

# Filtre

LAR-metodekatalog

Oktober 2011

Aarhus Kommune

# Filtre

Oktober 2011

Ref.: Filtre

Udarbejdet af:

- Rambøll Danmark A/S

## Indholdsfortegnelse

<b>1.</b>	<b>DATABLAD</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>GENEREL BESKRIVELSE</b>	<b>4</b>
2.1	Opbygning og funktion	4
2.2	Krav fra myndigheder	7
2.3	Renseeffekt	7
2.4	Landskab og beplantning	8
2.5	Begrænsninger for anvendelsen	8
<b>3.</b>	<b>ANLÆGSDELE</b>	<b>10</b>
3.1	Skive-, bånd- eller tromlefiltere	10
3.2	Sand-, grus- eller stenfiltere	12
<b>4.</b>	<b>DIMENSIONERING</b>	<b>16</b>
<b>5.</b>	<b>DRIFT OG VEDLIGEHOLD</b>	<b>19</b>
<b>6.</b>	<b>ØKONOMI</b>	<b>20</b>
<b>7.</b>	<b>REFERENCER</b>	<b>21</b>



## 1. DATABLAD

Filtre til rensning af regnvand omfatter filtre, hvor der sker en fysisk frafiltrering af stoffer. Filtre kan opdeles i to hovedtyper:

- a. Skive-, bånd- eller tromlefiltre, hvor vandet filtreres gennem en filterdug eller meget finmasket net.
- b. Sand-, grus- eller stenfiltre, hvor vandet filtreres ved at løbe gennem materialerne.

Alle metoder anvendes til at frafiltrere primært suspenderet stof. I sand-, grus- eller stenfiltrene vil der endvidere i større eller mindre grad ske en biologisk omsætning samt binding af stoffer på filtermediet (sand/grus).



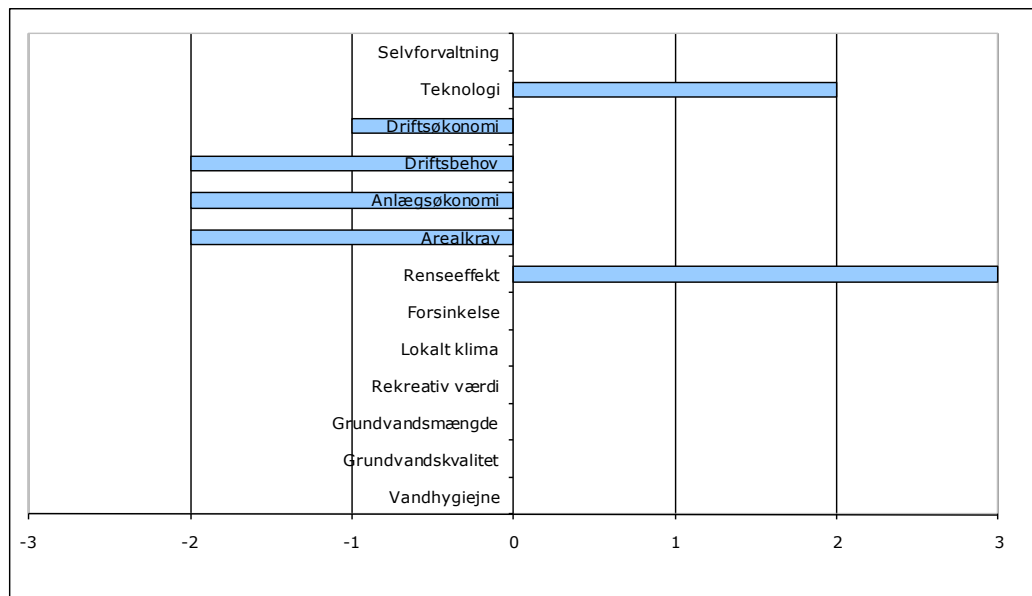
Figur 1.1 Eksempel på filtre.

Filtermetoderne anvendes i særlige tilfælde ved større anlæg, hvor vandet er stærkt forurenet eller inden regnvandet ledes til følsomme recipienter, hvor bundfældning af sand og andre sedimenter er problematisk for recipientens kvalitet. Mindre sand-, grus- og stenfiltre kan etableres i brønd, bygværk eller tilsvarende. Ønskes en simpel filtrering af overfladevand kan en lille brønd i eksempelvis plast fyldt med nøddensten eller lign. anvendes som grovfilter, inden vandet ledes videre til f.eks. et LAR-anlæg.

- a) Skive-, bånd- eller tromlefiltre kan enten etableres direkte i forbindelse med et regnudløb eller efter et forsinkelsesbassin.
- b) Sand-, grus- eller stenfiltre kan etableres efter et forsinkelsesbassin, når der er tale om store arealer og efter sand-/slamfang ved mindre arealer.

Væsentligste egenskaber		a)	b)
	Reduktion af vandvolumen	Ingen	Ingen
	Reduktion af intens regn	Ingen	Ingen
	Fjernelse af suspenderet stof	Høj	Høj
	Fjernelse af kvælstof	Lav	Lav - middel
	Fjernelse af tungmetaller	Middel	Middel
	Fjernelse af oliestoffer	Lav - middel	Lav - middel
	Fjernelse af pesticider	Lav - middel	Lav - middel
	Landskabelig værdi	Ingen	Ingen - lav
Drift og vedligehold	a)	Løbende tilsyn med filtre.	
		Håndtering og bortskaffelse af filtrat.	
		Almen drift og vedligehold af maskinudstyr.	
	b)	Periodevis tilsyn med filter.	
Oprensning og evt. regenerering af filter.			
Fordele	a)	Effektive filtreringsløsninger.	
		Mulighed for filtrering ned til meget små partikelstørrelser.	
		Høj rensegrad for suspenderet stof.	
		Fleksibel tilpasning til specifikke opgaver.	
		Enkel hydraulisk dimensionering.	
	b)	Lavteknologisk rimelig billig løsning.	
		Effektiv filtrering (dog afhængig af filtermateriale).	
		En rimelig biologisk rensning kan opnås.	
Ulemper	a)	Dyr højteknologisk løsning.	
		Løbende drift og vedligeholdelse nødvendig.	
		Umiddelbart bør løsningen ikke anvendes på små enheder, da både pris samt vedligeholdelsesniveau gør metoden uegnet sammenlignet med b).	
	b)	Begrænset levetid før filtermaterialet skal regenereres/udskiftes, typisk efter 20 - 30 år.	
		Faldende hydraulisk kapacitet over tid grundet tilstopning.	
		Kan med fordel anvendes i forbindelse med afløb fra forsinkelsesbassiner med sedimentation eller lignende, alternativt bør der etableres sand-/slamfang inden filtret.	
Økonomi	a)	Høje omkostninger til etablering og drift, jo mindre areal der behandles jo dyrere bliver anlægget sammenlignet med andre løsninger.	
	b)	Lave - middel omkostninger til etablering, lave omkostninger til løbende drift, men vil kræve periodevise reinvesteringer til oprensning/regenerering af filtre	

Tabel 1.1 Metodeoversigt.



Figur 1.2 Samlet vurdering af egenskaber.

Samlet vurdering af filteres 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

Da regnmængder varierer en del, kan det være nødvendigt at drosle indløbet til filtret eller anlægge et forsinkelsesbassin inden indløbet, så der ledes en så jævn vandstrøm som muligt til filtret. Det er især nødvendigt for sand- og grusfiltrene, men kan også være en fordel foran skive-, bånd- og tromlefiltrene. I et forsinkelsesbassin vil en del af de større partikler blive bundfældet, så indholdet og størrelsen af partikler, der skal fjernes i filtret, er mindre. Dermed kan der vælges et filter med en bedre filtreringsevne, men med mulighed for at behandle den samme vandmængde.

#### **Skive-, bånd- eller tromlefiltre**

Fælles for skive-, bånd- eller tromlefiltre er, at det alle er mekaniske installationer, der hver især kan tilpasses den enkelte opgave med hensyn til porestørrelse i filterenheden. Normale porestørrelser er fra 50 mm helt ned til 10 µm. Udgangspunktet er, at jo finere filter jo mindre vand kan der komme igennem pr. tidsenhed. De primære parametre for valg af filtrets finhed er altså vandstrøm, hulstørrelse i filterenhed samt indholdet af suspenderet stof i vandet.

For alle løsninger gælder, at de typisk skal indbygges enten i et bygværk, grube eller et egentligt maskinhus. Uvedkommende må ikke have adgang til anlæggene, hvorfor installationer i lukkede bygværker eller maskinhuse er bedst. Alternativt bør filtre monteret i åbne bygværker indhegnes.

Uanset hvilken filtertype der anvendes, er princippet grundlæggende det samme. Der er tale om en mekanisk filtrering, hvor vandet ledes gennem en filterdug, finmasket rist eller net, hvor det suspenderede stof tilbageholdes på filtret, mens det rensede vand løber igennem. Efter filtreringen vil der derfor være et restprodukt bestående af de frafilterede partikler. De frafilterede partikler skal løbende fjernes under filtrets drift for, at det ikke stopper, så vandet løber over filtret uden at blive rensat. Filteranlægget skal derfor etableres med et afkast/opsamlingsfunktion, hvor det opsamlede slam mv. kan lagres til senere videre håndtering.

Figur 2.1 viser et eksempel på et båndfilter, og figur 2.2 viser et eksempel på et tromlefilter.





Figur 2.1 Eksempel på båndfilter monteret i rustfrit står kar.



Figur 2.2 Eksempel på filterenhed til tromlefilter.

### **Sand-, grus- eller stenfiltre**

Fælles for sand-, grus- eller stenfiltre er, at der her er tale om en kontaktfiltrering, hvor det suspenderede stof fanges og filtreres fra mellem de enkelte sand- og gruskorn eller sten. Afhængig af filtermaterialets kornstørrelse og anlægsudformningen kan der i større eller mindre grad også ske en biologisk omsætning af organisk materiale og enkelte miljøfremmede stoffer.

Denne anlægstype giver mulighed for mange forskellige løsninger i praksis. Filtrene kan etableres som almindelige biologiske sandfiltre enten i lukkede beholdere, hvor vandet under tryk presses igennem filtret eller i åbne enheder, hvor vandet af sig selv løber gennem filtret. I begge tilfælde samles vandet op efter filtreringen og le-

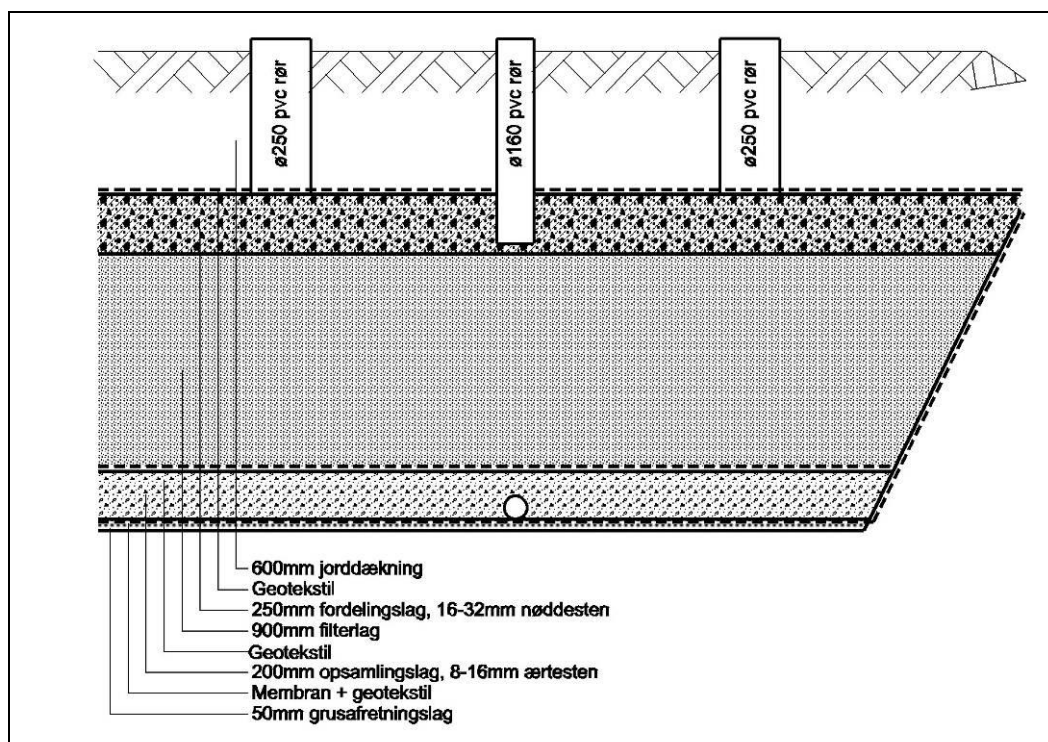
des videre. De åbne filtre kan også etableres som udsivningsfiltre/sandfiltre uden bund, hvor vandet efter filtreringen nedsives under filtret. Filtrene kan også fyldes med sten, hvor vandet risler ned over stenene og bliver iltet undervejs.

Uanset udformningen af anlægget vil et finkornet filtermateriale, såsom filtergrus og filtersand, give en bedre filtrering, mens et stenfilter/rislefilter vil give en dårligere filtrering. I begge tilfælde vil der være en biologisk omsætning i filtret. Her vil tilgangen af ilt, der er direkte afhængig af, hvorledes anlægget udformes, være afgørende for, hvor effektiv den biologiske omsætning er. Ved en fornuftig udformning med hensyn til iltning, vil anlægget med det finkornede materiale have den bedste biologiske rensning samtidig med den bedste filtrering af partikler.

Det skal dog bemærkes, at jo finere filtermateriale der anvendes, jo langsommere er vandet om at løbe gennem filtret og jo større filterareal kræves der, for at behandle den samme vandmængde.

Med tiden vil sand-, grus og stenfiltre stoppe til, da det frafiltrerede materiale og en opbygning af biomasse udfylder hulrummene i filtret. Det vil derfor på sigt være nødvendigt at udskifte filtermaterialet eller skylle filtret, så det frafiltrerede materiale fjernes.

Figur 2.3 viser et eksempel på opbygningen af et sandfilter.



Figur 2.3 Eksempel på principopbygning af et sandfilter forsynet med udluftning af fordelerslag via PVC rør. Nederst i filtret er anlagt et opsamlingslag, der opsamler det filtrerede vand.

## 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 ”filtre” kan nævnes, at der er tale om en renseforanstaltning forud for nedsivning eller udledning til f.eks. vandløb. Rensning kan være aktuel, hvis der er tale om særligt forurenede overfladevand, f.eks. fra stærkt belastede veje eller industriarealer.

Såfremt rensning sker i sand-, grus- eller stenfiltre, vil disse normalt skulle anlægges med en vandtæt bund eller membran.

Skive-, bånd- eller tromlefiltre er normalt placeret i tætte konstruktioner/bygninger og der vil ikke ske nedsivning herfra. Indretning af bygværk med maskinudrustning skal være CE mærket (lovpligtig godkendelse af det samlede anlæg) og i øvrigt udføres i henhold til arbejdstilsynets regler.

Aarhus Kommune, Planlægning og Byggeri, Bygningsinspektoratet skal give tilladelse til at opføre bygninger, maskinhuse mv. Gældende byggelovgivning og normer skal følges.

## 2.3 **Renseeffekt**

Filtre renser regnvandet for suspenderet stof og de partikler/stoffer, der er bundet hertil.

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

	Suspenderet stof	Tungmetaller	Oliestoffer	Pesticider
Filtre	Høj	Middel	Lav - middel	Lav - middel

Tabel 2.1 Oversigt over rensning af regnvandet i filtre.

### **Skive-, bånd- eller tromlefiltre**

Skive-, bånd- eller tromlefiltre kan som angivet under dimensionering tilpasses i design, således man i praksis selv kan opstille den ønskede fjernelsesgrad med hensyn til suspenderet stof. Som angivet under dimensionering, vil et finmasket filter sikre en høj fjernelse af suspenderet stof, i praksis op til 90 - 99 %. For større anlæg med stor hydraulisk kapacitet kan lavere fjernelsesgrader være acceptable grundet de store vandmængder, der skal behandles.

Skive-, bånd- eller tromlefiltre har udover kontaktfiltreringen kun en fjernelse af de stoffer, der måtte være bundet til partiklerne i vandet.

### **Sand-, grus- eller stenfiltre**

For sandfiltre opnås generelt meget høje rensegrader for suspenderet stof, typisk 97 – 99,9 % fjernelse ved normal dimensionering. For biologisk nedbrydelige stoffer (organisk stof, næringssalte mv.) er fjernelsesgraden varierende og stofs specifik. I sandfiltre varierer rensegraden fra 0 - 30 % for svært nedbrydelige stoffer og op til mere end 95 % for let omsættelige stoffer.

Ovennævnte rensegrader vil være aftagende ved anvendelse af mere grovkornet materiale. Det skal forstås således, at sandfiltre renser bedre end grusfiltre, der igen renser bedre end stenfilter.

## 2.4 Landskab og beplantning

Skive-, bånd- og tromlefiltre placeres i bygværker og har ingen rekreativ værdi eller mulighed for at indgå i landskabet som en forbedring. Her drejer det sig om at placere bygværkerne, så de ikke skæmmer landskabet.

Sandfiltre med nedsivning skal placeres i åbne arealer og vil ofte være dækket med jord. Der kan sås græs oven på jorden. Udluftningsbrønde vil være synlige på jordoverfladen, og arealet kan ikke umiddelbart benyttes til andre formål.

## 2.5 Begrænsninger for anvendelsen

I tabel 2.2 er anlæg og brug af filtre vurderet i forhold til en række lokale faktorer, som kan begrænse, ændre eller påvirke udførelsen eller driften.

Faktor	Påvirkning af anvendelse
Grundvand	<p><u>Skive-, bånd- eller tromlefiltre</u> Etableres i bygværk eller maskinhus, hvorfor grundvandsstanden ikke har indflydelse.</p> <p><u>Sand-, grus- eller stenfiltre</u> Hvis grundvandsspejlet står højt, skal filtrene anlægges med en tæt bund af beton eller med en membran. Ved høj grundvandsstand kan filtrene alternativt etableres som et tryksat system, der kan placeres over højeste grundvandsstand.</p>
Jordbundsforhold	<p><u>Skive-, bånd- eller tromlefiltre</u> Blød bund eller i øvrigt dårlige jordbundsforhold vil fordyre anlægsomkostningerne på grund af ekstra funderingskrav.</p> <p><u>Sand-, grus- eller stenfiltre</u> Ønskes et anlæg med åben bund og nedsivning, skal jordbunden være egnet til nedsivning, jf. metodebeskrivelsen om Faskiner.</p>
Pladsforhold/arealkrav	<p><u>Skive-, bånd- eller tromlefiltre</u> Løsningen er normalt kun relevant for større anlæg, men er her normalt mindre pladskrævende end eks. sandfiltre, dog kræves bygværk eller maskinhus.</p> <p><u>Sand-, grus- eller stenfiltre</u> Er generelt pladskrævende, specielt ved meget store anlæg.</p>
Forurening i jorden	<p><u>Skive-, bånd- eller tromlefiltre</u> Ingen betydning.</p> <p><u>Sand-, grus- eller stenfiltre</u></p>

Faktor	Påvirkning af anvendelse
	<p>Der må som udgangspunkt ikke nedsives vand i forurenede jord, da forureningen kan føres ned til grundvandet. En stor del af Aarhus by er områdeklassificeret, dvs. jorden vurderes at være lettere forurenede. Forureningen ligger typisk i de øvre jordlag og består af komponenter, som er bundet hårdt til jorden. Med få tiltag vil nedsivning som regel også tillades her, når blot der tages hensyn til den konkrete forurening. Kommunen skal altid foretage en individuel vurdering. Regnvand kan indeholde forurenende stoffer, som kan afsættes i jorden, når regnvandet nedsives. Der kan dermed ske en ophobning af forurenende stoffer i jorden, hvilket kan betyde, at der skal tages særlige forholdsregler ved efterfølgende håndtering af jorden.</p>

Tabel 2.2 Oversigt over forhold, der kan påvirke eller begrænse anvendelsen af filtre.

Hvis et filter 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 el. lign.

### 3. ANLÆGSDELE

I det følgende gennemgås først anlægsdele til skive-, og bånd og tromlefiltre og dernæst sand-, grus- og stenfiltre.

Foran alle filterløsningerne skal der etableres et sand-/slamfang, så de største partikler er fjernet, inden vandet ledes til filtret.

#### 3.1 Skive-, bånd- eller tromlefiltre

Anlæg baseret på skive-, bånd, eller tromlefiltre består normalt af følgende hovedkomponenter:

- Filterenhed: Et skive-, bånd eller tromlefilter etableret i et bygværk af beton, alternativt monteret i kar af stål eller andet materiale.
- Evt. maskinhus til indendørsinstallation
- El-installationer
- Tilløb/afløb
- Slaghåndtering: Afkast til transport af frafiltreret materiale (slam), samt oplagring i lagertank eller lignende
- Evt. forsinkelsesbassin

#### Filterenhed

Der findes mange forskellige typer og varianter af både skive-, bånd- og tromlefiltre på markedet. De specifikke funktioner varierer fra leverandør til leverandør. Leverandørens anvisninger skal altid følges.

Valg af filtertype er opgavespecifik, men generelt er anvendelsen af disse typer på regnvand meget begrænset. Det skyldes, at der skal være tale om store arealer, hvorfra regnvandet skal renses, før de bliver økonomisk rentable at etablere og efterfølgende at drive.

Filtrene kan opdeles i typer, som kan behandle store vandmængder, typisk tromlefiltre og lignende samt filtre til mindre vandmængder, eksempelvis bånd- og skivefiltre. Som tidligere nævnt afhænger filtrets evne og størrelse til at filtrere vandmængderne af filtrets/filterdugens "hulstørrelse". Med andre ord jo mindre partikler, der skal filtreres fra, jo mindre vandmængde kan der filtreres igennem filtret og omvendt.

I tabel 3.1 er angivet en simpel vejledning med forslag til valg af filtertype ved forskellige vandmængder, renskrav og anlægsudformninger. Alle typer filtre kan principielt bruges ved alle kombinationer, men de angivne valg er taget ud fra almen erfaring.

Vandmængde l/s	"Rensegrad"	Bassinløsning inkluderet	Valg af filtertype
Høj	Høj	Ja	Bånd- eller skivefilter
Høj	Høj	Nej	Tromlefilter, men i praksis svært at finde et filter med både stor hydraulisk kapacitet og høj rensegrad
Lav	Høj	Ja	Bånd- eller skivefilter
Lav	Høj	Nej	Alle
Høj	Lav	Ja	Alle
Høj	Lav	Nej	Tromlefilter
Lav	Lav	Ja	Alle
Lav	Lav	Nej	Tromlefilter

Tabel 3.1 Skema med forslag til valg af filtertype ved forskellige situationer.

### Maskinhus og installationer

En mekanisk filterenhed er typisk mindre pladskrævende end de lavteknologiske løsninger, som f.eks. sandfiltre, og kan etableres i et betonbygværk, maskinhus eller for nogle typer i en åben kanal. Fælles er dog, at der er tale om et teknisk anlæg, der skal sikres mod uvedkommendes adgang.

Udformningen af bygværk, maskinhus eller tilsvarende er også her projektspecifik. Væsentligt er det, at gældende byggelovgivning og normer følges. En væsentlig del af anlægget er el-installationerne, der oftest er sammenkoblet med styring af anlægget og eventuelt er opkoblet på et Styrings- Regulerings- og overvågningsanlæg (SRO-anlæg) for overvågning af drift og fejl.

El-anlæg og eventuelt SRO-anlæg skal følge gældende normer og lovgivning. Sidst men ikke mindst skal det samlede anlæg, som helhed CE-mærkes for at være lovligt.

Nogle leverandører leverer samlede enheder med både styring, maskiner mv., men selv i disse tilfælde kan der være behov for en samlet vurdering og CE-mærkning af anlægget.

### Til- og afløb

For nogle anlæg vil filterenheden være forberedt for direkte tilslutning af til- og afløbsrør, eksempelvis et båndfilter monteret i præfabrikeret kar. Men som hovedregel vil installationer i bygværker kunne tilsluttes andre LAR-løsninger via et rørstykke.

Dette betyder, at afvandes et større område i render og grøfter, kan udløbet fra grøft via et rørstykke tilsluttes et filterbygværk. Tilsvarende er gældende på udløbssiden, hvor det rensede vand kan indgå som vand i eksempelvis vandrender inden udledning til offentlig kloak eller recipient.

### Slamhåndtering

Da metoden har til formål at frafiltrere partikulært stof, vil der blive fjernet en mængde slam fra overfladevandet. Slammet vil have et varierende indhold af stof og vand, som afhænger af den enkelte filtermetode og af det tilledte vands indhold af stoffer.

Typisk vil slammet skulle ledes til en opsamlingskølle eller en form for afvanding. Slammet transporteres videre enten ved, at det løber selv, når der er tale om relativt tyndt slam, pumpes eller ledes via et afkast til et transportbånd udformet som en snegl. Metoden vælges ud fra tørstofindholdet i samråd med leverandøren af filtret.

Slammet kan således enten lagres direkte i en tank til senere bortskaffelse, ledes til et afvandingsbassin eller videre til et egentligt afvandingsanlæg. Igen bør valg af metode koordineres med leverandøren, da både indholdet af tørstof samt organisk stof er afgørende for valg af afvandingmetode.

Den enkeltste metode er et afvandingsbassin, der er et åbent bassin med et drærende lag i bunden og efterfølgende opsamling og udledning af vandfasen.

#### **Evt. forsinkelsesbassin (våde bassiner og åbne sandfang)**

Da formålet med etablering af et højteknologisk filter primært er at opnå en høj rensegrad for partikulært stof, kan anlæg med fordel etableres efter et forsinkelsesbassin (se Metodebeskrivelsen for Våde bassiner og damme og Åbne sandfang).

Herved kan opnås en markant forrensning, hvor de grovere partikler allerede er fjernet. Endvidere vil droslingen af afløbet fra bassinet give en markant lavere belastning med vand pr. tidsenhed.

Ovennævnte betyder:

- Lavere investering til filterløsningen, da vandstrømmen er reduceret.
- Mindre slam til efterfølgende håndtering, da den grove del allerede er fjernet (hvis bassinet etableres med et vådt volumen)
- Højere rensegrad, da filtret kan etableres med finere porestørrelse, dvs. finere partikler kan fjernes.

Kombinationen af filter med bassin er fordelagtig, hvor der under alle omstændigheder skal etableres forsinkelsesbassin samtidig med udledning til en følsom recipient.

### **3.2 Sand-, grus- eller stenfiltre**

Filteranlæg udført som simple sand-, grus- eller stenfiltre består normalt af følgende hovedkomponenter:

- Sand-/slamfang
- Evt. forsinkelsesbassin
- Tilløbsarrangement: Fordelerarrangement (evt. tryksat) og fordelerlag
- Filterenhed evt. opbygget i flere lag
- Opsamlingsenhed med udløb eller udsivning

#### **Sand-/slamfang**

For at optimere levetiden på sand-, grus- eller stenfiltret bør der altid etableres et traditionelt sandfang (se Metodebeskrivelsen for sandfangsbrønde) før filtret. Hvis der inden filtret er etableret et vådt forsinkelsesbassin eller åbent sandfang, hvor sandet kan udfældes, kan en traditionel sandfangsbrønd undværes.



### **Evt. Forsinkelsesbassin**

Af hensyn til vandbelastningen på filteranlægget og dermed anlæggets størrelse, kan det være en fordel at forsinke vandet via et bassin, inden overfladevandet behandles i filtret. Specielt ved etablering af filtre til behandling af vand fra store oplandsarealer, eksempelvis arealer på op til 1 ha eller mere, kan det være nødvendigt at reducere den hydrauliske belastning på filtret, da arealbehovet ellers bliver relativt stort.

Det er billigere at kombinere et sand-, grus- eller stenfilter med et forsinkelsesbassin end at rense vandet alene i filtret.

### **Tilløb**

Tilløbet til filtret skal udformes, så der sker en jævn fordeling af vandmængden over filtrets areal. Generelt sikrer en jævn fordeling af vandet en bedre filtrering og rensning samt en længere levetid af anlægget.

Anlæg, der belastes stødvist, vil have en bedre rensning end anlæg, hvor der sker en løbende langsom tilledning. Dette forhold kan med fordel udnyttes, hvor terrænets højdeforhold gør det nødvendigt at pumpe vandet.

Tilløbet kan udformes som en fordelerbrønd, bygværk eller en manifold, med et antal fordelerrør eller drænrør tilsluttet.

Uanset om man vælger den ene eller anden løsning placeres rørene i et fordelerlag, for derigennem at få vandet jævnt fordelt over hele filtret. Fordelerlag udføres normalt i nøddesten eller alternativt i singles. Der må kun anvendes vaskede materialer, så fine partikler, støv mv ikke kan tilstoppe fordelerlaget.

For mindre anlæg evt. udført i en brønd, tank eller lignende kan fordelerarrangementet etableres som et drænrør, hvor tilløbsledningen er direkte tilsluttet dette.

### **Filterenhed**

Selve filtret opbygges i ét eller flere lag filtermaterialer.

Filterlaget bør udføres af et eller flere af nedenstående materialer:

- Filtersand (se herunder)
- Filtergrus (0 – 8 mm)
- Ærtesten (8 – 16 mm)
- Nøddesten (16 – 32 mm)
- Singles (32 – 64 mm)

Hvilket materiale der anvendes afhænger af renskrav, vandtilstrømningen til anlægget og den faktiske udformning af anlægget.

Anvendes filtersand bør dette følge Miljøstyrelsens krav til filtersand for "Biologiske sandfiltre op til 30 PE": *"Filtersandet skal være vasket og have et uensformighedstal ( $U = d_{60}/d_{10}$ ) mindre end 3,5. Kornstørrelsen skal karakteriseres ved, at  $d_{10}$  ligger mellem 0,5 og 1,2 mm og  $d_{60}$  mellem 2 og 4 mm. Der må ikke forefindes ler eller silt i filtersandet, maks. 0,5 % må være mindre end 0,125 mm".* Mindre afvigelse i fil-

tersandets karakteristik kan i forbindelse med behandling af regnvand godt accepteres, da tilstopningsrisikoen som følge af biologisk vækst her er noget mindre. Generelt gælder for alle materialetyper, at der kun må anvendes vaskede materialer, da urenheder ellers kan tilstoppe filtermaterialet samt evt. fiberdug (geotekstil).

Som et alternativ til de almindelige sand-, grus- og stenmaterialer kan Lecaærter/-nødder anvendes eller andre tilsvarende materialer.

En opbygning af filtret med flere lag udført i forskellige materialer kan være en metode til at kombinere de forskellige materials egenskaber. Dvs. et fint materiale i nederste lag til en optimal filtrering/rensning og over dette et eller flere lag med stigende kornstørrelse, hvor vandet kan løbe hurtigere igennem, og som kan frafiltrere de grovere partikler.

På tilsvarende vis kan kombinationen af adskilte fin- og grovkornede lag være med til at give en øget magasineringsmulighed, da de grovkornede materialer har en større hulrumsprocent.

Hvis der anvendes flere lag, skal der lægges fiberdug (geotekstil) til at adskille de enkelte lag. Fiberdugen kan dog udelades, hvis ærtesten og singles adskilles af et lag nøddesten. Der skal altid lægges fiberdug rundt om filtret til at adskille filtermaterialet fra den omgivende jord. Hvis der er tale om et anlæg etableret i en tæt konstruktion (membran, tank, brønd eller lign.), kan fiberdugen udelades.

Anvendes fiberdug som adskillelse af de forskellige materialer, skal denne være en ikke vævet type, have en vandgennemtrængelighed på tværs af fiberdugens plan på min. 20.000 l/m<sup>2</sup>/d og en brudforlængelse på mindst 25 %.

Valg af fiberdug sker på baggrund af vandstrømningen gennem anlægget samt det ønskede rensniveau af vandet.

I tabel 3.2 er givet forslag til valg af filtermedie i forhold til vandtilstrømningen og ønsket rensgrad.

Filtermedie	"Rensgrad"	Vandstrømning
Filtersand	Meget Høj	Lav
Filtergrus	Høj	Lav – middel
Ærtesten	Middel	Middel
Nøddesten	Lav – Middel	Høj
Singles	Lav	Meget Høj
Kombination af flere filtermedier	Middel – Meget Høj	Lav – Meget Høj

Tabel 3.2 Skema med forslag til valg af filtermedie.

Filterlaget bør samlet være min. 0,6 m tykt.

### **Opsamlingsenhed med udløb eller udsivning**

I filtrets bund etableres et opsamlingslag, som normalt er udført i ærtesten, men alternativt kan et grovere materiale også anvendes.

Opsamlingslaget etableres med et fald på ca. 10 ‰ mod et eller flere lavpunkter, hvor der etableres opsamlingsdræn enten traditionelle dræn eller topslidsede dræn.

Såfremt der anvendes mere end et dræn, bør disse ledes til en samlebrønd inden udledning til offentlig kloak eller recipient. Hvis der sker udledning til offentlig kloak skal der etableres en kontraklap, så der ikke kan ske tilbageløb af regnvand til filtret.

Er jordbundsforhold og grundvandsstand egnede til nedsivning, kan filteranlægget etableres uden bund, så vandet siver ned. Alternativt kan drænvandet føres til nedsivningsanlæg eller anden LAR-metode.

## 4. DIMENSIONERING

Dimensionering af de avancerede filtertyper som skive-, bånd- og tromlefilter kræver kendskab til følgende parametre:

- Vandtilstrømning angivet i l/s
- Forventet indhold af partikulært stof i vandet (mg SS/l)
- Ønsket filtereffekt dvs. porestørrelse i filterenhed, eksempelvis 5 cm ved grovfiltrering, 50 µm ved finfiltrering, se også tabel 3.1.

De lavteknologiske filtertyper som sand-, grus- eller stenfilter dimensioneres ud fra flg. parametre:

- Vandtilstrømning angivet i l/s
- Filtermediets nedsivningsevne angivet i m/s.
- Ønsket renseseffekt, jf. tabel 3.2.

Hvor meget vand et filteranlæg skal behandle afhænger af, hvor meget vand der strømmer til anlægget fra det tilsluttede areal ved den dimensionsgivende regnhændelse.

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

Den hydrauliske belastning 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 m<sup>2</sup>, hvoraf 1.500 m<sup>2</sup> er tagareal og 900 m<sup>2</sup> er udlagt til veje og parkeringsarealer, har et samlet reduceret areal på 2.400 m<sup>2</sup> eller 0,24 ha. Det betyder, at den hydrauliske belastning  $q_r$  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 angivet den hydrauliske belastning for tre forskellige områdetyper.

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

Tabel 4.1 Eksempler på hydrauliske belastninger for forskellige typer områder.

### Skive-, bånd- eller tromlefiltre

Disse filtertyper dimensioneres normalt af leverandøren på baggrund af den hydrauliske belastning, forventet indhold af partikulært stof i vandet samt ønsket rensesgrad.

Den hydrauliske belastning kan beregnes som beskrevet herover.

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 i løvfaldssæsonen være et markant højere indhold af stof i vandet.

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

### Sand-, grus- eller stenfiltre

Disse filtre dimensioneres som tidligere nævnt på baggrund af den hydrauliske belastning og filtermediets nedsivningsevne.

Da filtermediet med tiden vil stoppe til, bør filtret dimensioneres med en hydraulisk "overkapacitet". Dette forhold gælder især for de finkornede filtermaterialer, da anlæg opbygget i ærtesten, nøddesten eller singles har så stor en nedsivningsevne, at risikoen for tilstopning er begrænset - specielt hvis der anvendes sandfangsbrønd eller åbent sandfang foran anlægget.

Nedsivningsevnen kan oplyses af materialeleverandøren eller måles ved feltforsøg, se Metodebeskrivelsen om Faskiner.

Til dimensionering kan anvendes vejledende nedsivningsevner, som vist i tabel 4.2. I tabellen er ligeledes angivet en anbefalet hydraulisk belastning pr. m<sup>2</sup> for det pågældende filtermedie.

Filtermedie	Nedsivningsevne m/s	Hydraulisk belastning l/s·m <sup>2</sup>
Filtersand	0,0005	0,5
Filtergrus	0,001	1
Ærtesten	0,005	5
Nøddesten	0,01	10
Singles	0,025	25

Tabel 4.2 Vejledende nedsivningsevne.

Fordelerrør mv. skal have en kapacitet, som svarer til den hydrauliske belastning for at undgå opstuvning.

I tabel 4.3 er vist beregningseksempler på sand-, grus- og stenfiltre for 3 forskellige typer områder.

Bebyggelse	Grundareal m <sup>2</sup>	Befæstet areal inkl. tagareal m <sup>2</sup>	Sandfilter m <sup>2</sup>	Grusfilter m <sup>2</sup>	Stenfilter (Nøddesten) m <sup>2</sup>
Parcelhus	760	190	5,3	2,7	0,3
Boligejendom	6.000	2.400	67	34	3,4
Kontorbygning	10.000	6.000	168	84	8,4

Tabel 4.3 Eksempler på sand-, grus- og stenfiltre for forskellige typer områder.

Ved brug af flere filtermaterialer i det samme filter bør der dimensioneres ud fra materialet med den laveste nedsivningsevne.

## 5. DRIFT OG VEDLIGEHOLD

I tabel 5.1 er vist en oversigt over drift og vedligehold af skive-, bånd og tromlefiltere. Den løbende drift- og vedligehold af skive-, bånd- eller tromlefiltere afhænger af anlæggets konstruktion, men vil generelt være stort set ens for de tre anlægstyper.

	Aktivitet	Hyppighed
Jævnligt	Tilsyn med anlæg	Efter hvert kraftigt regnvejr
	Tømning af evt. slamfang foran filteranlægget	2 gange årligt
	Kontrol af filterets funktion	2 gange årligt
	Bortkørsel af slam	2 - 6 gange årligt afhængig af lagerkapacitet
	Vedligehold af maskinkomponenter	1 gang årligt
Efter behov	Servicering af maskindele og komponenter	Når nødvendigt
	Udskiftning af sliddele	Når nødvendigt

Tabel 5.1 Drift og vedligehold af skive-, bånd- og tromlefiltere.

I tabel 5.2 er vist en oversigt over drift og vedligehold af sand-, grus- og stenfiltere.

	Aktivitet	Hyppighed
Jævnligt	Tilsyn med anlæg	Efter kraftigt regnvejr
	Tømning af evt. slamfang foran filteranlægget	2 gange årligt
Efter behov	Spuling af fordelerarrangement og evt. dræn	Når nødvendigt
	Udskiftning af filtermateriale ved tilstopning	Hvert 10. - 15. år
	Er der tale om et tryksat anlæg skal evt. pumper serviceres/udskiftes	Når nødvendigt

Tabel 5.2 Drift og vedligehold af sand-, grus og stenfiltere.

Generelt er det løbende vedligehold med sand-, grus- eller stenfiltere begrænset. Levetiden for sand-, grus og stenfiltere er begrænset, og efter de første års driftstid kan der være behov for udvidet drift og udskiftning af filtermaterialer, jf. tabel 5.2.

## 6. ØKONOMI

I tabel 6.1 og 6.2 er vist overslag over anlægsudgifter, udgifter til drift og vedligehold samt en samlet årlig udgift set over filtrenes levetid. Udgifterne er beregnet for 3 forskellige filterstørrelser som vist i regneeksemplerne i afsnit 4 Dimensionering og for henholdsvis tromlefiltere og sand,- grus- og stenfiltere. Priserne er angivet i prisniveau 2011 og alle beløb er ekskl. moms.

I priserne er der regnet med en timepris på 325 kr., og at vedligeholdelsen foretages af eksterne folk. En del af driften og vedligeholdelsen kan foretages af ejeren eller ansat personale som f.eks. viceværter, så driftsudgifterne minimeres. Der er ikke indregnet driftsudgifter til tømning af sandfangsbrønde, se Metodebeskrivelsen for Sandfangsbrønde for disse udgifter.

	Parcelhus	Boligejendom	Kontorbygning
Anlægsudgifter kr.	9.800	54.000	112.000
Heraf materialer	6.700	42.000	85.000
Heraf montering	3.100	12.000	27.000
Driftsudgifter kr. pr. år	1.150	2.900	6.300
Årlig udgift kr. pr. år - levetid 25 år	1.500	5.000	10.700

Tabel 6.1 Overslag over anlægs- og driftsudgifter for tromlefiltere (prisniveau 2011).

	Parcelhus	Boligejendom	Kontorbygning
Anlægsudgifter kr.	5.000	25.000	52.000
Driftsudgifter kr. pr. år	900	2.700	5.800
Årlig udgift kr. pr. år - levetid 25 år	1.100	3.800	7.900

Tabel 6.2 Overslag over anlægs- og driftsudgifter for sand-, grus eller stenfiltere (prisniveau 2011).



## **7. REFERENCER**

- /1/ Miljø- og Energiministeriet: "Biologiske sandfiltre op til 30 PE", Vejledning fra Miljøstyrelsen Nr. 3, 1999.