje forureningskoncentrationer at være økonomisk attraktiv i forhold til traditionel oppumpning og rensning, såvel for anlæg – og som for driftsudgifter. Vedligeholdelse og tilsyn i forbindelse med drift af In-Well Aeratoren er meget begrænset.

Den primære fordel ved In-Well Aeratoren er det forholdsvis begrænsede pladsbehov, ringe behov for tilsyn og vedligehold samt en effektiv rensning og stor robusthed ved oppumpning fra magasiner med lave, varierende ydelser.

Summary and conclusions

Field tests of the In-Well Aerator demonstrate that the aerator effectively withdraws groundwater and removes chlorinated solvents from the water.

With respect to costs of establishment the In-Well Aerator is attractive compared to other known techniques.

Costs of operation are likely to be lower than traditional pump and treat methods when operating in low yield aquifers with high concentration of contamination. Work related to maintenance and monitoring of performance of the In-Well Aerator is of limited extent.

The primary advantages of the In-Well Aerator are small space requirements, limited requirements for maintenance and monitoring of performance, effective water treatment and the solidity and reliability when operating in low yield aquifers.

1 Afprøvning, Aabenraa

Med støtte fra Miljøstyrelsens Teknologiuudviklingsprogram er In-Well Aeratoren afprøvet på en lokalitet i Aabenraa, Sønderjyllands Amt.

Dette kapitel indeholder en beskrivelse af projektet i Aabenraa, herunder oprensningresultater og anslåede driftsomkostninger.

1.1 Indledning

På baggrund af forureningsundersøgelserne udført i 1998 og 1999 er der i 2000 iværksat et teknologiuudviklingsprojekt i Aabenraa i Sønderjyllands Amt. Projektet er udført i et samarbejde mellem Sønderjyllands Amt, Aabenraa Kommune, Adept Technologies A/S og Carl Bro as.

Projektet omfatter oppumpning og rensning af grundvand fra et sandlag i 4-5 m dybde med en In-Well Aerator fra én boring.

Formålet med aktiviteterne under teknologipuljen er:

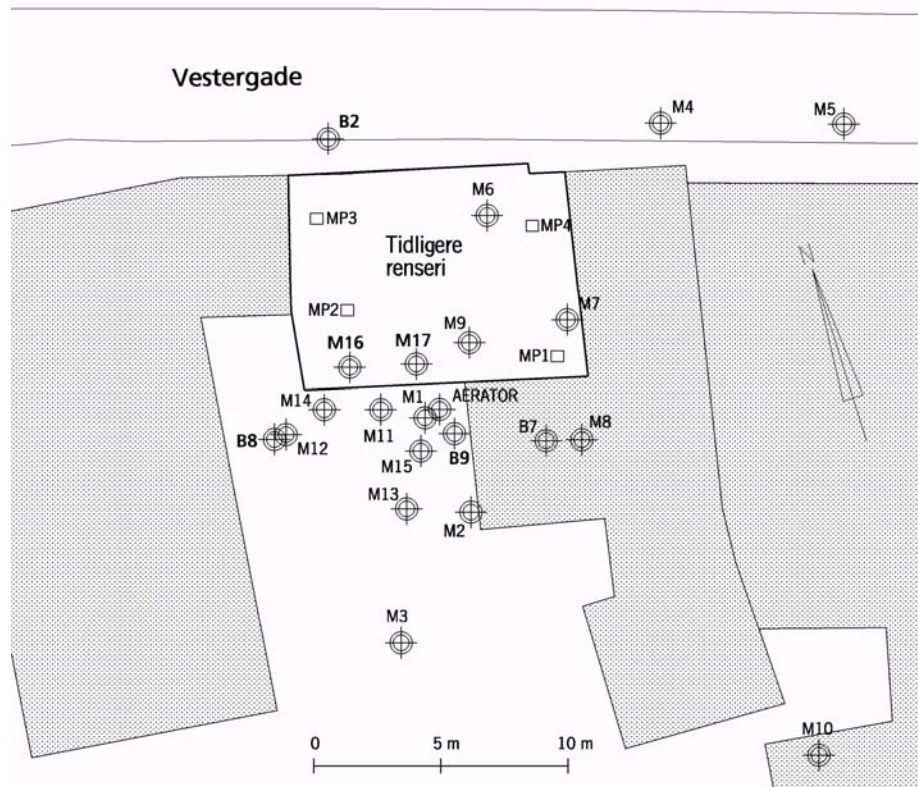
- At dokumentere In-Well Aerators robusthed overfor stærkt varierende grundvandstilstrømning.
- At dokumentere In-Well Aerator virkningsradius i et lavt ydende magasin ved samtidig recirkulering af behandlet vand og alternerende drift.
- At dokumentere metodens virkningsgrad ved meget høje forureningskoncentrationer med chlorerede opløsningsmidler.
- At optimere nøgleparametre for driften ved anvendelse af et SRO-anlæg
- At vurdere anlægs- og driftsudgifter for In-Well Aerator

In-Well Aerator er tidligere beskrevet i Miljøstyrelsens "Miljøprojekt 642, 2001, Afprøvning af In-Well Aerator" /1/. Heri foreligger nærmere beskrivelse af In-Well Aerator princip og virkningsmåde, samt data for afprøvning på velydende magasiner med forholdsvis lav forureningskoncentration.

For nærmere beskrivelse af In-Well Aerator henvises til dette projekt.

1.2 Forureningsssituation

I dette afsnit beskrives baggrund og forureningsssituation for lokaliteten, hvor In-Well Aeratoren er afprøvet. En situationsplan for området findes i figur 1.



Figur 1. Situationsplan, Aabenraa

1.2.1 Baggrund

Ved to forureningsundersøgelser udført for Sønderjyllands Amt i 1998 og 1999 blev der i jorden under og bagved rensriet på Vestergade 27 påvist en forurening med chlorerede opløsningsmidler. Forureningen bestod fortrinsvis af tetrachlorethylen (PCE), men der blev også påvist indhold af trichlorethylen (TCE). De største forureningskoncentrationer i både jord, grundvand og poreluft blev konstateret omkring placeringen af rensmaskinen i rensriet (ved M9) og uden for rensriet (ved M1). Der blev konstateret fri fase DNAPL i de boringer, der er tættest på placeringen af rensmaskinen, og umiddelbart uden for rensriets bagdør (M1).

Forureningen er via grundvandet trukket op i murværket og afdamper derfra til indeklimaet.

Kilden til forureningen har været rensridriften, formodentlig pga. spild omkring rensmaskinen, eller tilledning af rensvæske til kloaksystemet. Hot spot uden for bygningen kan skyldes, at der har været foretaget rensning af madrasser i baggården henover en kloak.

1.2.2 Geologi og hydrogeologi

Lokalt på grunden træffes øverst fyld (sand og muld) til omkring 1,0 m u.t. Herunder træffes en fed ler, uden sten, men med tynde sandstriber og sprækker (ses som brune oxidationsflader når en lerprøve "brækkes"). Omkring 4-5 m u.t. bliver leret let sandet, og indeholder sten og skaller. Dette lag har en tykkelse på 0,2 - 1,0 m. Herunder

(omkring 5,0 - 5,5 m u.t.) træffes fed ler, uden sten og skaller, og uden tegn på sprækker, til boringernes bund 6,5 - 7,0 m u.t. Se det geologiske profil på figur 2.

Området med fri fase DNAPL vurderes at være beliggende i det let sandede lerlag (med skaller og småsten) ca. 4,5 - 5,5 m u.t.

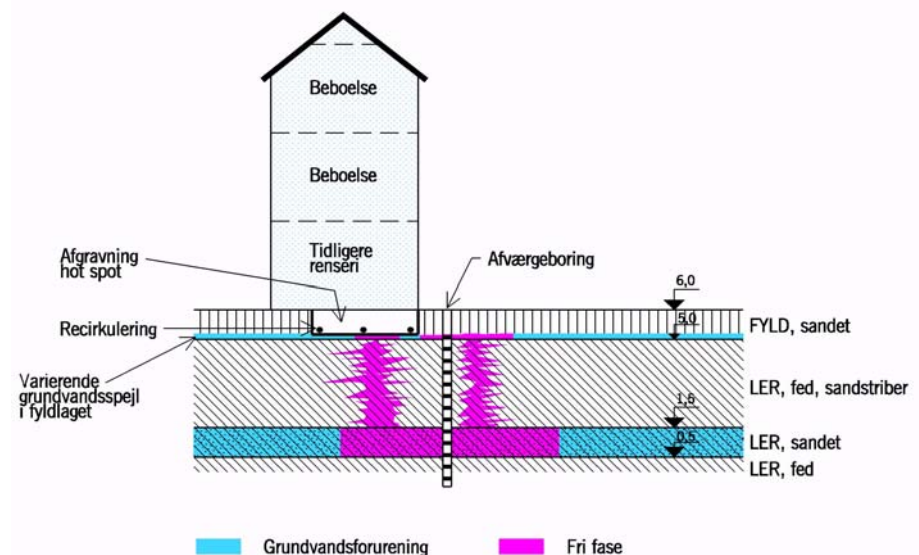
I nedbørsrige perioder eksisterer der et midlertidigt grundvandsmagasin i fyldlaget på leroverfladen omkring 1,0 m.u.t. Strømningsretningen i dette vil være bestemt af leroverfladens hældning.

Transmissiviteten i fyldlaget (den øverste meter) er høj. I nedbørsperioder sker en hurtig fyldning af de boringer, der er filtersat i fyldlaget.

Med baggrund i boringsdata samt den meget begrænsede udstrækning af forureningen i fyldlaget må det konkluderes, at leroverfladen har et lavpunkt omkring aeratorboringen M1/M11, eventuelt lidt ind under bygningen. I M11 er registreret høje PID-udslag fra toppen af leren (1,0 m u.t.) til toppen af den fede ler (ca. 5,5 m u.t.). Det tyder således på, at der er sket nedsivning gennem lerprofilet tæt ved aeratorboringen og M11.

Fra ca. 1,0 til ca. 4,0-5,0 m u.t. er transmissiviteten primært knyttet til sprækker og sandstriber i leren, og vurderes at være meget varierende, men generelt lav/meget lav.

I det let sandede lerlag omkring 4,0 til 5,5 m u.t. vurderes transmissiviteten at være bestemt af kornsammensætningen, og vurderes at være lav. Ved oppumpning af fri fase DNAPL/stærkt forurenede grundvand fra det sandede lerlag omkring 4,0 - 5,5 m.u.t. var ydelsen lav.



Figur 2. Principskitse. Vestergade, Aabenraa

1.2.3 Jord

I de terrænnære lag er der påvist indhold af PCE på op til 15.000 mg/kg og indhold af TCE på 160 mg/kg. I det sandede lerlag omkring 4,5 – 5,5 m. u.t. er der påvist fri fase DNAPL. Der er ikke påvist fri fase i det terrænnære fyldlag.

1.2.4 Poreluft og indeklima

Ved poreluftmålinger i udvalgte boringer er der påvist en poreluftforurening omkring kildeområdet med PCE niveauer på op til 330.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ og TCE på op til 70.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Der er udført indeklimatemålinger i 8 forskellige lejemål i bebyggelsen, der er påvist koncentration på op til 15.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ PCE (i renseriet) I beboelseslejligheder er påvist koncentration på op til 9.900 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ PCE. Disse målinger blev foretaget medens renseriet var i drift.

1.2.5 Grundvandsforurening

Ved analyser af grundvand er der konstateret koncentrationer af PCE på op til 39.000 $\mu\text{g}/\text{l}$. Der er konstateret forurenings koncentrationer på dette niveau både i det midlertidige magasin i fyldlaget, og i magasinet 4-5 m. u.t.

I grundvandsmagasinet 4 m.u.t. er der lokalt påvist fri fase af chlorerede opløsningsmidler.

Det vurderes at grundvandsforureningen er spredt både horisontalt i det midlertidige magasin i fyldlaget, samt vertikalt ned til magasinet 4-5 m.u.t., og heri spredt horisontalt.

1.2.6 Risikovurdering

Forureningen vurderedes at medføre risiko for påvirkninger af indeklimate i beboelseslejlighederne på Vestergade 25 og Vestergade 27. På grund af det høje forureningsniveau blev lejlighederne fraflyttet i 1997, på foranledningen af Embedslægeinstitutionen for Sønderjyllands Amt.

Da der ikke er grundvandsinteresser i området er der ikke foretaget risikovurdering i forhold til grundvandsinteresser.

Afdampning fra den kraftige grundvandsforureningen i det midlertidige magasin i fyldlaget vurderedes at udgøre en risiko for påvirkning af indeklimate i boligerne. Tilstedeværelse af fri fase DNAPL og meget kraftigt forurenede grundvand i magasinet 4-5 m u.t. vurderes at udgøre en risiko for yderligere spredning, og risiko for påvirkning af indeklimate i nabobebyggelser.

Lokaliteten er beliggende i Aabenraa centrum, og nærmeste recipient er Aabenraa Havn. Grundvandsforureningen vurderes ikke at udgøre nogen risiko for Aabenraa Havn.

1.3 Afværgestrategi

Da der ikke er grundvandsinteresser i området, er den overordnede afværgestrategi at afværge sundhedsrisiko i de berørte boliger og naboboliger.

Som afværgestrategi er valgt at opgrave forurenings hot spot under bebyggelsen ned til grundvandsspejlet omkring 1,0 m u.t. Med henblik på opsamling af flygtige stoffer etableres der et rørsystem umiddelbart under gulv (også udenfor graveområdet). Der udføres aktiv ventilering under gulv med henblik på fjernelse af afdampede stoffer. Ventilationsrørene kobles til en vakuumpumpe og luften udledes gennem et kulfilteranlæg.

Dette kombineres med afværgepumpning på det midlertidige magasin i fyldlaget, samt på det lavtydende magasin beliggende 4-5 m's dybde vha. en In-Well Aerator. Anlægget foretager recirkulering af det behandlede grundvand og kører med alternerende drift.

Afværgepumpningen ved hjælp af In Well Aeratoren er iværksat for dels at fjerne det værst forurenede vand knyttet til overfladeafstrømningen i fyldlaget og for at etablere en lokal sænkningstragt for opsamling af fri fase og værst forurenede vand i det dybereliggende vandførende lag 4,5 – 5,5 m. u.t. Tilstrømningen til Aeratorboringen kan således være meget varierende afhængig af tilstrømning i fyldlaget.

Det rensede vand recirkuleres ud over leroverfladen omkring 1,0 m.u.t., i hot spot området, og gennemstrømmer således det forurenede jordprofil ned til det lavtydende magasin 4,5 – 5,5 m.u.t.

Anlægget placeres i baggården til renseriet ved forurenings hot spot. For at forhindre eventuel støjemission til de nærliggende boliger er der bygget et lydisoleret skur omkring afværgeanlægget (vakuumpumpe, kulfilteranlæg og In-Well Aerator).

1.4 Projektforløb

Projektet med In-Well Aerator er startet den 28. januar 2000. In-Well Aeratoren blev stoppet den 26. september 2001, idet grundvandsforureningen var nedbragt til et acceptabelt niveau.

Det acceptable niveau er det forureningsniveau, hvor hele afdampningen fra grundvandsforureningen kan opsamles i det etablerede ventileringsanlæg under gulv, så det sikres at afdampningen fra grundvandsforureningen ikke påvirker indeklimaet i den overliggende bygning.

In-Well Aeratoren er etableret i en foret boring (aeratorboring), der er filtersat i ø315 mm PVC i intervallet 1,0-6,0 m u.t. Boringen er udført i efteråret 1999. In-Well Aeratoren er designet med ét pumpetrin, der sidder i bunden af boringen. Til stripping er der etableret 2 beluftere, den ene er placeret tæt på pumpetrinnet, og den anden er placeret højere oppe i boringen.

Vandspejlet i boringen er beliggende ca. 1,0 m u.t., og der er opereret med et neddykningsforhold jf. nedenstående beregninger.

$$\text{Neddykningforhold} = \frac{H_s}{H_{\text{luft}}} = \frac{6,0}{8,0} = 0,75$$

H_s er den vertikale afstand fra vandspejl til luftindblæsningspunkt.
 H_{luft} er den vertikale afstand fra luftindblæsningspunkt til udledningspunktet.

Før nærmere beskrivelse af In-Well Aerator opbygning og virkemåde henvises til Miljøprojekt 642, 2001 fra Miljøstyrelsen.

1.4.1 Dokumentationsprøver

Ved pumpeboringen er der etableret udtag for prøvetagning af det oppumpede og behandlede vand. Prøver af det ubehandlede vand udtages i en eksisterende boring (M1) beliggende 1 meter sydvest for pumpeboringen. Boringen er filtersat i samme niveau som afværgeboringen (1-6 m u.t.). På baggrund heraf vurderes at forureningsniveauerne i de to borerer ligger på samme niveau.

Alle vandprøver er analyseret for indhold af chlorerede opløsningsmidler ved GC-ECD hos A/S AnalyCen i Fredericia.

Dato	M1 PCE µg/l	Aerator udløb PCE µg/l	Rensningsgr ad %
27.01.2000	33.000	63	99,8
28.01.2000	Start Aerator		
05.02.2000	16.000	170	98,9
23.03.2000	37.000	140	99,6
14.09.2000	-	8,3	
01.11.2000	10.000	-	
07.11.2000	3.400	7,2	99,8
09.02.2001	2.800	2,1	99,9
22.06.2001	6.100	-	
14.08.2001	3.700	19	99,5
26.09.2001	Stop Aerator		
27.09.2001	4.000	38	99,0
14.11.2002	3.500	-	

Figur 3: Resultat af dokumentationsprøver samt rensningsgrad

Ved opstart af In-Well Aeratoren er indholdet af PCE i det ubehandlede vand på 33.000 µg/l. Igennem perioden er indholdet af PCE i det ubehandlede vand reduceret til ca. 3.000 – 6.000 µg/l. Ved stripping af forureningskomponenterne i In-Well Aeratoren er indholdet af PCE reduceret, så der i det behandlede vand er en koncentration af PCE på 2-170 µg /l.

Som det fremgår af ovenstående tabel har In Well Aeratoren haft en meget høj rensningsgrad.

Ved prøvetagning 1 år efter stop af Aeratoren i november 2002 ses intet rebound.

Det skal dog bemærkes, at både Aerator-boringer og M1 er filtersat over 2 magasiner jf. figur 2 side 7. Mængden af tilstrømning fra det øvre magasin i fyldlaget, som er direkte nedløbsafhængig, kan have stor betydning for den gennemsnitlige forureningskoncentration i boringen.

Det vurderes at det øvre magasin i fyldlaget er gennemskyllet så mange gange, at der ikke er nogen betydende rebound. Derimod vurderes, at der vil være en rebound-effekt i det dybere magasin 4,5 – 5,5 m.u.t., men p. gr. a. den ringe tilstrømning fra dette magasin, vil en rebound blive "overskygget" af tilstrømninger fra det øvre magasin i nedbørsrige perioder.

1.4.2 Driftsresultater

In-Well Aeratoren har kørt kontinuerligt uden driftsproblemer.

Der er har periodisk være problemer med styringssystemet i SRO-anlægget, men ikke med drift af selve aeratoren.

Der har ikke været udfældningsproblemer, eller driftsproblemer i øvrigt, selv med de meget varierende vandmængder og periodevise "tørpumpning".

In-Well Aerator har vist sig velegnet til oprensning af stærkt forurenede grundvand i lavtydende magasiner.

1.4.3 Energiforbrug

Der er ikke opsat separat elmåler for In-Well Aeratoren. Der er foretaget en registrering af den samlede rensenheds strømforbrug (In-Well Aeratoren plus vakuumpumpe og kulfilteranlæg). Det samlede strømforbrug fra opstart af rensenheden i januar 2000 til 27. september 2001 er 6.459 kWh.

Fra erfaring med tilsvarende vakuumanlæg vurderes at vakuumpumpen har et årligt elforbrug på ca. 2.500 kWh. Der vurderes således at Aeratorens på denne sag har haft et årlig elforbrug på ca. 1.500 kWh med den anvendte pumpestrategi. For hele driftsperioden (20 måneder) vurderes Aeratorens elforbrug at være ca. 2.500kWh, svarende til ca. 4.000 kr.

Pga. for højt indhold af sandpartikler samt luftbobler i det oppumpede vand, har det ikke været muligt at have en vandmåler koblet permanent på anlægget. Det har derfor ikke har været muligt kontinuert at registrere den recirkulerede vandmængde.

1.4.4 Optimering

For løbende at optimere rensningseffekten og oppumpningsydelsen har der været tilsluttet et SRO-anlæg til Aeratoren. SRO-anlægget har været effektivt til optimering af rensningseffekten, men det har været meget vanskeligt at få etableret et pålideligt system til registrering af vandmængder igennem systemet.

Der er fra start af Aeratoren til og med september 2001 kørt med varierende kombinationer af pumpeydelse og pumpeperiode. Ved projektets opstart var ydelsen ca. 0,2 m³/h i 2 pumpeperioder på hver 45 min. pr. døgn, svarende til en teoretisk oppumpning på 0,3 m³/døgn. Denne pumpeydelse var målrettet mod opsamling af fri fase/stærkt forurenede grundvand.

I den senere driftsfase blev pumpeydelsen ændret til 3 m³/h i 2 pumpeperioder på hver 10 min pr. døgn svarende til en teoretisk oppumpning på 1 m³/døgn.

Ændringerne undervejs er foretaget på baggrund af magasinets ydeevne samt analyseresultater af udtagne vandprøver. Det er observeret, at magasinets ydeevne er årstidsafhængig (nedbørsafhængig). Det er endvidere observeret, at i perioder uden nedbør forløber der 10-15 timer inden vandspejlet i Aerator-boringen er nogenlunde reetableret.

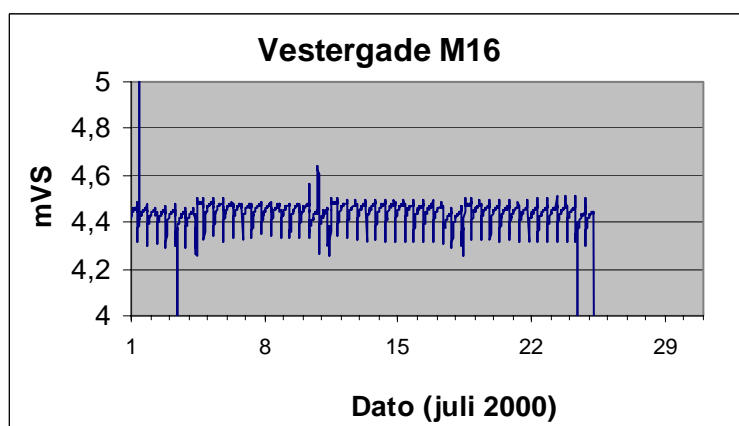
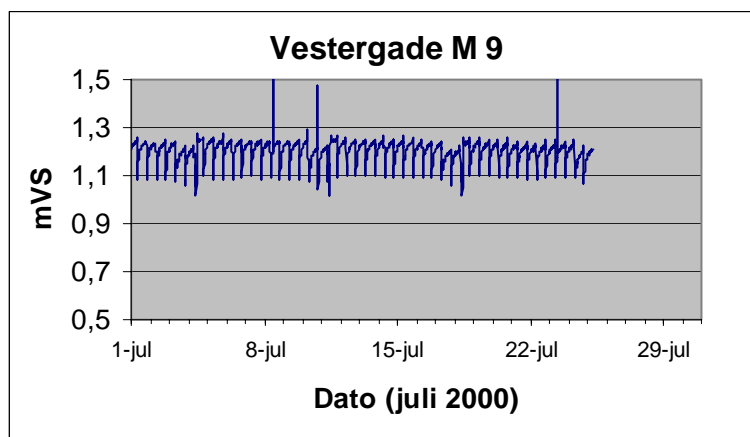
Den faktisk oppumpede mængde har imidlertid været noget mindre end de teoretiske døgn-oppumpning. I nedbørsperioder var der tilstrømning fra det terrænnære fyldlag og derved kontinuert oppumpning i pumpeperioderne. I perioder uden nedbør var der ringe/ingen tilstrømning fra det terrænnære fyldlag, ved start af In-Well Aeratoren blev boringen derfor hurtigt tømt, hvorefter tilstrømningen fra magasinet 4-5 m. u.t. var meget lille.

Det vurderes, at den samlede oppumpning i hele driftsperioden har været ca. 400 m³.

1.4.5 Observerede vandspejlsniveauer

Til registrering af vandspejl og sænkning ved den periodevise afværgepumpning er vandspejlet kontinuert målt med dataloggere i 3 boringer omkring afværgeboringen (M1, M9 og M16).

På nedenstående figur 4 er vist vandsspejlsmålingerne fra datalogningen af M9 og M16 for juli 2000.



Figur 4: Pejling af vandspejl i M9 og M16

Vandspejlet er angivet som m vandsøjle over loggerens målepunkt.

På figuren ses i begge borerne en vandspejlsænkning på ca. 20 cm 2 gange i døgn, svarende til de 2 daglige driftsperioder af In-Well Aeratoren.

På baggrund af de opnåede resultater af logningerne er det dokumenteret, at Aeratoren har en effekt mindst 4 m fra aeratorboringen (M9 og M16), hvor der ses en tydelig påvirkning ved start af Aeratoren.

Da der er tale om et spændt magasin, vil Aeratorens virkningsradius i grundvandsmagasinet 4-5 m.u.t. være væsentlig større, men dette er ikke dokumenteret ved de udførte pejlinger.

1.4.6 Oprensingsresultat

Der blev afgravet stærkt forurenet jord i bebyggelsen under det tidligere renseri, til ca. 1 m u.t. Der blev fjernet i alt 52 tons jord, det vurderes at der herved er fjernet i størrelsesordenen 100 kg PCE og 1 kg TCE.

I perioden fra januar 2000 til 27. september 2001 vurderes der at være oppumpet og recirkuleret i alt ca. 400 m³ vand igennem In-Well

Aerator, hvorved der i alt er fjernet ca. 2 kg PCE og ca. 0,2 kg TCE, med udgangspunkt i de målte forureningskoncentrationer i M1

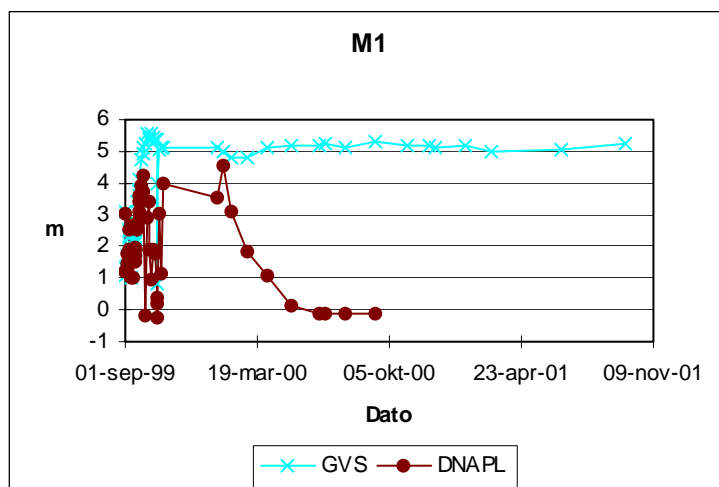
Med udgangspunkt i de pejlede mængder fri fase i den nærliggende boring M1 vurderes imidlertid, at der er oprenset væsentlig større mængder PCE og TCE i In-Well Aeratoren p. gr. a. fri fase i de første 2 måneders drift.

Der blev ikke målt for DCE og VC i In-Well Aeratorens driftsperiode, men ved de efterfølgende analyserunder er analyseprogrammet udvidet med nedbrydningsprodukter, og der er konstateret betydeligt indhold af dichlorethylen (DCE) og vinylchlorid (VC).

Såfremt de målte indhold af DCE og VC i efteråret 2002 er typiske for koncentrationen i hele afværgeperioden, er der ved Aeratorens drift fjernet ca. 0,5 kg DCE og 0,2 kg VC.

DCE og VC dannes ved anaerob nedbrydning af PCE og TCE, det målte indhold af disse nedbrydningsprodukter vurderes at være dannet i det lavtydende, dybereliggende magasin 4,5 –5,5 m.u.t.

Under afværgeforløbet er der i den første fase foretaget oppumpning af fri fase samt løbende foretaget pejling af fri fase DNAPL i udvalgte boringer tæt omkring hot spot. På nedenstående figur 5 er vist resultatet af fri fase pejlinger fra M1.



Figur 5: Pejling af vandstand og fri fase DNAPL i M1

Fri fase oppumpning har været foretaget med periodisk kortvarig oppumpning fra 6 boringer. De 6 boringer har været udstyret med små dykpumper med tidsindstilling, så de har pumpet nogle minutter 1 gang/døgn, det oppumpede vand/fri fase er opsamlet i tank. Der er ikke foretaget opgørelse over hvor stor mængde fri fase der er oppumpet.

In-Well Aeratoren har været i drift i perioden med fri fase fjernelse, og har givetvis også opsamlet og behandlet fri fase, selv om dette ikke har kunnet dokumenteres med analyser. Den anvendte metode har været effektivt til fjernelse af fri fase DNAPL.

Under In-well Aeratorens driftsperiode har der desuden været udtaget vandprøver fra de øvrige filtersatte boringer på grunden. Disse viser, at der er sket en væsentlig reduktion i forureningskoncentrationen i

grundvandet både i det terrænnære fyldlag og i magasinet 4-5 m.u.t. i hot spot området. I de perifære borer i fyldlaget er der ikke nogen entydig udvikling i forureningskoncentrationen.

1.5 Økonomi

1.5.1 Etablering

Pris for anlæg inkl. In Well Aerator, Aerator-boring, installering og skur ca. 330.000 kr. ekskl. moms.

1.5.2 Drift

I Aabenraa er det faktiske energiforbrug for Aeratoren vurderet til ca. 1.500 kWh/år svarende til ca. 2.500 kr. ekskl. moms/år ved den anvendte pumpestrategi.

Omkostningerne til drift af anlægget i Aabenraa er herudfra estimeret til 30.000 kr. årligt indeholdende udgifter til energi, vedligehold af blæser og eftersyn af anlæg. Hertil kommer udgifter til dokumentationsanalyser, som vurderes til ca. 10.000 kr./år

1.5.3 Demontering

I henhold til de opnåede erfaringer vurderes det, at anlægget kan fjernes på en arbejdsdag, ud over den tid det tager at retablere boringen. Idet anlægget hovedsageligt består af PVC, kan det enten indleveres til ombearbejdning, eller bruges i et andet anlæg.

1.6 Sammenfatning

I forhold til de primære formål har dette teknologiudviklingsprojekt dokumenteret at

- In-Well Aerator er meget robust til oppumpning fra magasiner med små, meget varierende ydelser, herunder perioder med næsten ingen tilstrømning.
- In-Well Aerator virkningsradius i et lavt ydende magasin er bestemt af magasinets fysiske parametre, idet aeratoren fungerer som en "almindelig" pumpe.
- In-Well Aerator har en rensningsgrad på 98,9% - 99,9% ved høje forureningskoncentrationer af PCE og TCE, i størrelsesordenen 3.000 µg/l – 40.000 µg/l.

På den aktuelle lokalitet med lille løftehøjde, høje forureningskoncentrationer og periodevis meget lille tilstrømning til pumpeboringen vurderes In-Well Aeratoren at være økonomisk attraktiv i forhold til traditionel oppumpning og rensning, såvel for anlægs- som for driftsudgifter.

1.7 Fremtidigt afværgeforløb

Efter afslutning af Teknologiudviklingsprojektet er Aeratoren stoppet, idet forureningskoncentrationen i grundvandet under huset var nedbragt til et niveau, der ikke forårsagede risiko for afdampning op i

huset. Der er foretaget fornyet prøveudtagning i november 2002 (ca. 1 år efter stop af Aeratoren), og der ses ingen rebound-effekt.

Efter konstateringen af indhold af nedbrydningsprodukter i grundvandet er der målt for nedbrydningsprodukter i indeklimamålinger i beboelseslejligheder. Der er ikke konstateret overskridelser af de fastsatte acceptkriterier, og der forventes ikke foretaget yderligere oprensning af grundvandet. Det etablerede vakuumelekstraktionsanlæg er tilstrækkelig til at sikre indeklimaet i beboelseslejlighederne.

1.8 Litteraturliste

- /1/ Miljøprojekt nr. 642, 2001, Miljøstyrelsen: "Afprøvning af In-Well Aerator"