



Miljø- og
Fødevareministeriet
Miljøstyrelsen

Passiv ventilation som afskæring af forureningsspredning til grundvandet

Miljøprojekt nr. 1977

Januar 2018

Udgiver: Miljøstyrelsen

Redaktion:

Søren Rygaard Lenschow, NIRAS A/S

Anders G. Christensen, NIRAS A/S

ISBN: 978-87-93614-59-8

Miljøstyrelsen offentliggør rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter indenfor miljøsektoren, som er finansieret af Miljøstyrelsen. Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter. Offentliggørelsen betyder imidlertid, at indlægget udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Må citeres med kildeangivelse.

Indhold

1.	Forord	5
2.	Sammenfatning og konklusioner	6
3.	Summary and conclusions	7
4.	Indledning	8
4.1	Baggrund	8
4.2	Formål	8
4.3	Rapportens opbygning	8
5.	Passiv ventilation	10
5.1	Princip	10
5.2	Konceptuel model	10
5.3	Teoretisk grundlag	11
5.4	Generel opbygning af afværgesystemer	12
5.5	Eksempel på test af passiv ventilation	13
5.6	Erfaringer med passiv ventilation	13
6.	Feltlokalitet Møllevej Askov	17
6.1	Baggrund	17
6.2	Geologi, hydrogeologi og vandindvinding	17
6.3	Forureningssituation	19
6.3.1	Udførte undersøgelser	19
6.3.2	Jord	19
6.3.3	Poreluft umættet Zone	21
6.3.4	Grundvand	22
6.4	Gennemførte afværgeforanstaltninger fase 1	23
6.4.1	Passiv ventilation	23
6.4.2	Afværgepumpning	27
7.	Passiv ventilation fase 2	28
7.1.1	Etablering	28
7.2	Undersøgelser og monitoring	32
7.2.1	Metoder	32
7.3	Resultater	32
7.3.1	Baseline monitoring november 2008 –marts 2009	32
7.3.2	Online monitoring ved genopstart afværge passiv ventilation	33
7.4	Monitoring passiv ventilation umættet zone	36
7.5	Monitoring grundvand	36
8.	Effekten af passiv ventilation som afskæringsmetode	37
8.1	Effekt i umættet zone	37
8.2	Effekt på grundvand	41
8.3	Massejernelse og fjernelsesrate	42

9.	Diskussion	44
9.1	Effekt på umættet zone og massejernelse	44
9.2	Afskæring fra den dybere del af umættet zone	45
9.3	Effekt på grundvand	45
9.4	Sikring af indvinding i det nærliggende vandværk	45
9.5	Passiv ventilation som afværgemetode	46
10.	Konklusion og anbefalinger	47
11.	Referencer	48
12.	Bilag	49

1. Forord

Passiv ventilation kan være en effektiv metode til løbende at fjerne chlorerede opløsningsmidler eller andre flygtige forureningskomponenter fra den umættede zone under de rette geologiske forhold. Effekten er tidligere dokumenteret ved to teknologiprojekter /1/ + /2/. Der er igennem snart 2 årtier blevet etableret og drevet anlæg med passiv ventilation på en række danske lokaliteter. En af disse er Møllevej i Askov, hvor passiv ventilation siden 1999 har fungeret som afskærende afværgeforanstaltninger med henblik på sikre mod forureningsspredning til det underliggende grundvandsmagasin og dermed sikring af indvindingen fra det nærliggende vandværk.

Ved passiv ventilation udnyttes udelukkende de naturligt forekommende trykgradienter i jorden, der opstår ved ændringer i lufttrykket i forbindelse med passage af vejfronter. Derfor er passiv ventilation et billigere alternativ til aktiv ventilation og en mulig alternativ afskæringsmetode i flere forureningsager, hvor det ellers ville have været dyrt eller teknisk umuligt at oprense selve kilden.

På lokaliteten i Askov blev passiv ventilation i 2009 genetableret i forbindelse med at bygningen på ejendommen blev nedrevet, og forureningens kildeområde blev påvist under den tidlige bygning. Ved genetableringen blev der etableret nye ventilationsboringer centralt ved kildeområdet. I forbindelse med genetableringen blev der udført supplerende undersøgelser og monitoring med henblik på at dokumentere metodens effektivitet i forhold til at kunne afskære forurening fra et underliggende grundvandsmagasin. Der er udført en evaluering af effekten af passiv ventilation ved Møllevej, Askov på baggrund af 17 års undersøgelser og monitoring.

Projektet er gennemført med støtte fra Miljøstyrelsens Teknologiuudviklingsprojekt. Projektet har været fulgt af Niels Just, Region Syddanmark og Ole Kiilerich, Miljøstyrelsen. Arbejdet er udført af NIRAS A/S

2. Sammenfatning og konklusioner

Siden 1999 har der været gennemført afværgeforanstaltninger på lokaliteten Møllevej i Askov med henblik på at sikre grundvandsinteresser og indvinding fra et nærliggende vandværk mod forurening med chlorerede opløsningsmidler på et tidligere renseri. Afværgeforanstaltningerne har omfattet passiv ventilation i kombination med afværgepumpning.

Passiv ventilation er baseret på udnyttelse af trykforskellen mellem den umættede zone og atmosfæren til ventilation af den umættede zone. Metoden benyttes på lokaliteter, hvor der findes et lav-permeabelt dæklag af f.eks. moræneler med et underliggende umættet højpermeabelt lag. Ved ændringer i atmosfæretryk opbygges en trykgradient, der ved faldende tryk udnyttes til transport fra umættet zone til terræn via lodrette filterrør.

Ved etablering af passiv ventilation i 1999 blev der etableret 6 afværgeboringer placeret i periferien af forureningens kildeområde, som var utilgængeligt under en bygning. I dæklaget er der konstateret en forureningskilde med PCE, og det anslås at der er ca. 200 kg PCE bundet til jorden. Ved afværgeventileres umættet sand, som er beliggende under et dæklag af vandmættet moræneler. Den umættede zone har en mægtighed på over 20 m. I forbindelse med nedrivning af bygninger, blev passiv ventilation genetableret i 2009 med 5 afværgeboringer, heraf to nye boringer, som er placeret centralt ved forureningens kildeområde.

Ved de gennemførte afværgeforanstaltninger observeres reduktioner af PCE i poreluften på 1-2 størrelsesordener for umættet zone. Der er der estimeret en akkumuleret massejernelse på 157 kg PCE ved passiv ventilation. Ved opstart i 1999 blev der observeret en betydelig massejernelse inden for de første 20 måneder, hvorefter massejernelsesraten stagnerede på et niveau på 4-5 kg PCE pr. år. Efter genetablering af passiv ventilation i 2009, blev der igen konstateret en betydelig massejernelse inden for de første 16 måneders drift, hvorefter massejernelsesraten er stagneret på samme niveau som tidligere. Det ses, at forureningen fastholdes i toppen af den umættede zone, og at der alene forekommer lave koncentrationer af PCE i poreluften i den dybere del af den umættede zone.

Passiv ventilation har i kombination med afværgepumpning oprenset det underliggende grundvandsmagasin, og afværgepumpningen blev stoppet for 10 år siden. Koncentrationerne af PCE i grundvandet er reduceret med 2-3 størrelsesordener, og passiv ventilation sikrer nu, at den nedadrettede massestrømmen af PCE fra dæklaget reduceres og afskæres fra at genforurene grundvandsmagasinet.

Projektet demonstrerer, at passiv ventilation kan afskære en forureningskilde med flygtige forureningskomponenter fra spredning til underliggende grundvandsmagasin. Metoden kræver, at der er de rette geologiske forhold til stede, hvor nedsivende forurening i porevand og poregas kan afskæres ved passiv ventilation

Det anbefales, at afværgeforanstaltninger ved passiv ventilation opretholdes på Møllevej, Askov, med henblik på at sikre, at forurening ikke spredes til den dybere del af den mættede zone og det underliggende grundvandsmagasin. Passiv ventilation skal opretholdes, for at sikre indvindingen fra Askov vandværk.

3. Summary and conclusions

Remediation activity was initiated in 1999 at a site placed in the town of Askov in the Region of Southern Denmark in order to preserve ground water and secure water supply at a local water work from contamination with chlorinated solvents from a former dry cleanery. The remedy has included passive ventilation in the unsaturated zone combined with pump and treat in the saturated zone.

Passive ventilation is based on exploiting the pressure difference between the unsaturated zone and the atmosphere for ventilation of the unsaturated zone. The method can be used at locations with a relatively thick low-permeable layer with an underlying high permeable unsaturated zone. Changes in the atmospheric pressure create a pressure gradient between the atmosphere and the unsaturated zone, which is utilized to force the polluted soil gas from the sub surface the atmosphere through wells screened across the unsaturated zone.

Passive ventilation was initiated in 1999 with 6 remedy wells placed at the perimeter of the hot spot area, which was inaccessible due to placement under a building. The contaminant source was located to a low-permeable layer of till, and has an estimated mass of 200 kg of tetrachloroethylene (PCE). By passive ventilation soil gas was extracted from a 20 m thick layer of unsaturated sand, which is overlaid by the layer of till. In 2009 the buildings at the site was demolished, and the system for passive ventilation was reestablished with 5 remediation wells including 2 new wells placed close to the hot-spot area of the contamination.

The soil gas concentration of PCE in the unsaturated zone was reduced by 1-2 orders of magnitude as a result of the remedy. During the remedy, an accumulated removal of 157 kg PCE is estimated for the period of 1999-2016. At the beginning of 1999, a high mass removal rate was observed during the first 20 months of remedy, whereas afterwards the mass removal was stagnant by the rate of 4-5 kg PCE/year. By reestablishment in 2009, a new high mass removal was observed for the first 16 months, followed by a stagnant rate at the same level as in the years before 2009. Today high soil gas concentrations of PCE are maintained only in the upper part of the unsaturated zone, whereas only low soil gas concentrations are present in the deeper part of the unsaturated zone.

Passive ventilation in combination with pump and treat have remediated the underlying ground water aquifer, and the pump and treat system were shut down 10 years ago. The ground water concentrations of PCE have been reduced by 2-3 orders of magnitude, and the passive ventilation do now secure, that the mass flux of contaminants from the low-permeability top layer are reduced and cut off from recontaminating the aquifer.

This remedy project demonstrates that passive ventilation can cut of the mass flux of volatile contaminants from spreading to an underlying ground water aquifer. The method works at the right geological conditions, where down ward transport of contaminated pore water and soil gas can be cut off by passive ventilation before entering the saturated zone.

It is recommended, that the remedy system for passive ventilation is maintained at the site at Askov in order to prevent the contaminants from being transported to the deeper parts of the unsaturated zone and to the aquifer, and to secure the water supply of the local water work.

4. Indledning

4.1 Baggrund

Passiv ventilation er i snart 2 årtier blevet anvendt som afværgemetode mod forureningsspredning til grundvandet på flere lokaliteter i Danmark. Generelt har formålet med etableringen af passive ventilationsboringer været at kontrollere spredningen af forurening med klorerede opløsningsmidler fra det terrænnære dæklag gennem den umættede zone og til den mættede zone. Konceptet bag passiv ventilation som afskæring for grundvandet er, at en reduktion af koncentrationen i den umættede zone alt andet lige vil resultere i en reduktion af fluxen fra den umættede zone til grundvandet.

4.2 Formål

Formålet med teknologiprojektet er at gennemgå og vurdere resultaterne af 17 års afværgeforanstaltninger på Møllevej i Askov med henblik på at demonstrere, at passiv ventilation kan anvendes som afskærende afværgemetode med henblik på at sikre, at der ikke sker spredning til det underliggende grundvandsmagasin. Endvidere evalueres effekten af passiv ventilation i kombination med afværgepumpning til oprensning af det underliggende grundvandsmagasin.

4.3 Rapportens opbygning

Passiv ventilation

I rapportens afsnit 5 beskrives den konceptuelle model bag passiv ventilation, og det teoretiske grundlag for passiv ventilation gennemgås kort. Desuden gives en kort præsentation af data, og vurderinger fra erfaringsopsamling udført på 14 danske lokaliteter.

Feltlokalitet Møllevej, Askov

I rapportens afsnit 6 gives en generel beskrivelse af lokaliteten, herunder historisk redegørelse for arealanvendelse, geologi, hydrogeologi, vandindvinding samt forureningsforhold i jord, poreluft og grundvand, før afværge blev påbegyndt i 1999. Afsnittet beskriver også udførelse og resultater af afværgeforanstaltninger gennemført i perioden 1999-2008 (fase I), herunder passiv ventilation og afværgepumpning.

Passiv ventilation fase 2

Afsnit 7 beskriver udførelse, undersøgelser og monitoring ved genetablering af passiv ventilation i 2009. Herunder udførelse af afværge og monitoringsboringer og online målinger af PCE i afkastet og trykdifferens udført ved opstart i 2009.

Effekten af passiv ventilation som afskæringsmetode

I afsnit 8 præsenteres og fortolkes data fra monitoring i umættet zone i perioden 1999-2007. Der ses udviklingen gennem fase I samt den efterfølgende fase II. Endvidere præsenteres og gennemgås datamonitering i grundvand gennem perioden 1999-2017. Endvidere indeholder afsnittet en vurdering af den samlede akkumulerede massejernelse ved de gennemførte afværgeforanstaltninger, samt udvikling af massejernelsesrater.

Diskussion

I dette afsnit diskuteres effekten af passiv ventilation som afværgeforanstaltninger på Møllevvej, Askov, herunder metodens effekt på umættet zone og massejernelse, samt metodens afskærende effekt på den dybere del af den umættede zone. Endvidere vurderes passiv ventilations effekt på grundvandet i kombination med afværgepumpning. Der udføres en vurdering af de gennemførte afværgeforanstaltninger i forhold til sikring af det lokale vandværk mod forurening, samt en generel diskussion af passiv ventilation som metode til afskæring mod forurening af underliggende grundvand.

Konklusion og anbefalinger

I rapportens afsnit 10 findes en konklusion på vurdering af effekten af passiv ventilation på den konkrete lokalitet samt metodens potentiale som helhed. Endvidere er der anbefalinger for den videre drift af afværgeforanstaltninger på Møllevvej, Askov.

5. Passiv ventilation

5.1 Princip

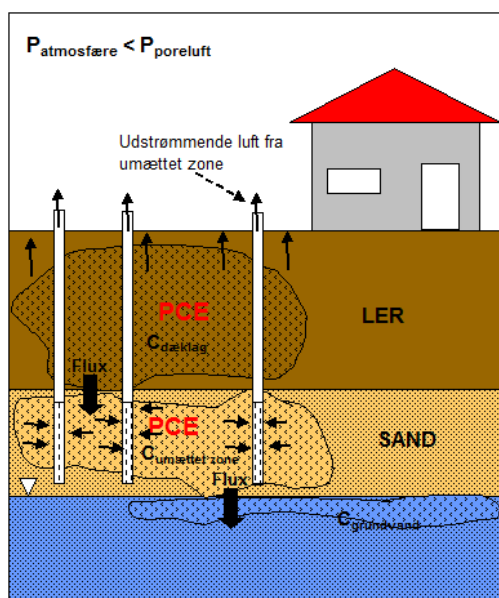
Passiv ventilation er en afværgemetode, som er baseret på at udnytte trykforskelle mellem umættet zone og atmosfære til ventilation af forureninger med flygtige forureningskomponenter, bl.a. chlorerede opløsningsmidler. Metoden udnytter de naturlige trykvariationer i forbindelse med høj- og lavtryk, men sætter helt specifikke krav til geologi og grundvandsforhold, herunder tilstedeværelsen af et terrænnært dæklag, f.eks. et morænelersdække samt en underliggende højpermeabel umættet zone, f.eks. umættet sand. Med metoden kan der under de rette forhold ske en ventilation af den umættede zone via borer, som sikrer, at forureningen afskæres fra at blive transporteret til underliggende grundvandsmagasiner.

5.2 Konceptuel model

Konceptet bag afskæringsmetoden er baseret på følgende: En flygtig forureningskomponent som PCE findes i den øvre del af det næsten fuldt vandmættede dæklag af et lavpermeabelt materiale som fx moræneler. Igennem lerlaget spredes forureningen ved advektion (nedsivning) videre ned i den umættede zone, bestående af et mere højpermeabelt materiale (sand, kalk el. lign.). I den umættede zone spredes forureningen både horisontalt og vertikalt ved diffusion samt vertikalt nedad ved advektion og som opløst stof i porevandet. Forureningen når til sidst den kapillære zone lige over det egentlige grundvandsspejl, og opblandes i den øverste del af grundvandsmagasinet /2/.

Kildeområdet afgiver en mængde forurening til den underliggende permeable, umættede zone pr. tidsenhed – i det følgende benævnt ”stof-flux”, og det er i denne zone, at passiv ventilation kan reducere den videre stoftransport til grundvandet /2/.

En konceptuel model for stoftransporten fra kildeområdet i dæklaget til det umættede sandlag og videre til den mættede zone er illustreret i figur 1. Fra kildeområdet i dæklaget vil der være en stof-flux til det umættede sandlag. Herfra vil forureningen transporteres gennem den umættede zone og videre til den mættede zone, og der vil altså ligeledes være en stof-flux fra umættet til mættet zone. Konceptet bag passiv ventilation er at reducere koncentrationen i det umættede sand-/kalklag under dæklaget ved ventilation fra borer filtersat i umættet zone. Ved reduktion af koncentrationen i umættet zone vil fluxen fra umættet zone til mættet zone ligeledes reduceres, og dette vil derfor på længere sigt resultere i en reduktion af koncentrationen i grundvandet /2/.



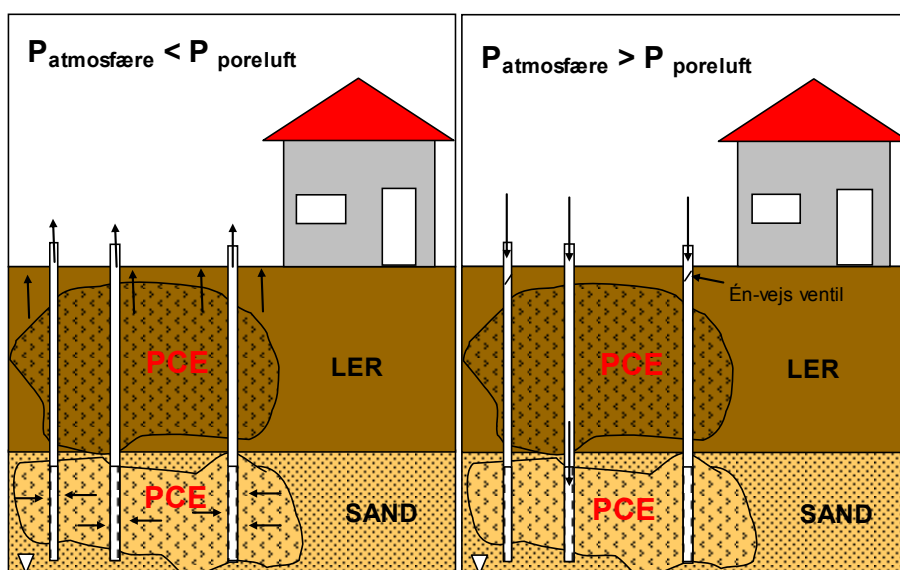
Figur 1. Konceptuel model for anvendelse af passiv ventilation som afværgemetode /2/.

5.3 Teoretisk grundlag

Ved metoden udnyttes trykforskelle mellem atmosfæren og den umættede zone. Trykforskelle forekommer som resultat af dæmpning og forsinkelse af trykforplantningen gennem jordlagene. Størrelsen af disse vertikale trykgradienter afhænger bl.a. af den overliggende jords (dæklagets) tykkelse og permeabilitet samt den hastighed, hvormed atmosfæretrykket ændres /2/. Endvidere har vandmætningen af dæklaget betydning for dæmpning/forsinkelse af atmosfærens trykvariationer.

Ved faldende atmosfæretryk vil der i den umættede zone – hvis der findes et lavpermeabelt dæklag, blive opbygget et differensstryk over dæklaget. Dette sker, da trykforplantningen og dermed trykudligningen gennem dæklaget sker langsommere end den rate, hvormed atmosfæretrykket falder. Det absolutte tryk i den umættede zone vil således blive større end atmosfæretrykket /2/.

For at skabe en udfligning af trykforskellen mellem atmosfæren og den umættede zone, vil poreluften søge fra den umættede zone og mod terrænen. Ved passiv ventilation udnyttes disse vertikale trykgradienter til transport fra umættet zone til terrænen via lodrette filterrør (filtersatte boringer), der virker som en præferentiel strømningsvej for poreluften illustreret ved figur 2 /2/.



Figur 2. Situation under lavtryk (venstre) og højtryk (højre) /2/.

Ved stigende atmosfæretryk vil trykket i atmosfæren blive større end i den umættede zone. Dette vil medføre, at luften presses ned i jorden for at udligne trykforskellen. Ved etablering af boringer til passiv ventilation monteres typisk en én-vejs ventil i boringen, der kun tillader luft at strømme ud af boringen. Herved undgås en fortynding og spredning af forureningskomponenter i gasfasen i den umættede zone ved stigende atmosfæretryk /2/. Udvikling og test af én-vejs ventiler og andre dele af afværgesystemer til passiv ventilation er beskrevet i /1/.

Størrelsen af flowet fra den umættede zone afhænger generelt af differenstrykkets størrelse samt permeabiliteten i den umættede zone. Der er i princippet en lineær sammenhæng mellem tryk og flow gennem et filter op til en vis grænse /3/. Denne sammenhæng er udtrykt ved:

$$\Delta P = \alpha \cdot Q$$

ΔP er differenstrykket over dæklaget

Q er flowet

α er filterets specifikke ydelse

Boringerne for passiv ventilation vil afhængigt af antal, influensradius samt filtersætning give anledning til ventilering af et givent volumen af den umættede zone. Størrelsen af flowet kan sammen med det volumen jord, der ventileres, benyttes til at estimere det antal porevolumenudskiftninger, den passive ventilering kan forventes at give /2/.

5.4 Generel opbygning af afværgesystemer

Ved udførelse af en afværgeforanstaltning med passiv ventilation etableres en eller flere boringer ved kildeområde med forurening i dæklaget. Hvis kildeområde er beliggende under bygning, eller hvis kildeområdet ikke er entydigt lokaliseret, kan der etableres flere boringer rundt om kilden/bygningen afhængigt af specifikke forhold, herunder boringernes influensradius. Boringer etableret med filter i umættet zone forsynes med én-vejs ventiler, således at der ikke sker nedtrængning af atmosfærisk luft til umættet zone ved højtryk.

Eksempel på en én-vejs ventil af typen "in-line" fremgår af figur 3. Ventilen virker ved, at en klapventil af plastfolie lukker tæt mod en O-ring ved højtryk. Ved lavtryk løftes plastfolien af den udstrømmende luft, som derved kan strømme ud af boringen. Plastfolie holdes på plads af et trådkors. Ventilen er designet til at have et minimalt modtryk ved udstrømning af luft. In-line ventilen kan monteres inde i et $\varnothing 63$ mm PEH blindrør. Erfaringen viser, at komponenter så som én-vejs ventiler ikke kræver særlig hyppig udskiftning.



Figur 3. Én-vejs ventil.

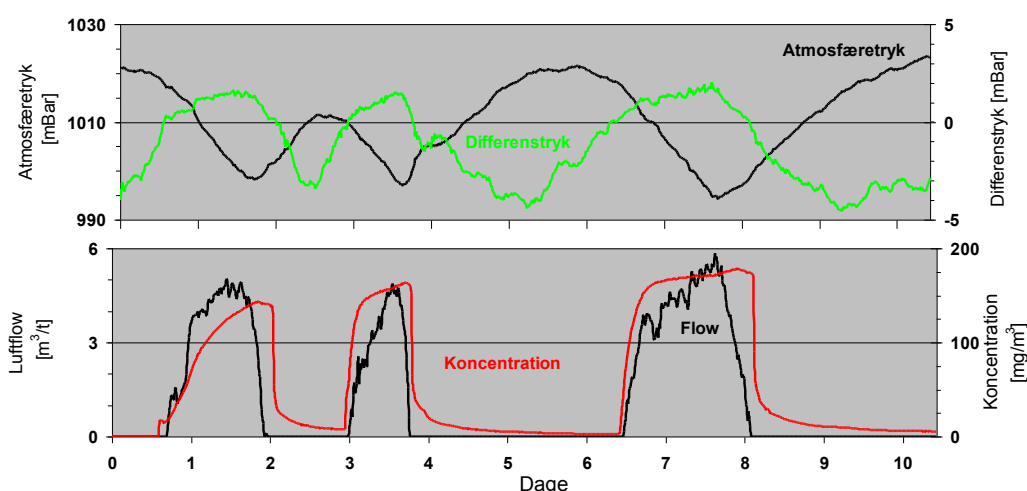
Afkastet fra afværgeboringer kan føres til et kulfilter med henblik på rensning (i separate brønde eller i en fælles manifold) eller til et højt afkast, hvor poreluft med forureningskomponenter afledes til atmosfæren. Chlorerede opløsningsmidler og en række andre forureningskomponenter nedbrydes i atmosfæren ved fotokemisk nedbrydning. Ved direkte udledning udføres en vurdering og OML-beregning (Operationel Metrologisk Luftkvalitetsmodel) iht. luftvejledningen /4/. Ved metoden sikres det, at B-værdien (bidragsværdien) overholdes for de aktuelle forureningskomponenter.

Inden etablering af passiv ventilation som afværge anbefales det, at der udføres test med henblik på vurdering af metodens anvendelighed. Metoder til test er beskrevet i tidligere teknologiprojekter for passiv ventilation /1/ + /2/.

5.5 Eksempel på test af passiv ventilation

I det følgende vises eksempel på en test udført på lokaliteten Møllevej i Askov. Testen blev udført på en ventilationsboring. I boringen blev flow målt over en periode. Desuden blev differenstrykket logget i en referenceboring. Den lineære sammenhæng mellem de målte flow og differenstryk vil give en indikation af, hvor stort et flow, der kan forventes ved et givent differenstryk. Ud over flow og differenstryk er atmosfæretrykket logget, hvorved sammenhængen mellem differenstryk og ændring i atmosfæretryk følges /2/.

Datasæt for en måleperiode er illustreret i figur 4.



Figur 4. Variation i fundamentale parametre for passiv ventilation (PV) for en periode med både stigende og aftagende atmosfæretryk /2/.

Af figuren fremgår en tydelig sammenhæng mellem differenstryk og atmosfæretryk, hvor det ses, at differenstrykket stiger ved faldende atmosfæretryk og omvendt. Logges koncentrationen af klorerede opløsningsmidler i testboringen (udført on-site med Innova Photo Akustisk gasmåler) sammen med flowet, vil den typiske sammenhæng være som illustreret nederst i figur 4. Der kan dog forekomme variationer i udstrømningerne afhængigt af forureningen og placeringen af den benyttede boring i forhold til forureningsudbredelsen. Ved faldende atmosfæretryk vil der forekomme flow ud af boringen, og koncentrationen af klorerede stoffer vil derfor stige /2/.

5.6 Erfaringer med passiv ventilation

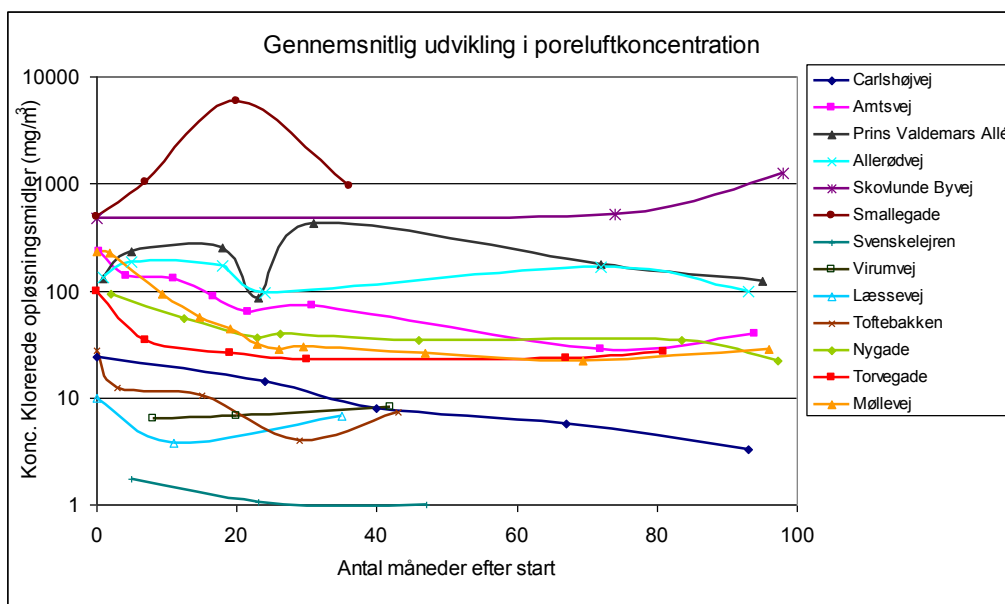
Erfaringerne med passiv ventilation er belyst ved to tidligere teknologiprojekter /1/ + /2/. Ved projekterne indgik afprøvning af passiv ventilation som afværget metode på 14 danske lokaliteter forurenet med chlorerede opløsningsmidler, herunder også Møllevej i Askov. Data for udførte projekter fremgår af tabel 1 /2/.

Lokalitet	År for etablering	Antal borinringer	Anlægstype	Dæklags-tykkelse	Jordtype umættet zone	Tykkelse umættet zone	Udskiftning af porevolumen pr. år	Reduktion af koncentration %	Antal driftsår	Mængde fjernet v. passiv ventilation kg
Carlshøjvej, Lyngby	1999	5	Brønde med kulfiltre	Ca. 6 m	Sand	19 m	21	86	9	2,5
Virumvej, Virum	2003	12	Manifold uden kulfilter	Ca. 5 m	Sand	15 m	39	98*	5	4
Læssevej, Værløse	2004	13	Manifold med kulfiltre	Ca. 8 m	Sand	24 m	45	33	4	2,5
Amtsvej, Allerød	1999	6	Brønde med kulfiltre	Ca. 10 m	Sand	2 m	48	83	9	11
Prins Valdemars Allé, Allerød	1999	5	Brønde med kulfiltre	Ca. 10 m	Sand	2 m	34	6,3	9	28
Allerødvej, Allerød	1999	2	Brønde med kulfiltre	Ca. 10 m	Sand	2 m	23	27	9	6
Svenskelejren, Brønshøj	2003	5	Manifold med kulfiltre	Ca. 10 m	Sand	3 m	97	42	5	0,3
Skovlunde Byvej, Skovlunde	1999	6	Brønde med kulfiltre	Ca. 10 m	Sand	3 m	38	Stigning	9	>50
Smallegade, Frederiksberg	2005	4	Brønde med kulfiltre	5-7 m	Sand	0,3 m	103	Stigning	3	55
Gillelejevej, Esbønderup	2006	5	Manifold med kulfiltre	Ca. 10 m	Sand	13 m	47	57*	2	3
Toftebakken, Birkerød	2002	9	Brønde med kulfiltre	Ca. 10 m	Sand	9 m	10	33	6	0,7
Nygade, Fakse	1999	8	Afkast til brønd m. kulfilter	7-8 m	Kalk	2-3 m	23	76	9	7,5
Torvegade, Fakse	2001	10	Manifold med kulfiltre	5,5-8	Grus	4-6 m	26	73	7	12
Møllevej, Askov	1999	6	Afkast over hustag.	6-8 m	Sand	20 m	47	88	9	70

Tabel 2. Data fra erfaringsopsamling for passiv ventilation, 14 danske lokaliteter /2/.

Erfaringerne viser, at passiv ventilation typisk giver en relativ hurtig reduktion af koncentrationerne af klorerede opløsningsmidler i den umættede zone. Dette er forsøgt illustreret i figur 5 ved at se på koncentrationsudviklingen i den umættede zone fra før anlægget for passiv ventilation blev etableret og til den seneste monitoring på anlægget. De benyttede koncentrationer er et gennemsnit af kon-

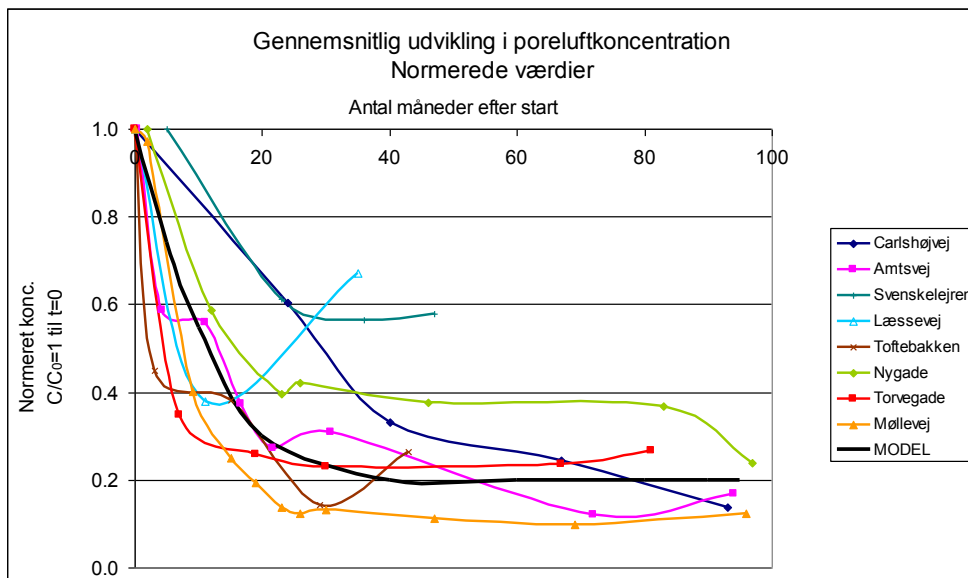
centrationerne fundet i de forskellige boringer på den respektive lokalitet. Koncentrationerne er angivet på en logaritmisk akse for at gøre det muligt at illustrere både høje og lave koncentrationer /2/.



Figur 5. Gennemsnitlig koncentrationsudvikling for en række danske lokaliteter med passiv ventilation /2/.

Af figur 5 fremgår det, at ikke alle lokaliteter med passiv ventilation konsekvent har vist faldende poreluftkoncentrationer, men der ses dog faldende koncentrationer for størstedelen af lokaliteterne. På 3 lokaliteter er der stigninger i poreluftkoncentrationen efter etablering af boringer for passiv ventilation /2/.

Figur 6 viser koncentrationsudviklingen for normerede koncentrationer for danske lokaliteter. Lokalteter med stigende koncentrationer er undtaget. Det fremgår af figuren, at der i løbet af de første ca. 20 måneder efter etablering sker en relativt stor reduktion i koncentrationerne. Denne tendens er især tydelig for nogle lokaliteter, bl.a. Møllevvej, Askov. Det ses ligeledes, at koncentrationerne efter ca. 3 års drift generelt stabiliseres /3/.



Figur 6. Gennemsnitlig koncentrationsudvikling ved normerede koncentrationer for danske lokaliteter med passiv ventilation – anlæg med stigende koncentrationer er undtaget /2/.

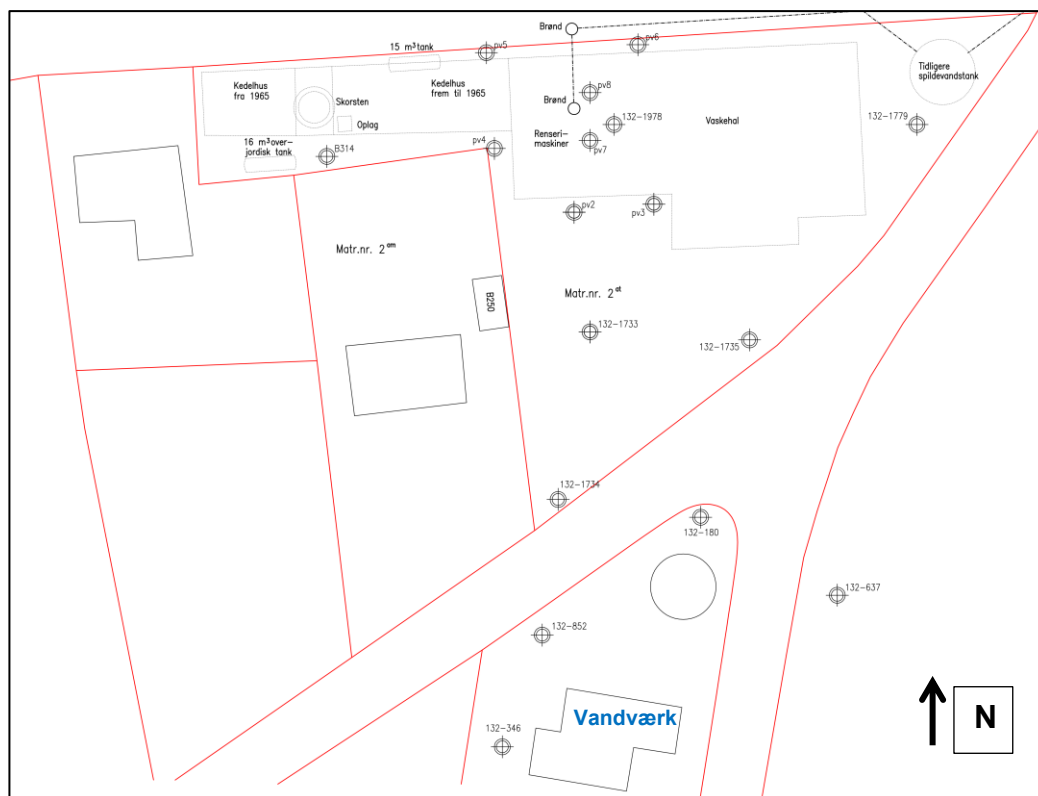
Erfaringsopsamling viser, at der for den umættede zone generelt er et fald i koncentrationsniveauet. For flere lokaliteter, herunder Møllevej i Askov, ses reduktioner på over 70 %. For lokaliteten med relativt lave poreluftskoncentrationer fra start, bibeholder passiv ventilation koncentrationen på et lavt niveau, og der ses ikke yderligere spredning af forureningen. For to lokaliteter er der ikke observeret reduktion af poreluftskoncentration i umættet zone /2/. På flere lokaliteter med en relativ lille mægtighed af den umættede zone, har der været problemer med, at stigende vandspejl for det underliggende grundvandsmagasin har reduceret mægtigheden af den umættede zone /2/

Erfaringsopsamlingen har endvidere vurderet passiv ventilations effekt på de underliggende grundvandsmagasiner på lokaliteter, hvor der er udført monitoring af grundvandet. Resultaterne viser, at der på lokaliteter, hvor der er reducerede eller stabiliserede poreluftskoncentrationer også ses reduktioner af koncentrationen i grundvandet, således at, hvis passiv ventilation har den ønskede effekt i umættet zone, kan der ligeledes forventes en reduktion af grundvandskoncentrationen på længere sigt /2/.

6. Feltlokalitet Møllevej Askov

6.1 Baggrund

På en ejendom beliggende Møllevej, Askov, 6600 Vejen, har der i perioden 1946-1997 været drevet et andelsvaskeri med vaskehal på den østlige del, og kedelhus/skorsten på den vestlige del af grunden. I forbindelse med driften af vaskeriet havde "Askov Andelsvaskeri" i perioden 1971-1976 en renserimaskine opstillet i en del af vaskehallen, og virksomheden udførte tøjrensning primært af militæruniformer. Ved renseridriften blev tetrachlorethylen (PCE) anvendt som rensmiddel. Situationsplan fremgår af figur 7. Endvidere er situationsplan vedlagt som bilag 1.



Figur 7. Situationsplan for dampvaskeri og renseridrift samt vandværk.

Ved renseridriften var renserimaskiner opstillet centralt i en del af bygningen. Endvidere var der oplag af rensvæske (PCE) i bygning på den vestlige del af vaskeriet.

Vaskeribygningen blev redrevet i 2008, hvor bygninger, fundamenter og belægnings blev fjernet /6.3/. Siden nedrivningen har ejendommen henstået ubenyttet.

6.2 Geologi, hydrogeologi og vandindvinding

Terrænnært er der konstateret fyld (sandet ler) med underliggende moræneler. Moræleren er sandet, stenet og kalkholding, og det vurderes, at den er afsat under sidste istid (Weisel) under det ungbaltiske isfremstød - (45.000 50.000 år siden /5/). Moræneleren har en mægtighed på ca. 7 m på den centrale del af grunden, i området hvor renserimaskinerne var opstillet, men mægtigheden er aftagende mod vest, hvor morænelersdækket på denne del af grunden er ca. 4 m tyk. Moræneleren er blød i den øvre del til ca. 3,5 m u.t., hvilket vurderes at skyldes sprækker, mens der underliggende er en fast ler. Moræneleren er fra terræn rødbrun, hvilket indikerer oxiderede forhold. Fra ca. 3,5 m u.t. overgår leren fra røde til blå farver, hvilket indikerer reducerede forhold.

Under morænelersdækket træffes smeltevandssand – beskrevet som mellem til grovkornet stedvist med indhold af silt eller grus og sten. Sandet har lysebrune og grå stedvis gule nuancer. Sandet træffes til en dybde af 89 m u.t. I dybden 50 – 55 m u.t. ses enkelte lerlag på til 1 m tykkelse i smeltevandsserien. Det vurderes, at lerlagene kan være ferskvandsler fra mellemistid (Eem), som kan have en større udbredelse /6/.

I den terrænnære ler er der grundvand/porevand knyttet til sprækker og sandslirer i den øverste del af lerdækket. Det vurderes, at der ikke er tale om et sammenhængende vandspejl, men en generel mætning af porer og spækker, således at morænelersdækket er mættet /6/. I forbindelse med nedrivningen i 2008 var der periodisk et mindre vandhul indtil hullet blev genopfyldt.

Under lerdækket træffes umættet zone knyttet til sandaflejringer. Den umættede zone har en mægtighed på over 20 m, og der træffes et grundvandsspejl beliggende 28-30 m u.t. /6/. Vandspejlet repræsenterer et nedre sekundært grundvandsmagasin. Strømningsretningen i det nedre sekundære magasin er mod sydøst /6/.

Ved prøvetagning af grundvand fra det nedre sekundære magasin ses det, at der er et højt iltindhold på ca. 10 mg/l, svarende til fuld mætning, og der er dermed aerobe forhold i toppen af magasinet

Nærmeste indvinding er Askov vandværk, som er beliggende 50 m syd for lokaliteten. Vandværker har 3 borerer ved vandværket, som indvinder fra det primære magasin 61-90 m u.t. Endvidere er der en boring beliggende ca. 500 m sydvest for vandværket. Der har yderligere været 2 borerer knyttet til vandværket, som nu er sløjfede. Boringerne er ikke blevet sløjfet på grund af forurening /7/. Vandværkets borerer fremgår af tabel 3.

DGU nr.	Beliggenhed	Filterdybde	Status
132.180	Ved vandværk (ca. 50 m syd for Møllevej 12.)	78 -87 m u.t.	Lukket sløjfet 2015
132.181	Ved vandværk (ca. 50 m syd for Møllevej 12.)	78-87 m u.t.	Lukket /sløjfet
132.346	Ved vandværk (ca. 50 m syd for Møllevej 12.)	Bund 74,5 m u.t.	Aktiv
132. 637	Ved vandværk (ca. 50 m syd for Møllevej 12.)	61-82 m u.t.	Aktiv
132. 852	Ved vandværk (ca. 50 m syd for Møllevej 12.)	78-90 m u.t.	Aktiv
132. 1630	I en lund ca. 500 m SV for vandværket	80-86 m u.t.	Aktiv

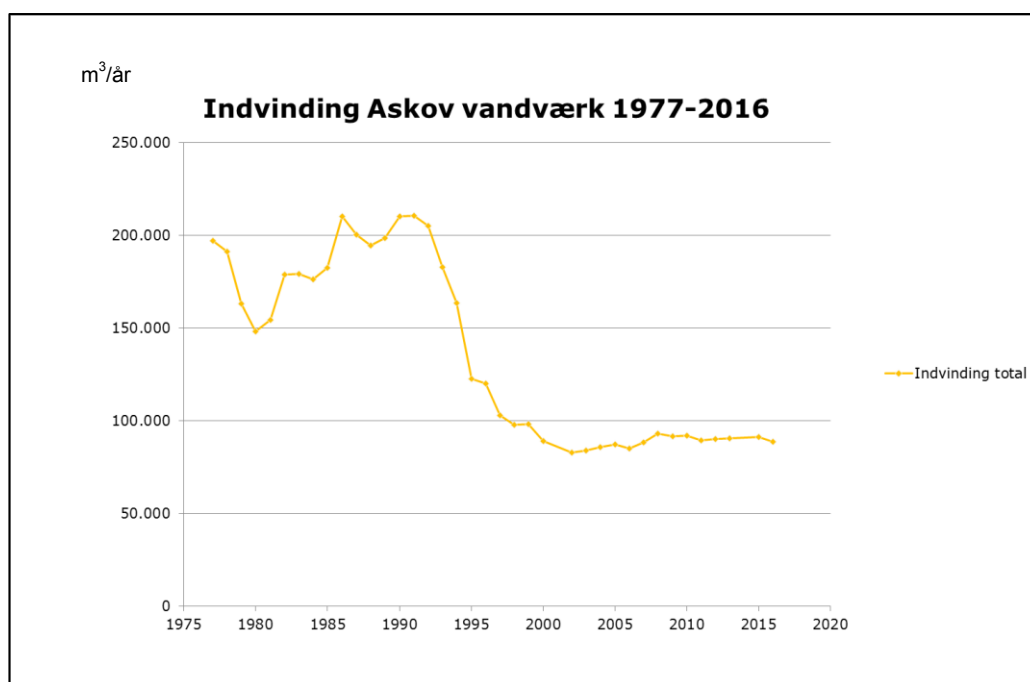
Tabel 3: Borerer tilknyttet Askov vandværk /7/.

Borerer beliggende ved vandværket fremgår af figur 7 og bilag 1.

Det nedre sekundære magasin er adskilt fra det primære magasin ved de påviste leraflejringer beliggende 50-55 m u.t. /6/. Prøvepumpning /8/ samt borehulslogging /9/ af vandværkets borerer viser, at lerlaget observeret 50-55 m u.t. udgør en geologisk barriere mellem de nedre sekundære magasiner og det primære magasin, som vandværket indvinder fra. Lerlaget er ikke påvist i en af vandværkets borerer, men det kan evt. skyldes mangelfuld prøvebeskrivelse. Der er en nedrettet gradient mellem det nedre sekundære grundvandsmagasin og det primære magasin /5/.

Grundvandet fra vandværkets borerer er reduceret uden indhold af nitrat og ilt. Der er blevet observeret stigende indhold af sulfat i flere borerer /6.6/. Stigende sulfatindhold indikerer, at der ved indvindingen trækker grundvand fra overliggende magasiner.

Askov vandværk har en indvindingstilladelse på 110.000 m³/år. I 2016 var indvindingen 88.745 m³. De indvundne mængder i perioden 1977- 2016 fremgår af figur 8 /6.6/.



Figur 8. Indvinding Askov vandværk /7/.

6.3 Forureningssituation

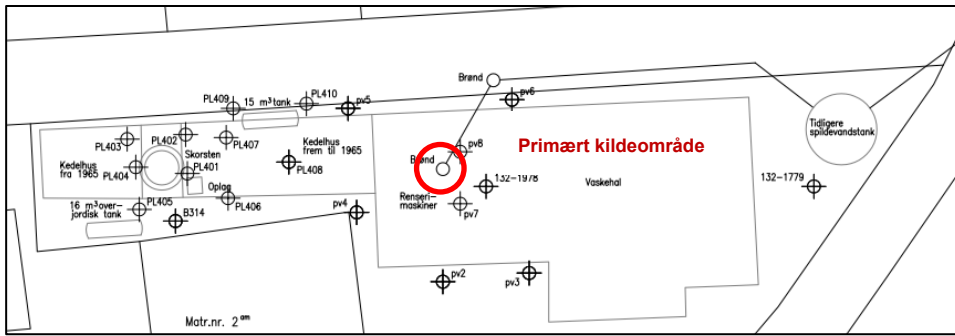
6.3.1 Udførte undersøgelser

I forbindelse med udførelse af en række forureningsundersøgelser i perioden 1995-1998 blev der påvist forurening med chlorerede opløsningsmidler /8/ + /10/. Undersøgelserne omfattede boringer uden for bygningen, hvor renserimaskinerne havde været opstillet, samt poreluftmålinger under gulv i bygningen. Ved undersøgelserne var det ikke muligt at lokalisere kildeområde for forureningen, som primært udgøres af tetrachlorethylen (PCE) /8/.

I 2008 blev bygningerne på ejendommen revet ned, og der blev udført undersøgelser af grundejer. Undersøgelserne omfattede prøvetagning af jordprøver bl.a. umiddelbart under gulv i det område, hvor renserimaskinerne var opstillet. Endvidere blev der udført boringer ved en gennemløbsbrønd, som havde været beliggende under bygningen, samt ved det tidligere oplag af renevæske. Der blev udført supplerende boringer til afgrænsning af forurening med PCE påvist ved gennemløbsbrønden. Endvidere omfattede undersøgelserne prøvetagning af jord fra bund og fronter af udgravning i forbindelse med opgravning af olietanke, som har været anvendt i forbindelse med drift af vaskeriet /11/. Efterfølgende har Region Syddanmark i 2009 udført en afgrænsende undersøgelse af PCE-forurening påvist i moræneler og umættet zone ved tidligere oplag af renevæske /12/. Region Syddanmark har endvidere i december 2016 udført vakuumtest på en boring ved det tidligere oplag af renevæske. Vakuumtesten var kortvarig og blev udført efter den seneste prøvetagning i forbindelse med indeværende projekt, så testen påvirker ikke resultater og vurderingerne præsenteret i denne rapport /13/.

6.3.2 Jord

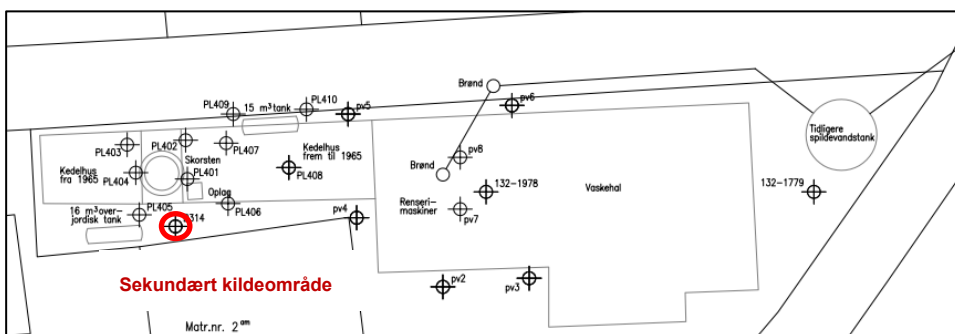
Efter nedrivning af bygninger blev det primære kildeområde med chlorerede opløsningsmidler primært PCE påvist ved en gennemløbsbrønd, som var beliggende under bygningen. Brønden modtog vand fra gulv afløb i det område, hvor renserimaskiner var opstillet i 1970'erne. Figur 9 viser beliggenheden af det primære kildeområde.



Figur 9. Primært kildeområde med PCE.

Resultater af PID-målinger og kemiske analyser viser kraftig forurening i jorden ved og under gennemløbsbrønden. Således er der umiddelbart under brøndens bund i 2,0 m u.t. påvist et indhold af PCE i jorden på 1.700 mg/kg. Analyser af underliggende jordprøver viser indhold af PCE i intervallet 130 – 150 mg/kg til boringens bund i 5,0 m u.t. Kildeområdet er horisontalt afgrænset til moderate indhold af PCE ved flere afgrænsende boringer. Det vurderes, at forureningens kildeområde har en radius på 3,0 m og en udbredelse til bund af morænelersdækket 7,0 m u.t. På baggrund af de målte indhold af PCE i jorden, vurderes det, at der er residual fri fase af PCE i jorden, og at kildeområdet har en kildestyrke på 200 kg PCE. Der hviler dog en betydelig usikkerhed ved disse beregninger, hvorfor det vurderes, at forureningens kildestyrke ligger i intervallet 100 – 400 kg PCE. Der er udført tilsvarende beregninger for randzonen på baggrund af analyser af jordprøver fra de afgrænsende boringer. Med en antagelse om en udbredelse fra hot spot (radius 3 m) og ud til en randzone på 10 m fra kloakbrønden opnås en PCE-mængde på ca. 2 kg /11/. Siden undersøgelserne blev udført i 2008, vurderes det, at der ikke er sket en væsentlig reduktion af kildestyrken bundet som residual fri fase i dæklaget.

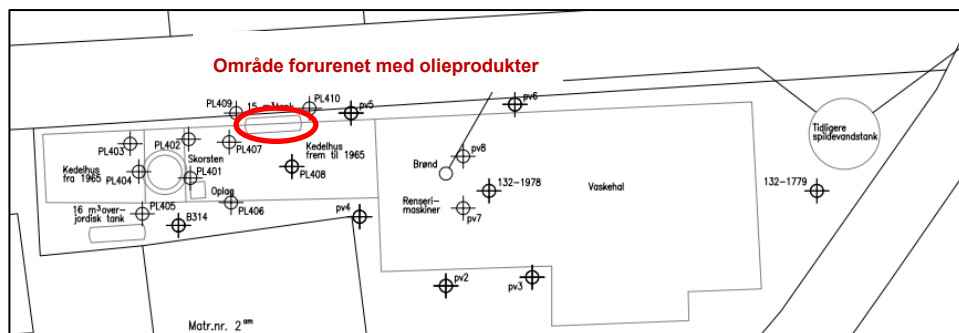
I forbindelse med nedrivningen i 2008 blev der påvist et yderligere sekundært kildeområde med PCE-forurening ved tidligere oplag af rensenvæske, som var placeret i et tidligere kedelhus på den vestlige del af grunden (sekundært kildeområde). Forureningen er knyttet til dæklaget, som på denne del ejendommen har en mægtighed på 4 m. Ved analyse af jordprøver er der påvist indhold af primært PCE i koncentrationer op til 8,6 mg/kg TS /11/ + /12/. Beliggenheden af det sekundære kildeområde med PCE fremgår af figur 10:



Figur 10. Sekundært kildeområde

På baggrund af afgrænsende undersøgelser og vakuumtest vurderes det, at PCE-forureningen ved det sekundære kildeområde ikke udgør en risiko for grundvandsinteresser og vandindvinding i det nærliggende vandværk /13/. Forureningen ved det sekundære kildeområde omtales ikke yderligere i denne rapport.

Endvidere er der påvist forurening med olieprodukter ved tidligere tank til fyringsolie placeret ved det nordlige skel af ejendommen. Forureningen blev påvist ved prøvetagning af bund og sidefronter ved optagning af olietanken i 2008. Ved kemiske analyser er der påvist indhold af kulbrinter i koncentrationer op til 12.000 mg/kg TS. Placering af efterladt olieforurening ved tidligere olietank fremgår af figur 11 /6.3/.

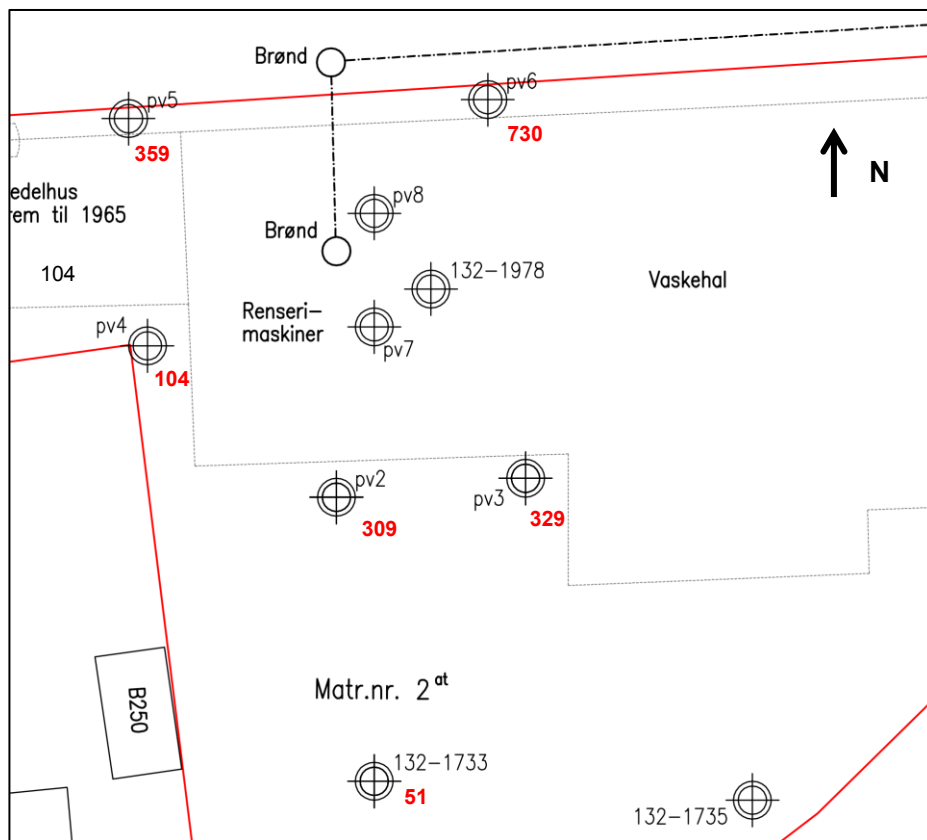


Figur 11. Område med forurening med olieprodukter.

På baggrund af den forekommende geologi og grundvandsforhold vurderes det, at olieforureningen ikke udgør en risiko for grundvandsinteresser og vandindvinding til det nærliggende vandværk /6.3/. Forureningen påvist med olieprodukter omtales ikke yderligere i denne rapport.

6.3.3 Poreluft umættet Zone

Ved undersøgelser og baseline monitoring inden igangsættelser af afværgeforanstaltninger i 1999 blev der påvist forurening med PCE i poreluften knyttet til umættet zone (sand) under moræneler-dækket. Ved måling fra boringer planlagt til passiv ventilation umiddelbart inden opstart i 1999 blev der påvist indhold af chlorerede opløsningsmidler, primært PCE i koncentrationer op til 730 mg/m³ /1/. Påviste indhold af PCE i umættet sand under morænelersdækket er illustreret på figur 12.

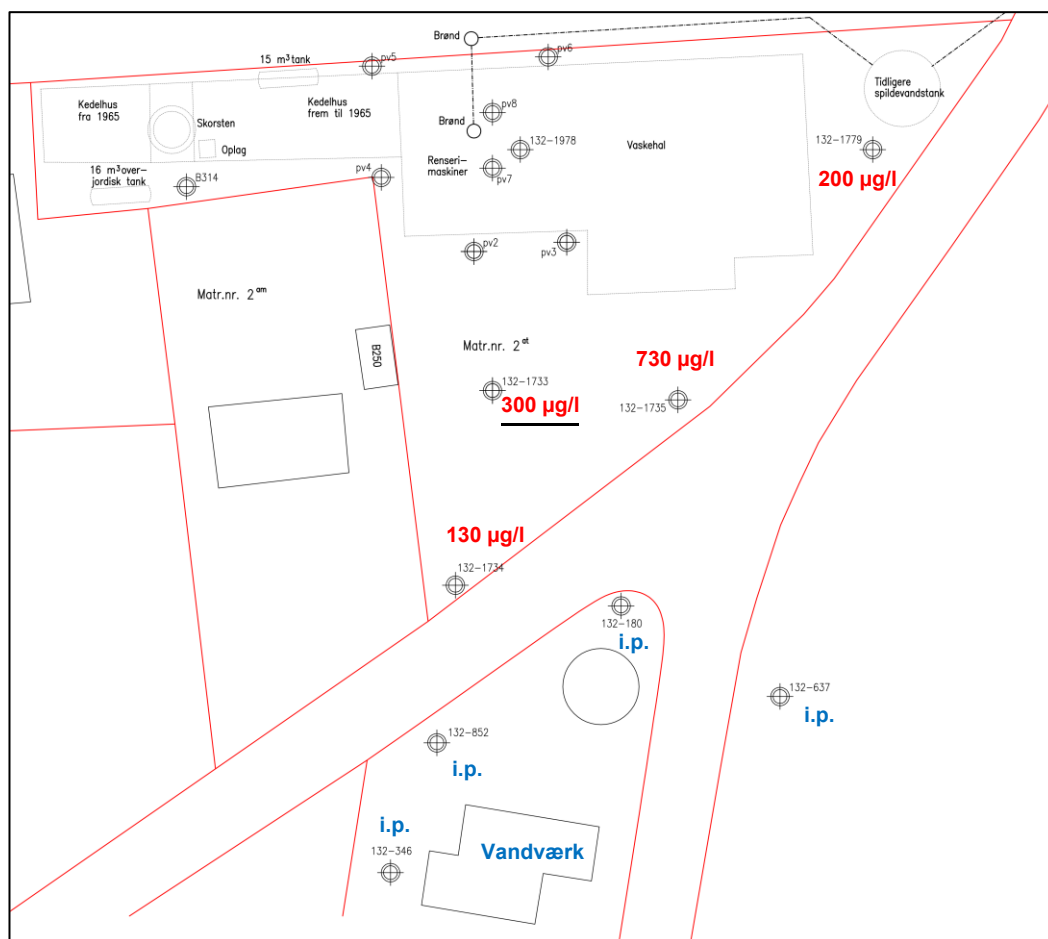


Figur 12. Indhold af PCE i poreluften i mg/m³ i umættet zone i 1999.

De målte indhold af PCE i poreluften er sket i boringer etableret rundt om forureningens kildeområde. Indholdet af PCE i poreluften under forureningens kildeområde har formentlig været minimum en størrelsesorden højere. Efter nedrivning af bygningerne i 2008, blev der etableret 2 supplerende afværgeboringer samt en monitoringsboring. Ved prøvetagning af poreluft blev der i de nye boringer, placeret ved kildeområdet, målt indhold af PCE i koncentrationer op til 6.400 mg/m^3 for poreluften i umættet zone under morænelersdækket.

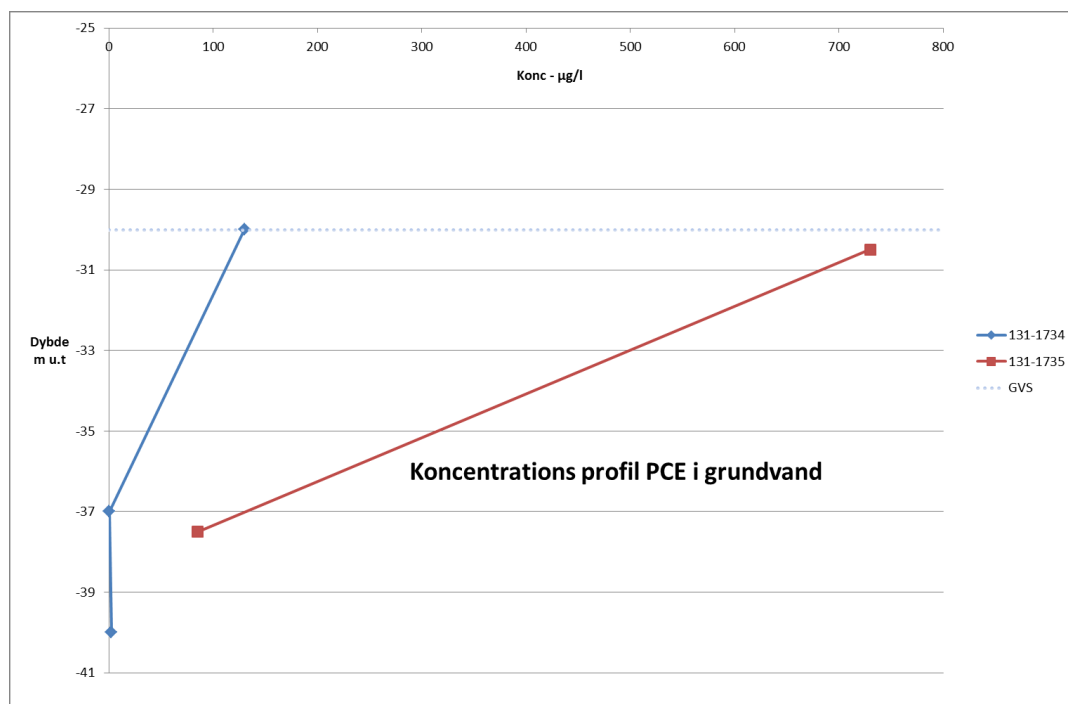
6.3.4 Grundvand

Ved undersøgelser udført 1997-1999 blev der etableret i alt 3 boringer til prøvetagning af det nedre sekundære grundvandsmagasin. Boringerne blev udført til en dybde af 42 m u.t., og filtersat med flere filtre i grundvandsmagasinet. Ved analyser af grundvand, blev der påvist chlorerede opløsningsmidler primært PCE. Højeste koncentrationer blev påvist i toppen af det sekundære grundvandsmagasin, hvor der blev påvist indhold af PCE i koncentrationer op til $730 \mu\text{g/l}$. Endvidere blev der i starten af år 2000 etableret en boring til afværgepumpning fra det sekundære grundvandsmagasin. Inden opstart af afværgepumpning, blev der påvist et indhold af PCE i boringen på $200 \mu\text{g/l}$. Påviste indhold af chlorerede opløsningsmidler i toppen af det nedre sekundære grundvandsmagasin fremgår af figur 13.



Figur 13. Påvist forurening (1999/2000) i nedre sekundært grundvandsmagasin (rød) og i det primært magasin/vandværksboringer (blå).

Forurening i det nedre sekundære magasin var aftagende med dybden. Koncentrationsfordeling med dybden ved prøvetagning i oktober 1999 fremgår af figur 14.



Figur 14. Koncentrationsfordeling af PCE i det nedre sekundære magasin ved prøvetagning i oktober 1999.

Der er ikke påvist forurening i råvandet fra borerne tilhørende Askov vandværk.

6.4 Gennemførte afværgeforanstaltninger fase 1

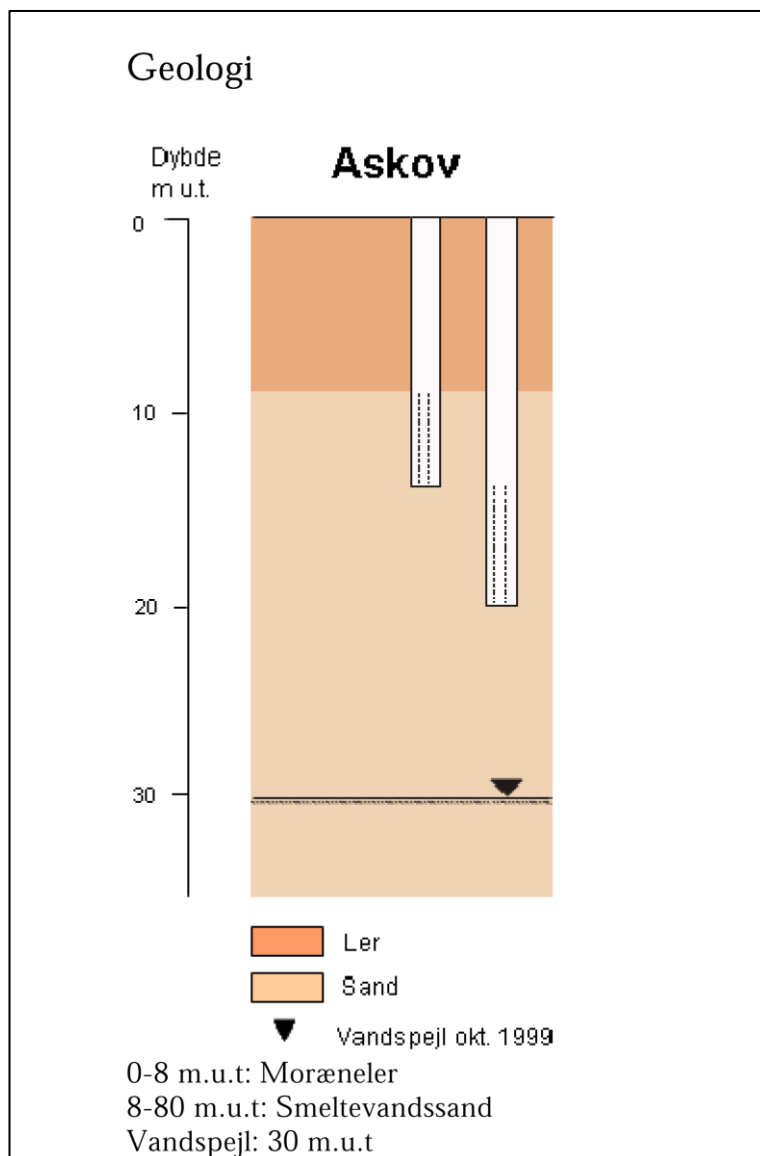
6.4.1 Passiv ventilation

Der blev i december 1999 igangsat afværge ved passiv ventilation for at afskære forureningen fra det underliggende grundvandsmagasin. Afværgesystemet var i drift frem til 2008, hvor bygningerne på ejendommen blev nedrevet. Afværgesystemet omfattede i alt 6 borer, hvoraf en af disse var en eksisterende monitoringsboring (132.1733), hvor et filter i umættet zone blev tilkøbt afværgesystemet. Afværgeboringerne er benævnt PV1-PV6. Boringernes placering fremgår af figur 13. Boringerne blev udført som 6" tørboringer og filtersat med ø63 mm PEH-filter. Boringerne PV2, PV3, PV4 og PV6 er udbygget med 2 filtre i forskellig dybde (øvre og nedre), mens PV5 er udført med et langt filter over samme dybdeinterval. Filtersætning og udbygning fremgår af tabel 5.

Boring	Dæklagstykkelse [m]	Øver filter [m u.t.]	Nedre [m u.t.]	Konc. ved start øvre [mg/m ³]	Konc. ved start nedre [mg/m ³]
PV 1 132.1733	6,1	9-11	20-22	51	49
PV2	7,9	8-13	15-20	309	113
PV3	7,8	8-13	15-20	329	112
PV4	5,7	6-11	15-20	104	59
PV5	5,8	6-20 (et langt filter)		359	
PV6	8,7	9-14	15-20	730	318

Tabel 5. Boringer som indgik i afværgesystemet med passiv ventilation i perioden 1999-2008 /1/

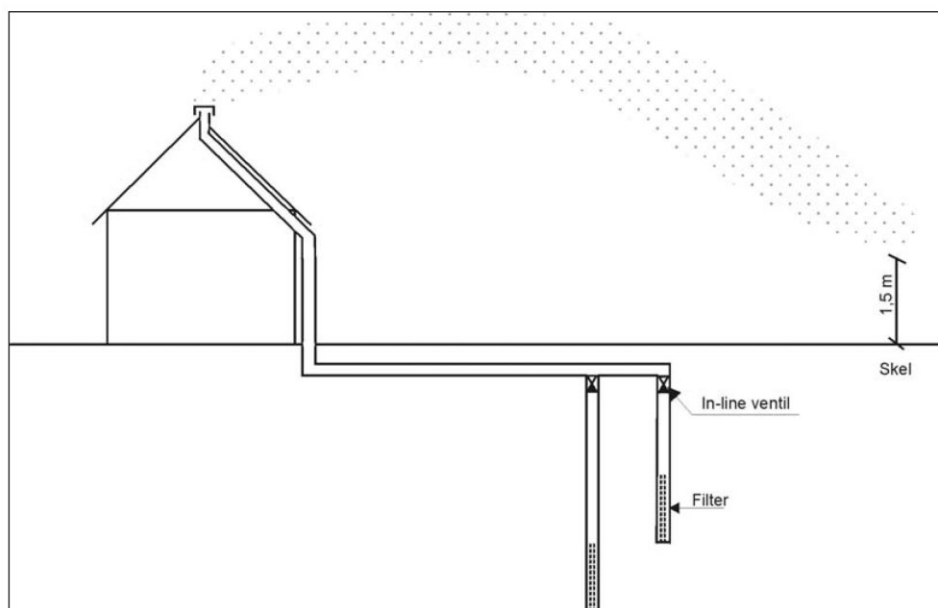
Principskitse og over filtersætning for borerne PV2, PV3, PV4 og PV6 fremgår af figur 15 /2/:



Figur 15. Geologi og filtersætning PV2, PV3, PV4 og PV6 /2/.

Filterene fra borerne var afsluttet i tørbrønde, og der var installeret in-line èn-vejs ventiler i hvert filter. Der var trukket et afkast fra hver brønd, som var ført op langs husmuren og over tag på vaske-ribyningen, hvor afkastluften blev afledt uden rensning. Afkastet blev vurderet ved OML-beregning i henhold til Miljøstyrelsens luftvejledning /4/. Principskitse og billeder af envejsventiler fremgår af figur 16 /2/:

Illustration af system



Figur 16. Principskitse for etablering af afværgesystem samt billede af in-line én-vejs ventil /2/

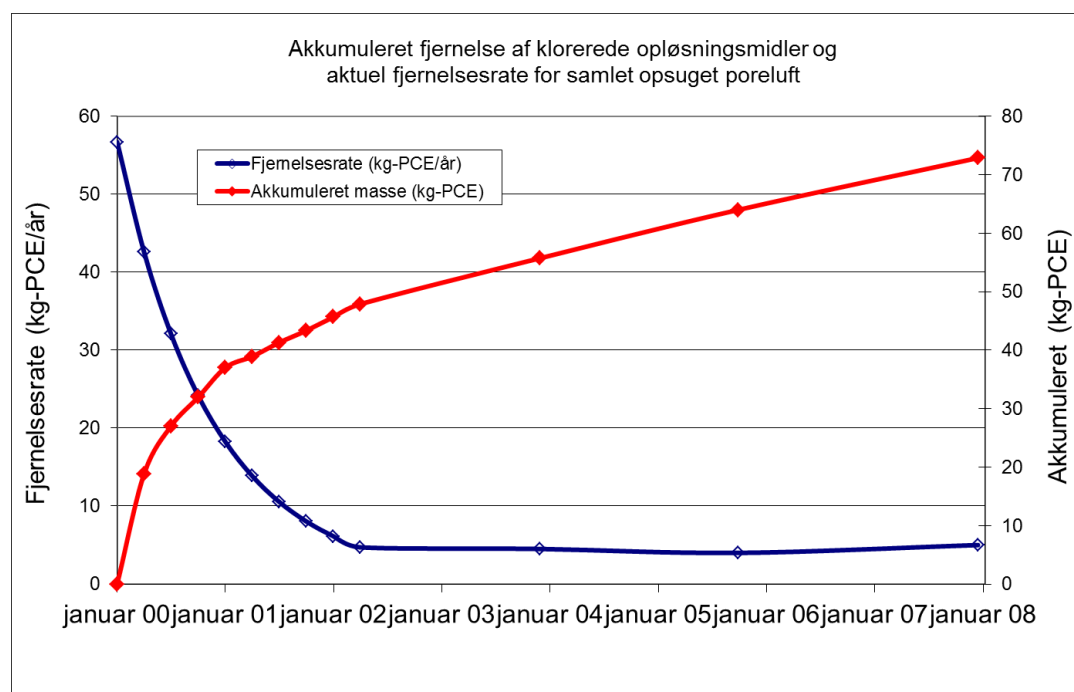
Afværgesystemets funktion og effekt er afrapporteret i /1/ og /2/. For systemets 2 første driftsår blev flow og trykdifferens monitoreret i udvalgte boringer og filtre, og der er i tabel 6 opstillet statistisk for pumpeflow for perioden 2000-2001 /1/.

Data for afværgesystem for passiv ventilation i perioden 2000-2001	
Flow fra enkeltfiltre:	
Minimale årligt middel luftflow findes i PV2-2	1,4 m ³ /t
Maksimalt årligt middel luftflow findes i PV3-1	2,9 m ³ /t
Gennemsnitligt årligt middel luftflow for de 11 filtre i PV1-PV6	2,2 m ³ /t
Maksimalt øjeblikkeligt luftflow findes i PV3-1	32 m ³ /t
Statistik på serie med luftflow i PV2-1 øvre:	
Antal udstrømningsperioder	382
Gennemsnitlig afkastet luftvolumen pr. udstrømningsperiode	60 m ³
Gennemsnitlig varighed af en enkelt udstrømningsperiode	16 timer
Samlet tidsmæssig varighed af udstrømningsperioder	42 %
Flow fra totalsystemet med i alt 11 enkeltfiltre i PV1-PV6:	
Samlet årligt middel luftflow	23,7 m ³ /t
Samlet øjeblikkeligt maksimalt luftflow	261 m ³ /t

Tabel 6. Simple statistiske egenskaber for variationen af luftflow i perioden 2000-2001. Middelflow er omregnet til årlige værdier, idet der kun sker udstrømning af poreluft i ca. 50 % af tiden /2/.

Undersøgelser viser, at der er observeret differenstræk op til ± 10 mBar mellem den umættede zone og atmosfæren. Endvidere er der ved tracér test med kulmonooxid påvist, at der er en influensradius på mindst 12 m for boring PV 2, som testen blev udført på /2/.

Ved status i 2008 var koncentrationen af PCE reduceret med over 85 %. Koncentrationen i afværgeboringerne var stabiliseret omkring 20 mg/m³. Fjernelsesraten var i starten ca. 55 kg/år, men faldt efter 2 års drift til et stabilt niveau på 4-5 kg PCE/år. Den samlede akkumulerede fjernelse af PCE er for perioden 2000-2008 estimeret til 73 kg PCE /2/. Udvikling af fjernelsesrate og akkumuleret fjernelse af PCE i perioden 2000-2008 er illustreret i figur 17 /2/.



Figur 17. Akkumuleret fjernelse og fjernelsesrate i umættet zone, Møllevej Askov, perioden 2000-2008.

Det er estimeret, at afværagesystemet ventilerede et jordvolumen på 15.000 m³, og at porevolumen er blevet udskiftet 47 gange pr. år. Ved status i 2007 vurderes det, at fjernelsesraten for passiv ventilation på 4-5 kg PCE/år svarer tilnærmelsesvist til en stofflux fra dæklaget til den underliggende umættede zone /2/.

6.4.2 Afværgepumpning

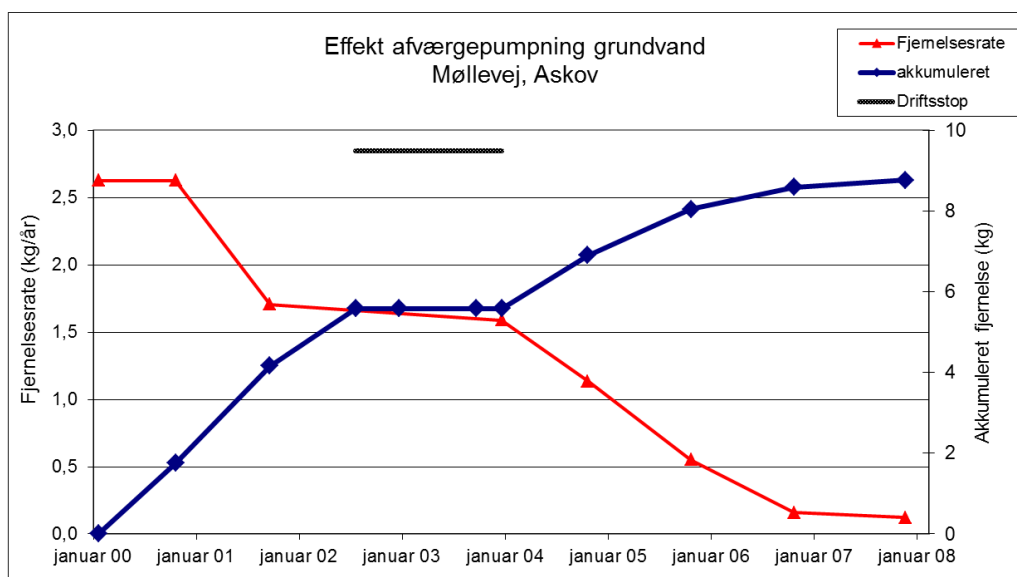
Sideløbende hermed er der i perioden fra 2000 til 2007 udført afværgepumpning fra en boring nedstrøms lokaliteten. Boringen 132.1779 fremgår af figur 13 m fl. Pumpningen blev gennemført i 2 faser opstillet i tabel 7.

Periode	Pumpemetode	Pumpeflow
November 2000 – august 2002	In-Well Aerator	1,5 m ³ /h
Januar 2004 - December 2007	Dykpumpe	3,7 m ³ /h

Tabel 7. Afværgepumpning boring 132.1733.

Ved anvendelse af In-Well Aerator blev grundgrundvandet oppumpet og rensat ved stripping for PCE ved pumpeprocessen. Erfaring og resultater med metoden er afrapporteret i /6/. I 2004 blev In-Well Aerator systemet efter en driftspause erstattet med en traditionel dykpumpe, da indholdet af PCE i grundvandet var faldet, og vandet kunne afledes direkte til kloak.

Ved afværgepumpning er der på 8 år fjernet ca. 9 kg PCE illustreret ved figur 18. Figuren viser fjernelsesrate og akkumuleret fjernet masse for PCE. På baggrund af en faldende og sidst i perioden meget lav massefjernelse blev afværgepumpningen slukket i 2007 /14/.

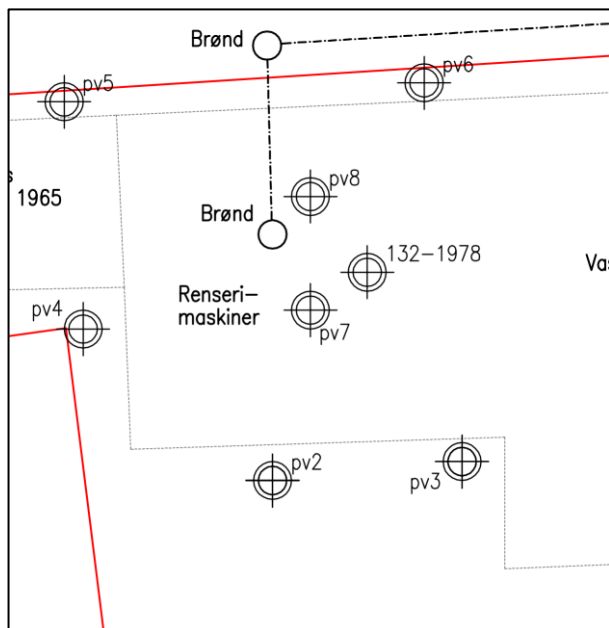


Figur 18. Effekt afværgepumpning, Møllevej 12, Askov /14/.

7. Passiv ventilation fase 2

7.1.1 Etablering

Efter nedrivning af bygninger og påvisning af kildeområde ved gennemløbsbrønd i 2008, blev afværagesystemet til passiv ventilation genetableret i 2008/2009. Afværagesystemet blev udbygget med to nye borer PV7 og PV8 etableret umiddelbart ved kildeområdet. Boringerne fremgår af figur 19.



Figur 19. Afværgeboringer til passiv ventilation.

Boringerne PV7 og PV8 blev udført som 6" tørboringer med 2 separate filtre i umættet zone. Afværagesystemet blev indrettet således, at boringerne PV2, PV3, PV6, PV7 og PV8 indgik i afværagesystemet. På grund af et lavt indhold af PCE udgik boringerne PV1 (132.1733), PV4 og PV5 som afværgeboringer. Boringerne blev bibeholdt med henblik på monitoring. Boringer som indgår i afværagesystemet fremgår af tabel 8.

Boring	Dæklagstykkelse [m]	Øver filter [m u.t.]	Nedre [m u.t.]	Konc. 2008 øvre [mg/m ³]	Konc. 2008 nedre [mg/m ³]
PV2	7,9	8-13	15-20	170	9
PV3	7,8	8-13	15-20	12	1
PV6	8,7	9-14	15-20	80	30
PV7	6,7	7-12	15-20	6.400	105
PV8	7,0	7-12	15-20	240	50

Tabel 8. Boringer som indgår i nyt afværagesystem til passiv ventilation inkl. forureningsniveau inden genetablering i 2009.

I forbindelse med etablering af boring PV7 og PV8 blev der endvidere etableret en monitoringsboring DGU nr. 132.1978 placeret tæt på kildeområdet. Placering fremgår af figur 17. Placeringen er valgt ud fra, at den står i betydelig afstand fra de to nærmeste afværgeboringer, således at boringen viser det generelle forureningsbillede i umættet zone, og at billedet ikke er påvirket af præferentielle strømningsveje tæt på afværgeboringerne. Boringen blev udført som 8" tørboring til en dybde af 34

m u.t. Boringen blev filtersat med 2 stk. ø63 mm PEH filtre, hhv. et filter, som dækker umættet zone og toppen af det nedre sekundære grundvandsmagasin (filter 2) og et filter i den underliggende mættede zone (filter 1). Endvidere blev boringen udbygget med 6 filtre i den umættede zone, som blev udført i 8 mm kobberør, som var slidset op på en ½ m strækning i bunden af røret. Data for boring 132.1978 fremgår af tabel 9. Borejournaler for boring PV7, PV8 og 132.1978 fremgår af bilag 2.

Filter	Materiale	Filter	Konc. poreluft 2008-2009	Konc. grundvand 2008
Filter 7	8 mm kobber	8,5 – 9,0 m u.t.	760 – 1.590 mg/m ³	Umættet
Filter 6	8 mm kobber	13,5 – 14,0 m u.t.	590 - 890 mg/m ³	Umættet
Filter 5	8 mm kobber	17,5 – 18,0 m u.t.	7 - 10 mg/m ³	Umættet
Filter 4	8 mm kobber	23,5 – 34,0 m u.t.	2,8 - 15 mg/m ³	Umættet
Filter 3	8 mm kobber	26,5 – 27,0 m u.t.	0,3 - 1 mg/m ³	Umættet
Filter 2	63 mm PEH	28-31 m u.t.	2,5 - 8 mg/m ³	Ikke påvist
Filter 1	63 mm PEH	33-34 m u.t.	Mættet zone	6,7 µg/l

Tabel 9. Udbygning monitoringsboring 132.1978 inkl. forureningsniveau 2008 inden genetablering af afværge ved passiv ventilation.

Ved borearbejdet blev der udtaget jordprøver til PID-måling. Resultaterne fremgår af borejournalerne i bilag 2. Der blev udført kemiske analyse for indhold af chlorerede opløsningsmidler for to udvalgte jordprøver fra boring PV7. Resultaterne af kemiske analyser for jordprøver fremgår af tabel 10

Parameter	PV7 - 4,0 m u.t.	PV7-8,0 m u.t
Geologi	Moræneler	Umættet SAND
Chloroform	0,006 mg/kg ts	0.005 mg/kg ts
1,1,1-trichlorethan	<0.005 mg/kg ts	<0.005 mg/kg ts
Tetrachlormethan	<0.005 mg/kg ts	<0.005 mg/kg ts
Trichlorethylen	0,39 mg/kg ts	<0.005 mg/kg ts.
Tetrachlorethylen	17 mg/kg ts	5,7 mg/kg ts

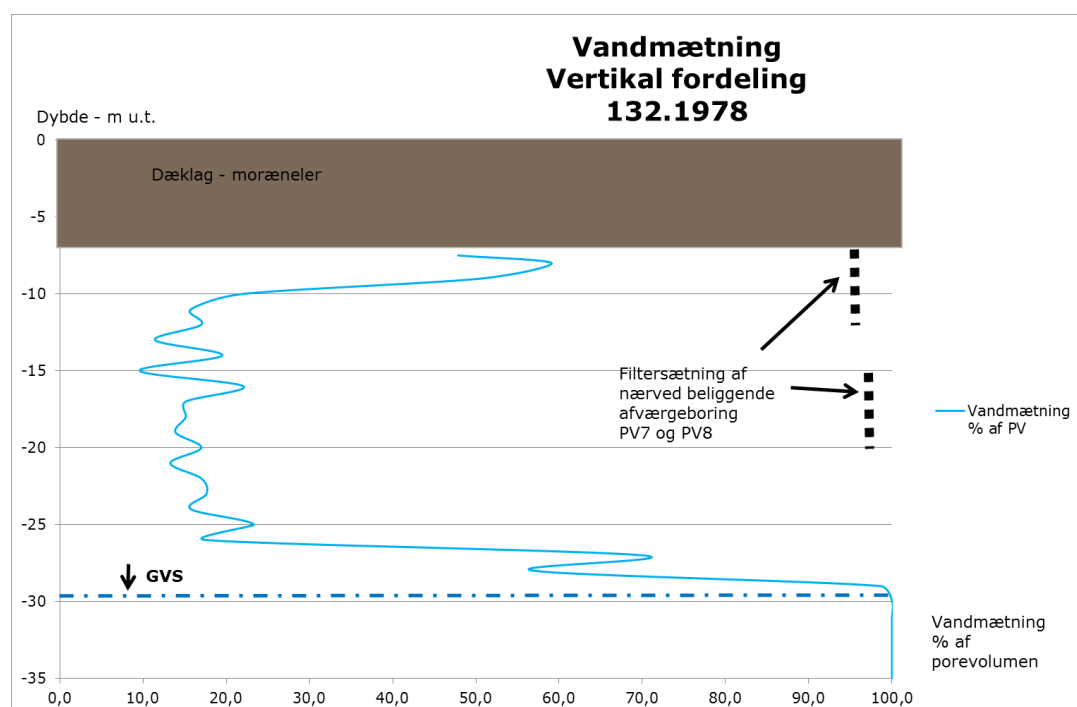
Tabel 10. Indhold af chlorerede opløsningsmidler i jord for PV7 etableret ved kildeområde.

Vandindhold blev bestemt for jordprøver udtaget under dæklaget, hvor der er påvist sand, som udgør den umættede zone (fra 7,5 – 29 m u.t). For boring 132.1978 blev porøsiteten bestemt for en jordprøve udtaget med B-rør i dybden 9,0 m u.t. Jordprøven fra 9.0 er beskrevet som SAND, mellemkornet, stenet. Porøsiteten for jordprøve udtaget 9,0 m u.t. er bestemt til 0,31. Vandindhold samt porøsitet for borerne PV7, PV8 og 132.1978 fremgår af tabel 11.

Tabel 11 indeholder endvidere beregnet vandindhold i % af porevolumen for boring 132.1978. Beregninger er baseret på en massefylde (1,83 kg/l for tørret prøve) og en porøsitet på 0,31 bestemt for jordprøve udtaget i 9,0 m u.t. Vandindholdet er illustreret på figur 20. Under dæklaget er der fra 7,5 m u.t. et vandindhold på ca. 50 % af porevolumen. Fra 10 m u.t. og derunder er der signifikant lavere vandindhold på 9-22 % af porevolumen. Fra 27 m u.t. ses stigende vandmætning ned til mættet zone i ca. 30 m u.t. Særligt for sandet fra under 10 m u.t. til 26 m u.t. er vandmætningen lav, hvilket medfører både høj gasdiffusivitet og gaspermeabilitet

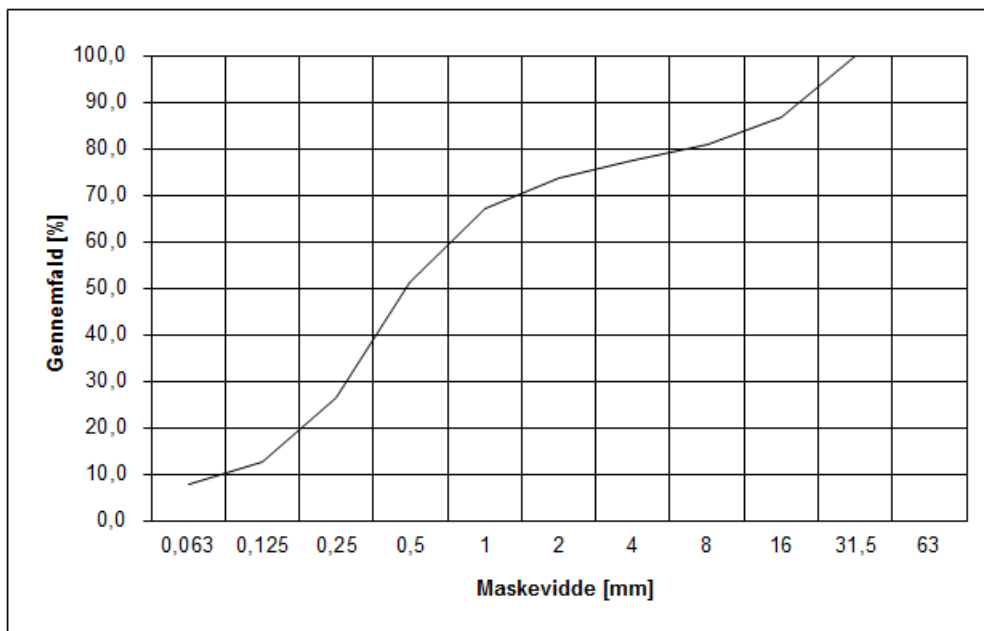
Dybde [m u.t.]	132.1978 % ww	138.1978 % af porevolumen	Boring PV7 % w/w	PV8 % w/w
7,5	7,5	47,9	7,9 %	i.a.
8	9,1	59,1	i.a.	11%
9	7,9 (0,31)	50,6	i.a.	i.a.
10	3,6	22,0	i.a.	i.a.
11	2,6	15,8	3,3 %	2,9
12	2,8	17,0	i.a.	i.a.
13	1,9	11,4	i.a.	i.a.
14	3,2	19,5	i.a.	i.a.
15	1,6	9,6	i.a.	i.a.
16	3,6	22,0	i.a.	i.a.
17	2,5	15,1	2,5 %	4,0 %
18	2,5	15,1	i.a.	i.a.
19	2,3	13,9	i.a.	i.a.
20	2,8	17,0	i.a.	i.a.
21	2,2	13,3		
22	2,8	17,0		
23	2,9	17,6		
24	2,6	15,8		
25	3,8	23,3		
26	2,9	17,6		
27	10,6	70,0		
28	8,8	57,0		
29	16,7	98,6		

Tabel 11. Vandindhold umættet zone i % w/w, % af porevolumen og porøsitet (0,31).



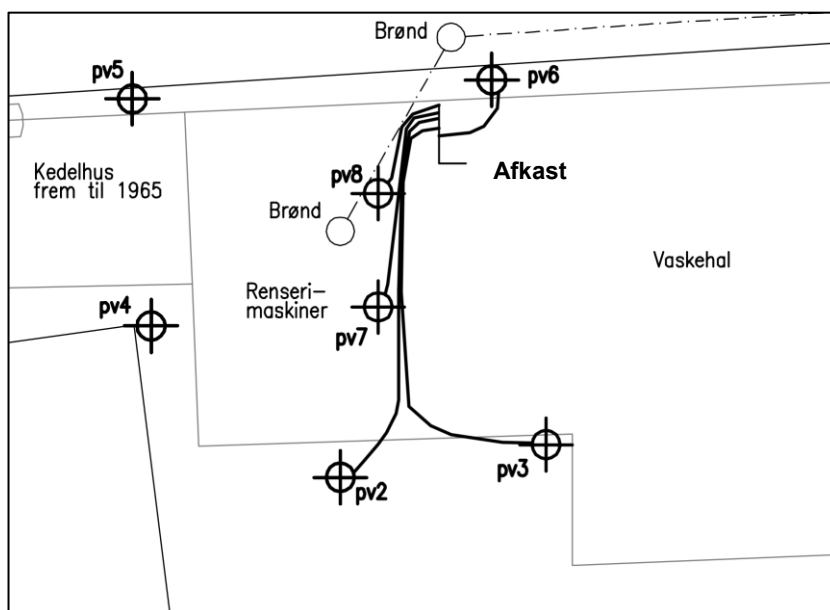
Figur 20. Vandmætning i umættet zone.

For en jordprøve udtaget fra boring 132.1978 – 9 m u.t. (prøve udtaget med B-rør) blev der udført sigtekornsanalyse. Resultaterne viser usortet sand (fin, mellem og grov) med en betydelig del af indholdet beliggende i grusfraktionen (fin til mellem). Resultater af sigtekornsanalyse fremgår af figur 21:



Figur 21. Sigtekornsanalyse boring 132.1978 – 9,0 m u.t.

Ved genetablering af afværgesystemet, blev borerne PV7 og PV8 afsluttet med en tørbrønd og der blev installeret in-line én-vejs ventiler i top af blindrøret for hver filter. Endvidere blev ventilerne i borerne PV2, PV2 og PV6 udskiftet med nye tilsvarende ventiler. Filtre i boring PV1, PV4 og PV 5 blev lukket af med propper. Ved genetablering blev afkastluften samlet fra borerne PV2, PV3, PV6, PV7 og PV 8 i et afkast etableret, som en 9 m høj skorsten (kamoufleret som lygtepæl). Afkast-højden blev fastlagt på baggrund af OML-beregninger /15/. Afkastet er efterfølgende blevet reduceret til 6 m over terræn, som følge af faldende afkastkoncentrationer. Situationsplan som viser afværgesystemet fremgår af figur 22 samt endvidere af bilag 3.



Figur 22. Situationsplan med borer, ledninger og samlet afkast for passiv ventilation.

7.2 Undersøgelser og monitoring

Der blev udført uddybende undersøgelser ved genetablering af afværgesystem for passiv ventilation. Undersøgelserne har omfattet følgende elementer:

- Baseline monitoring med analyse af indhold af PCE i poreluft i umættet zone for monitorings- og afværgeboringer udført i oktober 2008 og marts 2009.
- Online målinger for passiv ventilation for boring PV7 i forbindelse med genopstart af afværge i april 2009.
- Monitoring af poreluft i umættet zone 2009 – 2016 i boring PV2, PV3, PV4, PV5, PV6, PV7, PV8 og 132.1978.
- Monitoring grundvand, 2009 – 2017 for dels det nedre sekundære magasin, boring 132.1733, 132.1734, 132.1735, 132.1779 og 132.1978 og dels indvindingsboringer til Askov vandværk.

7.2.1 Metoder

Undersøgelser og monitoring er sket med følgende metoder:

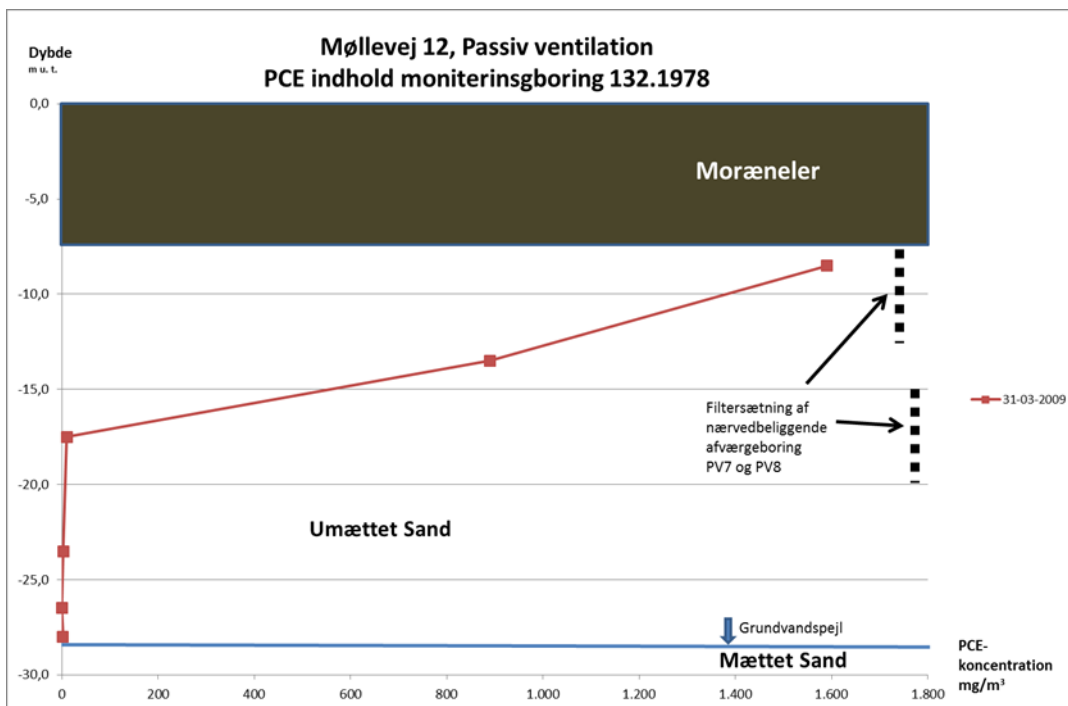
- Online monitoring er udført med Innova photo akustisk gasmåler, som løbende kan måle indholdet af PCE og andre chlorerede opløsningsmidler. Flow, trykdifferensen og barometertryk er målt og logget med feltudstyr.
- Monitoring af poreluft fra boringer med filter i umættet zone er sket under lavtrykkspassager, hvor luften er strømmet ud af boringerne ved passiv ventilation. Opsamling af prøver er sket fra en teflon eller PE-slange, som er blevet sænket 1-2 m ned i PV-boringerne. For Boring 132.1978 er der udført renpumpning med vakuumpumpe (prenart) i 5-10 minutter inden prøvetagning. Målingerne er for en del målerunder udført i felten med Innova Photo akustisk gasmåler. Endvidere er der blevet udført målinger, hvor poreluft er blevet opsamlet på kulrør, som efterfølgende er blevet analyseret for indhold af chlorerede opløsningsmidler på laboratorium. I denne rapport refereres der alene til påviste indhold af PCE, som udgør mere end 90 % af det samlede indhold, med en mindre andel af primært TCE. Der er ikke påvist nedbrydningsprodukter i væsentligt omfang.
- Vandprøver fra det nedre sekundære grundvandsmagasin blev udtaget med Grundfoss MP1 pumpe efter minimum 30 min. forpumpning. Region Syddanmark har forestået monitoring af grundvand i perioden 2013 – 2017. Prøvetagning af vandværksboringer blev udført med de eksisterende pumper i vandforsyningsboringerne. Vandprøver blev analyseret for både moderstoffer og nedbrydningsprodukter på akkrediteret laboratorium.

7.3 Resultater

7.3.1 Baseline monitoring november 2008 –marts 2009

Ved prøvetagning fra af boring PV7, PV8 og 132.1978 blev der påvist væsentlig højere koncentrationer af PCE i poreluften end i de omkringliggende boringer (PV1-PV6). Resultaterne er fremstillet i tabel 9. Indholdet af PCE i PV7 øvre filter (6.400 mg/m^3) var en størrelsesorden større, end hvad der tidligere var blevet påvist på lokaliteten (730 mg/m^3 i PV6). På baggrund af indholdet i PV7 øvre vurderes det, at der må være trængt fri fase af PCE ned igennem dæklaget og videre ned i den øvre del af den umættede zone. Resultater af analyser af jordprøve udtaget i dybden 8,0 (se tabel 10) viser dog ikke et tilstrækkeligt højt indhold, som kunne indikere forekomst af fri fase, men den fri fase kan være forekommende tæt på - i retning mod den tidlige gennemløbsbrønd. Endvidere kan der være bundet en forureningsmasse i porevandet til sandet umiddelbart under dæklaget, hvor der er en vandmætning på 50 % eller mere. Mængden af PCE bundet til porevandet, vil dog have en mindre masse end forekomst af residual fri fase.

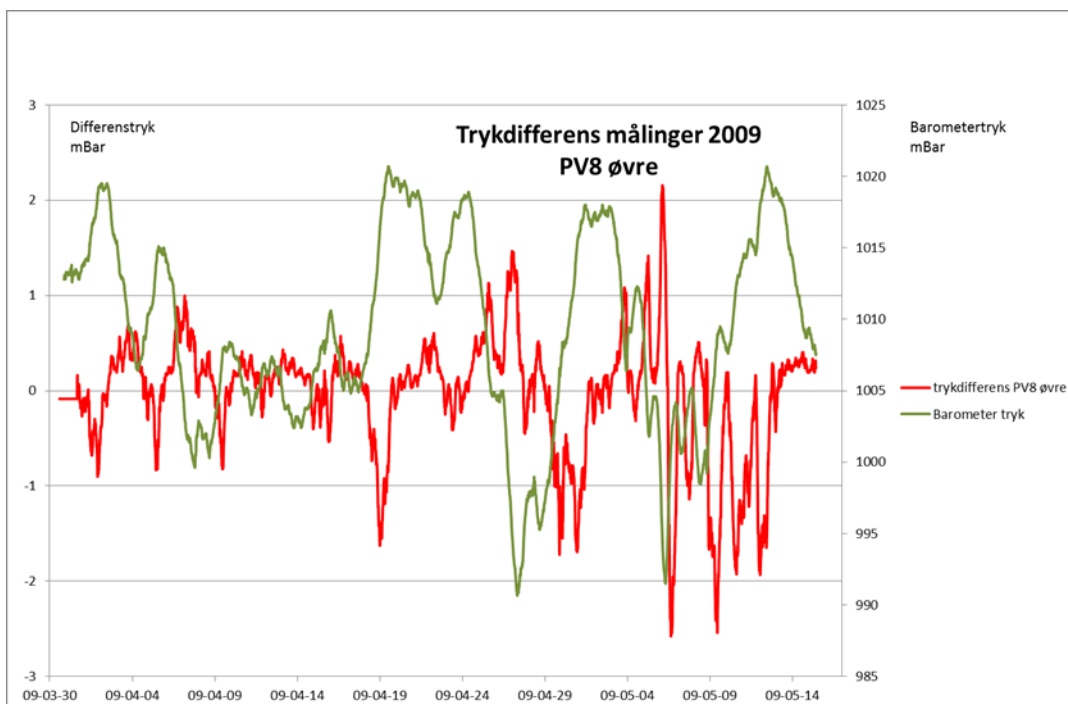
Indholdet af PCE i poreluften for boring 132.1978 viser, at koncentrationen af PCE var aftagende med dybden, og at der forekommer relativt lave koncentrationer i dybder under 15 m u.t. Figur 23 viser den vertikale fordeling af PCE i boring 132.1978 baseret på monitoring i marts 2009 udført i forbindelse med retablering af afværgesystemet til passiv ventilation.



Figur 23. Koncentrationsprofil PCE i umættet zone, 2009.

7.3.2 Online monitoring ved genopstart afværge passiv ventilation

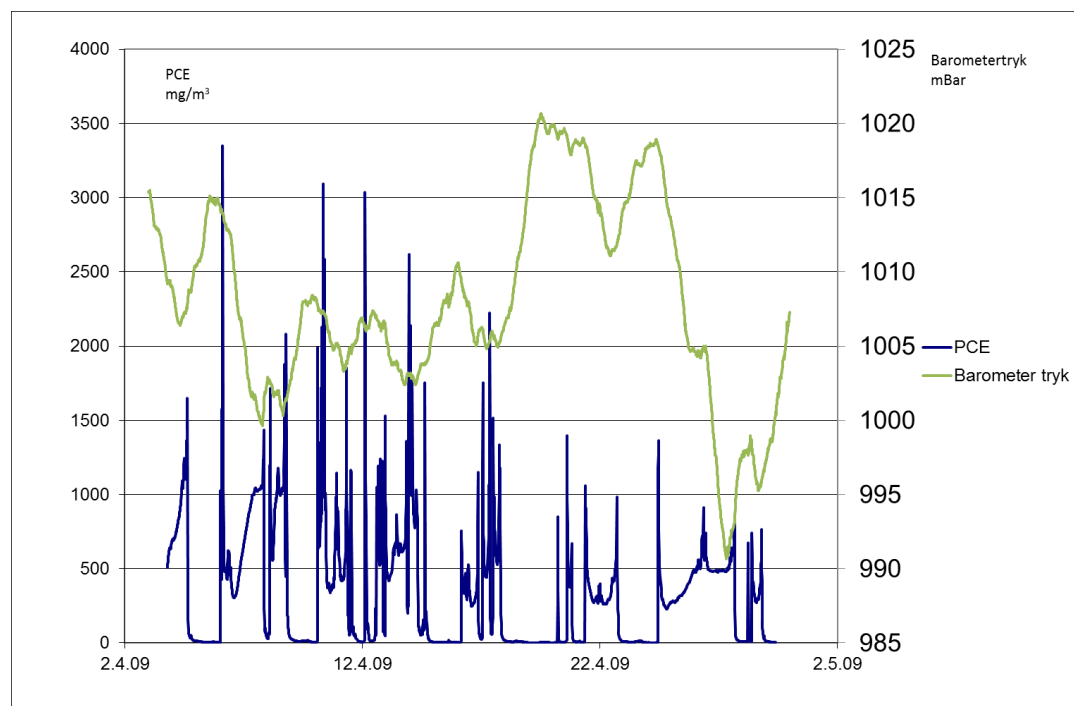
I perioder af foråret 2009 blev forskellige parametre målt/logget på de nye boringer PV7 og PV8. Data for differenstryk (PV8 øvre) og barometertryk er illustreret på figur 24. Der ses, at der er sammenhæng mellem variation i barometertrykket og differensstrykket, således at et lavtryk medfører en opadrettet (positiv) trykgradient, mens der i perioder med højtryk er en nedadrettet (negativ) gradient. Der ses gennem perioden trykgradienter op til ± 3 mBar, hvilket ligger inden for det interval der tidligere er observeret for lokaliteten jf. figur 4.



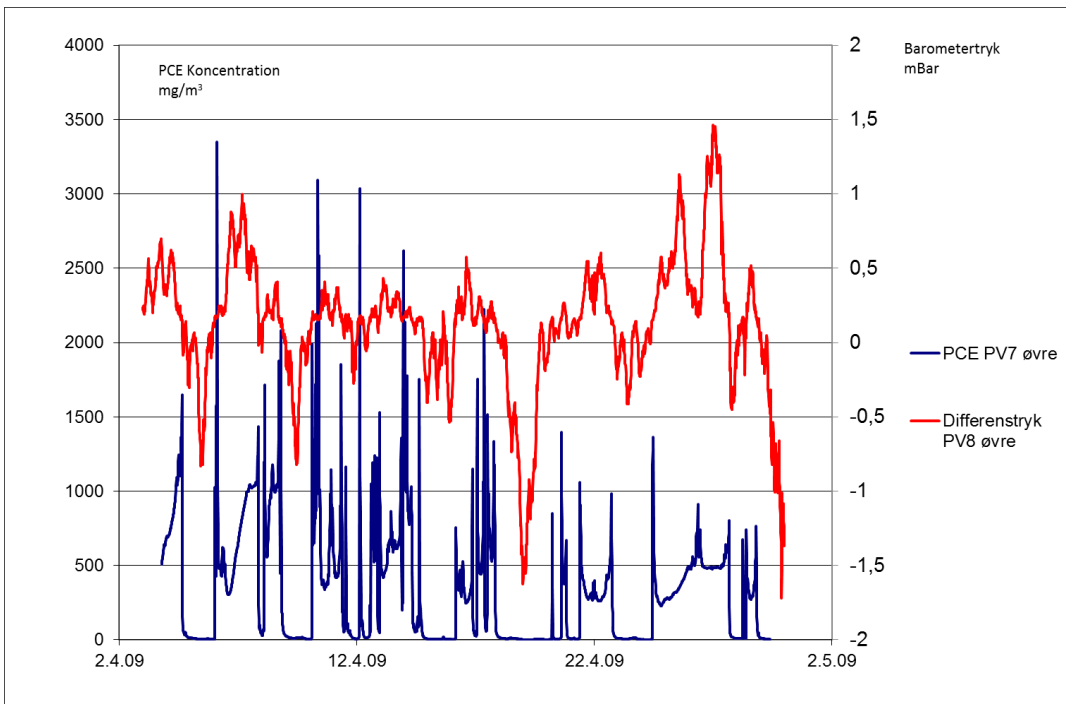
Figur 24. Sammenhæng mellem differenstryk i PV8, øvre og barometertryk.

Koncentrationen af PCE er blevet målt/logget i afkastet fra boring PV7 øvre. Resultater er vist sammen med barometertrykket og differenstrykket på hhv. figur 25 og 26. Der ses, at der forekommer høje indhold af PCE i afkastluften i perioder med lavtrykspassager/opadrettede trykgradienter. I perioder med højtryk lukker èn-vejs ventilen, og der strømmer ingen forurenede poreluft ud af boringen. Det ses, at der forekommer høje "peaks" i PCE-koncentrationen specielt ved opstart af udstrømning i forbindelse med en lavtrykspassage. F.eks. er der påvist et indhold på 3.350 mg/m³ ved start udstrømning den 6. april 2009. Den maksimale koncentration af disse peaks er markant faldende gennem måleperioden og er ved slut under 1.500 mg/m³. Årsagen til disse peaks vurderes at være forårsaget af, at der opbygges et stigende indhold af PCE i poreluften når èn-vejs ventilen er lukket under højtryk. Det faldende niveau tilskrives, at massen af PCE knyttet til sandet bliver reduceret ved den passive ventilation gennem perioden. Det vurderes, at det meget høje indhold i poreluften på 6.400 mg/m³ målt ved baselinemonitering i november 2008, er udtryk for at der er opbygget høje koncentrationer i poreluften i forbindelse med, at afværgesystemet var lukket ned.

Efter en høj peak ved start af udstrømningsperioden falder indholdet til et mere stabilt, men svagt stigende basisniveau. Den laveste koncentration forekommer, når udstrømningen af filteret er størst, og koncentrationen stiger, når flowet falder, typisk i slutningen af udstrømningsperioden. Bundniveauet er stabilt gennem hele perioden omkring 350 mg/m³. Dette indikerer, at mængden af stof, som fjernes ved passiv ventilation, er relativt konstant gennem perioden.

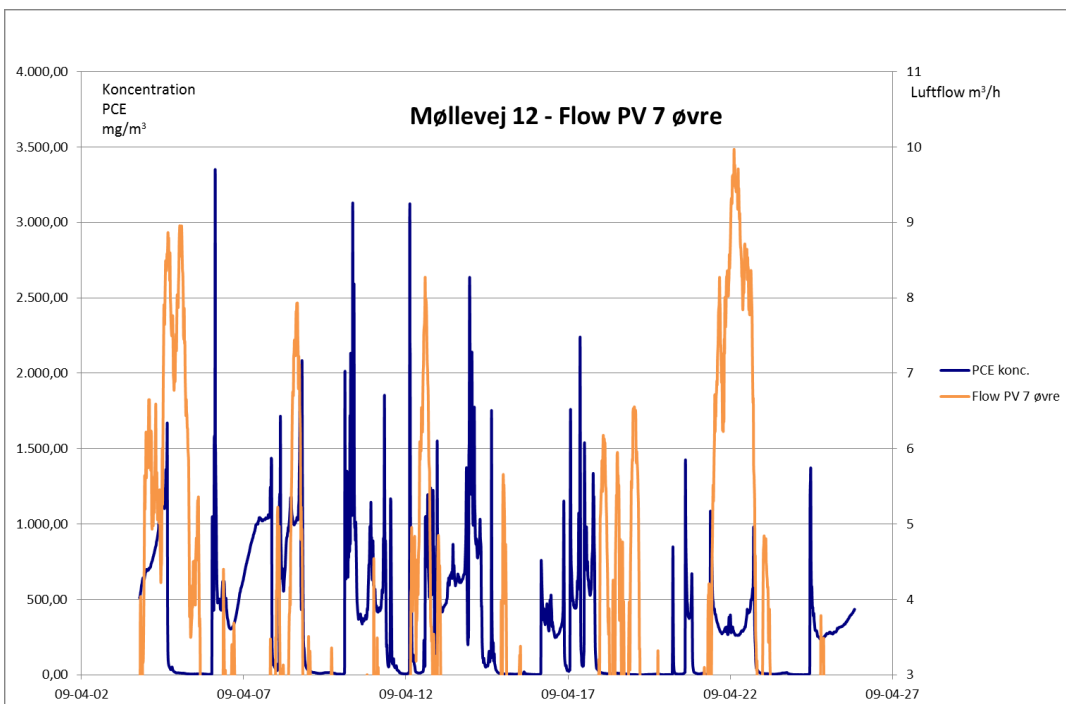


Figur 25. Koncentration af PCE i afkastluften fra PV7 øvre samt barometertryk.



Figur 26. Koncentration af PCE i afkastluften fra PV7 øvre samt barometertryk.

Der er endvidere blevet logget flow for PV7 øvre for perioden 30. marts til 25. april. Data for flow er fremstillet sammen med koncentrationen af PCE i afkastet i figur 27. Data for flowet er forstyrret af en fejlkilde, idet der også er et flow i en periode, hvor én-vejs ventilen er lukket og der ikke måles PCE i afkast. Årsagen vurderes at være, at der trækkes luft ind omkring hullet i boringen, hvor flowmåleren var monteret under én-vejs ventilen. På trods af en fejlkilde viser data, at der sker en markant udstrømning af luft under lavtrykspassager. Der observeres et luftflow på 6-10 m³/h ved de enkelte udstrømningsepisoder.



Figur 27. Sammenhæng mellem luftflow og koncentration af PCE i afkast.

7.4 Monitering passiv ventilation umættet zone

Resultater af monitering af passiv ventilation fremgår i tabelform i bilag 4 for PCE. Resultaterne dækker hele perioden 1999-2016.

Resultater monitering for passiv ventilation præsenteres og vurderes i rapportens kapitel 8.

7.5 Monitering grundvand

Resultater af monitering af grundvand fremgår i tabelform i bilag 5 for PCE. Resultaterne dækker hele perioden 1997-2017.

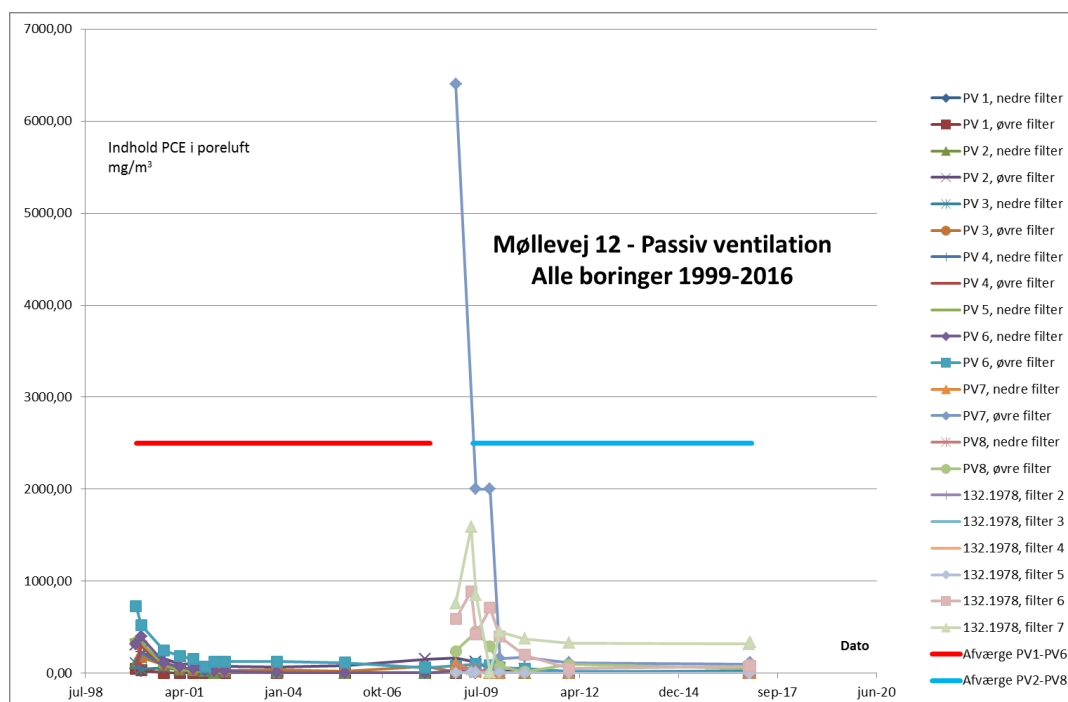
Ved analyser af vandprøver fra Askov vandværk blev der ikke påvist forurening med chlorerede opløsningsmidler. Analysedata fremgår ikke af denne rapport, hvor der henvises til GEUS jupiter databasen.

Resultater af grundvandsmonitering præsenteres og vurderes i rapportens kapitel 8.

8. Effekten af passiv ventilation som afskæringsmetode

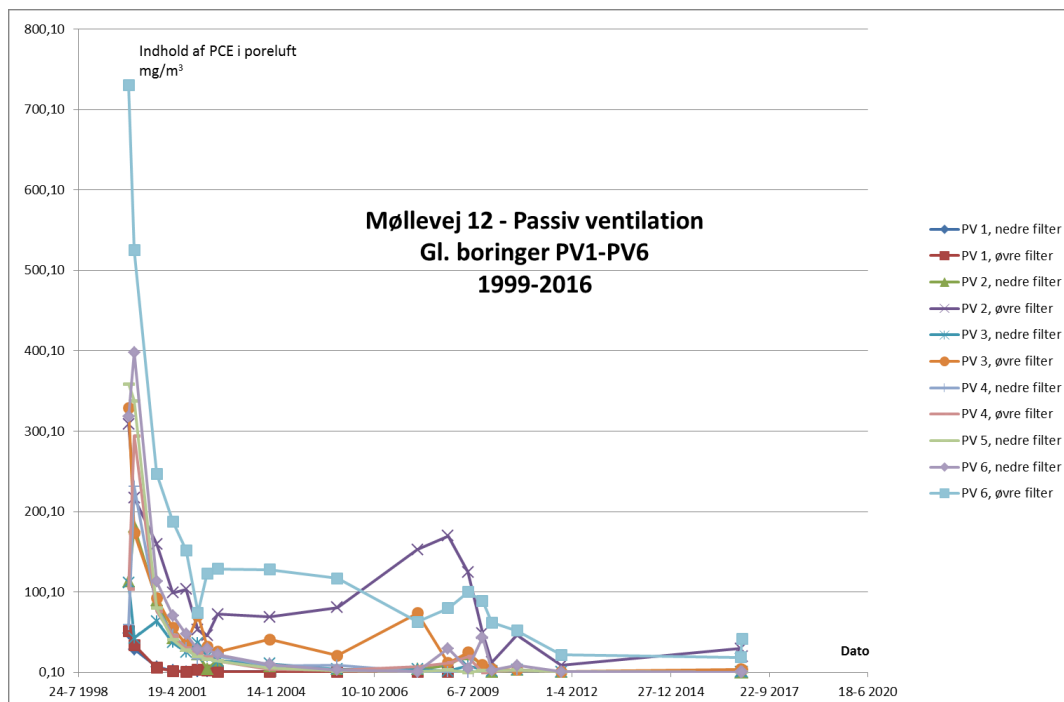
8.1 Effekt i umættet zone

Forureningsudviklingen gennem hele perioden med afværge 1999 – 2016 for samtlige filtre er illustreret i figur 28. Der observeres et fald i indhold af PCE i perioden 1999-2002, hvorefter indholdet er stabilt frem til 2008, hvor afværgesystemet omlægges med etablering af nye borer og ved kildeområdet. Ved etablering af nye borer i 2008 påvises et højere niveau som følge af, at afværgeboringerne blev flyttet ind i kildeområdet. Fra 2008 ses et fald i koncentrationniveauet frem til 2011. Fra 2011 til 2016 ses et stabilt niveau med koncentrationer op til ca. 300 mg/m³.



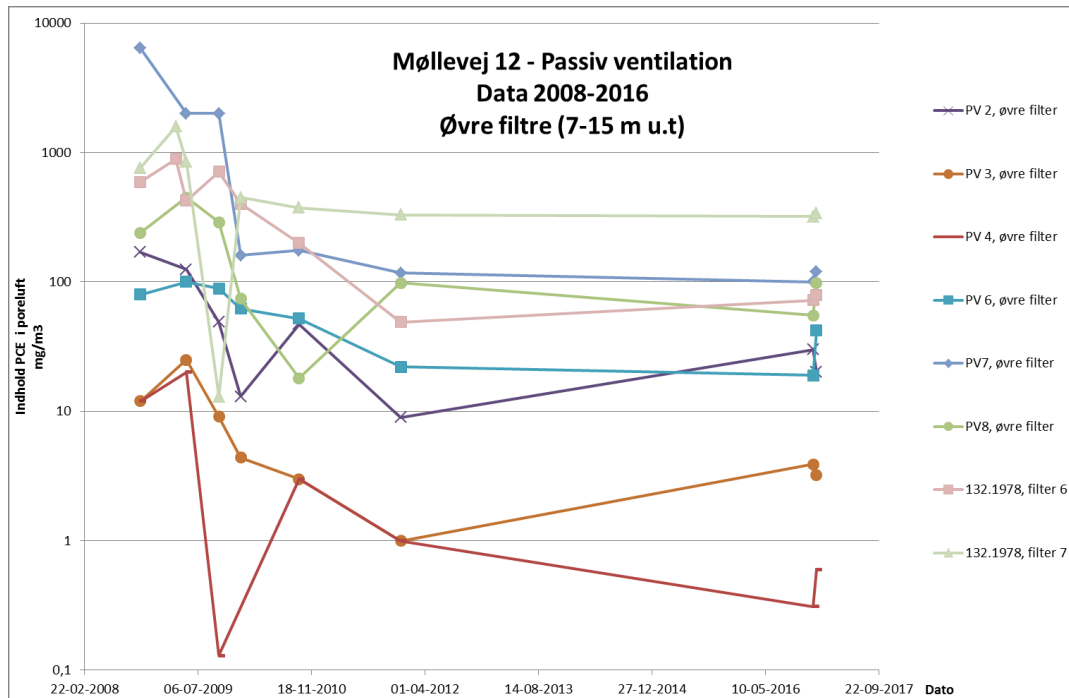
Figur 28. Udvikling af indhold af PCE i alle borer/filtre i perioden 1999-2016.

Koncentrationsudvikling for PCE i poreluft i perioden 1999-2016 for alle "gamle" borer/filtre fremgår af figur 29. Der ses, som ovenfor nævnt, et fald i indhold af PCE i perioden 1999-2002, hvorefter indholdet er stabilt frem til 2008 med koncentrationer op til 150 mg/m³. Efter omlægning af afværge ses et yderligere fald i indhold af PCE for de gamle afværgeboringer, som har et stabilt niveau på op til 50 µg/m³.

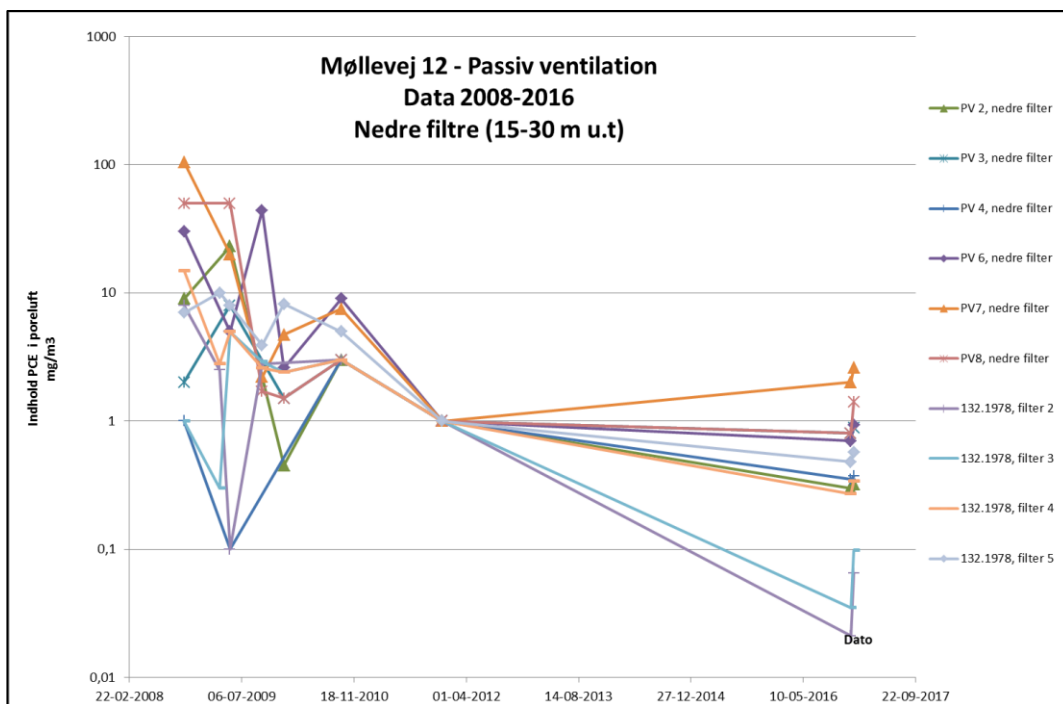


Figur 29. Udvikling af indhold af PCE i alle "gamle" boringer/filtre i perioden 1999-2016.

Koncentrationsudviklingen af PCE i poreluften for alle boringer/filtre er i figur 30 og 31 vist i logaritmisk skala for perioden 2008-2016 hhv. øvre og nedre filtre (o/u 15 m u.t.). Efter omlægning af afværge ses generelt et fald i indholdet af PCE for alle øvre filtre. Der ses et fald i koncentrationsniveauet på 1-2 størrelsesordener for de øvre filtre. Generelt ses der også et fald i samme størrelsesorden for de nedre filtre.

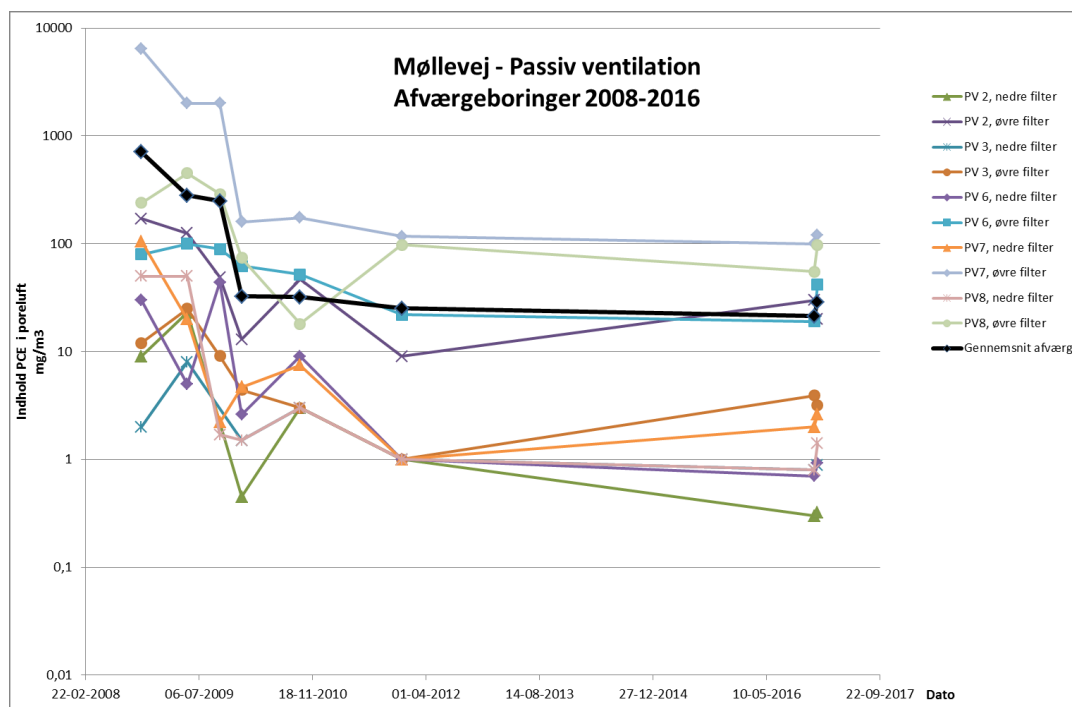


Figur 30. Udvikling af indhold af PCE i alle øvre boringer/filtre i perioden 2008-2016 efter retablering af afværagesystem.



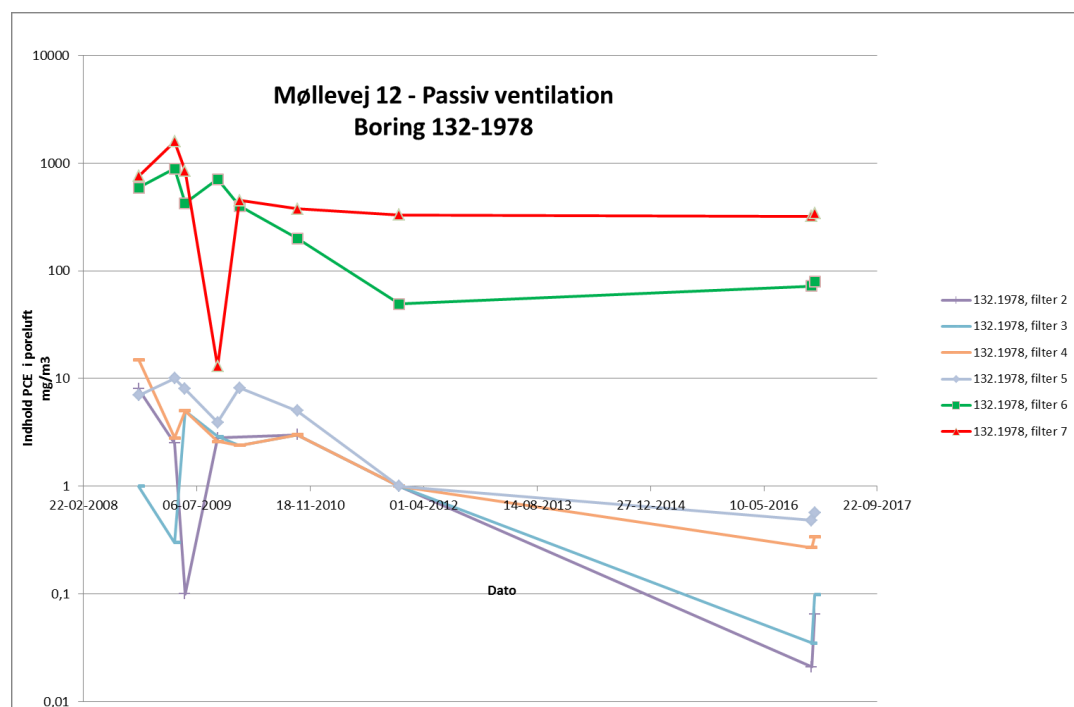
Figur 31. Udvikling af indhold af PCE i alle nedre borer/filtre i perioden 2008-2016 efter retablering af afværgesystem.

Ved genetablering af afværgesystemet indgår borerne/filtrene PV2 (øvre + nedre), PV3 (øvre + nedre), PV6 (øvre + nedre), PV7 (øvre + nedre) og PV8 (øvre + nedre). Koncentrationsudvikling for alle afværgeboringer/filtre fremgår af figur 32, hvor indholdet af PCE er vist i logaritmisk skala. Figuren er påført en gennemsnitskoncentration for alle 10 filtre. Det ses, at koncentrationerne reduceres hurtigt, og der opnås et stabilt niveau. Gennemsnitskoncentrationen blev reduceret med over 95 % inden for 16 måneder efter opstart.



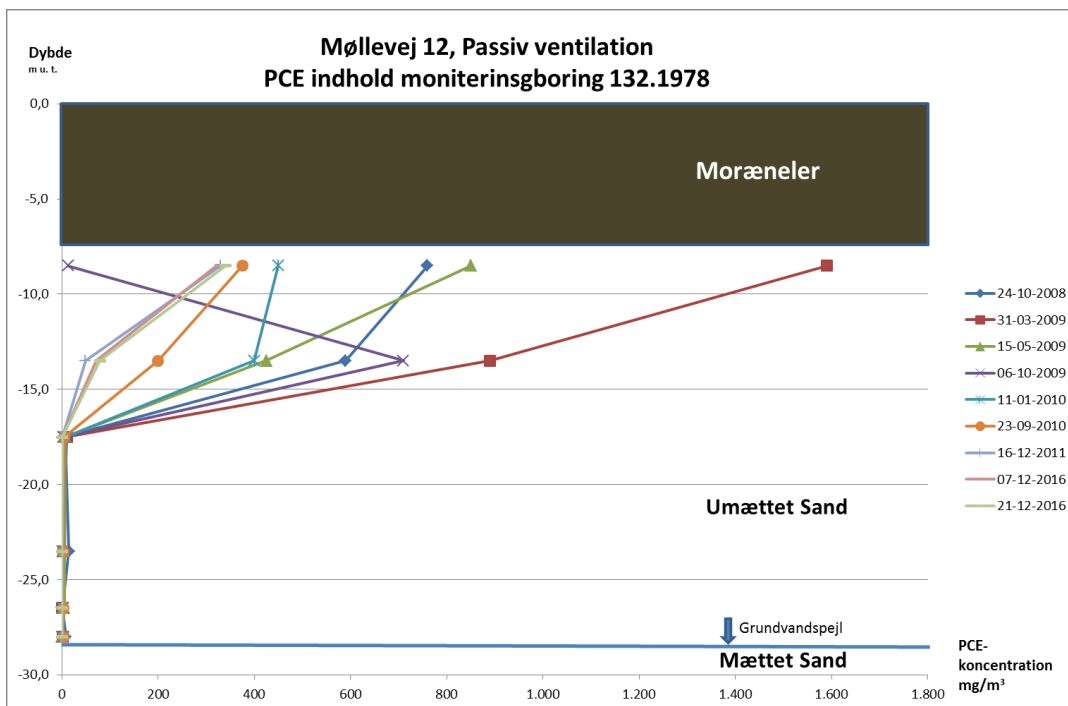
Figur 32. Udvikling af indhold af PCE i alle borer/filtre som indgår som aktive afværgeboringer efter genetablering af afværgesystemet for perioden 2008-2016.

De målte indhold af PCE i monitoringsboring 132.1978 er illustreret i figur 33. Koncentrationer er vist i logaritmisk skala. Der ses for alle borer og et fald i koncentrationsniveauet. For de øvre filtre (filter 6 og 7) er koncentrationen på et stabilt niveau på 70-350 mg/m³, mens de nedre filtre ligger på et markant lavere niveau på under 1,0 mg/m³. For de dybere filtre ses en tendens til yderligere fald i koncentrationen fra 2011 til 2016.



Figur 33. Udvikling PCE-koncentration i boring 132.1978 perioden 2008-2016.

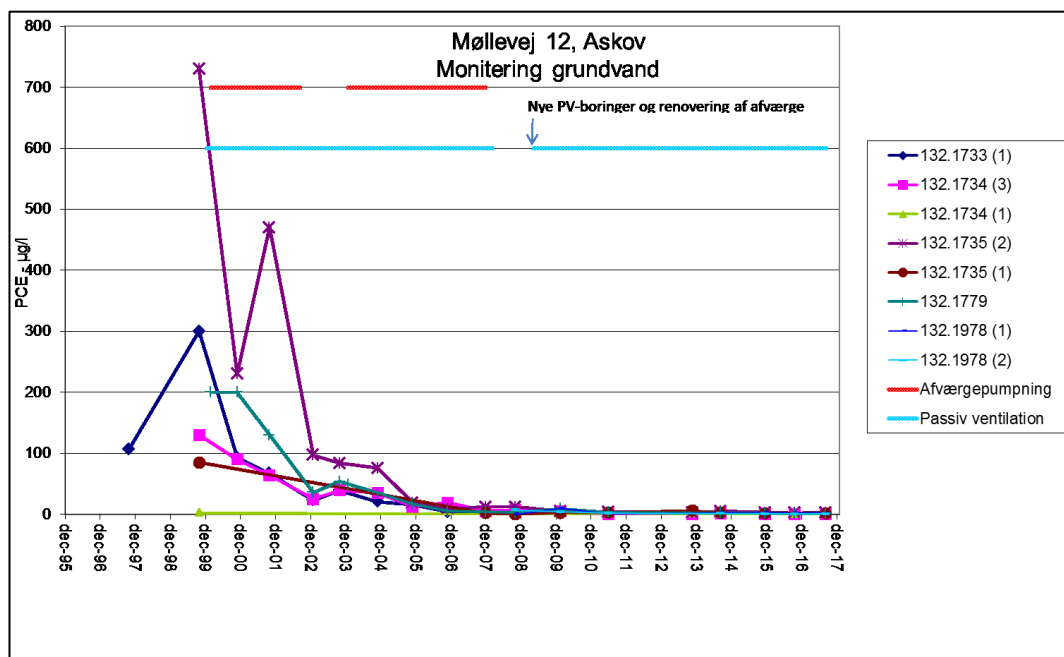
Figur 34 viser ændringer i den vertikale fordeling af PCE i umættet zonen i perioden 2009 – 2016 for monitoringsboring 132.1978. Indholdet af PCE er gennem hele perioden lavt under 15 m u.t. Der ses et markant fald i indholdet af PCE i den øvre umættede zone (7-15 m u.t.) fra 2009 til 2011. I perioden 2011-2016 ses et stabilt niveau for indholdet af PCE.



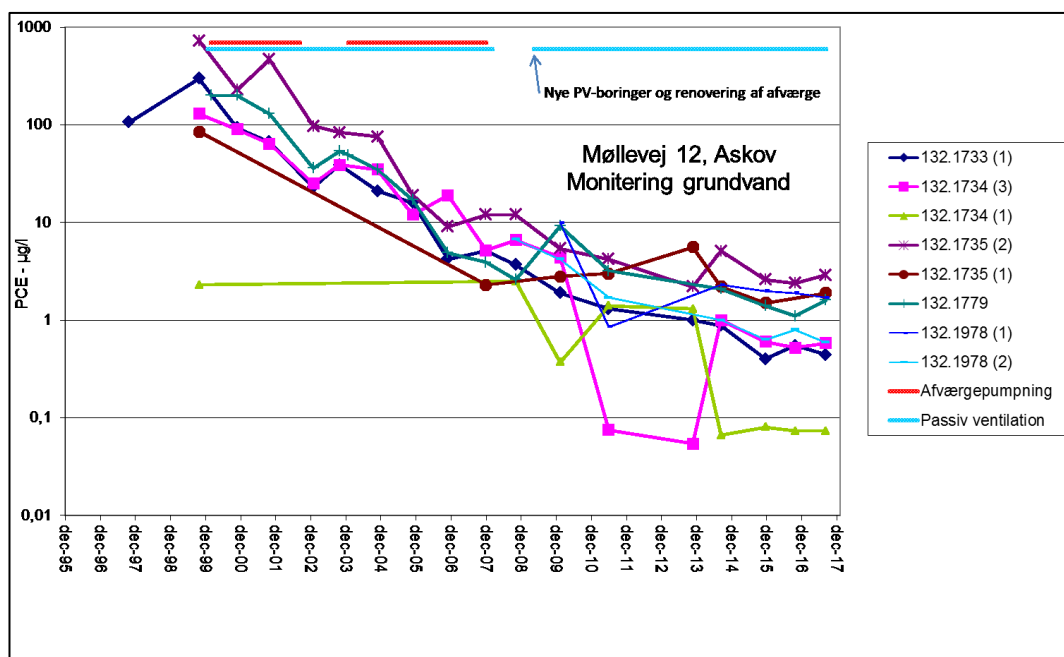
Figur 34. Vertikalt koncentrationsprofil for PCE i umættet zone, 2009-2016.

8.2 Effekt på grundvand

Indhold af PCE i grundvandet for alle monitoringsboringer i perioden 1997- 2017 er illustreret i hhv. lineær og logaritmisk i figur 35 og 36. Der ses generelt en signifikant reduktion af PCE gennem hele perioden. Der ses for de fleste boringer en reduktion på 2-3 størrelsesordener gennem perioden. Gennem de sidste 4 år ses et stabilt indhold af PCE med koncentrationer på op til 3 µg/l i toppen af det sekundære grundvandsmagasin. Også for de dybere beliggende filtre - primært boring 132.1735 f1 (37-38 m u.t.) ses en signifikant reduktion i indholdet af PCE fra 80 µg/l til koncentrationer på niveau med grundvandskvalitetskriteriet på 1,0 µg/l. For det dybeste filter i boring 132.1734 (41-42 m u.t.) ses først et signifikant fald i koncentrationen over de sidste 5 år, hvor indholdet er reduceret med over en størrelsesorden.



Figur 35. Udvikling (lineær) af indhold af PCE i nedre sekundære grundvandsmagasin for perioden 1999-2017.



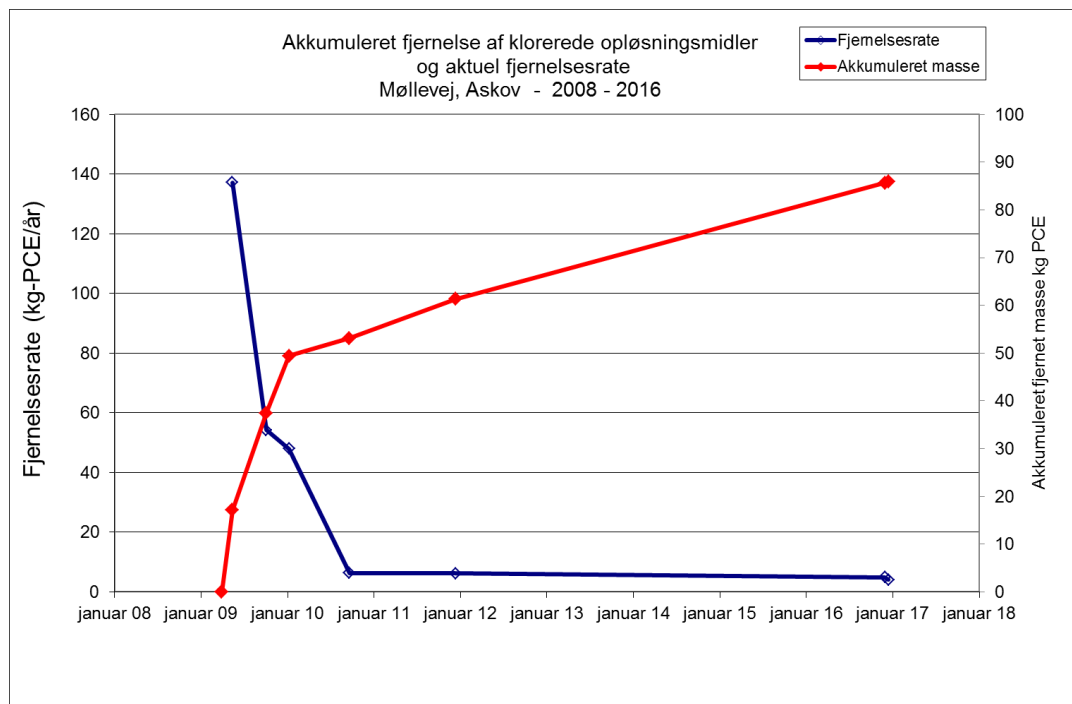
Figur 36. Udvikling (logaritmisk) af indhold af PCE i ned sekundært grundvandsmagasin for perioden 1999-2017.

8.3 Massefjernelse og fjernelsesrate

I forbindelse med afværge i perioden 1999-2007 er massefjernelsen estimeret til 70 kg PCE. Massefjernelsesraten opnåede et stabilt niveau på 4-5 kg/ år /2/. Massefjernelse og fjernelsesrate fremgår af figur 15.

Akkumuleret massefjernelse og fjernelsesrate efter genetablering fremgår af figur 37 for perioden 2009-2016. I 2016 var gennemsnitskoncentrationen af PCE reduceret med over 95 %. Koncentrationen i afværgeboringerne var stabiliseret omkring et gennemsnit på 30 mg/m³. Fjernelsesraten var i

starten ca. 140 kg/år, men aftog hurtigt, og var efter 16 måneders drift nede på ca. 6 kg PCE/år. Den samlede akkumulerede fjernelse af PCE er for perioden 2009-2016 estimeret til 87 kg PCE.



Figur 37. Akkumuleret fjernelse og fjernelsesrate i umættet zone, Møllevvej Askov, perioden 2009-2016.

Samlet er der for de gennemførte afværgeforanstaltninger i perioden 1999-2016 fjernet en akkumuleret masse af PCE på 166 kg. Heraf udgør afværgepumpning i mættet zone ca. 5 % af massefjernelse, mens passiv ventilation udgør ca. 95 %.

9. Diskussion

Ved gennemgang af data fra 17 år med afværgeforanstaltninger på lokaliteten Møllevej, Askov er der observeret kraftige reduktioner i indholdet af chlorerede opløsningsmidler primært PCE i både umættet og mættet zone. Afværgeforanstaltningerne er sket ved en kombination af både passiv ventilation og afværgepumpning.

9.1 Effekt på umættet zone og massefjernelse

Det har været passiv ventilation, som har været den primære afværge metode på lokaliteten både tidsmæssigt og i forhold til, at metoden har leveret 95 % af den samlede akkumulerede massefjernelse. Passiv ventilation har haft den væsentligste effekt på indhold af PCE i umættet zone ved betydelige reduktioner i poreluften under dæklaget. Der er observeret en markant massefjernelse umiddelbart efter opstart af afværge i 1999, og igen ved genetablering af afværgeforanstaltninger i 2009. Ved begge forløb er der inden for ca. 12 måneder fjernet hhv. 40 og 50 kg PCE. Inden genopstart af afværge i 2009 blev der påvist et højt indhold (6.400 mg/kg) af PCE i den nye boring PV7 øvre, som vurderes at kunne være en "peak"-værdi, som umiddelbart ikke kunne opretholdes i en længere udstrømningsperiode, jf. data fra kontinuerede målinger i den første periode med drift. Der er dog for PV7 øvre efterfølgende påvist indhold af PCE på 2.000 mg/m³ ved monitoring i både maj og oktober 2009. Alle disse høje værdier indgår i gennemsnitskoncentrationen anvendt ved den opstillede massebalance. Reduceres indholdet for PV7 øvre fra 6.400, 2000 og 2000 mg/m³ til f.eks. 1000, 500 og 500 mg/m³, vil der dog forsat ske en betydelig massefjernelse i de første 12 måneder på ca. 20 kg PCE. På trods af usikkerhed om størrelse af massebalancen i forbindelse med den første del af afværgeperioden, er mængde af fjernet PCE i perioden efter genetablering betydelig. Det vurderes på ovenstående baggrund, at der ved genopstart af afværge har været en tilgængelige kildestyrke umiddelbart under dæklaget formodentligt i form af residual fri fase af PCE, men der kan også være en pulje af opløst PCE i porevandt bundet til umættet zone.

Ved genetablering af passiv ventilation blev der etableret to ventilationsboringer tæt på kildeområdet, hvor der tidligere blev ventileret fra periferien af kildeområdet (som var beliggende under bygningen). Ved at flytte afværgepunkterne reduceres den horisontale udbredelse af PCE i poreluften. Ved at der ventileres centralt i forureningens kildeområde, skal forureningen således ikke længere trækkes ud til ventilationsboringerne i periferien, som før var placeret i en afstand af 10-12 m fra kildeområdet. Umiddelbart vurderes det dog, at afværgen frem til 2008 var tilstrækkelig til at sikre en afskæring af forureningen fra det underliggende grundvandsmagasin. Dette kan tilskrives, at ventilationsboringerne havde en tilstrækkelig stor influensradius på minimum 12 m, som blev dokumenteret ved tracér test på boring PV 2. Genetablering af passiv ventilation med nye boringer placeret centralt i kildeområdet giver dog en bedre sikkerhed mod forureningsspredning til det underliggende magasin.

Som ved opstart af afværgeforanstaltningen i 1999 falder koncentrationen i afkastluften også hurtigt efter genetablering af passiv ventilation i 2009, og der opnås stabile værdier for massefjernelsesraten inden for 16 måneder. Gennem en årrække har massefjernelsesraten været på samme niveau, ca. 5 kg PCE/år, som i perioden 2002-2007.

Efter genetablering i 2009 er det muligt at vurdere effekten af afværgeforanstaltningen ud fra data fra monitoringsboringer, primært boring 132.1978. Boring 132.1978 blev placeret i en tilstrækkelig afstand fra de 2 nye afværgeboringer til, at de målte indhold ikke er direkte påvirket af, at der sker ventilation fra boringerne. Data fra monitoringsboringerne viser, at der sker en reduktion på 1-2 størrelsesordener af indholdet af PCE i poreluften.

9.2 Afskæring fra den dybere del af umættet zone

Den passive ventilation indfanger forureningskomponenter umiddelbart under dæklaget, hvorved der sker en effektiv afskæring af forureningsudbredelsen til den dybere del af den umættede zone. Dette dokumenteres ved, at indholdet af PCE i poreluften er på et lavt niveau for alle filtre beliggende fra 15 m u.t. og derunder. For monitoringsboring 132.1978 ses det, at der er en signifikant koncentrationsforskel for PCE over/under 15 m u.t., og efter genetablering af passiv ventilation sker der en yderligere reduktion i PCE-koncentrationerne for den dybere del af den umættede zone på 1-2 størrelsesordener.

9.3 Effekt på grundvand

Effekten på grundvandet er signifikant gennem hele perioden fra 1999-2017. Der ses et generelt fald i koncentrationsniveauet af PCE for det nedre sekundære grundvandsmagasin på 2-3 størrelsesordener for indholdet af PCE i grundvandet. Således er indholdet ved monitoring i september 2017 på niveau med grundvandkvalitetskriteriet (samme størrelsesorden) eller lavere.

Årsagen til de reducerede indhold i grundvandet tilskrives en kombination af afværgepumpning og passiv ventilation. Således har afværgepumpningen haft betydning for reduktionerne i den første del af oprensningsperioden, og effekten begrundes med, at der observeres signifikante reduktioner af PCE-indholdet i nedstrøms beliggende boringer og i den dybere del af grundvandsmagasinet, hvor passiv ventilation af den umættede zone ikke vil have nogen effekt. Afværgepumpningen er i kombination med passiv ventilation så effektiv, at Region Syddanmark har stoppet afværgepumpningen i 2007.

Efterfølgende har passiv ventilation sikret, at der ikke sker en genforurening af det nedre sekundære grundvandsmagasin, og der ses fortsat signifikante reduktioner i grundvandvandet i de efterfølgende 10 år.

Generelt er det erfaringen, at en PCE-koncentration på ca. 1 mg/m^3 i gasfasen svarer til en porevandskoncentration på ca. 1 ug/l . Resultaterne fra boring 132.1978 viser, at koncentrationen af PCE i den nedre del af umættet zone er under 1 mg/m^3 . Derfor vurderes det, at det på længere sigt vil være muligt at opnå koncentration i grundvandsmagasinet, som er mindre end grundvandskvalitetskriteriet for PCE (1 ug/l).

9.4 Sikring af indvinding i det nærliggende vandværk

Der er ikke konstateret forurening med chlorerede opløsningsmidler i det nærliggende Askov vandværk, som har flere indvindingsboringer beliggende umiddelbart syd for den forurenede lokalitet. Årsagen til at der ikke er sket en forurening af vandværket tilskrives i første omgang de geologiske og hydrogeologiske forhold. Således er der et eller flere lerlag i ca. 50 m under terræn, som udgør en hydraulisk barriere mellem det nedre sekundære magasin og det primære grundvandsmagasin. Endvidere er strømningsretningen i det nedre sekundære magasin mod sydøst således, at der er sket en faneudbredelse som primært er sideværts i forhold til beliggenheden af vandværkets indvindingsboringer.

Der er ved undersøgelser udført før afværgeforanstaltningerne blev iværksat, konstateret forurening med PCE i den dybere del af det nedre sekundære magasin. Dette i kombination med en observeret nedadrettet gradient vurderes på sigt at ville have udgjort en risiko for at kunne have medført en forureningsspredning til indvindingsboringer. Effekten af de gennemførte afværgeforanstaltninger har medført, at forureningsniveauet i det nedre sekundære magasin er reduceret til et ubetydeligt niveau, således at denne risiko nu er elimineret.

Da der forsat er en betydelig kilde med chlorerede opløsningsmidler bundet til dæklaget, vil det være nødvendigt at opretholde afværgeforanstaltninger ved passiv ventilation i umættet zone, med henblik på at afskære forureningskilden fra at genforurene det nedre sekundære magasin. Passiv ventilation er således en nødvendig foranstaltning i forhold til at sikre indvindingen for Askov vandværk.

9.5 Passiv ventilation som afværgete metode

Resultater for gennemførelse af afværgeforanstaltninger med passiv ventilation over en længere årrække på Møllevvej, Askov demonstrerer, at passiv ventilation under de rette forhold kan anvendes som en effektiv afskæring og sikring mod, at der sker spredning af forurening fra et kildeområde til et underliggende grundvandsmagasin.

Metoden kræver, at der er de rette geologiske forhold til stede, herunder et lavepermeabelt dæklag samt en underliggende højpermeabel umættet zone med en tilstrækkelig mægtighed, hvor nedsivende forurening i porevand og poregas kan afskæres ved passiv ventilation. Det vurderes, at det har stor betydning at dæklaget er helt eller delvis vandmættet, samt at det har tilstrækkelig mægtighed. Ved Møllevvej, Askov ses det, at forureningen afskæres fra at blive udbredt til den dybere del af den umættede zone og det underliggende grundvandsmagasin.

Projektet demonstrerer, at metoden i kombination med andre metoder, i dette eksempel afværgepumpning, kan medføre en effektiv oprensning og på længeresigt delvis beskyttelse af den mættede zone mod genforurening. Passiv ventilation sikrer således, at der ikke tilføres ny forureningsmasse til grundvandszonen, mens oprensningen i mættet zone pågår, og efterfølgende sikrer passiv ventilation mod en genforurening af grundvandsmagasinet.

I det konkrete tilfælde vurderes det, at den oprindelige afværgeforanstaltning på Møllevvej, Askov, hvor afværgeboringerne var placeret i periferien af forureningskildens kildeområde, var tilstrækkelig til at sikre en afskæring mod forureningsspredning til den dybere umættede zone og det underliggende grundvandsmagasin. Denne strategi kan anvendes, hvor forureningskilden er svært tilgængelig under bygninger og lign. eller i tilfælde, hvor kilden ikke er blevet kortlagt, men der skal foretages en konkret vurdering i hvert tilfælde i forhold til geologi, forureningsudbredelse og influensradius af afværgeboringer.

Ved valg af metoden skal det indgå, at passiv ventilation skal opretholdes i en længere periode (mange årtier), såfremt der ikke sker en oprensning af kildeområdet i dæklaget. Metoden passiv ventilation er relativ omkostningsbillig, driftssikker og klimavenlig i forhold til aktiv ventilation eller andre tilsvarende metoder.

10. Konklusion og ger

Resultater af afværgeforanstaltninger med passiv ventilation gennem 17 år på Møllevej, Askov dokumenterer, at metoden passiv ventilation sikrer mod spredning af tetrachlorethylen (PCE) fra et kildeområde til et underliggende grundvandsmagasin. Ved de gennemførte afværgeforanstaltninger observeres reduktioner af indholdet af PCE på 1-2 størrelsesordener i poreluften knyttet til umættet sand, som er beliggende under et dæklag. I dæklaget er der konstateret en forureningskilde med PCE anslået til ca. 200 kg. Ved drift af passiv ventilation er der estimeret en akkumuleret massejernelse på 157 kg PCE ved passiv ventilation. Ved opstart 1999 blev der observeret en betydelig massejernelse inden for de første 20 måneder, hvorefter massejernelsesraten stagnerede på et niveau på 4-5 kg PCE /år. Ved genetablering af passiv ventilation i 2009, blev der etableret nye afværgeboringer tæt på forureningens kildeområde, og der blev igen konstateret en betydelig massejernelse inden for de første 16 måneders drift, hvorefter massejernelsesraten er stagneret på samme niveau som tidligere. Det ses, at forureningen fastholdes i toppen af den umættede zone, og at der observeres lave koncentrationer af PCE i poreluften i den dybere del af den umættede zone.

Endvidere viser monitoringsdata fra det underliggende grundvandsmagasin, at passiv ventilation i kombination med en nu afsluttet afværgepumpning har medført en oprensning af det underliggende grundvandsmagasin. Koncentrationerne af PCE i grundvandet er reduceret med 2-3 størrelsesordener. Det vurderes, at signifikante fald i koncentrationerne i grundvandet har været forårsaget af afværgepumpningen, men at den passive ventilation har sikret mod yderligere tilførsel af forureningskomponenter til grundvandsmagasinet, og efter ophør af afværgepumpning sikrer passiv ventilation mod genforurening af grundvandsmagasinet.

Projektet demonstrerer, at passiv ventilation kan afskære en forureningskilde med flygtige forureningskomponenter fra spredning til underliggende grundvandsmagasin. Metoden kræver, at der er de rette geologiske forhold til stede, herunder et lufttæt dæklag samt en underliggende højpermeabel umættet zone med en tilstrækkelig mægtighed, hvor nedsivende forurening i porevand og poregas kan afskæres ved passiv ventilation

Det anbefales, at afværgeforanstaltninger ved passiv ventilation opretholdes på Møllevej, Askov, med henblik på at sikre, at forurening spredes til den dybere del af den mættede zone og det underliggende grundvandsmagasin. Passiv ventilation skal opretholdes for at sikre indvindingen fra Askov vandværk. Det anbefales, at der opretholdes monitoring i grundvand og umættet zone, som gennemføres f.eks. hvert 2. og 5. år.

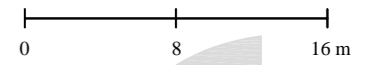
11. Referencer

- /1/ Passiv ventilation til fjernelse af PCE fra den umættede zone – Hovedrapport og bilagsrapport. Miljøprojekt Nr. 805. Miljøstyrelsen 2003.
- /2/ Erfaringsopsamling på passiv ventilation til fjernelse af klorerede opløsningsmidler fra umættet zone. Anders G. Christensen & Nanna Muchitsch, NIRAS. Miljøprojekt Nr. 1249, Miljøstyrelsen 2008.
- /3/ Larsen, T.H. Oprensning af klorerede opløsningsmidler ved dampstripping, Brüel og Kjær grunden. Miljøprojekt 543. Miljøstyrelsen 2000.
- /4/ Luftvejledningen. Begrænsning af luftforurening fra virksomheder. Vejledning fra miljøstyrelsen, nr. 2 2001.
- /5/ De seneste 150.000 år i Danmark. Istidslandskabets og naturens udvikling. Geovidnen, Geografi og Grologi. Nr. 2 2005, udgivet af GEUS 2005.
- /6/ Afprøvning af In-Well Aerator. Miljøprojekt nr. 642, Miljøstyrelsen 2001.
- /7/ GEUS Jupiter boringsdatabase.
- /8/ Møllevvej 12, Askov. Supplerende forureningsundersøgelser fase II. Rapport udarbejdet af NIRAS for Ribe Amt. Juni 1998.
- /9/ Borehulslogging. Notat udarbejdet af DGE, april 1999.
- /10/ Møllevvej 12, Askov. Supplerende forureningsundersøgelser. Rapport udarbejdet af NIRAS for Ribe Amt. Marts 1997.
- /11/ De Forenede Dampvaskerier a/s, Møllevvej 12, Askov. Forureningsundersøgelser efter nedrivning af bygninger. Rapport udarbejdet af NIRAS Juli 2008.
- /12/ Region Syddanmark, Møllevvej 12, Askov, 6600 Vejen, lokalitet 575.78005. Supplerende undersøgelser af forurening ved oplag. Notat udarbejdet af NIRAS februar 2010.
- /13/ Møllevvej 12, Status for afværgepumpning. Notat udarbejdet af DGE for Region Syddanmark. Januar 2008.
- /14/ Region Syddanmark. Møllevvej 12, Askov. Vakuumtest. Notat udarbejdet af NIRAS marts 2017.
- /15/ Møllevvej 12, Askov. Vurderinger af emission af tetrachlorethylen. Notat udarbejdet af NIRAS for Region Syddanmark. Januar 2009

12. Bilag

Bilag 1	Situationsplan med tidligere bygning og boringer
Bilag 2	Boreprofiler
Bilag 3	Situationsplan med genetablering af afværagesystem
Bilag 4	Moniteringsdata umættet zone. PCE i poreluft
Bilag 5	Moniteringsdata mættet zone. PCE i grundvand

BILAG 1
SITUATIONSPLAN MED TIDLIGERE
BYGNING OG BORINGER



Tegningen er baseret på affotograferet materiale og er ikke nødvendigvis målfast.

Bilag 1

Møllevej 12, Askov

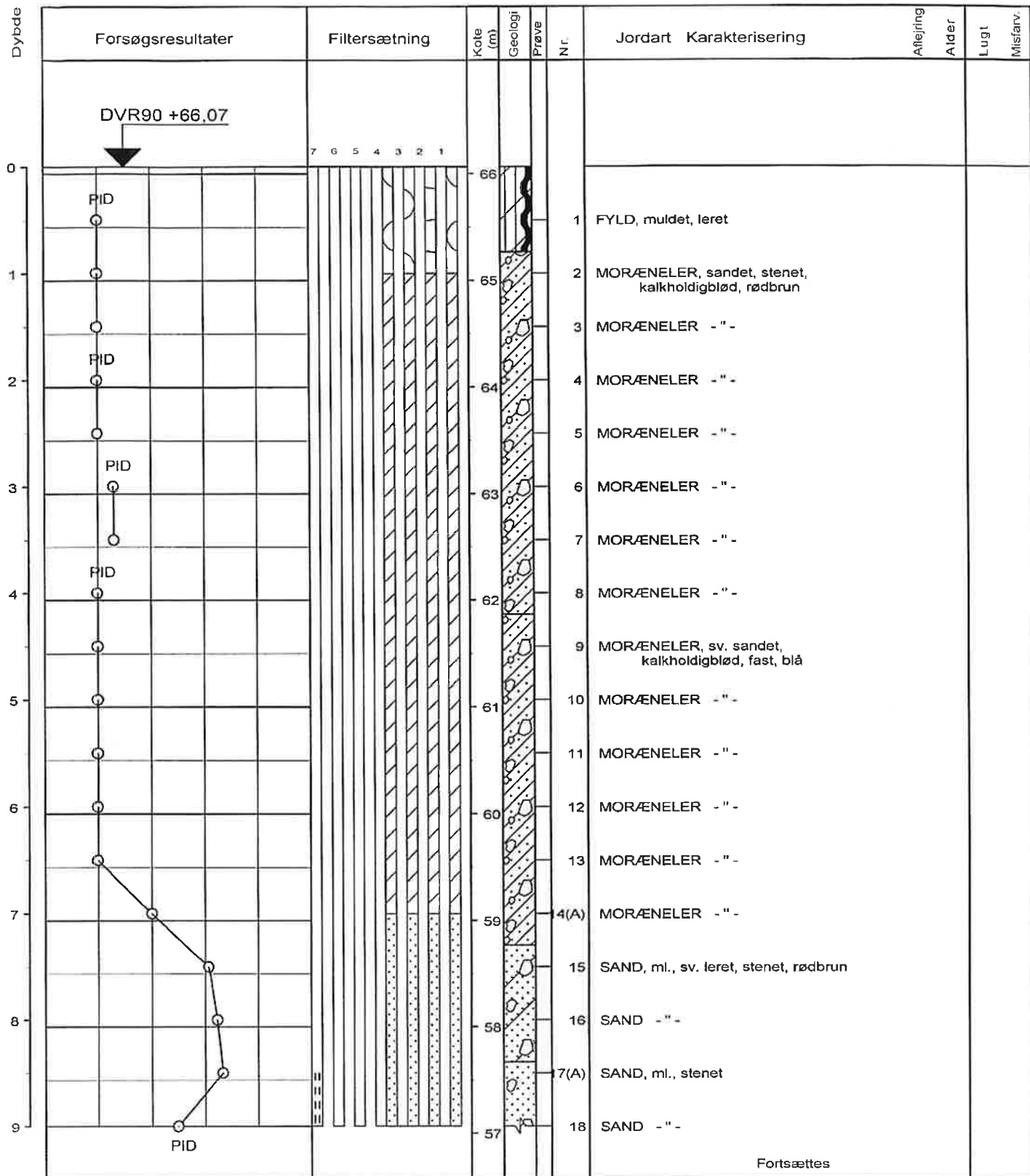
Situationsplan

November 2008 1:400 Sag nr. 11.881.07

NIRAS

T:\SAG\11\881.07\TEG\B1-201108.dwg

BILAG 2
BOREPROFILER



Fortsættes

○ 1 10 100 1000 PID

(A): Prøve sendt til analyselaboratorium

Boringsnr.: 132.1978

Boremethode : 6" foret snegleboring

X : 506269 (m) Y : 6146972 (m)

- : ingen mislugt
 * : svag mislugt
 ** : middel mislugt
 *** : kraftig mislugt

Sag : 11.881.07 Møllevej 12, Vejen

Dato : 20080910

Boret af : JYSK GEOTEKNIK

DGU-nr.: 132.1978

Boring : OBS1

Udarb. af :

Kontrol :

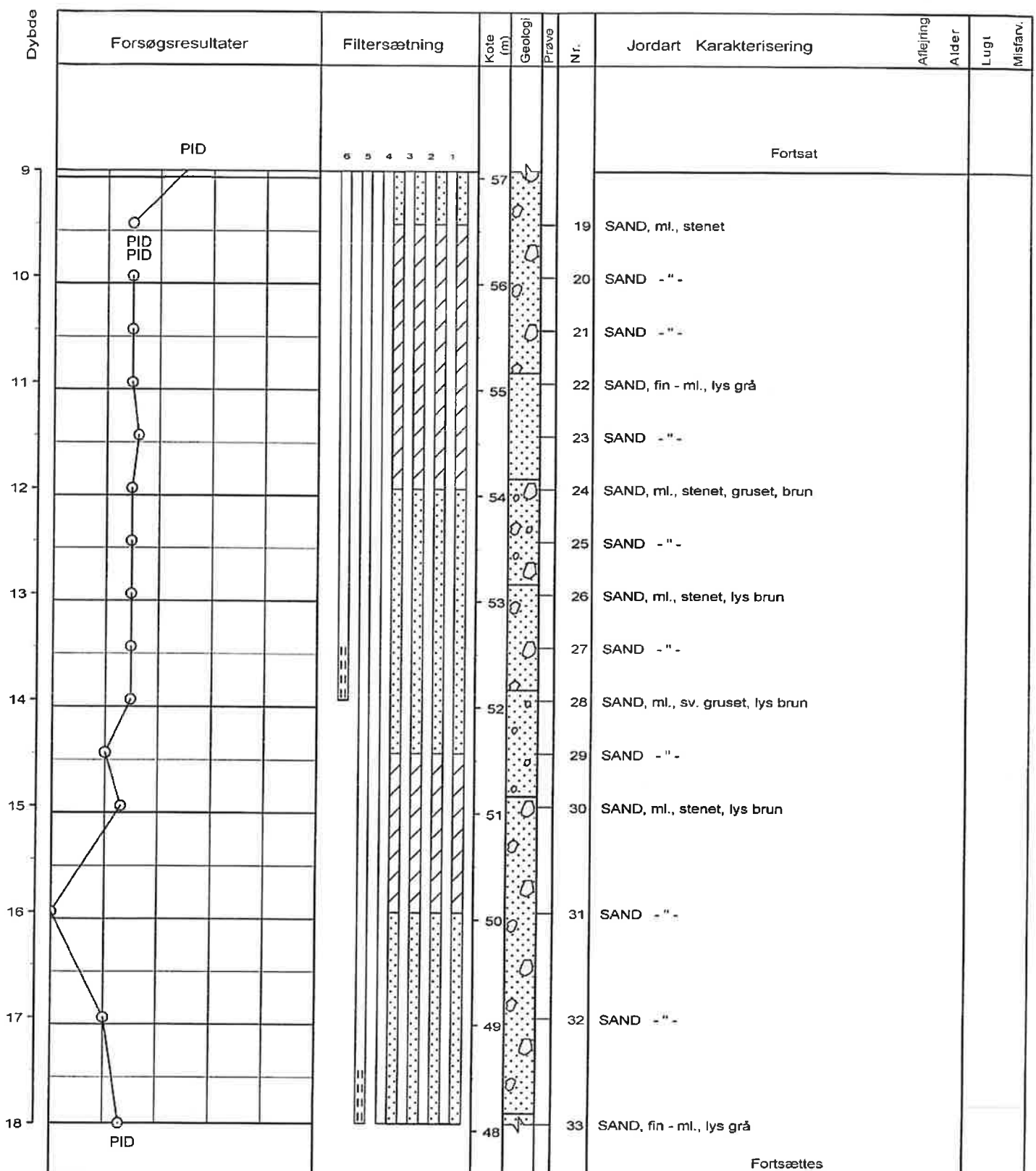
Godkendt :

Dato :

S. 1 / 4

NIRAS

Borejournal



Ø 1 10 100 1000 PID

(A): Prøve sendt til analyselaboratorium - : ingen mislugt
 * : svag mislugt
 ** : middel mislugt
 ***: kraftig mislugt

Boringsnr.: 132.1978

Boremetode : 6" foret snegleboring

X : 506269 (m) Y : 6146972 (m)

Sag : 11.881.07 Møllevej 12, Vejen

Dato : 20080910 Boret af : JYSK GEOTEKNIK DGU-nr.: 132.1978 Boring : OBS1
 Udarb. af : Kontrol : Godkendt : Dato : S 2 / 4



Borejournal

BRRegister - PSTMDOK 2.0 - 29/01/2010 11:18:24

Dybde	Forsøgsresultater	Filtersætning	Kote (m)	Geologi	Prøve	Nr.	Jordart	Karakterisering	Afvejning	Alder	Lugt	Misfarv.
18	PID	4 3 2 1	48									
19	PID		47			34	SAND, ml., stenet, lys brun					
20	PID		46			35	SAND -" -					
21	PID		45			36	SAND -" -					
22	PID		44			37	SAND, ml., lys brun					
23	PID		43			38	SAND -" -					
24	PID		42			39	SAND -" -					
25	PID		41			40	SAND -" -					
26	PID		40			41	SAND, ml., sv. gruset, stenet, lys brun					
27	PID		39			42	SAND, fin, siltklumper, lys grå					

Fortsættes

○ 1 10 100 1000 PID

(A): Prøve sendt til analyselaboratorium

Boringsnr.: 132.1978

Boremotode: 6" foret snegleboring

X: 506269 (m) Y: 6146972 (m)

- : ingen mislugt

* : svag mislugt

** : middel mislugt

***: kraftig mislugt

Sag : 11.881.07 Møllevej 12, Vejen

Dato : 20080910

Boret af : JYSK GEOTEKNIK

DGU-nr.: 132.1978

Boring : OBS1

Udarb. af :

Kontrol :

Godkendt :

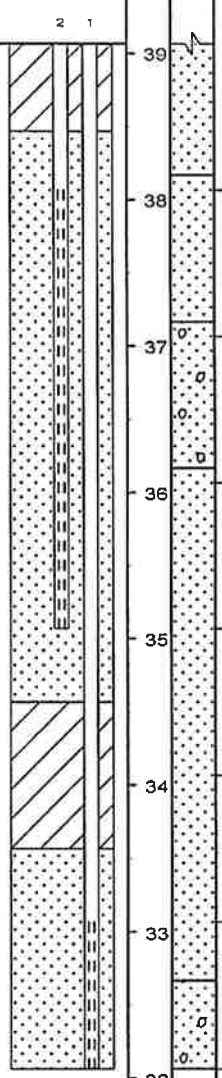
Dato :

S. 3 / 4

NIRAS

Borejournal

Dybde	Forsøgsresultater	Filtersætning	Kote (m)	Geologi	Prøve Nr.	Jordart	Karakterisering	Aftejring	Alder	Lugt	Mislugt
27	PID										
28											
29											
30	PID										
31											
32											
33											
34											
35											
36											



Nr.	Jordart	Karakterisering
		Fortsat
43	SAND, fin - ml., lys grå	
44	SAND, ml., gruset, fugtig, grå	
45	SAND, ml., våd, lys brun	
46	SAND, fin - ml., våd, lys brun	
47	SAND, fin, våd, brun	
48	SAND - " -	
49	SAND, ml., sv. gruset, våd, brun	

<p>○ 1 10 100 1000 PID</p>	<p>(A): Prøve sendt til analyselaboratorium Borningsnr.: 132.1978 Boremethode: 6" foret snegleboring X: 506269 (m) Y: 6146972 (m)</p>	<p>- : ingen mislugt * : svag mislugt ** : middel mislugt ***: kraftig mislugt</p>
----------------------------	--	---

Sag : 11.881.07 Møllevej 12, Vejen

Dato : 20080910	Boret af : JYSK GEOTEKNIK	DGU-nr.: 132.1978	Boring : OBS1
Udarb. af :	Kontrol :	Godkendt :	Dato :

S. 4 / 4

NIRAS Borejournal

C:\Pevsler - I\5\TMDK 2 0 - 29/01/2010 11:18:24

Dybde	Forsøgsresultater	Filtersætning	Kote (m)	Geologi	Prøve	Nr.	Jordart	Karakterisering	Aflejring	Alder	Lugt	Misfarv.
9	PID											
10	PID PID PID					19	SAND	ml., gul				
11						20	SAND	- "-				
12						21	SAND	- "-				
13						22	SAND	- "-				
14						23	SAND	- "-				
15						24	SAND	- "-				
16						25	SAND	- "-				
17						26	SAND	- "-				
18	PID					27	SAND	- "-				
						28	SAND	- "-				
						29	SAND	- "-				
						30	SAND	- "-				
						31	SAND	- "-				
						32	SAND	- "-				
						33	SAND	- "-				

(A): Prøve sendt til analyselaboratorium
 - : ingen mislugt
 * : svag mislugt
 ** : middel mislugt
 *** : kraftig mislugt

Boremethode : 6" foret snegleboring
 X : 506266 (m) Y : 6146976 (m)

Sag : 11.881.07 Møllevej 12, Vejen
 Dato : 20080918 Boret af : JYSK GEOTEKNIK DGU-nr.: 132.2007 Boring : PV8
 Udarb. af : SRL Kontrol : Godkendt : Dato : 3. 2 / 3

D:\Register - PSTMDK 2.0 - 20/01/2010 11:29:12

Dybde

Forsøgsresultater

Filtersætning

Kote (m)

Geologi

Prøve

Nr.

Jordart Karakterisering

Afløjning

Alder

Lugt

Mistarv.

DVR90 +66,37

0

PID

2 1

66

1 FYLD: LER, sandet

1

PID

65

2 MORÆNELER, sandet, blød, rødbrun

2

PID

64

4 MORÆNELER - " -

3

PID

63

5 MORÆNELER - " -

4

PID

62

6 MORÆNELER - " -

5

PID

61

7 MORÆNELER, sandet, stenet, kalkholdig, fast, rødbrun

6

PID

60

8 MORÆNELER, sandet, kalkholdig, fast, blå

7

PID

59

9 MORÆNELER - " -

8

PID

58

10 MORÆNELER - " -

9

PID

57

11 MORÆNELER - " -

10

PID

56

12 MORÆNELER - " -

11

PID

55

14 SAND, ml., leret, stenet, rødbrun

12

PID

54

15 SAND - " -

13

PID

53

16 SAND - " -

14

PID

52

17 SAND, ml., gul

15

PID

51

18 SAND - " -

16

PID

Fortsættes

0 1 10 100 1000 PID

(A): Prøve sendt til analyselaboratorium

- : ingen mislugt

* : svag mislugt

** : middel mislugt

*** : kraftig mislugt

Boremetode : 6" foret snegleboring

X : 506266 (m) Y : 6146971 (m)

Sag : 11.881.07 Møllevej 12, Vejen

Dato : 20080918

Boret af : JYSK GEOTEKNIK

DGU-nr.: 132.2006

Boring : PV7

Udarb. af : SRL

Kontrol :

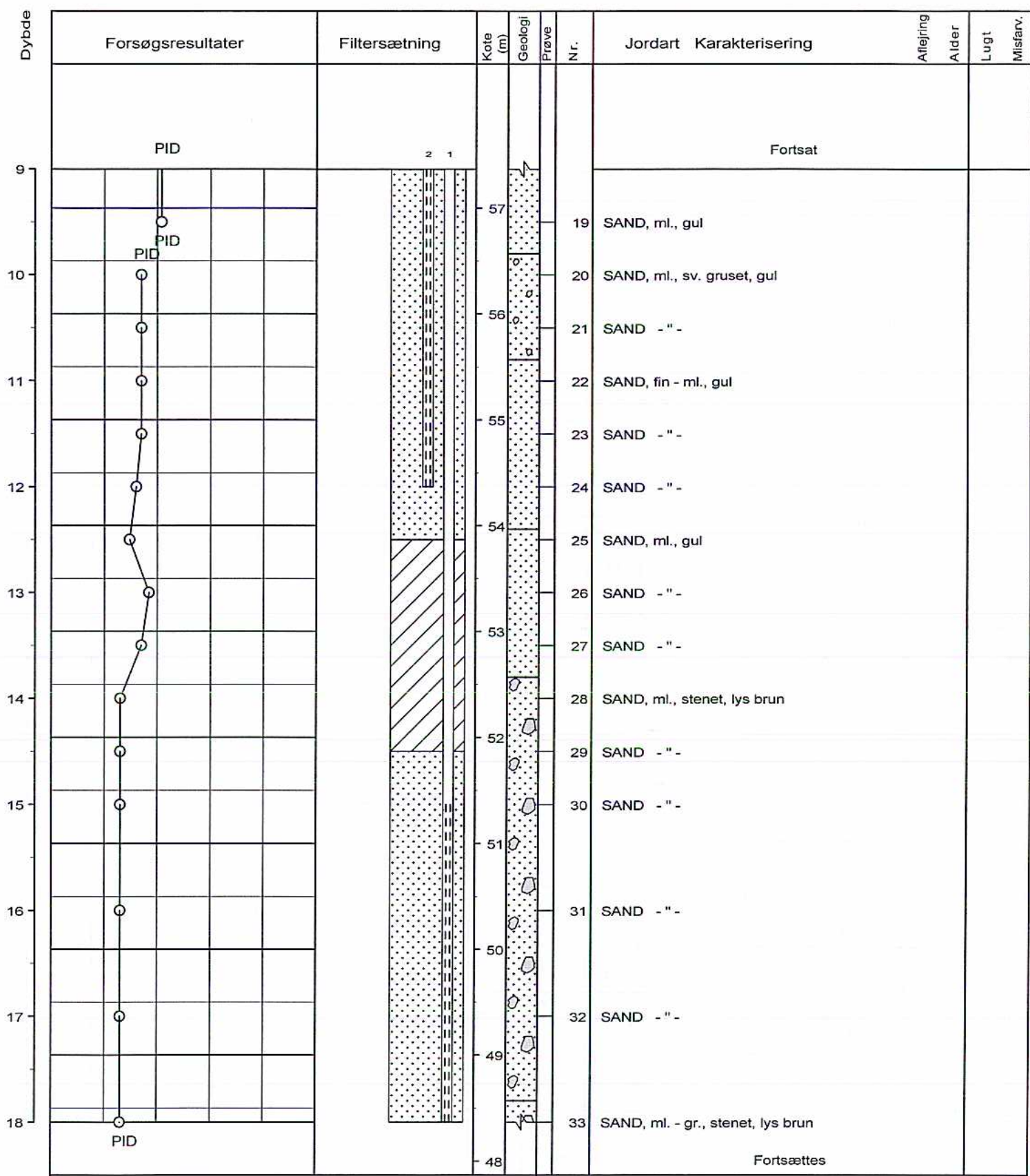
Godkendt :

Dato :

S. 1 / 3

NIRAS

Borejournal



○ 1 10 100 1000 PID

(A) : Prøve sendt til analyselaboratorium
 - : ingen mislugt
 * : svag mislugt
 ** : middel mislugt
 *** : kraftig mislugt

Boremetode : 6" foret snegleboring
 X : 506266 (m) Y : 6146971 (m)

Sag : 11.881.07 Møllevej 12, Vejen

Dato : 20080918 Boret af : JYSK GEOTEKNIK DGU-nr.: 132.2006 Boring : PV7
 Udarb. af : SRL Kontrol : Godkendt : Dato : s. 2 / 3



Borejournal

BRRegistrier - PSTMDK 2.0 - 29/01/2010 11:26:08

Dybde	Forsøgsresultater	Filtersætning	Kote (m)	Geologi	Prøve	Nr.	Jordart	Karakterisering	Aflejring	Alder	Lugt	Misfarv.
18	PID							Fortsat				
19	PID		48			34	SAND, ml. - gr., stenet, lys brun					
20	PID		47			35	SAND - " -					
21			46									
22			45									
23			44									
24			43									
25			42									
26			41									
27			40									
			39									

○ 1 10 100 1000 PID

(A): Prøve sendt til analyselaboratorium
 - : ingen mislugt
 * : svag mislugt
 ** : middel mislugt
 *** : kraftig mislugt

Boremetode : 6" foret snegleboring
 X : 506266 (m) Y : 6146971 (m)

Sag : 11.881.07 Møllevej 12, Vejen

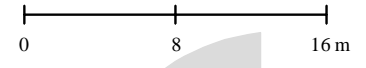
Dato : 20080918 Boret af : JYSK GEOTEKNIK DGU-nr.: 132.2006 Boring : PV7
 Udarb. af : SRL Kontrol : Godkendt : Dato : s. 3 / 3



Borejournal

BRRegister - PSTMDK 2.0 - 29/01/2010 11:26:08

BILAG 3
SITUATION PLAN MED GENETABLERING AF
AFVÆRGESYSTEM



Tegningen er baseret på affotograferet materiale og er ikke nødvendigvis målfast.

Bilag 1

Møllevej 12, Askov

Situationsplan

Januar 2010 1:400 Sag nr. 11.881.07



T:\SAG\11\881.07\TEG\B1-201108.dwg

BILAG 4
MONITERINGSDATA UMÆTTET ZONE
PCE I PORELUFT

Møllevej Askov

Poreluftkoncentrationer

	Afværge periode 1: 1999 - 2007											Afværge periode 2: 2009 - 2017									
	Serie 1	Serie 2	Serie 3	Serie 4	Serie 5	Serie 6	Serie 7	Serie 8	Serie 9	Serie 10	Serie 11	Serie 12	Serie 13	Serie 14	Serie 15	Serie 16	Serie 17	Serie 18	Serie 19	Serie 20	
Boring	december 99	februar 00	september 00	marts 01	juli 01	november 01	februar 02	juni 02	november 03	september 05	december 07	oktober 08	marts 09	maj 09	oktober 09	januar 10	september 10	december 11	december 16	december 16	
PV 1 Nedre filter PV 1, nedre filter	49,00	29,00	7,00	2,2	1	1,9	1,4	1,2	1	1	1	2								0,075	0,086
PV 1 Øvre filter PV 1, øvre filter	51,00	34,00	6,00	2	1	3,44	2,6	1	1	1	1	1								0,16	0,16
PV 2 Nedre filter PV 2, nedre filter	113,00	181,00	90,00	43,1	33,3	22,5	4,4	15,1	8	4,2	4	9		23		0,45	3	1	0,3	0,32	
PV 2 Øvre filter PV 2, øvre filter	309,00	217,00	160,00	99,2	103,7	52,82	45,8	72,7	69	81	153	170		125	49	13	47	9	30	20	
PV 3 Nedre filter PV 3, nedre filter	112,00	43,00	64,00	37,4	25,4	36,7	20,2	14,3	11	4	4	2		8		1,5	3	1	0,8	0,88	
PV 3 Øvre filter PV 3, øvre filter	329,00	174,00	92,00	55,7	35,5	70,8	32,5	26,1	41	21	74	12		25	9,1	4,4	3	1	3,9	3,2	
PV 4 Nedre filter PV 4, nedre filter	59,00	231,00	81,00	46,9	30,7	16,6	21	20,7	8	9	1	1		0,1			3	1	0,35	0,37	
PV 4 Øvre filter PV 4, øvre filter	104,00	294,00	76,00	45,2	30,4	24,2	19,1	14,5	4	3	7	12		20	0,13		3	1	0,31	0,6	
PV 5 Nedre filter PV 5, nedre filter	359,00	338,00	80,00	40,8	27,6	20,1	16,6	14,5	6	2	1	3		0,1	2,2		3	1	0,39	0,7	
PV 6 Nedre filter PV 6, nedre filter	318,00	398,00	113,00	70,7	47,5	28,3	29,2	22,5	10	3	1	30		5	44	2,6	9	1	0,7	0,93	
PV 6 Øvre filter PV 6, øvre filter	730,00	525,00	247,00	187,8	152,1	74,5	123,2	129	128	117	63	80		100	89	62	52	22	19	42	
PV7 Nedre filter PV7, nedre filter												105		20	2,2	4,7	7,5	1	2	2,6	
PV7 Øvre filter PV7, øvre filter												6400		2000	2000	160	175	117	100	120	
PV8 Nedre filter PV8, nedre filter												50		50	1,7	1,5	3	1	0,8	1,4	
PV8 Øvre filter PV8, øvre filter												240		450	290	74	18	98	55	98	
132.1978 Filter 2 132.1978, filter 2												8	2,5	0,1	2,8		3	1	0,021	0,065	
132.1978 Filter 3 132.1978, filter 3												1	0,3	5	2,9	2,4	3	1	0,035	0,098	
132.1978 Filter 4 132.1978, filter 4												15	2,8	5	2,6	2,4	3	1	0,27	0,34	
132.1978 Filter 5 132.1978, filter 5												7	10	8	3,9	8,2	5	1	0,48	0,57	
132.1978 Filter 6 132.1978, filter 6												590	890	425	710	400	200	49	72	79	
132.1978 Filter 7 132.1978, filter 7												760	1590	850	13	450	375	330	320	340	
132.1735 Filter 4 132.1735, filter 4	8,00							2,3	1	1	1	1									
132.1735 Filter 3 132.1735, filter 3	2,00							1,5	1	1	1	1									
132.1779 Filter 2 132.1779, filter 2												2									
Måned efter start	0	1,8	9,4	14,7	19,0	23,0	26,1	29,5	46,9	69,4	96,0	96,0	96,0	97,0	102,0	103,0	113,0	125,0	191,0	192,0	
Middel koncentration Afværgeboringer	230,27	224,00	92,36	57,36	44,38	31,99	28,73	30,15	26,09	22,38	28,18	709,80	280,60	248,50	32,42	32,05	25,20	21,25	28,93		

Bilag 4

BILAG 5
MONITERINGSDATA MÆTTET ZONE
PCE GRUNDEVAND

Boring (filter)	132.1733 (1)	132.1734 (3)	132.1734 (2)	132.1734 (1)	132.1735 (2)	132.1735 (1)	132.1779 (2)	132.1978 (1)	132.1978 (2)
Dybde m u.t.	28,26-34,25	28,5-33,5	36,5-37,5	41-42	29-32	37-38	31,5-34,5	28-31	33-34
okt-97	107								
okt-99	300	130	0,29	2,3	730	85			
dec-99									
feb-00							200		
nov-00	93	90			230		200		
okt-01	67	64			470		130		
aug-02									
jan-03	23	25			97		36		
okt-03	39	39			84		54		
jan-04							49		
nov-04	21	35			76		35		
nov-05	16	12			19		17		
nov-06	4,2	19			9,1		4,9		
dec-07	5,1	5,2		<0,02	12	2,3	3,9		
feb-08									
okt-08	3,7	6,6		2,5	12	<0,02	2,6	<0,02	6,7
apr-09									
jan-10	1,9	4,4		0,37	5,4	2,8	9,2	9,9	4,2
maj-11	1,3	0,075		1,4	4,2	3	3,2	0,85	1,7
okt-13	1	0,054		1,3	2,2	5,6			
aug-14	0,88	1		0,066	5,1	2,2	2,1	2,3	1
nov-15	0,4	0,6		0,08	2,6	1,5	1,4	2	0,63
sep-16	0,55	0,52		0,073	2,4		1,1	1,9	0,8
aug-17	0,44	0,58		0,073	2,9	1,9	1,6	1,7	0,59

Passiv ventilation

Passiv ventilation kan under de rette geologiske forhold, være en effektiv metode til løbende at fjerne klorerede opløsningsmidler fra umættet zone. Der er igennem snart 2 årtier blevet etableret og drevet anlæg med passiv ventilation på en række danske lokaliteter. En af disse er beliggende i Askov, hvor passiv ventilation siden 1999 har fungeret som afskærende afværgeforanstaltning med henblik på at sikre mod forureningsspredning til det underliggende grundvandsmagasin og indvindingen til et nærliggende vandværk. Ved passiv ventilation udnyttes udelukkende de naturligt forekommende trykgradienter i jorden, der opstår ved ændringer i lufttrykket i forbindelse med passage af vejrfroster. Derfor er passiv ventilation et billigere alternativ til aktiv ventilation og en mulig alternativ afskæringsmetode i flere forureningssager, hvor det ville have været dyrt eller teknisk umuligt at oprense selve kilden. I rapporten gennemgås undersøgelser og drift af 17 års afværge på lokaliteten i Askov, hvor passiv ventilation er gennemført i kombination med afværgepumpning.



Miljøstyrelsen
Haraldsgade 53
2300 København Ø

www.mst.dk