



Adsorptionsmetoder

LAR-metodekatalog

Oktober 2011

Aarhus Kommune

Adsorptionsmetoder

Oktober 2011

Ref. Adsorptionsmetoder

Udarbejdet af:

- Rambøll Danmark A/S

Indholdsfortegnelse

1.	DATABLAD	1
2.	GENEREL BESKRIVELSE	4
2.1	Opbygning og funktion	4
2.2	Krav fra myndigheder	6
2.3	Renseeffekt	7
2.4	Landskab og beplantning	8
2.5	Begrænsninger for anvendelsen	8
3.	ANLÆGSDELE	10
4.	DIMENSIONERING	18
5.	DRIFT OG VEDLIGEHOLD	20
6.	ØKONOMI	21
7.	REFERENCER	23

1. DATABLAD

I et adsorptionsanlæg bindes stoffer til et materiale og fjernes på denne måde fra vandet. Samtidig sker der en fysisk filtrering gennem adsorptionsmaterialet. I forhold til rensemetoden om filtre sker der i adsorptionsanlæg en binding/vedhæftning af stofferne, hvor der i filtre sker en fysisk filtrering.

Adsorptionsanlæg anvendes i særlige tilfælde ved større anlæg til lokal rensning af overfladevand fra vejarealer for at opnå en tilstrækkelig god vandkvalitet til, at vandet efterfølgende kan ledes til andre LAR-anlæg som f.eks. faskiner eller bassiner eller til recipient som f.eks. vandløb.

Som praktiske eksempler på adsorptionsanlæg kan nævnes:

- Pilotanlæg med Dobbeltporøs filtrering - Rensning af vejvand i Ørestad
- Hydrocon-filter.
- Traditionelle filteranlæg: sandfiltre, aktiv kulfiltre, flisfiltre mv.



Figur 1.1 Eksempel på et adsorptionsanlæg.

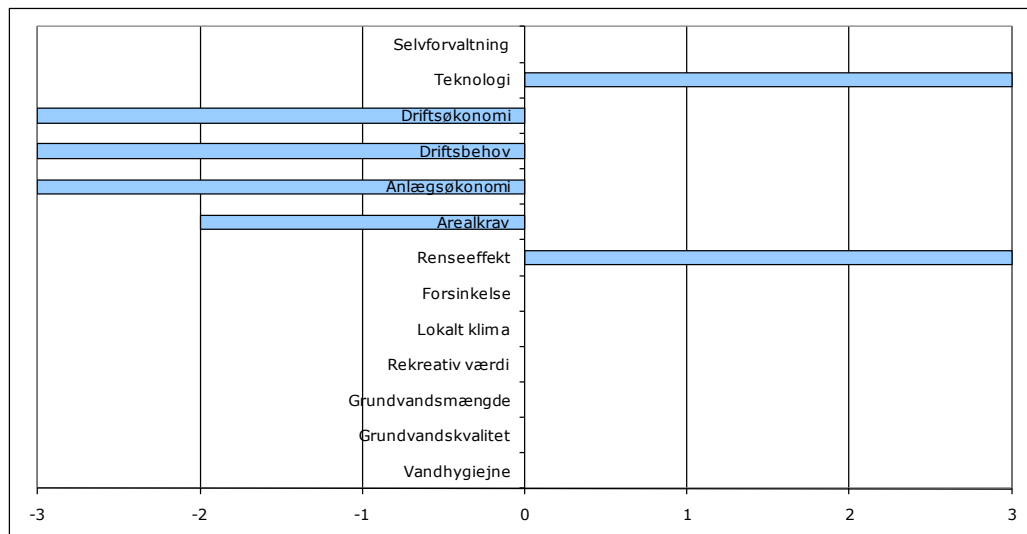
Adsorptionsanlæg anvendes, hvor miljøfremmede stoffer skal fjernes fra overfladevand f.eks. ved:

- Udledning af vejvand til recipient
- Udledning af overfladevand til særlig følsom recipient
- Udledning af tagvand fra bygninger beklædt med nye tage af kobber eller bly. Der opnås kun en renseseffekt fra nye tage, da et oxideret tag (når kobberet er blevet grønt) kun frigiver meget lidt kobber.

De væsentligste parametre, der normalt renses for via adsorption, er tungmetaller (zink, kobber, cadmium, bly, krom og nikkel), miljøfremmede organiske stoffer (primært mineralske olier som benzin og diesel samt Poly Aromatiske Hydrocarboner (PAH'er)) og i enkelte tilfælde næringsalte som fosfor.

Væsentligste egenskaber	Reduktion af vandvolumen Ingen Reduktion af intens regn Ingen Fjernelse af suspenderet stof Middel – høj Fjernelse af kvælstof / fosfor Ingen – lav Fjernelse af tungmetaller Middel – høj Fjernelse af oliestoffer Middel – høj Fjernelse af pesticider Middel Landskabelig værdi Ingen
Drift og vedligehold	Løbende tilsyn med anlæg Kontrol og udskiftning af filtermedie Tilsyn og vedligeholdelse af eventuelle pumper, maskiner mv. Udtagelse og analyse af vandprøver til kontrol af anlæggets drift Tilsyn og rensning af rør, brønde, tilløb og udløb
Fordele	Der findes både lavteknologisk anlæg til mindre vandmængder og mere højteknologisk anlæg til større vandmængder og rensning for flere stoffer. Nogle anlæg kan udformes, så de kan indpasses i grønne områder. God renseseffekt for stoffer, der ellers kun vanskeligt kan fjernes uden avancerede rensemetoder. En del anlæg findes som standardvare, hvor leverandøren kan være behjælpelig med valg af løsning og dimensionering.
Ulemper	Løbende udtagning af prøver for at afklare, hvornår filtermaterialet skal udskiftes. Jævnlig udskiftning af filtermateriale. En del anlæg findes ikke som standardvare og kræver specialkendskab for at kunne dimensioneres og projekteres. Hyppig kontrol og tilsyn med anlægget. Pumpning af vandet i tryksatte filteranlæg giver øgede energiodgifter.
Økonomi	Høje anlægsomkostninger til de mindre anlæg. Ved store anlæg kan prisen optimeres. Varierende udgifter til drift og vedligehold afhængig af anlægsstørrelsen. Jævnlige udgifter til udskiftning af filtermateriale Øgede energiodgifter til tryksatte filteranlæg

Tabel 1.1 Metodeoversigt.



Figur 1.2 Samlet vurdering af egenskaber.

Samlet vurdering af adsorptionsanlægs egenskaber i forhold til afledning af regnvand direkte til regnvandssystem eller recipient ses af figur 1.2. Hvor der ikke er angivet nogen værdi, vurderes metoden ikke at have nogen væsentlige fordele eller ulemper i forhold til at lede regnvandet direkte til regnvandssystem/recipient.

2. GENEREL BESKRIVELSE

2.1 Opbygning og funktion

Afhængig af vandmængden, der skal behandles i adsorptionsanlægget, kan det være nødvendigt at neddrøse vandstrømmen og anvende et forsinkelsesbassin, inden vandet ledes til et adsorptionsfilter. På denne måde fås et mindre anlæg, idet der kan ledes en fastlagt vandstrøm videre til anlægget, der ikke skal dimensioneres for variationer i regnvandsmængden.

Generelt kan et forsinkelsesbassin, f.eks. et åbent sandfang, hvor en del stoffer bundfældes, være godt at have inden indløbet til et adsorptionsanlæg, så en del partikler og suspenderet stof bliver fjernet og ikke fysisk stopper adsorptionsanlægget til.

Et adsorptionsanlæg er derfor generelt opbygget med:

- Sandfang/Forsinkelsesbassin/Åbent sandfang/Filterenhed
- Adsorptionsanlæg
- Udløbsbygværk

Sandfangsbrønd/Forsinkelsesbassin/Åbent sandfang/Filterenhed

Som minimum bør der inden adsorptionsanlægget etableres et sand-/slamfang til at fjerne det mere grovkornede materiale, jf. Metodebeskrivelsen om Sandfangsbrønde.

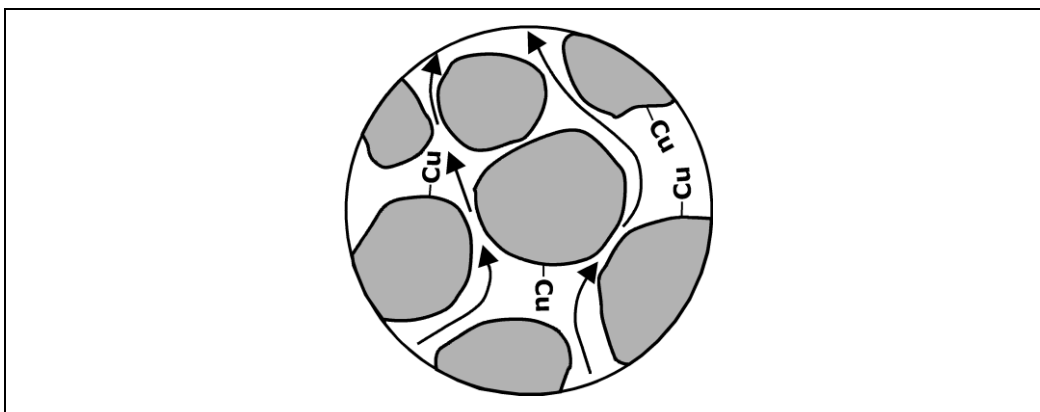
Er der tale om større anlæg, der skal behandle en stor vandmængde, er etablering af et vådt forsinkelsesbassin eller åbent sandfang, hvor en del stoffer bundfældes, en god løsning. Dette vil mindske indholdet af partikler, der skal fjernes i selve adsorptionsfiltret, og samtidig kan selve adsorptionsanlægget blive mindre, og levetiden relativt set forlænges. En del af de stoffer, der ønskes fjernet i adsorptionsanlægget, vil bindes til partikler i overfladevandet og vil således blive fjernet allerede i et vådt forsinkelsesbassin eller i et åbent sandfang, jf. Metodebeskrivelserne om Våde bassiner og damme og Metodebeskrivelse om Åbne Sandfang.

Er der tale om overfladevand med store mængder finpartikulært materiale, der kun vanskeligt kan fjernes i et bundfældningsbassin, kan der etableres et filter inden adsorptionsanlægget. Filterløsningen kan være et sandfilter eller alternativt et båndfilter med en finmasket filterdug, se Metodebeskrivelsen for Filtre. Herved kan en meget stor del af det partikulære stof fjernes, inden det belaster adsorptionsanlægget.

Adsorptionsanlæg

Selve adsorptionsanlægget kan udformes på forskellige måder og med forskellige filtermaterialer, der er tilpasset det aktuelle behov.

Princippet i alle adsorptionsanlæg er, at overfladevandet passerer et fast medie, eksempelvis kalk, hvor forureningspartiklerne sætter/binder sig på overfladen af det faste medie. Figur 2.1 viser princippet. I praksis vil adsorptionen for nogle stoffers vedkomne være suppleret med en absorption, dvs. en binding af forureningskomponenten inde i det faste medie i stedet for på overfladen. Hvor begge processer optræder samtidigt, tales normalt om sorption.



Figur 2.1 Princippet i adsorption, hvor f.eks. kobber sætter sig fast / bindes til filtermaterialet, når vandet strømmer forbi.

Udover bindingen af forureningskomponenterne, vil der i en del af de tilgængelige adsorptionsanlæg også ske en fysisk filtrering af vandet, hvor partikler fjernes.

Som rensemetode er adsorptionsprincippet først inden for de seneste 10 – 15 år taget rigtigt i brug til rensning af regnvand og overfladevand, og der er derfor ikke mange og lange erfaringer med brug af metoden.

Der kan bruges forskellige materialer som filtermedie. Jo større overflade filtermaterialet har i forhold til, hvor meget det fylder, er afgørende for, hvor godt vandet bliver rensat. Med andre ord, jo større overflade materialet har pr. volumenenhed, jo mere stof kan adsorberes. Generelt vil et finkornet materiale rense bedst, da overfladen pr. volumenenhed er størst på det finkornede materiale.

De mest anvendte filtermaterialer er:

- Kalk
- Marmor
- Gips
- Aktiv kul
- Zeolit (Mineral med stor overflade)
- Sand/grus
- Træflis

De enkelte stoffer i vandet bindes ikke lige godt til alle materialerne.

Er hovedformålet med adsorptionen at fjerne tungmetaller, kan filtermedier som kalk, gips, marmor og til dels Zeolit med fordel anvendes. Alternativt er aktiv kul meget effektivt til fjernelse af tungmetaller. De nævnte materialer har også en god effekt på miljøfremmede organiske stoffer.

Filtre med sand/grus og flis er dårligere til at binde stoffer end de andre materialer som f.eks. kalk/gips.

Både sand/grus og flis er til gengæld gode til at fjerne suspenderet stof, hvilket samlet set også fjerner tungmetaller og miljøfremmede stoffer. Dette skyldes, at en del af disse forureningsstoffer er bundet til det partikulære stof i overfladevandet.

Flisfiltre er gode til at rense for mineralske olier og tilsvarende. Det skal dog bemærkes, at flisen har en relativ kort levetid og vil blive nedbrudt over tid.

På nogle materialer kan der ske bakteriologisk vækst, eksempelvis på større kalkstykker. Dette vil mindske muligheden for at binde stofferne, men til gengæld bidrage til en biologisk omsætning af visse komponenter.

Fælles for alle filtermedierne er, at de har en begrænset levetid, der varierer fra materiale til materiale. I alle tilfælde vil det være nødvendigt at udskifte filtermaterialet efter en vis periode, når der ikke kan bindes mere forurening på filtermaterialets overflade.

Udløbsbygværk

Efter rensning af overfladevandet i adsorptionsanlægget skal vandet passere et udløbsbygværk inden videre bortledning.

Bygværket kan være en almindelig plast- eller betonbrønd eller et større betonbygværk til brug for større anlæg. Det skal sikres, at der ikke kan ske tilbageløb til adsorptionsanlægget fra recipient eller kloak. Dette kan sikres med en kontraklap.

2.2 Krav fra myndigheder

Med hensyn til tilladelser der er nødvendige efter miljøbeskyttelsesloven og byggeloven ved etablering af LAR-løsninger henvises til notatet:

”Generelle krav fra myndigheder ved etablering af LAR. Hvad skal der ansøges om? Og hvad må jeg selv udføre?”

Specifikt for ”Adsorptionsmetoder” kan nævnes, at der er tale om en rensforanstaltning forud for nedsivning eller udledning til f.eks. vandløb. Rensning kan være aktuell, hvis der er tale om særligt forurenede overfladevand, f.eks. fra stærkt belastede veje eller industriarealer.

Når der er tale om etablering af mere avanceret rensning, vil der normalt blive stillet krav til mængden af stoffer, som må udledes fra anlægget både til kloak og til recipient, samt krav om kontrol af udledningen. I andre tilfælde – med simpel bundfældning eller forsinkelse, vil der normalt udelukkende blive stillet funktionsvilkår.

Frakobling og tilslutning til kloaksystemet må kun udføres af autoriseret kloakmester.

Ved etablering af større anlæg vil der normalt skulle indhentes byggetilladelse hos Aarhus Kommune, Planlægning og Byggeri, Bygningsinspektoret.

2.3 Renseeffekt

I tabel 2.1 er der givet en vurdering af, hvordan adsorptionsmetoder rensrer vandet for forskellige stoffer. Vurderingen er inddelt i tre klasser: høj, middel og lav.

	Suspenderet stof	Tungmetaller	Oliestoffer	Pesticider
Adsorption	Middel – høj	Middel - høj	Middel - høj	Middel

Tabel 2.1 Oversigt over rensning af regnvandet ved adsorption.

De to nyere anlægstyper nævnt under databladet, Dobbeltporøs filtrering og Hydroconanlægget er testet i laboratorier og i pilotanlæg. Testresultater fra pilotanlægget i Ørestaden /1/ for henholdsvis et anlæg med 6 lag og 18 lag er vist i tabel 2.2

Parameter	Indløb	Krav til udløb	Gennemsnitlig udløbskoncentration	Rensegrad
Suspenderet stof mg/l	123	25	10,5 / 1,4	91,5 / 98,9 %
Zink µg/l	98	110	29,5 / 12,5	70,0 / 87,3 %
Kobber µg/l	25	12	12,2 / 9,6	50,6 / 61,1 %
Krom µg/l	18	10	10,9 / 10,0	40,5 / 45,7 %
Bly µg/l	9	3,2	1,0 / 0,2	88,1 / 97,7 %
Fosfor µg/l	178	100	47,4 / 39,0	73,3 / 78,0 %

Tabel 2.2 Oversigt over rensning af regnvand i forsøgsanlægget for dobbeltporøs filtrering.

Konkrete målinger af vandet fra udløbet af det dobbeltporøse filter viser, at 6-lags filtret stort set overholder de krav, som Københavns kommune har opstillet. Fjernelsen af kobber og Krom ligger dog lige på grænsen og den gennemsnitlige udløbskoncentration lige over kravene. 18-lagsfiltret kan overholde alle kravene.

Test af Hydroconfiltret i pilotanlæg / laboratorieanlæg giver rensegraderne vist i tabel 2.3 /2/. Endvidere er angivet de tyske krav, som anlægget skal leve op til.

Parameter		Krav til udløb i Tyskland	Rensegrad
Suspenderet stof	mg/l	Ingen data	92 - 99 %
Kobber	µg/l	<50	79 - 98 %
Bly	µg/l	<25	66 - 96 %
Zink (det samlede anlæg)	µg/l	<500	84 - 96 %
Cadmium (det samlede anlæg)	µg/l	< 5	>95 %
Fosfor	µg/l	0,05	90 - 98 %
Kulbrinter	µg/l	Ingen data	92 - 99 %

Tabel 2.3 Oversigt over rensning af regnvand i Hydroconanlægget /2/.

Sammenlignes rensegraderne for Hydrocon filtret med rensegraderne i det dobbeltporøse filter, ses det, at Hydroconfiltret teoretisk er bedre til at rense for kobber og zink, mens det dobbeltporøse filter er bedre til at rense for bly.

Der er kun offentliggjort få konkrete værdier for koncentrationerne i udløbet fra hydroconfiltret. Disse viser, anlægget kan rense vandet til under de tyske kravværdier for zink og kobber. Der findes ikke offentliggjorte data for de øvrige stoffer. Såfremt rensegraderne i testforsøgene også gælder under danske forhold, vurderes det, at Hydroconanlægget kan være et en mulig løsning til rensning af regnvand fra mindre vejarealer. Der mangler dog feltforsøg og felldata, før filtrets egnethed i forhold til danske krav kan vurderes.

Aktiv kul kan rense vandet for en lang række stoffer som tungmetaller og forskellige miljøfremmede stoffer og er det materiale, der kan adsorbere flest forskellige stoffer. Rensningen i aktiv kul afhænger meget af vandets indhold og koncentrationen af stoffer i vandet. Der skal derfor gennemføres en test af det aktuelle vand for at kunne give konkrete rensningsprocenter og levetider for kullene. Typisk dimensioneres aktiv kulfiltre, så der skal skiftes kul hvert 2. - 5. år.

2.4 Landskab og beplantning

Adsorptionsanlæg er som regel underjordiske eller placeret i bygninger og vil derfor ikke bidrage til et bedre landskab.

2.5 Begrænsninger for anvendelsen

I tabel 2.4 er adsorptionsanlæg vurderet i forhold til en række lokale faktorer, som kan begrænse, ændre eller påvirke udførelsen eller driften.

Faktor	Påvirkning af anvendelse
Grundvand	Hvor der er høj grundvandsstand, bør det sikres, at der ikke sker utilsigtet indsvivning af grundvand i anlægget. For nedgravede anlæg kan der etableres en membran eller anlægget kan placeres i en tæt konstruktion, eksempelvis beton. Hvis vandet efter behandling i adsorptionsanlæg skal nedsvives, skal der være en afstand til det højeste grundvandsniveau på mindst 1 meter.
Jordbundsforhold	Blød bund eller i øvrigt dårlige jordbundsforhold vil fordyre anlægsomkostningerne som følge af ekstra krav til fundering.
Pladsforhold/arealkrav	Behovet for arealer afhænger af den valgte anlægstype. Generelt vil der for metodetypen dobbeltporøs filtrering, sandfiltre mv. være krav om relativt store arealer. Anlæggene etableres dog ofte underjordisk og på denne måde kan de indarbejdes i grønne rekreative områder. Mindre anlæg som Hydroconanlægget kræver kun lidt plads. De mere avancerede anlægstyper, som anlæg baseret på aktiv kulfiltre evt. kombineret med bassinløsninger, er meget pladskrævende.
Forurening i jorden	Stødes der på forurenede jord ved etableringen af adsorptionsanlæg eller delkomponenter til dette, skal den forurenede jord håndteres efter gældende regler og love for forurenede jord.

Tabel 2.4 Oversigt over forhold, der kan påvirke eller begrænse anvendelsen af adsorptionsanlæg.

Hvis et adsorptionsfilter overbelastes med for meget vand, vil der normalt ske overløb til offentlig kloak eller recipient.

Anlæg bør etableres således, at opstuvende vand ikke skader bygninger eller lignende.

3. ANLÆGSDELE

Et adsorptionsanlæg består som tidligere nævnt af:

- Sandfangsbrønd/Forsinkelsesbassin/Åbent sandfang/Filterenhed
- Adsorptionsanlæg
- Udløbsbygværk

Forbehandlingen bestående af sand-/slamfang, bassinløsning eller filterenhed er beskrevet i de respektive Metodebeskrivelser, og der henvises til disse.

Udløbsbygværket opsamler det behandlede vand fra adsorptionsanlægget og fungerer som tilsynssted. Derudover skal det være muligt at udtage en vandprøve fra udløbsbygværket, så adsorptionsanlæggets renseseffekt kan kontrolleres.

Muligheden for at udtage en kontrolprøve er vigtig da:

- Myndighederne kan stille krav om prøvetagning, såfremt der er tale om private anlæg, f.eks. udledning af vand fra parkeringsplads ved kontorbyggeri.
- Det skal kontrolleres, om filtermaterialets adsorptionsevne reduceres til et for lavt niveau, så filtermaterialet skal udskiftes.

Er der tale om kontrolprøver, som skal dokumentere renseseffekten over for myndigheder, skal muligheden for prøvetagning være udformet, så der kan tages prøver i henhold til udledningstilladelsen.

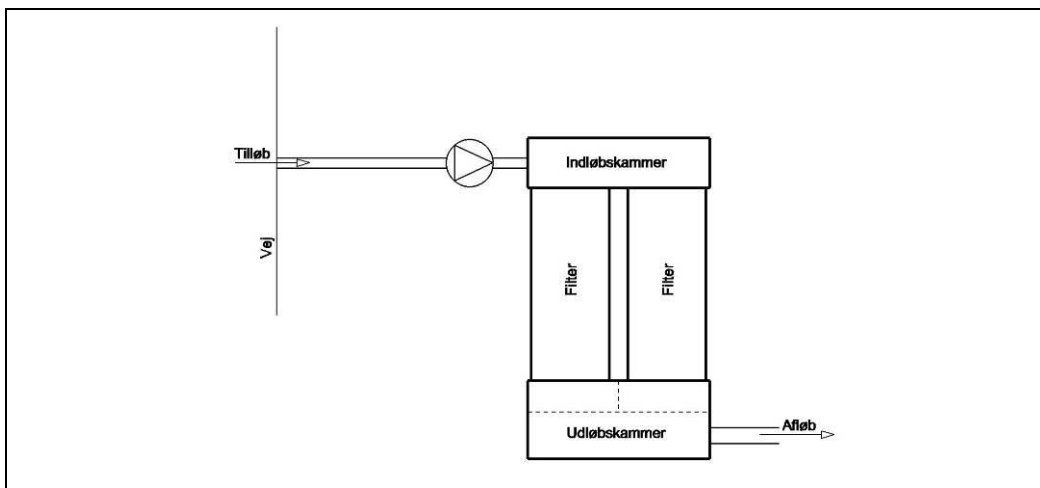
Adsorptionsanlæg kan udformes på mange forskellige måder. I det følgende beskrives 3 eksempler:

- Pilotanlægget med Dobbeltporøs filtrering - Rensning af vejvand i Ørestad
- Hydrocon-filter.
- Traditionelle filteranlæg: sandfiltre, aktiv kulfiltre, flisfiltre mv.

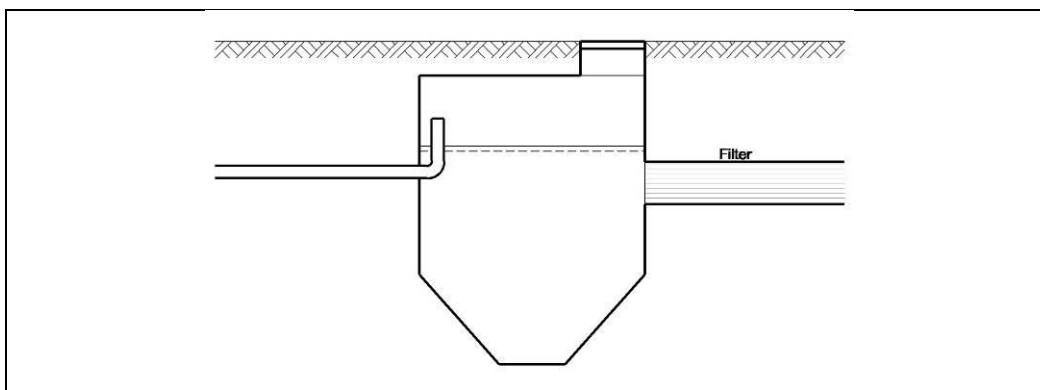
Dobbeltporøs filtrering

Anlægget med dobbeltporøs filtrering er en kombination af et anlæg med bundfældning og adsorption og er kendetegnet ved, at vandet løber vandret i filtret frem for lodret. Vandet løber ind i indløbskammeret, der også fungerer som sandfang. Herfra ledes vandet ind i filtret, der består af flere lag af måtter oven på hinanden. Det ene lag er strømningslaget, der består af drænmåtter i plastmaterialer. Det andet lag er filterlaget, der består af kalk. Vandet fra filtret samles i et udløbskammer og ledes til recipient. Vandet løber ved gravitation fra indløbskammeret og gennem filtret, og der er således ikke behov for at pumpe vandet. Alt efter hvor vandet skal ledes hen efter filtret, kan der være behov for at pumpe vandet.

Anlægget til dobbeltporøs filtrering bygges op som et 6 lags filter eller et 18 lags filter. Figur 3.1 viser en oversigtstegning over pilotanlægget med dobbeltporøs filtrering, og figur 3.2 viser indløbsbygværket.

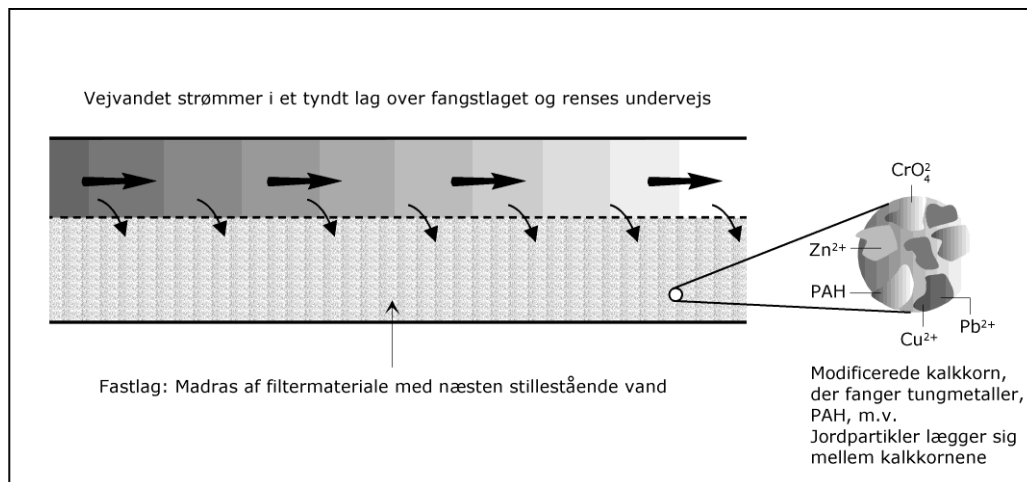


Figur 3.1 Skitse af forsøgsanlægget med dobbeltporøs filtrering med 2 filterbaner.



Figur 3.2 Indløbsbygværk og opbygning af filter i lag.

Figur 3.3 viser princippet i dobbeltporøs filtrering. Vandet ledes over et fangstlag, hvor det suspenderede materiale og stoffer bundet hertil bundfældes i et kalklag. Fordelen ved dobbeltporøs filtrering er, at strømningen af vandet er adskilt fra de lag, der tilbageholder suspenderet stof. Dette minimerer tilstopningen og opretholder renssevnen, indtil fangstlaget er stoppet til.



Figur 3.3 Princippet i Dobbeltporøs filtrering.

Strømningslaget / drænmåtterne er meget tynde (4-6 mm), og partiklerne i vandet har derfor nemt ved at bundfældes, da de kun skal falde få mm. I kalken bundfælder partiklerne sig, og tungmetaller og andre miljøfremmede stoffer kan adsorberes til kalklaget. Fangstlaget skal have en høj porøsitet, så det ikke stopper til hurtigt. Kalklaget i anlægget i Ørestad har en porøsitet på 50 %.

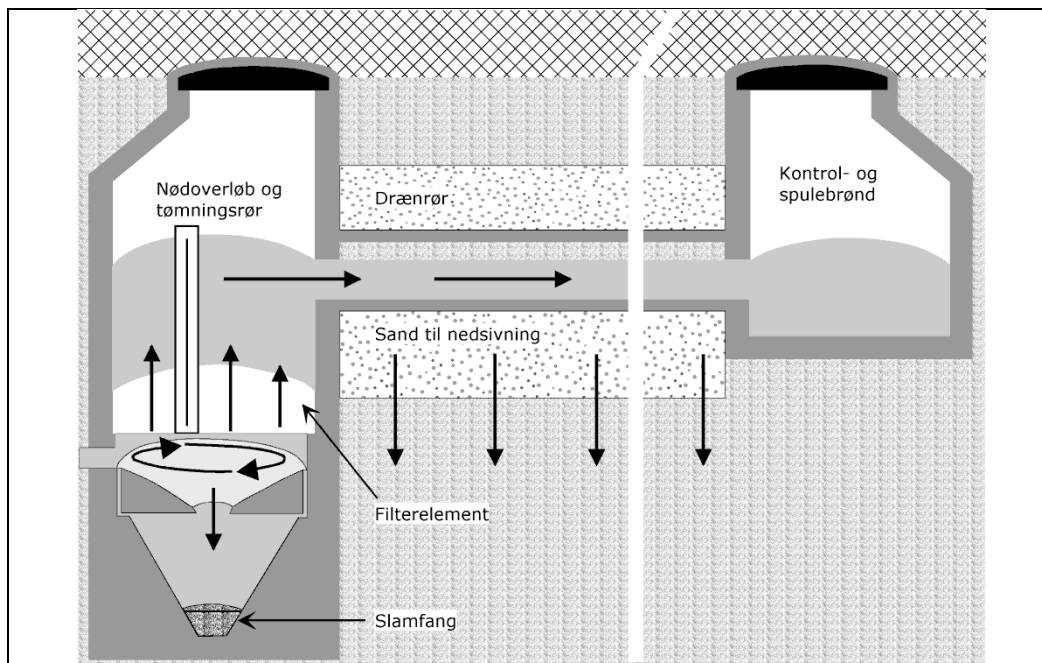
Efter en regnhændelse dræner filtret af og er derefter fyldt med luft indtil næste regnskyll. I det beluftede filter er der gode forhold for at omsætte organisk stof og nogle miljøfremmede stoffer.

Anlægget i Ørestad er dimensioneret til en vandmængde på 5 l/s og afvander fra et reduceret areal på 1,3 ha. Renseanlæg baseret på dobbeltporøs filtrering vil generelt have et pladskrav på 1 – 50 m³ pr. l/s afhængig af vandets forureningsgrad, de fastsatte renskrav og den ønskede levetid af anlægget.

Dobbeltporøs filtrering er endnu ikke færdigudviklet og optimeret i forhold til drift og vedligehold, herunder hvordan og hvornår måtterne med kalk skal udskiftes. Det er derfor ikke muligt endnu at installere filtret hos private, men filtret forventes at være færdigudviklet i løbet af et par år.

Hydroconanlæg

Hydroconanlægget er et enkelt adsorptionsanlæg, der etableres i en betonbrønd. Anlægget kan kun håndtere vand fra begrænsede arealer, men til gengæld er det enkelt at installere hos f.eks. private parcelhusejere og integrere forskellige rensprocesser i en brønd. Der er endnu ingen danske erfaringer med brug af Hydroconanlægget. Figur 3.4 viser en principtegning af anlægget.

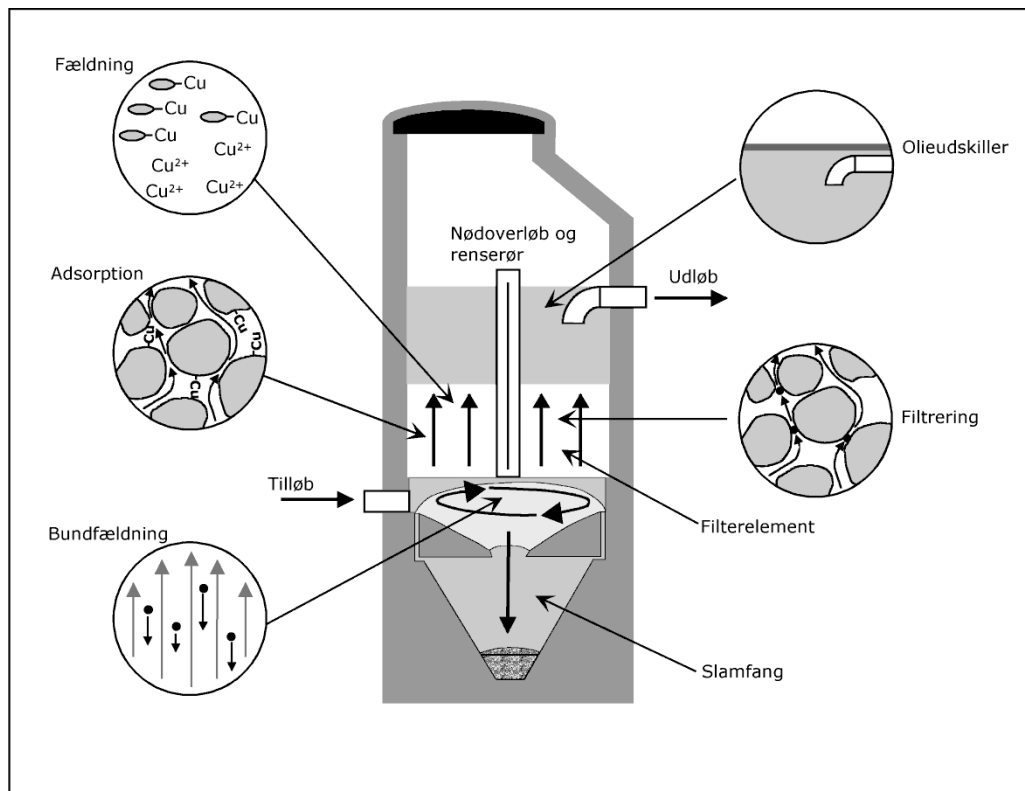


Figur 3.4 Principskitse af hydrocon-anlæg.

I anlægget er samlet flere forskellige rensefunktioner:

- Under selve adsorptionsfiltret er der indbygget et sand/slamfang, hvor tunge partikler og stoffer bundet hertil bundfældes.
- Selve filtret er støbt i beton og eventuelt tilsat forskellige materialer/materialeblandinger og fungerer både som et adsorptionsfilter og som et almindeligt kontaktfiltret.
- Centralt i filtret er der etableret et nødoverløb, så vandet kan passere gennem brønden, selv om filtret stopper til. Nødoverløbet fungerer også som tømningsrør, når slamfanget i bunden af brønden skal tømmes.
- Udløb fra brønden er etableret som et dykket udløb, så flydestoffer som f.eks. olie og benzin tilbageholdes.

Figur 3.5 viser de forskellige rensemøtoder, der foregår i hydroconfiltret.



Figur 3.5 Princip for de forskellige rensemetoder i Hydroconfilter.

Fra selve filterbrønden ledes det behandlede vand gennem et betondrænrør, hvorfra det kan sive ned gennem et sandlag/sandfilter. Sandfiltret fungerer som en ekstra rensning og efterpolering af vandet, hvor blandt andet kvælstof kan blive omsat. Drænrøret munder ud i en kontrolbrønd, der kan bruges dels til at udtage vandprøver til at kontrollere anlæggets rensning, dels til at spule drænledningen. Vandet kan løbe ved gravitation gennem anlægget, så der ikke er behov for pumpning. Alt efter hvor vandet skal ledes hen efter rensningen, kan der være behov for at pumpe vandet.

Filtret i Hydroconanlægget kan bestå af forskellige materialer alt efter, hvad der skal renses for i vandet. Filterindsatserne er støbt af beton og er permeable. Filtrene kan have varierende porestørrelse alt efter, hvor meget de bliver belastet med vand, og hvor godt de skal rens vandet. Jo mere permeable filtrene er, jo dårligere renses vandet. Filtrene kan leveres med forskelligt tilsatte stoffer, der bl.a. kan målrettes mod specifikke tungmetaller, som f.eks. kobber, bly eller cadmium. Fyldstoffer, som tilsættes til filtrene, når de bliver støbt, kan f.eks. være granuleret jernoxid, forskellige former for knust og brændt beton, zeolit samt blandingsfiltre. Valget af filtertype skal følge producentens anvisninger, der foreslår at designe filtrene efter en analyse af vandet, som skal renses.

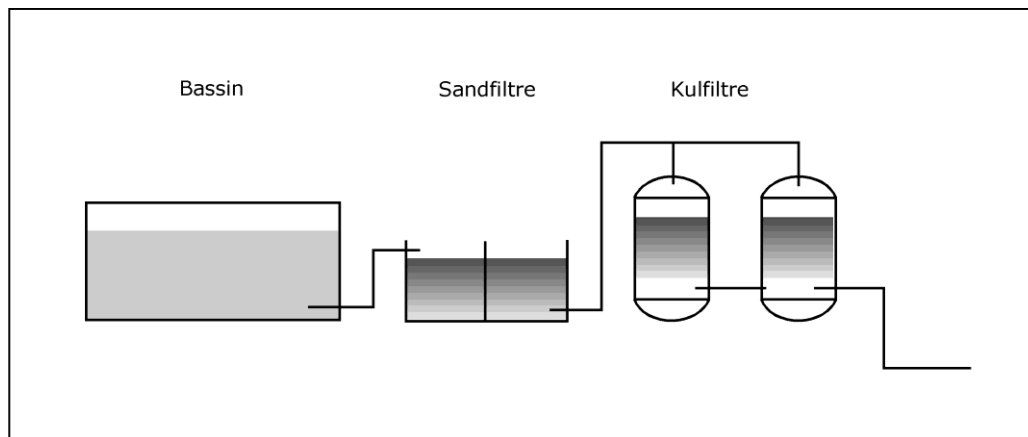
Figur 3.6 viser eksempler på forskellige filterenheder til hydroconfiltret med forskellige porestørrelser og forskellige tilsætningsstoffer.



Figur 3.6 Forskellige filterenheder til Hydroconfilter.

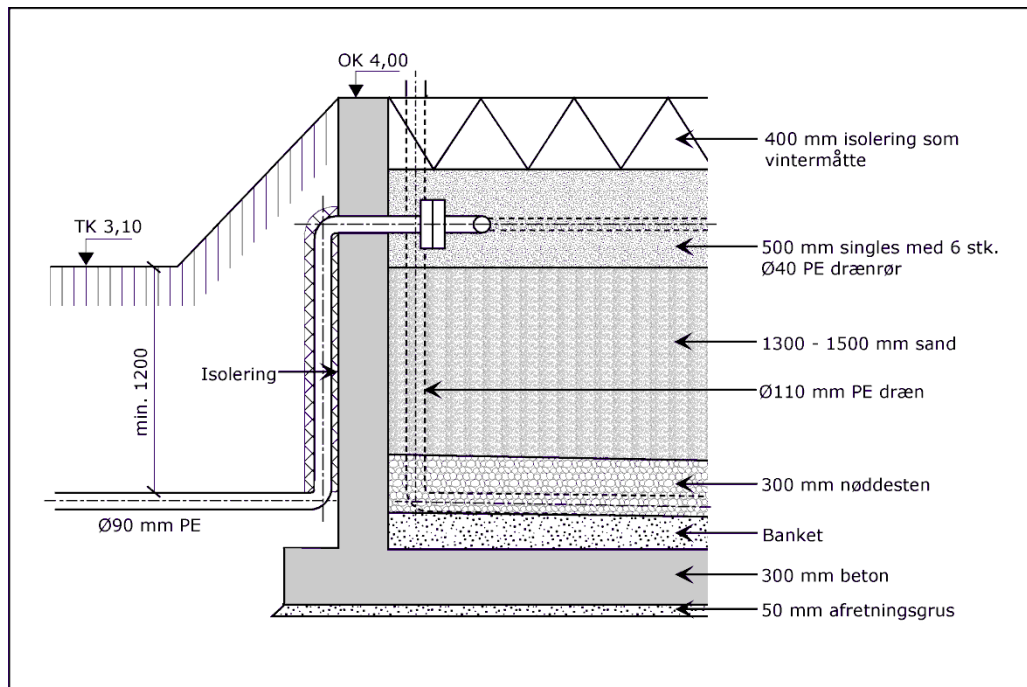
Filteranlæg med sandfiltre og aktiv kulfiltre

På figur 3.7 er vist et adsorptionsanlæg med et forsinkelsesbassin efterfulgt af sandfiltre og aktiv kul filtre.



Figur 3.7 Adsorptionsanlæg med sandfiltre og aktiv kulfiltre.

I sandfiltrene fjernes det suspenderede stof og de stoffer, der er bundet hertil. Det er vigtigt, at det suspendere materiale er fjernet inden kulfiltrene, da de ellers hurtigt stopper til. Der kan være behov for at spule / rense sandfiltret, hvis det stopper til, så vandet ikke kan komme igennem. Figur 3.8 viser opbygningen af et sandfilter.



Figur 3.8 Eksempel på opbygning af et sandfilter etableret som et trykfilter i en betonkonstruktion.

I kulfiltrene fjernes tungmetaller og nogle former for miljøfremmede stoffer. Anlægget etableres ofte som et tryksat anlæg for at mindske arealbehovet og vedligeholdelsen. Der er derfor behov for at pumpe vandet gennem anlægget, hvilket giver øgede energiudgifter.

Anlægget er et komplekst anlæg, og hverken dimensionering, drift eller vedligehold er let tilgængeligt. Anlægget er derfor ikke egnet til små decentrale anlæg, og det kræver ekspertviden og kontakt med leverandører af aktiv kul for at finde den rette kulstype og driftstid. Der kan endvidere være behov for at etablere et styrings- og overvågningsanlæg for at sikre at anlægget ikke bliver overbelastet og dermed ikke fungerer efter hensigten samt for at sikre, at hverken sandfiltre eller trykfiltre er stoppet til.

Aktivt kul anvendes normalt kun som tryksatte filtre og bør derfor kun anvendes under forhold, hvor jævnlig drift og tilsyn pågår. Figur 3.9 viser eksempler på aktiv kulfiltre i trykbeholdere.



Figur 3.9 Eksempler på aktiv kulfiltre i trykbeholdere.

4. DIMENSIONERING

Uanset anlægstype vil det være nødvendigt at afklare følgende forudsætninger for at kunne dimensionere anlægget korrekt:

- Vandmængde angivet i l/s
- Forventet indhold af partikulært stof i vandet (mg suspenderet stof/l)
- Det valgte filters størrelse og belastning i l/s
- Ønsket renseseffekt

Fælles for alle anlæg er, at de ofte med fordel kan kombineres med andre LAR-anlæg for at reducere størrelsen af adsorptionsanlægget og dermed også udgifterne til etablering af anlægget.

Dimensioneringen af filteranlægget skal svare til den maksimale afstrømning fra det tilsluttede areal ved den dimensionsgivende regnhændelse.

Den dimensionsgivende regn udgør 140 l/s·ha, hvilket betyder, at afstrømningen fra 1 ha, der er fuldt befæstet, udgør 140 l/s.

Vandmængden til anlægget kan således beregnes som det reducerede areal ganget med den dimensionsgivende regnhændelse:

$$q_r = A_{\text{red}} \cdot 140 \text{ l/s} \cdot \text{ha}$$

Det vil sige, at et boligområde på 6.000 m², hvoraf 1.500 m² er tagareal og 900 m² er udlagt til veje og parkeringsarealer, har et samlet areal på 2.400 m² eller 0,24 ha. Vandmængden til anlægget q_r kan beregnes således:

$$q_r = 0,24 \text{ ha} \cdot 140 \text{ l/s} \cdot \text{ha} = 34 \text{ l/s}$$

I tabel 4.1 er vist den dimensionsgivende vandmængde for tre bebyggelser.

Bebyggelse	Grundareal m ²	Befæstet areal inkl. tagareal m ²	Vandmængde l/s
Parcelhus	760	190	2,7
Boligejendom	6.000	2.400	34
Kontorbygning	10.000	6.000	84

Tabel 4.1 Eksempler på dimensionsgivende vandmængder fra forskellige typer områder.

Adsorptionsanlæg dimensioneres normalt af leverandøren på baggrund af den dimensionsgivende vandmængde, forventet indhold af partikulært stof i vandet samt ønsket rensesgrad.

Indholdet af partikulært stof i regnvand kan være svært at fastlægge, da indholdet varierer fra lokalitet til lokalitet samt afhænger af, om der er tale om tagvand (lavt indhold af suspenderet stof) eller vejvand (middel – højt indhold af suspenderet stof). I områder med grønne arealer med løvfældende træer kan der om efteråret, hvor bladene falder af træerne, være et markant højere indhold af stof i vandet.

Under normale omstændigheder vil et dimensionsgivende indhold af suspenderet stof i intervallet 50 – 200 mg SS/l være passende.

Efterhånden som adsorptionsanlæggene standardiseres, fås en produkttype, hvor dimensioneringen forenkles.

Som eksempel herpå kan nævnes Hydroconanlægget, der er standardiseret og pt. findes i to typer:

- Anlæg baseret på Ø1000 mm betonbrønd. Hertil kan tilsluttes et maksimalt overfladeareal på 500 m².
- Anlæg baseret på Ø1500 mm betonbrønd. Hertil kan tilsluttes et maksimalt overfladeareal på 1000 m².

Såfremt anlægget etableres med nedsivning, som angivet på figur 3.4, skal det sikres, at jorden er egnet til nedsivning, at der kan opnås tilladelse til nedsivning, samt at nedsivningsdelen dimensioneres korrekt, se Metodebeskrivelsen for faskiner.

Anlægget med dobbeltporøs filtrering er pt. dimensioneret til at behandle 5 l/s. Anlæggets størrelse vil ud fra erfaringerne fra Ørestad skulle have en bredde på 30-50 meter, en længde på 30-100 meter og udgravet i en dybde på 1,5 meter. Et anlæg af denne størrelse kan behandle vand fra et areal på 1,3 reduceret ha.

Størrelsen af sandfiltre og aktiv kulfiltre afhænger af vandets indhold af stoffer, og dermed hvor hurtigt vandet kan løbe gennem filtret og samtidig opnå en god rensning. I metodebeskrivelsen for filtre er angivet vejledende størrelser på sandfiltre.

5. DRIFT OG VEDLIGEHOLD

Drift og vedligehold af et adsorptionsanlæg afhænger af anlæggets udformning og især af udskiftningen af filtermateriale.

I tabel 5.1, 5.2 og 5.3 er vist oversigter over drift og vedligehold af de tre forskellige adsorptionsanlæg, som er beskrevet i afsnit 3.

	Aktivitet	Hyppighed
Jævnligt	Tilsyn med anlæg	Efter kraftigt regnvejr. 6-12 gange årligt
	Kontrol af filtrets funktion ved prøveudtagning	1 - 4 gange årligt
	Tømning af indløbsbygværk	Årligt eller når det er 50 - 75 % fuldt
Efter behov	Opgravning og udskiftning af kalkmætter	Når kalkmætten ikke kan adsorbere mere stof.

Tabel 5.1 Drift og vedligehold af dobbeltporøs filtrering.

	Aktivitet	Hyppighed
Jævnligt	Tilsyn med anlæg	Efter kraftigt regnvejr. 6-12 gange årligt
	Kontrol af filtrets funktion ved prøveudtagning	1 - 4 gange årligt
	Tømning af sandfang	Årligt eller når det er 50 - 75 % fuldt
	Spuling af drænledning	Årligt
Efter behov	Udskiftning af filterenhed	Når filtret ikke kan adsorbere mere stof. Ca. hvert 1.- 5. år

Tabel 5.2 Drift og vedligehold af HydroCon-filter.

	Aktivitet	Hyppighed
Jævnligt	Tilsyn med anlæg	Hver uge - måned
	Kontrol af filtrets funktion ved prøveudtagning	1 - 4 gange årligt
	Tømning af evt. sandfang	Årligt eller når det er 50 - 75 % fuldt
	Drift og vedligehold af pumper og andre maskindele som ventiler, trykmålere mv.	1-2 gange årligt
	Spuling af rør, brønde og eventuelle dræn, samt udløbsbygværk (for at sikre der opnås en repræsentativ prøveudtagning, der ikke påvirkes af slamaflejringer).	Årligt
Efter behov	Udskiftning af aktiv kul	Når filtret ikke kan adsorbere mere stof.
	Spuling / rensning af sandfilter	Når tryktabet bliver for stort. Ca. hvert 10 år.
	Udskiftning af sliddele	Når nødvendigt
	Tømning / oprensning af evt. bassin	Når nødvendigt

Tabel 5.3 Drift og vedligehold af sandfilter og aktiv kulfilter.

6. ØKONOMI

Anlægsudgifterne og udgifterne til drift og vedligehold afhænger af anlæggets udformning og især af adsorptionsmaterialets levetid. Det er derfor især for de mere avancerede anlæg som dobbeltporøs filtrering og anlæg med bassin, sandfiltre og kulfiltre vanskeligt at give et økonomisk overslag. Der vil derfor være større variation og usikkerhed på priserne for adsorptionsanlæg end for de øvrige rensemetoder.

I tabel 6.1 er vist overslag over anlægsudgifter, udgifter til drift og vedligehold samt en samlet årlig udgift set over hele Hydroconanlæggets levetid. Udgifterne er beregnet i prisniveau 2011 og er ekskl. moms.

Der er foretaget beregning for 3 forskellige områder med befæstede arealer (inkl. tagflader):

- Parcelhus med befæstet areal på 190 m²
- Boligejendom med befæstet areal på 2.400 m²
- Kontorbygning med befæstet areal på 6.000 m²

I priserne er der regnet med en timepris på 325 kr., og at drift og vedligehold foretages af eksterne folk. Der er endvidere regnet med, at filterenheden udskiftes hvert 5. år.

	Parcelhus	Boligejendom	Kontorbygning
Anlægsudgifter kr.	16.500	66.000	206.000
Driftsudgifter kr. pr. år	6.100	15.500	27.700
Årlig udgift kr. pr. år - levetid 25 år	6.700	18.000	36.000

Tabel 6.1 Overslag over anlægs- og driftsudgifter til Hydrocon filter (prisniveau 2011).

I tabel 6.2 er vist prisen for et større adsorptionsanlæg med forsinkelsesbassin, sandfiltre og aktiv kulfiltre til en boligejendom. Denne type anlæg er ikke egnet til parcelhuse og mindre ejendomme. Prisen for et anlæg til en kontorbygning er ikke medtaget, men vil være ca. dobbelt så dyr.

	Boligejendom
Anlægsudgifter kr.	2.025.000
Driftsudgifter kr. pr. år	119.000
Årlig udgift kr. pr. år - levetid 25 år	200.000

Tabel 6.2 Overslag over anlægs- og driftsudgifter til adsorptionsanlæg med aktivt kul (prisniveau 2011).

Anlægget med dobbeltporøfiltrering er endnu på forsøgsstadiet og under udvikling. Det er derfor ikke muligt at fastlægge hverken anlægspriser eller drifts- og vedligeholdelsesudgifter.

7. REFERENCER

- /1/ Marina Bergen Jensen, Skov & Landskab, KU-LIFE.: "Basisrapport: Dobbeltporøs Filtrering". Januar 2009.
- /2/ Dierkes, C. et al.: "Entwicklung und Optimierung eines kombinierten unterirdischen Reinigungs- und Versickerungssystems für Regenwasser", Abschlussbericht, Münster, Februar 2005.
- /3/ HydroCon. Stormwater. Decentralized Treatment and Infiltration of Polluted Runoff (Roads, Car Parks, Copper and Zinc Roofs, Industrial Areas). www.hydrocon.de.