



Statens vegvesen

# Rensing av overvann i byområder

- Kompakte renseløsninger

RAPPORT

Utbyggingsavdelingen

nr: UTB 2007/2



Vegdirektoratet  
Utbyggingsavdelingen  
Miljøseksjonen





## Statens vegvesen

### Rensing av overvann i byområder – Kompakte renseløsninger

<b>Oppdragsgiver</b>	<b>Oppdragstaker</b>	<b>ISSN-nummer</b>
Statens vegvesen Vegdirektoratet Utbyggingsavdelingen Miljøseksjonen Jørn Arntsen 22 07 34 64 <a href="mailto:jorn.arntsen@vegvesen.no">jorn.arntsen@vegvesen.no</a>	COWI A/S Svein Ole Åstebøl Grenseveien 88 Postboks 6412 Etterstad 0605 Oslo 21 00 92 56 <a href="mailto:svo@cowi.no">svo@cowi.no</a>	1890-2472
		<b>Rapportnr</b> UTB 2007/02
		<b>Arkivnummer</b> 2005062440

#### *Rensing av overvann i byområder – kompakte renseløsninger*

##### **Sammendrag**

Rapporten presenterer mulige løsninger for rensing av overvann fra veg i byområder. Anleggstypene er vurdert med hensyn til rensing av flytestoffer (olje), partikler (partikkelbundne forurensninger) og oppløst stoff (herunder tungmetaller i oppløst tilstand). Eksempel på dimensjonering av renseløsninger er vist.

##### Forbehandling:

- Olje- og sandfang
- Hvirveloverløp (-separator)

##### Renseløsninger:

- Vått overvannsbasseng utformet som teknisk anlegg
- Lukket sandfilter med/uten aktivt filtermedium eller kjemikaliedosering
- Åpen filtergrøft/-basseng
- Ballastet flokkulering (akselerert sedimentering)

Aktive filterløsninger kan kombineres med sandfilter og overvannsbasseng for å oppnå komplette renseløsninger for fjerning av både partikler og oppløste stoffer. Mineralmateriale er mest stabile for bruk i rensfilter, men må finknuses og gir dermed dårlig permeabilitet. Belagte filtermaterialer med høy permeabilitet er mest aktuelle for rensformål. Noen organiske filtermaterialer forventes å ha høy bestandighet mot nedbryting.

##### Emneord

Overvann, veg, rensbasseng, kompakte renseløsninger, dimensjonering, oljefang, sandfang, hvirveloverløp, hvirvelseparator, vått overvannsbasseng, sandfilter, filtergrøft, rensgrøft, ballastet flokkulering, akselerert sedimentering



# Forord

---

Statens vegvesen møtes med stadig strengere krav til vannkvalitet i vassdrag, innsjøer og grunnvann nær vegen. Noen steder er det vanskelig å etablere tilfredsstillende renseløsninger på grunn av at renseløsninger krever ganske stor plass. Dette kan særlig være et problem i byområder.

Statens vegvesen Vegdirektoratet har engasjert COWI A/S v. Svein Ole Åstebøl til å se nærmere på noen kompakte renseløsninger som kan brukes i byområder, og å komme med råd om dimensjonering av disse. Anbefalingene om utprøving av anlegg til sist i denne rapporten har vegvesenet ikke tatt stilling til, de representerer COWIs syn. Kontaktperson i Statens vegvesen er Jørn Arntsen.

Oslo, mars 2007  
Miljøseksjonen



Sidsel Kålås  
seksjonsleder



Oppdrag nr. 120130  
Utgivelsesdato: 05.01.2007  
Prosjektansv. i COWI: Svein Ole Åstebøl  
Utarbeidet av: Svein Ole Åstebøl, Øyvind Simonsen, Tore Østeraas (alle COWI) og  
Thorkild Hvitved-Jacobsen (Ålborg Universitet)  
Kontrollert av: Thorkild Hvitved-Jacobsen  
Godkjent av: Jan Eklund

# Innholdsfortegnelse

<b>1</b>	<b>SAMMENDRAG</b> .....	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>BAKGRUNN</b> .....	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>MÅLSETNING</b> .....	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>UTFORDRING</b> .....	<b>8</b>
<b>5</b>	<b>GJENNOMFØRING</b> .....	<b>8</b>
<b>6</b>	<b>TYPEVEGSTREKNING</b> .....	<b>9</b>
<b>7</b>	<b>DIMENSJONERINGSKRITERIER</b> .....	<b>11</b>
7.1	GENERELLE FORUTSETNINGER.....	11
7.2	KVALITETSMESSIGE FORHOLD OG KRAV TIL RENSING.....	11
7.3	FORHOLD VEDRØRENDE AVRENNING OG RENSET VANNMENGDE.....	12
7.4	VALG AV DIMENSJONERINGSKRITERIE – AVSLUTTENDE MERKNADER.....	14
<b>8</b>	<b>MAGASINERINGS- OG FORBEHANDLINGS-LØSNINGER</b> .....	<b>15</b>
8.1	GENERELLE FORHOLD.....	15
8.2	BASSENGANLEGG.....	16
8.3	HVIRVELOVERLØP.....	21
<b>9</b>	<b>RENSEMETODER</b> .....	<b>27</b>
9.1	VÅTT OVERVANNSBASSENG UTFORMET SOM TEKNISK ANLEGG.....	29
9.2	LUKKET SANDFILTER MED/UTEN AKTIVT FILTERMEDIUM OG KJEMIKALIEDOSERING.....	30
9.3	ÅPEN FILTERGRØFT/-BASSENG.....	32
9.4	BALLASTET FLOKKULERING.....	35
9.5	GENERELLE BETRAKTNINGER OG ANBEFALINGER VEDRØRENDE RENSING AV OVERVANN I BYOMRÅDER.....	36
<b>10</b>	<b>AKTIVE FILTERMEDIER FOR RENSING AV OVERVANN</b> .....	<b>37</b>
10.1	GENERELT OM AKTIVE FILTERMEDIER.....	37
10.2	KRAV TIL AKTIVE FILTERMEDIER.....	39
10.3	AKTIVE FILTERMEDIER FOR FLYTESTOFFER OG TUNGMETALLER.....	40
10.4	MINERALER OG MINEROGENT MATERIALE.....	40
10.5	ORGANISKE MATERIALER.....	43
10.6	FORVENTET RENSEEFFEKT FOR EN DEL FILTERMATERIALER.....	44
10.7	AKTUELLE FILTERKONSTRUKSJONER.....	47
<b>11</b>	<b>INNPASSING AV RENSELØSNINGER I VEIANLEGG</b> .....	<b>48</b>
11.1	INNPASSING AV ANLEGG.....	48
11.2	DIMENSJONERINGSEKSEMPLER.....	49
11.3	EKSEMPLER PÅ SAMLET RENSELØSNING.....	51
<b>12</b>	<b>ANBEFALINGER FOR UTPRØVING OG IMPLEMENTERING AV RENSEANLEGG I BYOMRÅDER</b> .....	<b>53</b>
<b>13</b>	<b>REFERANSER</b> .....	<b>54</b>

# 1 Sammen drag

Det er en økende oppmerksomhet mot vannforekomstenes betydning for rekreasjon og biologisk mangfold i byområder. Utviklingen medfører et sterkere fokus på en mer miljømessig forsvarlig håndtering av det urbane overvannet. Arealknapphet og sammensatt infrastruktur setter spesielle betingelser til etablering av rensesystemer for overvann i byområder.

Målsetningen med prosjektet har vært å beskrive aktuelle renseløsninger for byområder samt de egenskaper ved løsningene som må være tatt hensyn til for å oppnå anlegg med god funksjon og drift.

Prosjektet har ikke omfattet kommersielle produkter, men har i stedet lagt vekt på de grunnleggende prosesser og konstruksjoner som ligger til grunn for et vellykket resultat.

Anleggstypene er vurdert med hensyn til rensing av flytestoffer (olje), partikler (partikkelbundne forurensninger) og oppløst stoff (herunder tungmetaller i oppløst tilstand). Eksempel på dimensjonering av løsninger er vist med utgangspunkt i en typisk riksveistrekning på 500 m beliggende i et Østlandsklima.

I forhold til dimensjoneringen av anlegg er det foreslått at det opereres på 3 nivåer for rensing dvs. hvor stor andel av avrenningen som skal renses i forhold til mulighetene og kravene for rensing:

- *Begrenset rensing er påkrevet (moderate resipientkrav)*  
De første 6-8 mm av regnmengden renses
- *Utvidet rensing er påkrevet (høye resipientkrav)*  
Minimum de første 10-15 mm av regnmengden renses
- *Rensing i forhold til valgt gjentakelsesperiode (høyt nivå for rensing)*  
Kapasiteten i anlegget bestemmes ut fra rensing av alt avløp for en valgt gjentakelsesperiode (3 eller 6 måneder)

De ulike elementene i et rensenanlegg består av magasinering, forbehandling og rensing. Magasinering og forbehandling må planlegges som en integrert løsning for å redusere arealkravet.

## Hovedgrupper av forbehandlingsløsninger:

- Olje- og sandfang
- Hvirveloverløp (-separator)

## De viktigste renseløsninger er:

- Vått overvannsbasseng utformet som teknisk anlegg
- Lukket sandfilter med/uten aktivt filtermedium eller kjemikaliedosering
- Åpen filtergrøft/-basseng
- Ballastet flokkulering (aksellerert sedimentering)

Løsningene har ulik kompleksitet, men alle kan etableres under bakken. Ballastet flokkulering er teknisk mest avansert, men har samtidig høy kapasitet.

Rangering etter vedlikeholdsbehov gir lavt behov for overvannsbasseng og filtergrøft/-basseng, middels behov for sandfilter og høyt behov for ballastet flokkulering. Alle løsningene har potensiale for høy renseseffekt. Grad av rensing er bestemt av utforming og dimensjonering i det enkelte tilfelle.



Overvannsbasseng og sandfilter uten aktivt filtermedium har begrenset tilbakeholdelse av oppløste stoffer.

Aktive filtermedier kan kombineres med sandfilter og overvannsbasseng for å oppnå komplette renseløsninger for fjerning av både partikler og oppløste stoffer. Effektiv fjerning av partikler (forbehandling) er en viktig forutsetning for at filteranlegg skal fungere godt (lavt vedlikeholdsbehov). Mineralmaterialer er mest stabile for bruk i rensesfiltre. Ulempen med mange mineralmaterialtyper er at de må finknuses for å få høy bindingskapasitet. Dette er en vesentlig ulempe i forhold til at permeabiliteten avtar dramatisk. Belagte filtermaterialer med høy permeabilitet er mest interessante for rensformål. Organiske filtermaterialer har den generelle ulempen at de brytes ned eller lekker ut tungmetaller etter en tid. Det finnes materialer basert på spesialbehandlet sphangnumtorv som forventes å ha meget høy bestandighet mot nedbrytning. Materialet kan da benyttes på lik linje med minerogene filtre.

For norske forhold anbefales at følgende anleggstyper utprøves:

- Et enkelt sandfilter (kombinert med aktivt filtermedie) med forbehandling i form av olje- og sandfang.
- Anlegg med ballastet flokkulering med en foranliggende utjevningstank.

Ytterligere utprøving bør bestå i å teste forbehandling basert på hvirvelseparator (type 1).

## 2 Bakgrunn

Økt oppmerksomhet mot byvassdragenes og fjordenes betydning for rekreasjon og biologisk mangfold, har ført til en langt mer restriktiv holdning til veiforurensning fra miljømyndighetenes side. Samtidig opplever Norge en betydelig vekst i byområder med de utfordringer dette medfører for å ivareta et godt vannmiljø. Utviklingen medfører et økende behov for renseløsninger for overvann (veivann) som er tilpasset forholdene i byer der arealknapphet og sammensatte infrastruktursystemer over og under bakken er sentrale faktorer.

For rensertiltak utenfor byområder vises til utkast til Håndbok 261 - Vannbeskyttelse i vegplanlegging og vegbygging.

## 3 Målsetning

Målsetningen har vært å beskrive aktuelle alternative renseløsninger for byområder med anbefaling av hvilke løsninger som bør utprøves i praksis og videreutvikles for norske forhold.

## 4 Utfordring

Hovedutfordringen ved rensing av urban avrenning er:

- håndtere store vannmengder på kort tid
- et stort spekter av forurensningsstoffer som setter ulike prosessmessige krav til renseløsning
- lav hastighet på renseprosessen sammenlignet med avrenningshastigheten (volum pr tidsenhet) som medfører behov for magasinering av overvannet
- å skape renseløsninger med en optimal utforming av magasineringsenhet, forbehandlingsenhet (grovpartikler) og rensenhet (finpartikler + løste stoffer) relatert til lavest mulig arealbehov (overflate), enklest mulig tilpasning til veikonstruksjonen og øvrig infrastruktur og en tilstrekkelig resipientbeskyttelse.

## 5 Gjennomføring

Det fokuseres på rensing av flytestoffer (olje), partikler (partikkelbundne forurensninger) og oppløste stoffer (herunder oppløste tungmetaller).

Rapporten omfatter ikke kommersielt tilgjengelige renseprodukter eller komplette renselanlegg. Rapporten konsentrerer seg om de grunnleggende prosesser og konstruksjoner som må til for et vellykket renseresultat.

Eksempel på dimensjonering av ulike rensalternativer tar utgangspunkt i en typisk riksveistrekning på 500 m lengde beliggende i Oslo-klima. Vurderte renseløsninger er grovdimensjonert for å vise anleggenes størrelse.

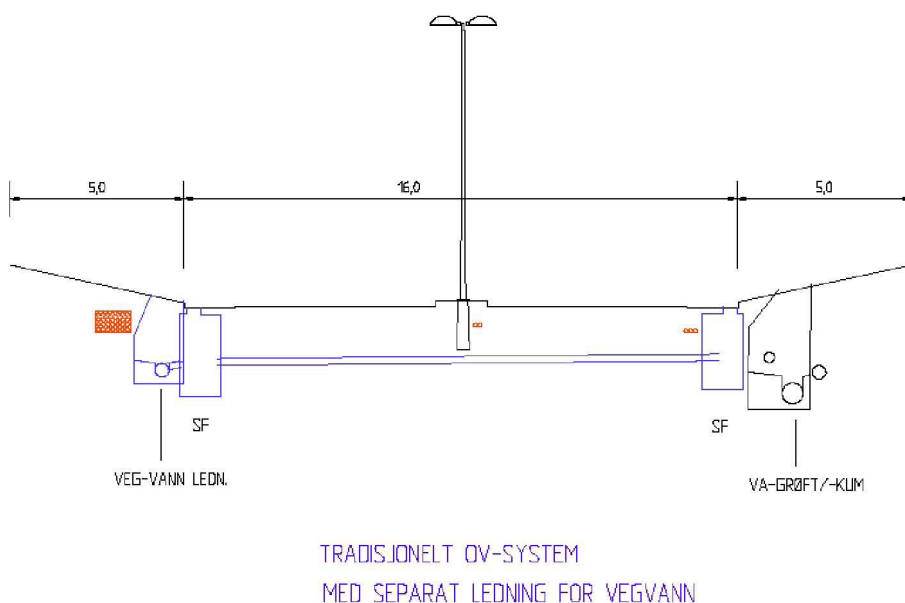
Behov for utprøving og videreutvikling av løsninger for norske forhold er beskrevet.

## 6 Typevegstreking

Veger og gater i bymessige strøk har et utall av forskjellige tverrsnitt og utforminger fra det ekstremt bymessige med trange gater mellom husvegger til mer moderne ringveger med mer ”romslig” tverrsnitt med beplantede sideareal. Med tanke på rensing av overvann har trafikkmengden en vesentlig betydning for mengden av forurensningsstoffer som må tas hånd om, dvs. det er kun veger med relativt stor trafikk hvor det kan være aktuelt å iverksette rensetiltak.

For å kunne vise eksempler på løsninger og dimensjoneringsseksempler er det valgt å etablere en ”typeveg-streking” som kan være en innfarts-/ringveg i en by. Det er tatt utgangspunkt i et tverrprofil som tilsvarer vegklasse S8 med ÅDT over 12 000. ”Typeveg-strekingen” har lengde 500 m og antatt et lengdefall som er uproblematisk i forhold til avrenning og oppsamling av overflatevann, dvs. lengdefall minimum 10 ‰. Tverrprofilen har en total bredde på 26m hvorav 16m er tette flater (fig. 6-1):

- 4 kjørefelt á 3,25m
- skulder begge sider á 0,75m
- midtdeler 1,5m
- permeable sideareal begge sider á 5,0m



Figur 6-1. Tverrsnitt for typevegstreking, 4-felts veg (vegklasse S8).

”Typevegstrekingen” er valgt slik at nedslagsfeltets størrelse gir en fornuftig størrelse på rensianleggene i forhold til at tilgangen på areal i bystrøk er begrenset.



I veger og gater i bymessige strøk inneholder tverrsnittet ofte føringsveger for en rekke tekniske anlegg som vann-/avløpsledninger, kabler, fjernvarmeledninger med kummer, og også andre installasjoner som veglys, skilt, lysregulering med mer. Normalt blir overvann samlet i sandfang og koplet direkte på kommunal overvannsledning. Ved rensing av overvannet må det etableres et separat oppsamling- og transportsystem for overvannet slik at forurenset "veg-vann" ikke blandes med annet overvann som i utgangspunktet anses som uten behov for rens tiltak. Samlet vil ulike installasjoner ofte begrense muligheten for innpassing av arealkrevende renseanlegg. Det er derfor nødvendig å vurdere situasjonen for den aktuelle vegstrekning slik at en oppnår best mulig løsning innenfor tilgjengelig areal.

#### Hydrologi for typevegstrekning

Typevegstrekningen gir et nedslagsfelt på 1,30 ha når man ser bort fra areal utenfor sideareal med bredde 5,0 m.

Basert på avrenningsfaktor 0,8 for tett flate og 0,2 for sideareal blir nedslagsfeltets reduserte areal,  $A_{red} = 0,74ha$ . Konsentrasjonstiden = 8 minutter.

Det er foretatt avrenningsberegninger for typevegstrekning basert på nedbørdata for Oslo. Nedbør for andre områder finnes i HB 018.

Beregnet avrenning ved ulike returperioder (n):

n=	1 år	2 år	5 år	10 år
Nedbør intensitet Blindern, i (l/s*ha)	110	140	190	220
Avrenning $Q=i*A_{red}$ (l/s)	82	104	141	164

Beregnet avrenningsvolum (ingen fordrøyning) ved ulike varigheter for n=1 år:

Regn varighet	8 min.	15 min.	30 min.	60 min.	120 min.
Nedbør intensitet Blindern, i (l/s*ha)	110	80	53	34	21
Volum til renseanlegg (m <sup>3</sup> )	39	53	72	90	114

## 7 Dimensjoneringskriterier

### 7.1 Generelle forutsetninger

I forbindelse med håndtering og rensing av overvann i tettbebygde områder må en rekke forhold tas i betraktning. Begrenset tilgang på egnede arealer er en sentral faktor som er nær koblet med prisnivå for arealer samt øvrige muligheter for ønsket arealbruk.

De metoder som normalt benyttes for rensing av overvann er gjennomgående karakterisert ved lav hastighet på renseprosessene. Likeledes forutsettes generelt at tilført overvann kan magasineres for å gi den nødvendige oppholdstid til den etterfølgende rensing. Metodene blir dermed plasskrevende, noe som kan være vanskelig å oppfylle i bymessige områder. Dessuten vil overvann i byområder ofte være sterkt forurensset noe som må tas i betraktning ved valg av renseløsning.

De krav som må settes til renseløsning i byområder er følgende:

- Rensemetsoden skal i forhold til arealbehovet ha høy kapasitet med hensyn til tilført vannmengde og renssevne som tilsvarer en kort oppholdstid i anlegget.
- Metoden skal under disse forhold ha en stabil funksjon og et begrenset driftsbehov.
- Metoden kan ha en teknisk utforming og funksjon og kan være plassert under terreng (trenger ikke fremstå som et landskapselement).

Det er vesentlig å bestemme dimensjoneringskriteriet tidlig i et prosjekt da det blir retningsgivende for følgende:

- Valg av type renseløsning
- Anleggets samlede hydrauliske kapasitet
- Forventet rensesgrad for et eller flere forurensningsstoffer

### 7.2 Kvalitetsmessige forhold og krav til rensing

Ønsket rensesgrad for et anlegg vil normalt være bestemt av et resipientmessig krav. Rensetiltaket må derfor sees i sammenheng med dette. Som utgangspunkt vil utslippene av forurensningsstoffer i overvannet foreligge enten som lokalt utførte målinger eller som oftest i form av estimerte verdier, eksempelvis basert på rapport fra Statens vegvesen (2004). I denne forbindelse må det forventes at konsentrasjonsnivåene spesielt for tungmetaller og organiske miljøfremmede stoffer fra bymessige områder vil være forholdsvis høyt. Ikke minst forventes dette å være tilfelle ved snøsmelting (Viklander 1998, Gjessing og Gjessing 1975, Dowland og Hanssen 1975, Lygren et al 1984, Lisper 1974).

Rensesgraden for anlegg er tradisjonelt oppgitt i prosent som angir fjernet stoffmengde eller redusert konsentrasjon i forhold til tilsvarende mengde eller konsentrasjon i innløpet til anlegget. For anlegg

dimensjonert for høyeste oppnåelige rensegrad vil utløpskonsentrasjonen i stor grad være uavhengig av innløpskonsentrasjonen. For et og samme anlegg vil derfor en høy innløpskonsentrasjon således resultere i en høyere rensegrad (i %) enn tilfellet vil være ved en lav innløpskonsentrasjon. Med andre ord er størrelsesorden av en utløpskonsentrasjon fra et anlegg mere korrekt for å karakterisere anleggstypen enn tilfellet vil være med en rensegrad oppgitt i prosent (Strecker et al., 2001).

Det er viktig å forholde seg til dette ved rensing av overvann fra bymessige områder der særlig høye konsentrasjoner forventes. I bymessige områder må det derfor legges til grunn en forventning om høy rensegrad forstått som stoffjerning oppgitt i prosent, når aktuelle anleggstyper vurderes.

Det må imidlertid konstateres at det for mange anleggstyper primært foreligger opplysninger i form av rensegrader (%) og ikke verdier for utløpskonsentrasjoner. Ved sammenligning av ulike rensemetoder og ved planlegging av nye måleprogrammer bør dette forholdet ha høy prioritet.

### 7.3 Forhold vedrørende avrenning og rensset vannmengde

Avhengig av områdets karakter vil bare en viss andel av nedbøren renne av. Porøse dekker (steinbelegg etc) og transport av overvann via graskledde grøfter/kanaler med infiltrasjon vil redusere overvannsmengden som skal renses. Derimot vil man ved snøsmelting få avrenning fra frosne arealer som ellers ikke bidrar til avrenningen.

I forbindelse med rensing der arealkravet blir kritisk, anbefales at fenomenet "first flush" vurderes. Det vil si at første del av veiavrenningen er mer forurenset enn den senere avrenningen. Dette er ikke tilfelle i alle avrenningsepisoder, men det er naturlig å ta høyde for fenomenet. Rensestrategien kan da tilrettelegges slik at primært den første delen av avrenningen samles opp for rensing, mens den etterfølgende avrenningen ledes i overløp uten rensing eller bare gjennomgår en forbehandling (forsedimentering). Overløpet er enten plassert i forkant av et magasineringsbasseng eller mellom en forbehandling og selve renseløsningen. US Federal Highway Administration (FHWA, 1996) anbefaler at det første avrenningsvannet som ledes til rensing bør tilsvare en regnmengde på 13 mm. Det svenske Vägverket anbefaler også en regnmengde på 10-15 mm.

I de få undersøkelser der first flush er studert tyder resultatene på at fenomenet forekommer innenfor lavere verdier av avrenningen enn 10-15 mm, kanskje ned til 3-5 mm (Miljøstyrelsen, 2000). Det anbefales derfor som et generelt utgangspunkt for dimensjoneringen, at det avhengig av de konkrete muligheter og krav til rensing opereres på 3 nivåer og med tilsvarende kriterier innebygget:

1. *Begrenset rensing er påkrevet*

Der mulighetene for rensing er særlig vanskelige og resipientkravet samtidig er moderat, renses som utgangspunkt de første 6-8 mm av regnmengden for et gitt avrenningsområde.

2. *Utvidet rensing er påkrevet*

Der kravet til resipientbeskyttelse er høyt renses det minimum de første 10-15 mm av regnmengden



### 3. Rensing i forhold til valgt gjentakelsesperiode.

Rensekapasiteten for et anlegg bestemmes ut fra en på forhånd valgt gjentakelsesperiode for rensing av hele avrenningen, eksempelvis 3 eller 6 måneder. Dette svarer til et forholdsvis høyt nivå for rensing. I forhold til de 2 øvrige nivåene foregår rensingen i dette tilfellet ut fra et bevisst valg av hvor ofte det kan aksepteres at rensingen ikke omfatter hele avrenningforløpet og dermed går i overløp.

Pr i dag er det ikke tilgang til statistiske nedbørdata i Norge for nedbørmengder ved lave gjentakelsesperioder eksempelvis mellom 3 måneder og 12 måneder. Tar man utgangspunkt i regnhendelser ved korte gjentakelsesperioder under danske forhold viser det følgende data:

- 13 mm nedbør ved gjentakelsesperiode 3 måneder
- 18 mm nedbør ved gjentakelsesperiode 6 måneder
- 23 mm nedbør ved gjentakelsesperioder 1 år

(Basert på data fra 33 års regnserie fra Odense. Tørrværsperiodens lengde mellom to adskilte regnhendelser er satt til minimum 2 timer)

Da den sørlige delen av Norge har klimatiske forhold som tilnærmedesvis er sammenlignbare med Danmark, anses ovenstående nedbørmengder å tilsvare omtrentlig forholdene i denne delen av Norge.

Ved anvendelse av de tre ovenfornevnte kriterier aksepteres det i samtlige tilfeller at det i ulik grad slippes ut urensset eller delvis rensset overvann. Riktignok vil utslippet ha lavere konsentrasjoner i den første del av avrenningen. Arealkravet til rensingen blir dermed redusert i og med at det ikke tas hensyn til de store vannmengder som kommer i sluttfasen av ekstreme nedbørepisoder.

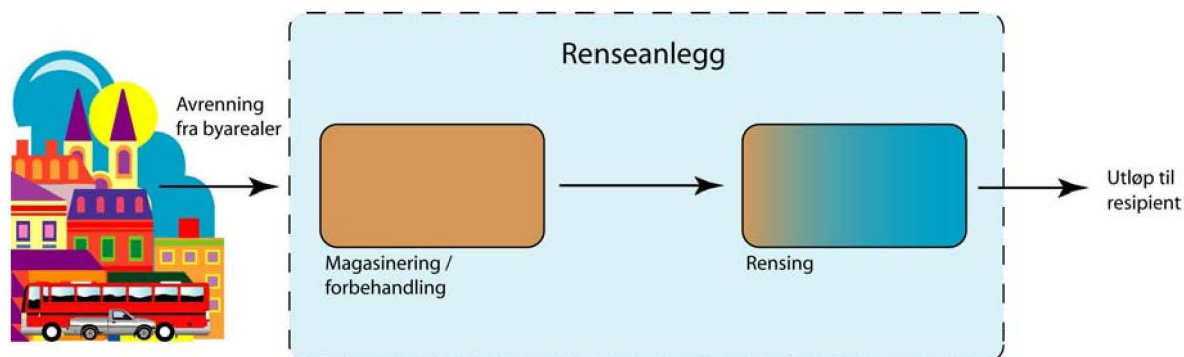
For snøsmelting som normalt skjer over en lengre periode og dermed har en begrenset avrenningshastighet, er det vesentlig at rensingen kan omfatte hele snøsmelteperioden, siden denne vannmengden er særlig forurenset.

## 7.4 Valg av dimensjoneringskriterie – avsluttende merknader

Valg av anleggstype, krav til rensegrad, hydraulisk kapasitet for anlegget samt de valgte driftsbetingelser utgjør en samlet kompleks problemstilling. I konkrete saker overskygges disse ytterligere av lokale hensyn som arealkravet og økonomien for prosjektet. Resultatet av dette dimensjoneringskomplekset bør ikke nødvendigvis bestemmes i starten av et prosjekt. Det kan være hensiktsmessig å velge et eller flere potensielle løsningsmodeller som gjennomregnes i forhold til konsekvenser og muligheter i det aktuelle tilfelle.

Metoder for rensing av overvann som skal oppfylle et snevert arealkrav er grunnleggende sett underlagt andre betingelser enn tilsvarende naturbaserte løsninger som kan implementeres mer fritt. Anleggs- og driftskostnadene vil bli høyere for arealbegrensede løsninger når høye rensegrader skal oppnås. Spesielt må tilsyn og vedlikehold være effektivt for å opprettholde ønsket renseeffekt i anlegget.

Metoder og retningslinjer for dimensjonering av prosess tekniske anlegg kan gjennomføres på flere nivåer. I foreliggende rapport er det valgt enkle og empiriske (erfaringsbaserte) metoder og ikke de mere teoretiske og datakrevende metoder. De prosessmessige forhold for rensing av overvann er meget komplekse og ikke fullt ut belyst. Det er derfor vurdert at sluttresultatet av en dimensjonering blir best mulig med et empirisk grunnlag.



Figur 7-1. Hovedelementer i et renseanlegg.

## 8 Magasinerings- og forbehandlings-løsninger

### 8.1 Generelle forhold

Magasinerings og forbehandling utgjør en integrert problemstilling som må behandles i sammenheng ikke minst i situasjoner der arealkravet er vektlagt.

Den spesifikke delen av dette kapitlet omhandler konkrete valg av løsninger. En rekke løsninger er vurdert, men ikke funnet aktuelle å beskrive av følgende årsaker:

- lite utprøvd og dermed usikker funksjon
- de er tekniske varianter av allerede omtalte prinsipløsninger
- anleggsmessig kostbare eller vedlikeholdsmessig svært arbeidskrevende

Antallet av undertyper eller varianter av løsninger er mange og er eksemplifisert der det er hensiktsmessig.

Det eksisterer et overlapp mellom forbehandling og rensing som innebærer at en og samme type løsning vil kunne finne plass i både kapittel 8 og 9. Med andre ord vil en forbehandlingsløsning kunne fungere som en renseløsning med et lavt rensnivå. En redusert utgave av en renseløsning vil tilsvarende kunne vise seg egnet til forbehandling. Det skal imidlertid påpekes at ønsket funksjon for en renseløsning oftest forutsetter en forbehandling for ikke å miste renseeffekt (fjerning av grove partikler og magasinerings av vann). Anlegg til magasinerings og forbehandling vil derimot kunne fungere selvstendig og kan således med passende dimensjonering i mange tilfeller oppfylle bestemte krav til en egentlig rensing og hydraulisk påvirkning. Selv om oppdelingen i det etterfølgende opprettholdes for de to gruppene av anlegg, er det følgelig viktig å merke seg at den ikke er skarp og entydig.

Med stor vekt på arealbehovet til et renseanlegg, blir det særlig viktig å utnytte det samlede volum i anlegget. Begrunnelsen for dette er at det er det samlede volum som er bestemmende for:

- Hvor stor del av avrenningsvolumet som kan føres til rensing
- Hvor lang tid rensingen kan foregå over

Disse to forholdene er sentrale for det samlede rensresultat uansett hvilken renseløsning som velges.

Det volum som i en konkret situasjon kan utnyttes direkte eller indirekte kan fremskaffes på fire måter:

#### *Volumutnyttelse og -reduksjon i tilrenningsområdet*

Muligheten for forsinkelse og infiltrasjon av avrenningen fra feltet bør undersøkes. Dette kan eksempelvis skje i transportsystemet (grøfter, grasarealer) og i porøse dekker (belegningsstein, grus etc). Ofte kan mindre konstruksjonsmessige endringer ha stor effekt på mulighetene for forsinkelse (midlertidig tilbakeholdelse) eller infiltrasjon (permanent tilbakeholdelse).

#### *Etablering av basseng før renseanlegget*

Dette omfatter et permanent magasineringsvolum. En slik magasinerings vil både øke det vannvolum som vil kunne renses (mindre overløp) og gi renseanlegget en jevn overvannstilførsel. I mange tilfeller vil et slikt magasineringsvolum være en nødvendighet for å oppnå optimal funksjon i renseanlegget.



*Volumutnyttelse ved forbehandling*

I de fleste tilfeller vil forbehandling av overvannet i et basseng/kammer være nødvendig for å fjerne grovt partikulært materiale for dermed å unngå uheldig belastning av etterfølgende rensetrinn, eksempelvis filterløsning. Dette reduserer vedlikeholdsbehovet for rensetrinnet samtidig som forbehandlingen representerer et tilskudd til ønsket volum i renseanlegget.

*Volumutnyttelse i rensetrinnet*

I forbindelse med rensetrinnet kan det integreres inn et eget basseng eller annet ekstra volum for å magasinere tilført overvann.

Det første og delvis det andre punktet angår det konkrete tilrenningsfeltet mens de to siste punktene angår det konkrete renseanlegget. I den etterfølgende beskrivelse av de enkelte anleggstyper vil det ikke bli tatt hensyn til magasineringsmulighetene i tilrenningsfeltet. Det vil således bli beregnet direkte avrenning fra typeveistrekningen på 500 m under de betingelser som er beskrevet i kap.6.

Følgende tre anleggsfunksjoner skal oppfylles i ulik grad avhengig av den konkrete situasjonen:

- Primært magasinere, oppsamle og tilbakeholde et avrenningsvolum av hensyn til etterfølgende rensetrinn
- En supplerende funksjon for å fjerne grovt partikulært materiale og flytestoffer for å ivareta en optimal drift
- En særlig funksjon rettet mot beskyttelse av etterfølgende rensetrinn eksempelvis for å unngå tilslamming av et filter.

En rekke utvalgte anlegg til magasinering og forbehandling beskrives i det etterfølgende. Anlegg av mer avansert art til forbehandling slik som flotasjon er ikke tatt med. Filtrering omtales som rensemetode i kap. 9.

## **8.2 Bassenganlegg**

*Integrert magasinering og forbehandling*

Et bassenganlegg kan etableres for å utjevne (magasinere) vannstrømmen og dermed sikre en stabil og relativt konstant tilstrømming til et etterfølgende rensetrinn. Det vil være hensiktsmessig også å utnytte bassengvolumet til forbehandling i en integrert felles bassengløsning.

Med hensyn til forrensekapasiteten av et anlegg og det krav som stilles til den samlede rensing, vil det være sammenheng mellom følgende to forhold:

- Størrelsen av det volum som ønskes tilbakeholdt for den enkelte regneepisode i forhold til det vannvolum som skal renses (jf. kriteriene i kap. 7.3).
- Kapasiteten for en forbehandling uttrykt som en vannføring, eksempelvis l/s. Kapasiteten under nedbørhendelsen er særlig sentral.

Disse forholdene vil kunne simuleres ved å sette opp en vannbalanse i et anlegg for hver hendelse i en lokal regnserie. For gitte kriterier, f.eks. for en periode på 1 år kan man beregne og vurdere behovet for både magasineringsvolum og renskapasitet. Mer forenklet kan sammenhengen settes opp på en på forhånd valgt dimensjonsgivende hendelse (etterfølgende eksempel).

Eksempel:

Det skal gjennomføres magasinerings og rensing av de første 10 mm av en nedbørepisode som ønskes avsluttet innen for en periode på 30 minutter. Ved nedbør som overskrider denne grensen, går overvannet urensert i overløp før innløpet til forrensingen. Hele anlegget omfatter volum til magasinerings ( $V_m$ ), til forrensing ( $V_f$ ) og til den avsluttende rensingen ( $V_r$ ). Kapasiteten for forrensingen og avsluttende rensing er dimensjonert likt til 25 l/s. Det antas at denne vannføringen er akseptabel som utløp (hydraulisk belastning) til nærliggende vannforekomst (resipient).

Det samlede volum som skal renses fra typeveistrekningen er (jfr. kap. 6):

$$V_{total} = 10 \text{ (mm)} \times 10^{-3} \text{ (m/mm)} \times 0,74 \text{ (ha)} \times 10^4 \text{ (m}^2\text{/ha)} = 74 \text{ m}^3$$

I løpet av 30 minutter renses følgende volum ved strømming gjennom anlegget:

$$V_{renset} = 30 \text{ (min)} \times 60 \text{ (sek/min)} \times 25 \text{ (l/s)} \times 10^{-3} \text{ (m}^3\text{/l)} = 45 \text{ m}^3$$

Det samlede behov for vannvolum/magasinerings i anlegget blir dermed:

$$V_m + V_f + V_r = 74 - 45 = 29 \text{ m}^3$$

Fordelingen av dette vannvolumet på de tre delvolumer må vurderes i det enkelte tilfellet. Hvis det er muligheter for å magasinere  $V_m = 10 \text{ m}^3$  i nedbørfeltet, eksempelvis i grøfter/kanaler, er dette sannsynligvis et både billigere og mer hensiktsmessig valg. De resterende  $19 \text{ m}^3$  må da fordeles mellom  $V_f$  og  $V_r$ .

Beregningene kan utføres med andre betingelser, eksempelvis en renskapasitet forskjelling fra 25 l/s. Resultatene kan benyttes til å optimalisere anlegget teknisk og økonomisk.

*Generell funksjon av bassenganlegg*

Bassenganlegget skal bidra til å fjerne grove partikler og under visse forhold olje. Graden av tilbakeholdelse avhenger av den aktuelle utforming og dimensjonering av anlegget. Samtidig vil det bli fjernet ulike partikkelbundne forurensninger, men denne fjerningen er ikke i utgangspunktet noen sentral funksjon ved en forbehandling og inngår derfor heller ikke i dimensjoneringen. Forbehandlingen kan være helt avgjørende for funksjonen til etterfølgende hovedrensing. Forbehandlingen bidrar til å redusere behovet for fjerning av slam i rensetrinnet eller unngå tilstopning i et filter. I visse tilfelle kan forbehandlingen være eneste form for rensing av overvannet.

I det etterfølgende beskrives en hovedtype og et antall undertyper.

*Hovedtype: Olje- og sandfang*

Hovedtypen betegnes som olje- og sandfang og bidrar til fjerning av både sedimenterbare stoffer og flyttestoffer.

### *Undertyper*

Undertyper av bassenganlegg defineres her i forhold til hovedtypen, en mer spesifikk og begrenset funksjon. Følgende defineres som undertyper:

- Sandfang (åpne), deriblant tørre overvannsbasseng
- Lukkede sandfang og sedimentasjonsanlegg
- Vått overvannsbasseng med lite volum
- Transportsystemer for overvann eksempelvis grøfter og grasarealer.

### **8.2.1 Olje- og sandfang**

#### *Generell funksjon*

Funksjonen til et olje- og sandfang oppnås ved at vannet får en oppholdstid med såvidt rolige forhold slik at separasjonsprosesser for partikulært stoff forløper. Det partikulære stoffet er både faste partikler med egenvekt  $> 1 \text{ g/m}^3$  som sedimenterer og oljeholdige partikler med en tendens til å danne flytestoff.

Et annet viktig forhold er at allerede tilbakeholdt stoff ikke resuspenderes og transporteres videre under ekstreme avrenningsforhold.

#### *Dimensjonering og utforming*

For et anlegg til forbehandling for fjerning av sand og olje anbefales følgende generelle kriterier:

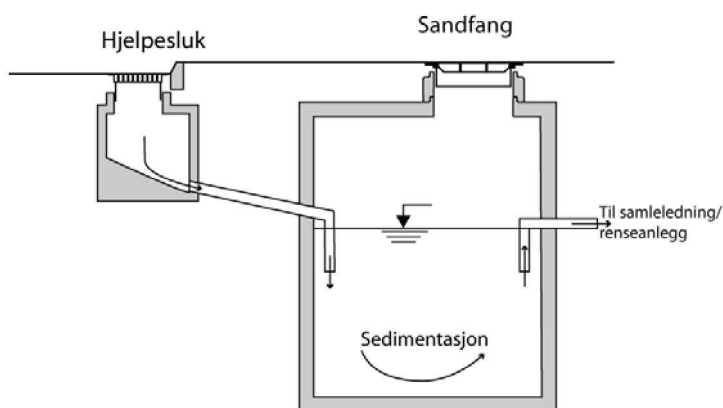
- Den midlere oppholdstiden i bassenget under dimensjonerende betingelser er i størrelsesorden 3-8 minutter. Den høyeste oppholdstiden gir størst grad av tilbakeholdelse og har den mest stabile funksjonen
- En vannhastighet som er i størrelsesorden 0,5 – 1 m/min.

Følgende forhold er viktige for utformingen av anlegget:

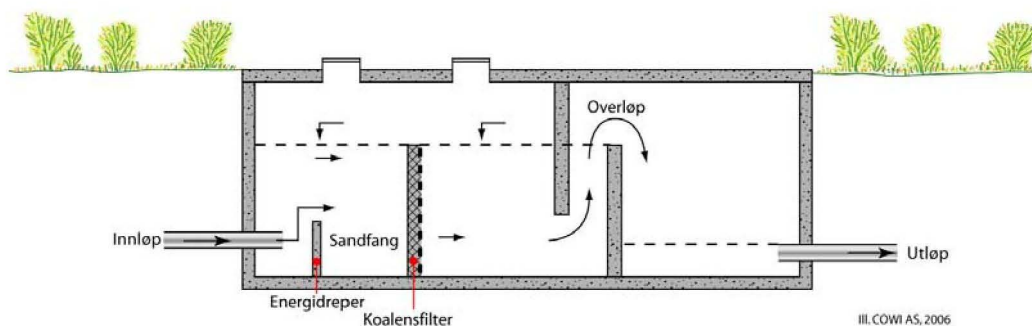
- Oppdeling av bassenget for henholdsvis fjerning av sediment og flytestoff
- Etablere langsgående strømning
- Etablere elementer i innløpet som reduserer energien og turbulensen
- Etablere et koalenselement for fjerning av oljepartikler i vannet. Elementet er et matrix- eller lamelloppbygget grovt filter der mindre oljepartikler samles til større som deretter lettere tilbakeholdes.

Tradisjonelle sandfang langs norske veier har en utforming og et volum som avviker fra de nevnte kriterier og som gjør at man ikke oppnår en fullgod forsedimentering (forbehandling). Alternativene kan være å endre utformingen og øke volumet for de desentrale sandfangene i henhold til de nevnte kriteriene eller at sandfangene kombineres med sentrale sandfang. Figur 8-1 viser en skissemessig

utforming av et desentralt sandfang med gunstig utforming. Figur 8-2 viser eksempel på et sentralt sandfang.



Figur 8-1. Prinsippkisse av desentralt olje- og sandfang



Figur 8-2. Skisse av et sentralt olje- og sandfang med koalensfilter.

#### Driftsforhold

Fjerningen av sediment og flyteslam fra anlegget utføres normalt manuelt (slamsuger). I utgangspunktet må det regnes med vedlikehold 2-4 ganger årlig, men hyppigheten er svært avhengig av de lokale forholdene.

#### Renseeffekten

Renseeffekten er erfaringsmessig varierende. I tillegg til dimensjoneringen og utformingen er kvaliteten på overvannet av stor betydning. I litteraturen vil man finne varierende og i visse tilfelle urealistiske verdier for rensegrad. De i tabell 8-1 oppførte rensegrader for hvirvelseparator samt kommentarer til fjerning av sandpartikler, vil som utgangspunkt også være gjeldende for olje- og sandfang.

## 8.2.2 Undertyper av bassenganlegg

Med undertyper av olje- og sandfang forstås anlegg som ikke omfatter fjerning av flytestoffer. De retningslinjer og kriterier for dimensjonering som er nevnt i kap 8.2.1 gjelder også for disse anleggene.

Noen korte kommentarer til de enkelte anleggene:

### *Åpent sandfang og sedimentasjonsbasseng*

Et åpent sandfang kan i prinsippet betegnes som et ”tørt overvannsbasseng” siden det vil ligge tørt mellom regnepisodene.

### *Lukket sandfang og sedimentasjonsbasseng*

Med hensyn til dimensjonering og rensegrad er det i prinsippet ingen forskjell mellom et åpent og et lukket anlegg.

### *Vått overvannsbasseng med lite volum*

Vått overvannsbasseng dimensjonert etter anbefalte kriterier har et volum på ca 250 m<sup>3</sup> pr red. ha (for Østlandet). En reduksjon av volumet vil redusere rensegraden, men ikke med tilsvarende virkningsgrad. Våte basseng med redusert volum kan derfor være relevante i situasjoner med arealbegrensninger. Med særlig vekt på totalt suspendert stoff (TSS) som sentral parameter for forbehandling, kan rensegraden ved redusert volum estimeres:

- Volum basert på dimensjonering for optimal rensing har en rensegrad på TSS på 80-85%
- 50% av ovennevnte volum: rensegrad på ca 65%
- 25% av ovennevnte volum: rensegrad på ca 45%

Med redusert volum blir det naturligvis de større og tyngre partiklene som primært sedimenterer (kfr. utkast til Håndbok 261).

### *Bassengvolum i selve transportsystemet*

I transportsystemet for overvann (grøfter, grasarealer etc) vil det kunne etableres muligheter for stoffjerning i form av både sedimentasjon og infiltrasjon. Generelt vil rensegraden være lav, vanligvis i størrelsesorden 10-15%, men dette varierer mye med avrenningsmengden.

## 8.3 Hvirveloverløp

### 8.3.1 Funksjon

Det er sedimentasjon som er basis for rensing i hvirveloverløp/-separator. Større og tyngre partikler fjernes lettere enn små og lettere partikler. Uorganisk materiale fjernes derfor lettere enn organisk materiale. Videre vil rensing av et mer forurenset vann være mer effektivt enn fra et mindre forurenset vann.

Et hvirveloverløp kan benyttes til separering av suspendert stoff fra en vannfase. I vannmiljøteknikken benyttes hvirveloverløp primært som element i forbindelse med renseanlegg samt ved overløp på fellessystemer. Hvirveloverløp er i mindre omfang benyttet for behandling av overvann (Strecker et al., 2004).

Et hvirveloverløp fungerer ved at vannet ledes tangentialt inn i en sylindrisk konstruksjon der vannet settes i en roterende bevegelse. Rotasjonen av vannet skaper et gravitasjonsfelt som medfører en sedimentasjon av partikler (partikkelseparering) som er større enn konvesjonell sedimentasjon i et kammer.

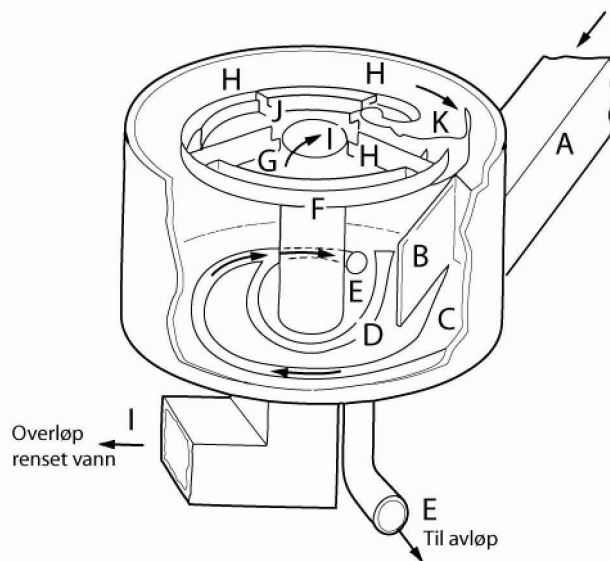
Selv mindre hvirveloverløp er i stand til å operere ved forholdsvis høye vannføringer og har dermed som utgangspunkt et potensiale for å fungere som forbehandling under ekstrem nedbør.

### 8.3.2 Typer av hvirveloverløp

Det finnes to hovedtyper av hvirveloverløp med hensyn til renseprinsipp. Under hver hovedtype finnes videre en lang rekke undergrupper som primært avspeiler varierende fabrikkasjonsprinsipper. Begge typer betegnes som hvirveloverløp eller hvirvelseparatorer. På enkelt skilles det derimot med betegnelsen av fabrikkasjonsnavn eller opprinnelig oppfinner. Begge typer er kompakte og fungerer uten bevegelige deler.

#### *Type 1 (Swirl, Fluidstep, Storm King)*

Denne typen har et kontinuerlig utløp i bunnen av en oppkonsentrert suspensjon som ved rensing av kloakkoverløp naturlig ledes til renseanlegg. Den mindre forurensede "rensede" vannstrømmen går derimot i overløp til den lokale resipienten (fig.8-3). I et bynært område vil det være mulighet for at bunnavløpet tilknyttes det offentlige avløpsnett for videre rensing. En slik tilknytning må avklares med anleggseier/myndighet i det enkelte tilfelle.



A	Innløp	F	Skumbrett
B	Plate for retningsorientering av vannstrøm	G	Overløpskanal
C	Kanal til avløp	H	Skumbrett
D	Kanal til avløp	I	Overløp rensset vann
E	Utløpskanal	J	Skumbrett
		K	Oppsamling av flytestoff

Figur 8-3. Eksempel på hvirveloverløp av type 1 (Pisano et al., 1990)

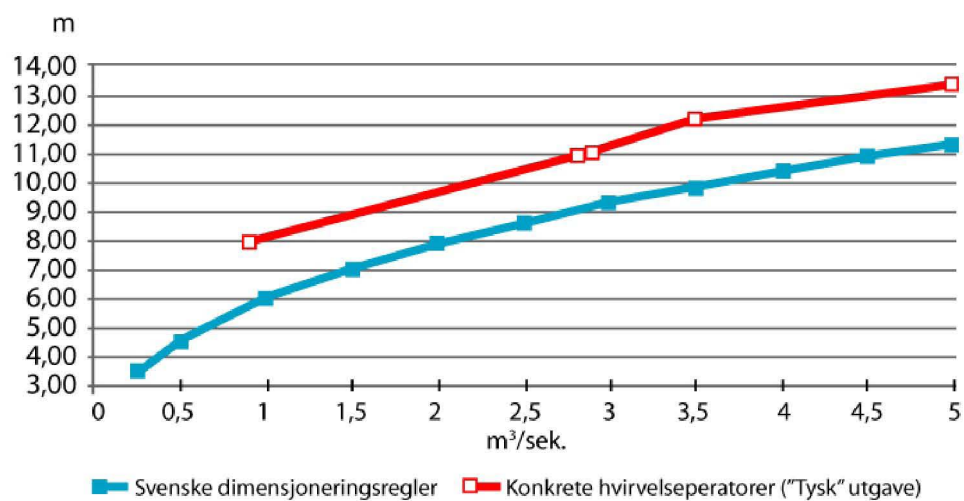
#### Type 2 (USEPA swirl degritter, Grit King)

Denne typen har ikke et kontinuerlig utløp i bunnen, men har mulighet for en oppsamling av det fraseparerte partikulære stoffet som deretter kan fjernes ved hjelp av en pumpe. I tilfeller det ikke går å pumpe avløpet til spillvannsledning, må det være mulighet for oppkonsentrering via en hydrocyklon eller et basseng. Typen kan fungere uavhengig av et lokalt avløpsnett for spillvann.

### 8.3.3 Dimensjonering

Kapasiteten av anlegget bestemmes av den dimensjonerende vannføringen. Figur 8-4 viser anleggets kapasitet som funksjon av den dimensjonsgivende vannføringen. Ytterligere detaljer for utforming og dimensjonering av hvirveloverløp for håndtering av overvannsavrenning finnes i en rekke bøker og publikasjoner (Pisano et al., 1990; Miljøstyrelsen, 1992). Slike detaljer omfatter eksempelvis anbefalt hydraulisk høydeforskjell og utforming av kammerbunnen.





Figur 8-4. Diameter av hvirveloverløp som funksjon av dimensjonsgivende vannføring (Miljøstyrelsen, 1992).

Siden et hvirveloverløp har en høy hydraulisk funksjon samtidig med funksjon som forbehandling, anbefales at det dimensjoneres etter en høyere gjentakelsesperiode for nedbør enn det som vil være tilfellet for et anlegg til sluttrensing.

### 8.3.4 Renseeffekt

Rensegrad for hvirveloverløp skal forstås som fjernet stoffmengde i forhold til stoffmengden tilført anlegget. Siden understrømmen i et hvirveloverløp er vesentlig, må det medregnes en stoffjerning som er betinget av forholdet mellom denne strømmen og strømmen i avløpet fra anlegget.

Beregningsmessig blir det derfor en større rensesgrad for et type 1 anlegg enn for type 2 anlegg.

Kunnskapen om rensesgrader for hvirveloverløp er bedre dokumentert for suspendert stoff enn for andre stoffer. I overløpssvann fra et fellessystem, der det partikulære materialet stammer fra 3 kilder; 1) byoverflaten, 2) erodert sediment i avløpssystemet og 3) kloakken, vil rensesgraden i et hvirveloverløp normalt ligge på 20-50%. I overvann fra byoverflater og veier vil rensesgraden i utgangspunktet være lavere. Dette bør imidlertid ikke være gjeldende for veistrekninger med høy belastning (tilførsel) av uorganisk materiale (sand etc). I et veldimensjonert hvirveloverløp angir Tchobanoglous et al. (2003) følgende rensesgrader for partikulært stoff:

- 0,30 mm: 95%
- 0,24 mm: 85%
- 0,15 mm: 65%

Ved lavere partikkelstørrelse må det forventes vesentlig lavere rensesgrad. Innholdet av organisk materiale vil redusere egenvekten og vil ytterligere redusere rensesgraden. Hvirveloverløp kan imidlertid vurderes som relevant forbehandling av overvann i følgende to situasjoner:

- Der man ønsker fjernet grovt materiale (sand) i overvannet
- Der et nedstrømsliggende renseanlegg har begrenset kapasitet eller at rensestrinnet mangler og at den rensingen som skjer i hvirveloverløpet derfor er viktig.

Kunnskap om rensesgraden for andre stoffer enn TSS, foreligger kun i begrenset grad (Strecker et al., 2004). Det spinkle erfaringsgrunnlaget kan imidlertid suppleres med å koble sammen kunnskap om fjerning av TSS og kunnskap om hvorledes de enkelte stoffer er bundet til TSS. Disse forhold er lagt til grunn ved utarbeidelsen av tabell 8-1.

Tabell 8-1. Stoffjerning i hvirveroverløp for stoffer i overvann. Det lavere nivået vil gjelde for type 2 anlegg, mens det høyere nivået gjelder for velfungerende type 1 anlegg.

Stoff	Rensegrad, %
Suspendert stoff, TSS	15-25 *
Totalfosfor, tot P	10-20
Totalnitrogen, tot N	<10
Bly, Pb	15-20
Kadmium, Cd	<10
Kobber, Cu	<10
Krom, Cr	10-15
Nikkel, Ni	10-15
Sink, Zn	<10
PAH	15-20

\* Muligens noe høyere hvis innholdet av sand og grusmateriale er høyt. Det kan ikke forventes at TSS-konsentrasjonen i utløpet fra et hvirveloverløp kommer under 40-50 mg/l (Strecker et al., 2004)

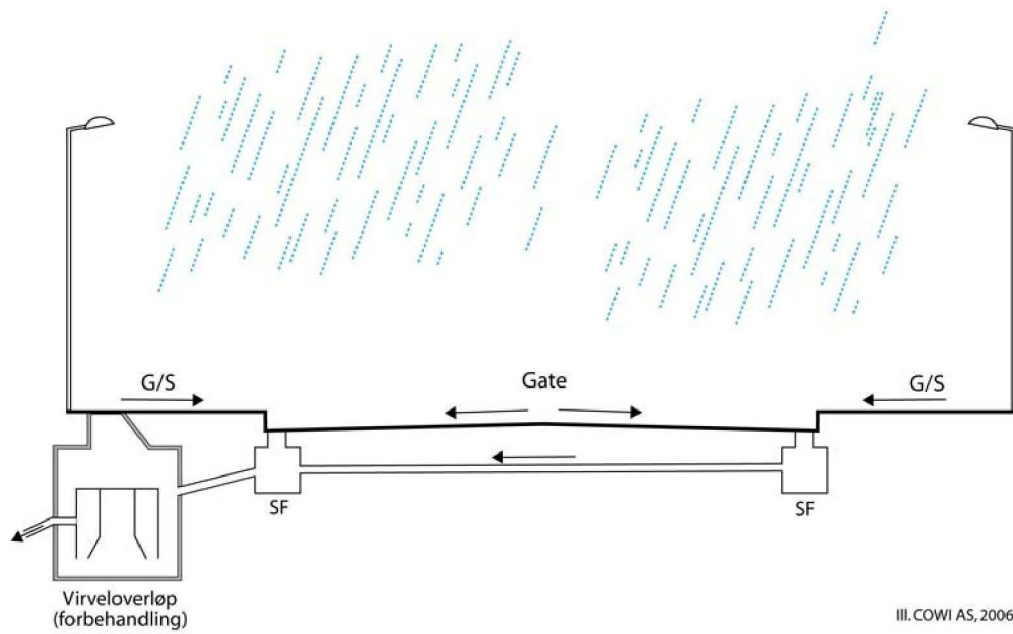
### 8.3.5 Driftsforhold

To forhold må tas hensyn til ved driften av hvirveloverløp. Dels kan utilsiktede hastighetsforhold gjennom anlegget medføre en viss tilslamming i deler av anlegget og dels skal det fjernede partikulære materialet i bunnen av anlegget håndteres (for type 2). Det er som nevnt ingen bevegelige deler i et hvirveloverløp og det forbrukes ikke hjelpestoffer.

Hastighetsfordelingen i hvirveloverløpet er avgjørende for funksjonen. I et veldimensjonert anlegg må det antas at det er tatt høyde for at det inntreffer et minimum av tilslamming samt opphoping av større mengder grovt materiale. I veianlegg der en vesentlig del av det grove materialet fjernes i sandfang, forventes driften å være uproblematisk. Under slike forhold må ettersyn av anlegget 3-4 ganger pr år forventes.

I et type 1 anlegg fjernes bunnmaterialet med understrømmen. I type 2 anlegg akkumuleres det fraseparerte stoffet i bunnen for deretter å bli pumpet ut. Den valgte behandlingsløsningen for utpumpet materiale vil dermed bestemme hvor hyppig driftstilsyn er nødvendig. Av hensyn til drift og rensegrad er et type 1 anlegg å foretrekke fremfor type 2.

Mulig plassering av hvirveloverløp i bygate er vist i figur 8-5.



III.COWI AS, 2006

Figur 8-5. Eksempel på plassering av hvirveloverløp i gatesnitt.

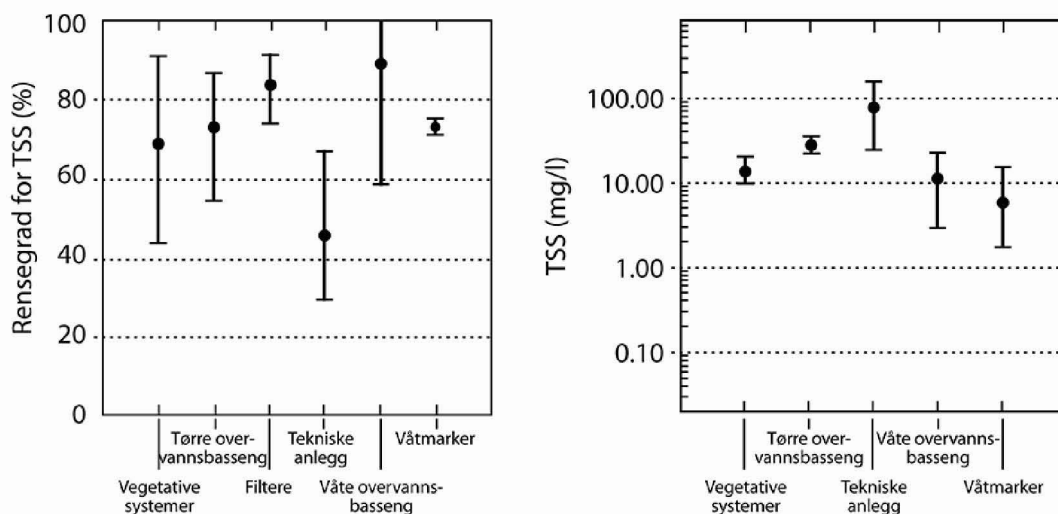
## 9 Rensemetoder

Gjennomgangen av rensemetoder er basert på følgende rensebehov:

- Flytestoffer, herunder olje
- Partikler, herunder partikkelbundne forurensninger
- Oppløste tungmetaller

Rensingen omfatter et bredt spekter av stoffer med forskjellige egenskaper som setter krav til ulike prosesser for å oppnå effektiv rensing. For å dekke et vidt spekter av stoffer er det beskrevet både enkle og mer komplekse anleggstyper.

De metoder som vanligvis benyttes til rensing av overvann har som utgangspunkt å fjerne partikulært materiale ved primært sedimentasjon eller filtrering. I tillegg kommer en supplerende rensing som skyldes kjemiske og biologiske prosesser. Generelt er erfaringen med slike metoder at dess større areal anlegget dekker dess bedre blir rensesultatet. Figur 9-1 er et eksempel på en statistikk for i alt 171 ulike anlegg for rensing av overvann fra veier og byer (Strecker et al., 2004). Figuren illustrerer tydelig betydningen av det arealet som anlegget dekker.



Figur 9-1. Rensegrad (% TSS fjernet) og utløpskonsentrasjon (mg TSS/l) for i alt 171 anlegg for rensing av overvann angitt som median og 25/75% percentil. Anleggene er hovedsakelig beliggende i USA (Strecker et al., 2004). Tilsvarende tendens sees også for andre stoffer.

Figur 9-1 viser at det er de arealkrevende våte overvannsbassenger, våtmarker samt filtere som har høyest renseseffekt, mens de mindre arealkrevende hydrodynamiske (tekniske) anleggene har lavest effekt. Dette faktumet er kritisk og må vurderes nøye i forhold til ønsket om å rens overvann samtidig

med at arealkravet skal holdes lavt. Følgende hensyn vil være viktige å ivareta for å imøtekomme denne utfordringen:

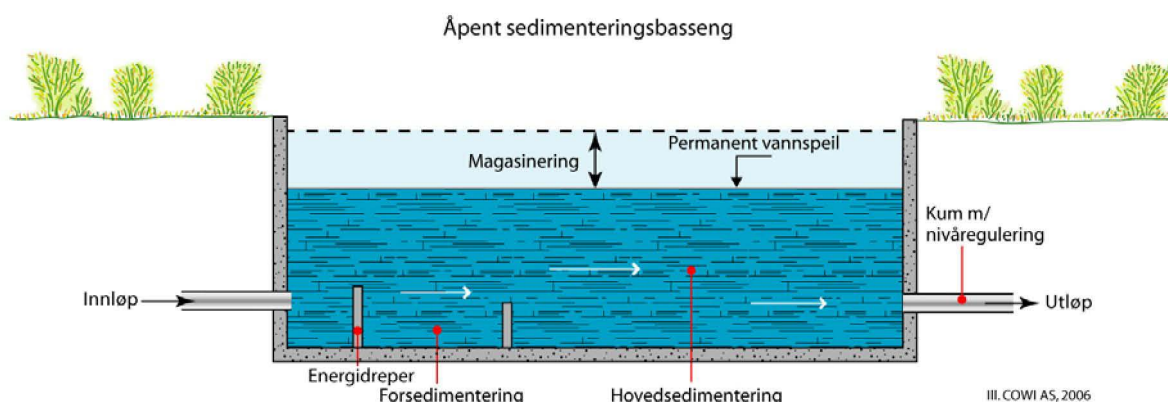
- De ulike arealkrevende anleggstyper evalueres grundig for å finne prosessstyper med akseptabel rensegrad
- De tekniske anleggene som primært fungerer på grunn av en hydrodynamisk prosess og ved sedimentasjon, vurderes mht påbygging med et kjemisk eller fysisk-kjemisk trinn eksempelvis flokkulering og utbygget sedimentasjon.
- Øke oppholdstiden for overvannet gjennom magasinering noe som vil bidra positivt sammen med selve rensetrinnet.
- Forbehandlingen må inngå i rensingen som en integrert enhet.

Ovennevnte forhold er vurdert i forhold til etterfølgende valg av metoder og teknologier. Det er valgt å anbefale fire typer av rensemetoder som alle ved hensiktsmessig dimensjonering forventes å gi akseptable rensegrader og som kan innpasses i et by- og veimiljø med begrenset arealtilgang. Hovedtypene av rensemetoder er:

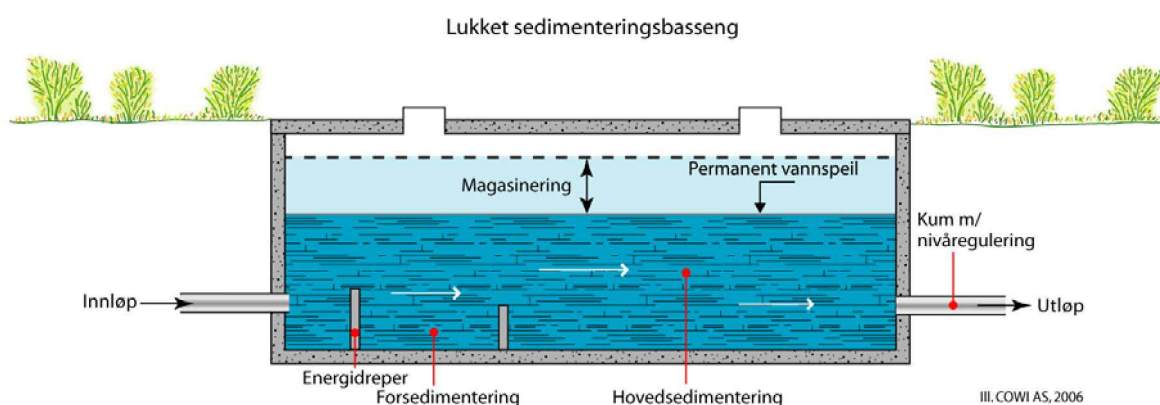
- Modifisert vått overvannsbasseng utformet som et teknisk anlegg
- Lukket sandfilter med mulighet for bruk av aktive medier for adsorpsjon samt støttedosering av kjemikalier
- Åpen filtergrøft/-basseng
- Ballastet flokkulering som omfatter fjerning av oppløste stoffer og effektiv sedimentasjon

## 9.1 Vått overvannsbasseng utformet som teknisk anlegg

Våte overvannsbasseng er generelt arealkrevende. Ved anbefalt dimensjonering vil arealkravet til selve bassenget være i størrelsesorden 2,5 % av det effektive tilrenningsarealet. I tillegg kommer medgått areal til skrånende sidekanter og omkringliggende åpne arealer som ytterligere øker arealkravet (kfr. Håndbok 261). Under forhold med liten arealtilgang kan dimensjoneringen reduseres til 1,5 % og samtidig opprettholde en relativt høy renseseffekt. Størrelsen på anlegget reduseres også mye ved å bygge bassengveggene i betong (loddrette vegger). Anlegget kan også legges under bakken. Skissemessig utforming av teknisk bassensanlegg er vist i figurene 9-2 og 9-3. Her er forbehandling, magasinerings og hovedrensing kombinert i samme anleggskonstruksjon.



Figur 9-2. Skissemessig utforming av åpent basseng, betong.



Figur 9-3. Skissemessig utforming av lukket basseng, betong.

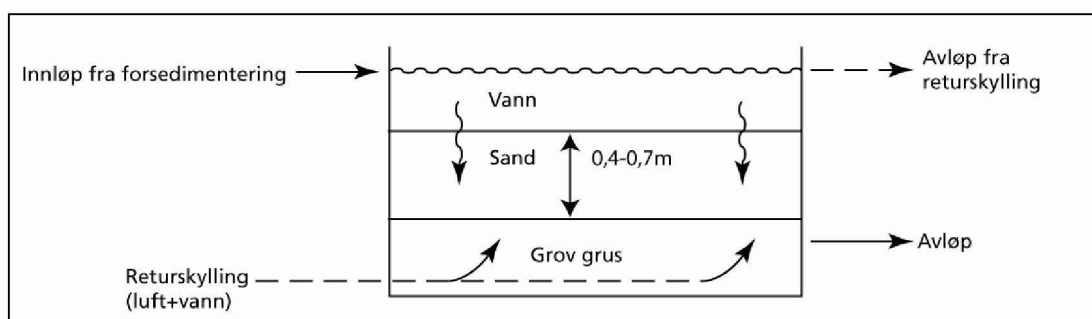


## 9.2 Lukket sandfilter med/uten aktivt filtermedium og kjemikaliedosering

### Funksjon og drift

Sandfiltrering er en velkjent teknologi for fjerning av partikulært materiale i vannforsynings- og avløpssammeheng. Som arealbegrenset løsning er kun hurtigfiltrering å anbefale (i motsetning til langsomfiltrering). Sandfiltre kan utformes på mange ulike måter. Figur 9.4 viser prinsippet for et filter med returskylling. Avløpet fra returskyllingen kan oppsamles og transporteres bort til avløpsnettet (må godkjennes av myndighet).

I tillegg til sand som filtermateriale er det også vanlig å benytte antrasitt. Dessuten er det mulig å kombinere ulike aktive filtermedier med spesielle adsorpsjonsegenskaper for binding av oppløste forurensninger i overvannet (egen omtale av filtermedier i kap. 10).



Figur 9-4. Prinsipp for et enkelt nedstrøms sandfilter med returskylling.

Sandfiltre til renseformål har en rekke fordeler, men også enkelte ulemper som det må tas høyde for. Fordelene er følgende:

- Det er en godt utprøvd og effektiv teknologi for fjerning av partikulært materiale.
- En enkel og fleksibel teknologi i forbindelse med utskifting og bruk av ulike filtermaterialer
- Særlig anvendelig for små nedbørfelt på 0,1 – 1 ha og er derfor relevant for korte veistrekninger
- Teknologien kan ytterligere utbygges og effektiviseres ved tilsetning av hjelpestoffer for koagulering og flokkulering (jfr. kap.9.4).
- Sandfilter kan kombineres med reaktive filtermedier for fjerning av løste forurensninger (tungmetaller).

Av ulemper med løsningen skal særlig tilslamming av filteret påpekes. Metoden krever derfor en effektiv forbehandling. Mulighet for returskylling av filteret vil være å anbefale. Som alternativ kan den tilslammede delen av filteret, vanligvis de øverste 5-10 cm, fjernes manuelt ca 1-2 ganger pr år.

### Dimensjonering

En viktig dimensjonsgivende parameter for et sandfilter er overflatebelastningen. I tillegg vil forbehandlingen og hyppigheten av returskylling være viktig i forhold til driften. I tabell 9-1 er det ført opp parametre for dimensjonering av et enkelt sandfilter med 1-lag filtermateriale.

*Tabell 9-1. Veiledende parametre for dimensjonering av et enkelt sandfilter med 1-lag filtermateriale for rensing av overvann.*

Parameter	Anbefalt intervall for parameter, enhet	Kommentar
Hydraulisk overflatebelastning	5-30 m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> time) eller m/time	Avhengig av bl.a. arten av TSS, forbehandling og krav til rensing
Kornstørrelse sandfilter	1-3 mm	Mindre en 10% med diameter under 0,5 mm
Lagtykkelse sandfilter	0,4-0,7 m	
Hyppighet av returskylling	Etter 3-10 timers drift	Avhengig av bl.a. arten av TSS og forbehandling

### Renseeffekt

Det forventes en høy renseseffekt i et sandfilter, siden en effektiv fjerning av suspendert stoff også betyr fjerning av en rekke andre partikkelbundne forurensningsstoffer (tab. 9-2).

*Tabell 9-2. Forventet rensesgrad i et enkelt sandfilter for utvalgte stoffer i overvann.*

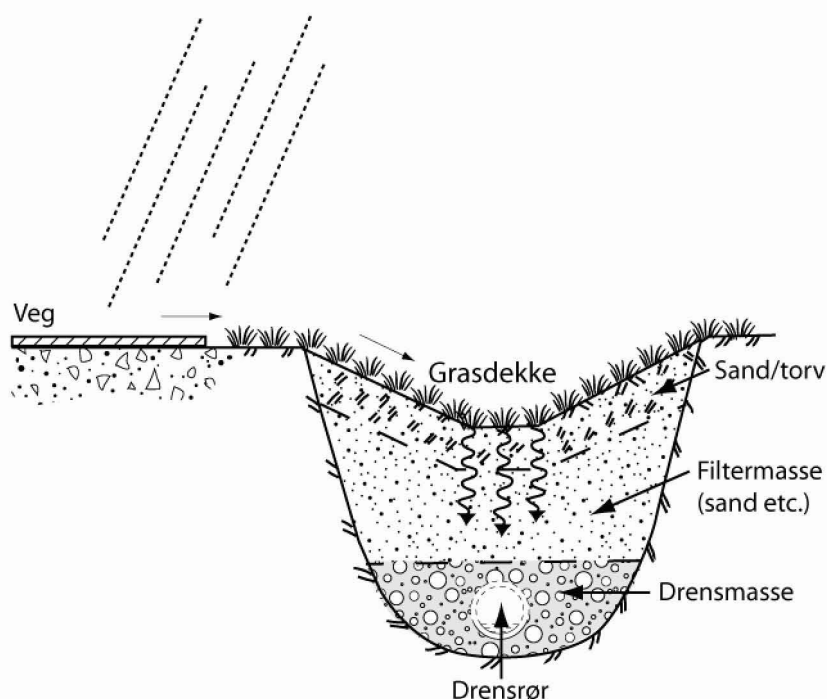
Stoff	Rensegrad (virkningsgrad), (%)
Suspendert stoff, TSS	85
Totalfosfor	60
Totalnitrogen	35
”Metaller”	ca. 50
Hydrokarboner (olje)	ca. 80

### 9.3 Åpen filtergrøft/-basseng

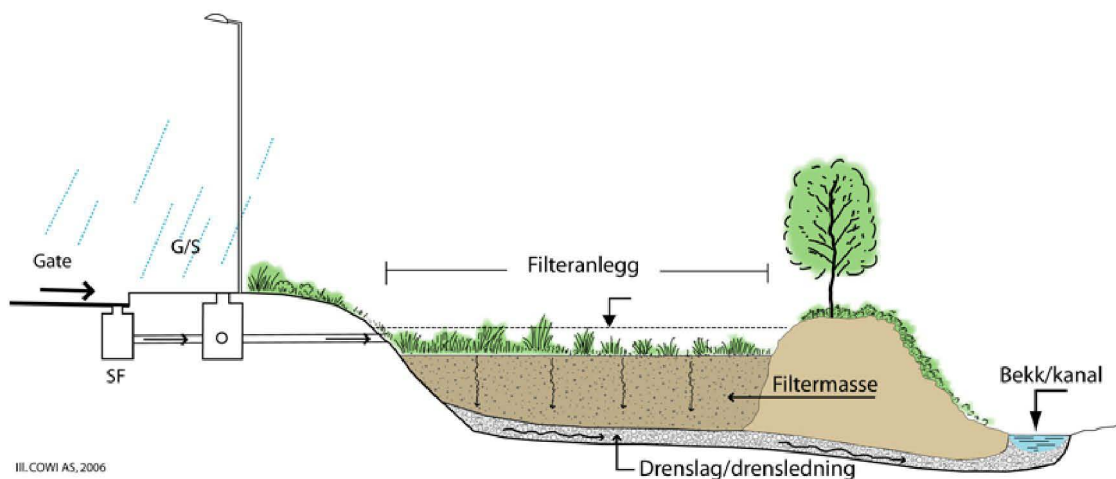
#### Prinsipp

En sandfiltergrøft er i prinsippet en vanlig grøft langs veien, men der grøftemassene er bygd opp av tilførte filtermasser (sandmasser) (fig. 9-5). Overvannet filteres ned gjennom sandmassene ned til underliggende drensledning. Drensledningen kan fungere kombinert med drenering av veioverbygningen. Grøftemassen kan være tilført spesielle aktive filtermaterialer som i kombinasjon med sand skal bidra til å øke renseseffekten (kfr. kap. 10). I bymessige områder vil grøfta få en annen utforming og funksjon enn tradisjonell grøft ved at arealet kan fungere som skille mellom ulike trafikanter (kjørende/gående) og/eller være en del av grøntstrukturen i gatesnittet. Grøfta vil ligge som en nedsenket flate og arealet kan derfor ivareta både magasinering og forbehandling av overvannet i tillegg til rensesfunksjonen.

Overvannet kan også behandles i et sentralisert åpent filteranlegg/-basseng med samme oppbygging som for filtergrøft. Filteranlegget integreres som del av grøntstrukturen (fig. 9-6).



Figur 9-5. Skisse av åpen filtergrøft.



Figur 9-6. Sentralisert filteranlegg etablert i grøntstruktur.

### Prosessmessige forhold

Rensingen skjer når det forurensede vannet infiltreres/siger ned gjennom grøftemassen. Både oppløste og partikulære stoffer fjernes under infiltrasjonsprosessen og enkelte stoffer kan omsettes biologisk (nedbrytning, opptak). Forurensningene holdes tilbake ved filtrering, adsorpsjon til jordpartikler og mikrobiell nedbrytning. Avrenningen skjer direkte fra de trafikkerte flatene og til grøftearealet. Overflaten vil derfor motta grovt partikulært materiale som i andre renseløsninger tilbakeholdes i forbehandlingseenheter (sandfang/forsedimentering). Bruk av metoden forutsetter at gjentetting av overflaten og grøftemassene ikke inntreffer. Overflaten må ha et godt vegetasjonsdekke (grasdekke) som bidrar til å opprettholde infiltrasjonsevnen til tross for tilførselen av partikulært materiale. Filtreringen av overvannet er en saktegående prosess og det er derfor nødvendig å magasinere overvann fra en gitt nedbørepisode i grøfta så lenge rensprosessen pågår. En filtergrøft vil fungere som et kombinert anlegg som ivaretar både magasinering, forbehandling og rensing av overvannet.

### Utforming og dimensjonering

I toppen av sandfiltergrøfta må det være et vekstsjikt (ca 15 cm) bestående av en blanding av sand og organisk materiale (torv, kompost) (figur 9-5). Under dette sjiktet ligger filtermassen (sand etc). I bunnen av grøfta ligger drensmasser og drensledning. Det anbefales ikke benyttet fiberduk mellom sjiktene på grunn av faren for gjentetting. Grøfteoverflaten planlegges for å magasinere regn opp til et visst nivå avhengig av kravet til rensing (kfr. kap. 7.3). Ved tunge regn må grøfta ha et overløp. Dette kan løses ved at overvannet tas inn via et hevet kuminntak som fører overvannet ned til drensledningen. Ledningen fungerer dermed som kombinert ledning (fig.9-7).

Infiltrasjonskapasitet i grasbevokste veigrøfter med sandjord er tidligere målt til 1,4 – 4,2 m/døgn ( $\text{m}^3/(\text{m}^2 \text{ døgn})$ ). I grøfta lå det et flere cm tykt lag av asfaltslitasje over opprinnelig sand (Robertsen, 1994). Ved oppbygging av sandfilter bør det benyttes en ensgradert sand type muresand 0,5-6 mm eller pussesand 0,5-4 mm (maks.2-3 % silt).



Figur 9-7. Eksempel på graskledde filtergrøfter langs gater (foto: Göran Lundgren)

### Drift

For sandfiltergrøfter må man være særlig oppmerksom på gjentetting. Et viktig driftstiltak i den sammenheng er å sørge for at grøfta har et solid vegetasjonsdekke av gras og at eventuelle svakheter i vegetasjonsdekket utbedres. Det anbefales ikke bruk av filterduk for å skille ulike massetyper i oppbyggingen av grøfta. Forøvrig vil det være lite behov for løpende vedlikehold av sandfiltergrøft. En ser da bort fra behovet for skjøtsel av trær og busker plantet innenfor grøftearealet. I Sverige har man eksempler på anlegg som har vist god funksjon i 10 år.

### Erfaringer og renseseffekt

Rensingen i sandfiltergrøft er styrt av en rekke fysiske og kjemisk/biologiske prosesser. Jordas egenskaper spiller her en avgjørende rolle. Overholdes de nevnte forutsetninger for utforming av sandfiltergrøft anses renseseffekter på nivå med infiltrasjonsanlegg og sandfilteranlegg som realistiske:

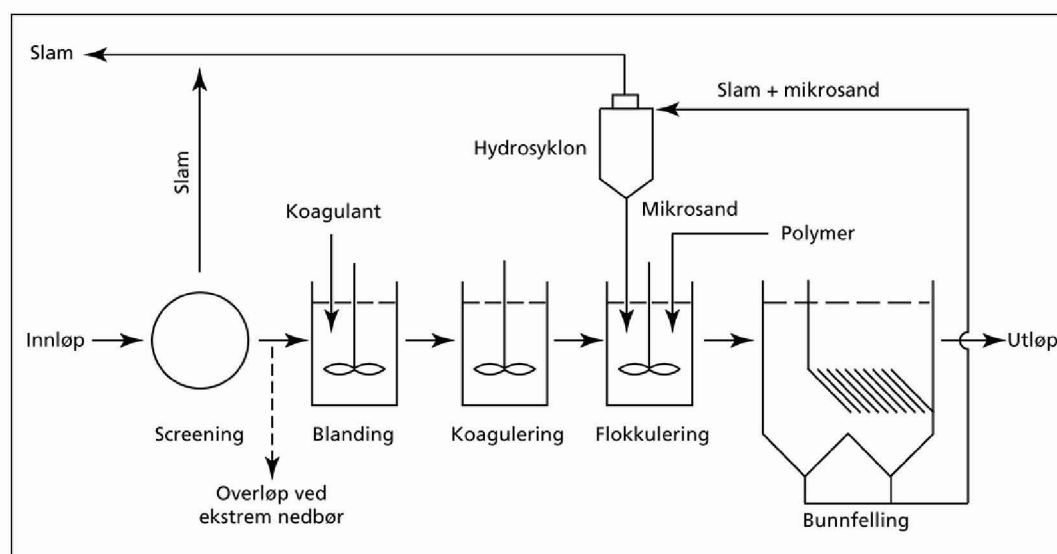
- suspendert stoff: 70-90 %
- total fosfor: 50-70 %
- tungmetaller: 70-90%
- organisk stoff: 70-90%

## 9.4 Ballastet flokkulering

Ballastet flokkulering eller aksellerert sedimentering kombinerer prosesser som øker partikkeldannelsen (koagulering og flokkulering) samtidig som det skapes gode betingelser for sedimentering av partiklene. Renseprosessene er optimalisert slik at arealkravet til anlegget er begrenset. Foruten sedimentering av partikulært materiale bidrar også metoden til fjerning av oppløst og kolloid stoff i overvannet.

### Funksjon

Ballastet flokkulering kombinerer koagulering og flokkulering med en etterfølgende sedimentasjon av det dannede partikulære materialet (fig.9-8) (Plum et al., 1998; Young and Edwards, 2003; Tchobanoglous et al., 2003). Dosering av jern- eller aluminiumsalter medfører at oppløst og kolloidalt stoff overføres til partikulært materiale. Sedimentasjonshastigheten økes ved at en polymertilsetning med fin sand (mikrosand) binder seg til flokkene. Sedimentasjonskammeret er utformet som en lamellseparator som gir et høyt sedimentasjonshastighet innenfor et relativt lite volum. Denne kombinasjonen av effektive og hurtige kjemiske og fysiske prosesser gjør metoden attraktiv for rensing av store vannmengder på kort tid. Metoden er egnet for rensing av forurensnet vann med lave konsentrasjoner og kan derfor benyttes til rensing av overvann.



Figur 9-8. Prinsipper for rensing av overvann ved ballastet flokkulering.

Metoden forutsetter tilsetning av følgende hjelpestoffer:

- Mikrosand 0,1-0,2 mm. Sanda regenereres i en hydrocyklon.
- Stoff som fremmer kjemisk koagulering, vanligvis jernsalt (jernklorid)
- Polymer som fremmer partikkeldannelsen

Tilsetningen er automatisert og tiden fra igangsetting av anlegget til effektiv funksjon oppnås i løpet av få minutter.



### **Dimensjonering**

Dimensjoneringsmessig er det den hydrauliske belastningen på lamelseparatoren som er sentral. ved TSS-konsentrasjoner på 100-300 mg/l og for oppnåelse av rensegrader på 70-90 %, er den dimensjonsgivende hydrauliske belastningen større enn 50-100 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup> time) og i visse tilfelle opp til 300 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup> time) (også betegnet m/time). Andre dimensjonsgivende parametre er bestemt i form av oppholdstiden i de forskjellige reaktorer. Vanligvis krever blanding og koagulering oppholdstider på ca 2-3 minutter, mens flokkulering krever 3-8 minutter. Den totale oppholdstiden for overvannet i et anlegg er ca 10-20 minutter.

### **Renseeffekt**

Rensegraden for TSS er 70-90%. Selv om det ikke foreligger detaljert dokumentasjon av rensegrader for forurensningsstoffer, må det forventes at det oppnås tilsvarende høye verdier for disse. Eksempelvis vil man ved bruk av jernklorid til koagulering kunne oppnå rensing av oppløst fosfor og dermed en samlet fjerning av fosfor på opp mot ca 80%.

### **Drift**

Selv om et anlegg for ballastet flokkulering automatiseres mht. overvåkning, pumping og dosering, vil det være et særlig behov for regelmessig tilsyn av anlegget. Anlegget produserer en slamstrøm som enten skal samles opp eller ledes til det offentlige avløpssystemet (må godkjennes av myndighet).

## **9.5 Generelle betraktninger og anbefalinger vedrørende rensing av overvann i byområder**

Generelt vil valg av metode og utforming av anlegg for rensing av overvann i byområder være bestemt av de lokale muligheter og begrensninger. I den sammenheng er det en rekke forhold som anses å være særlig viktige:

- Forbehandling og avsluttende rensing bør integreres for å oppnå en teknisk-økonomisk forsvarlig og miljømessig optimal løsning
- Metoder som betraktes for forbehandling kan gjennom de valgte kriterier for dimensjonering, utmerket godt gi bedre rensresultater enn metoder til avsluttende rensing.
- Det anbefales forbehandling med høy kapasitet i forhold til behandlet vannmengde pr tidsenhet (vannføring gjennom anlegget) og samlet behandlet volum pr regneepisode. Som oftest vil disse to typer av kapasiteter være dimensjonert større enn tilfellet er for den avsluttende rensingen. Dette resulterer i at forbehandlet overvann må kunne utledes til en resipient ved større regneepisoder.
- Den samlede magasineringskapasiteten vil i vesentlig grad bestemme mulighetene for å oppnå en teknisk-økonomisk akseptabel rensing. Magasineringskapasiteten bør fordeles mellom tiltak i nedbørfeltet, forbehandling og avsluttende rensing før en egen magasineringsløsning vurderes.



## 10 Aktive filtermedier for rensing av overvann

### 10.1 Generelt om aktive filtermedier

I filterbaserte rensesystemer blir forurenset vann befridd for partikler og uønskede oppløste kjemiske forbindelser ved fysisk kontakt med et filtermedium. Aktive filtermedier benyttes i rensere for å fjerne oppløste forurensningsstoffer i første rekke tungmetaller. Tilbakeholdelsen av oppløste stoffer skjer ved ionebytting eller kjemiske bindingsprosesser i porerommene eller på partikkeloverflatene. For å unngå tilslamming av et aktivt filtermedium, anbefales at det alltid inngår sedimentasjon og/eller sandfiltrering for å fjerne større partikulært materiale (kfr. kap. 9.2).

Det er få erfaringer med bruk av aktive filtermedier for rensing av overvann i Norge. Det er arbeidet en del med filtermaterialer i Sverige, men bruken er foreløpig på forsøksstadiet (fig. 10.1) (Färm 2003, Andersson et al, 2000). Internasjonalt er også bruk av aktive filtermedier for overvann i hovedsak på forsøksstadiet.



Figur 10-1. Forsøksanlegg for filtermedier i Sverige med forbehandling og magasinering i åpen dam (sees i bakkant).

I Norge er aktive filtermedier derimot benyttet til rensformål ved andre type virksomheter deriblant tungmetallholdig avrenning fra forsvarets aktiviteter. Erfaringene fra disse løsningene er åpenbart relevante også for rensing av overvann. Eksemplene i dette kapitlet er hovedsakelig hentet fra disse prosjektene.

I prinsippet er det to forskjellige filtertyper som er aktuelle for utnyttelse av aktive filtermedier:

1. Gjennomstrømningsfiltre
2. Kontaktfiltre

*Gjennomstrømningsfiltre* baseres på at det forurensete vannet strømmer gjennom et porøst medium (fig. 10-2). Partikler filtreres fra på mediets overflate mens de kjemiske prosessene skjer i porerommene mellom filterpartiklene eller på partikkeloverflatene. Gjennomstrømningsfiltrene kan

være svært effektive, men forutsetter en god forbehandling og eventuelt sandfiltrering (partikkelfjerning) for å unngå tiltetting og tilhørende stort driftsbehov.

*Kontaktfiltre* er anlegg hvor det forurensede vannet strømmer på overflaten av et aktivt filtermedium (fig.10-3). Forurensningselementene fanges opp og bindes i kontaktsonen mellom vannet og filtermediet. Kontaktfiltrene er følsomme for sedimenter som legger seg på filteroverflaten og blokkerer for den kjemiske bindingsaktiviteten. Filtertypen må derfor kombineres med partikkelfjerning i forkant. Kontaktfiltre er imidlertid hydraulisk svært robuste etter som vannet strømmer på filteroverflaten, ikke gjennom filtermediet. Det er en forutsetning at vannstrømmen fordeles jevnt utover filteroverflaten. Kontaktfiltre er mer arealkrevende enn gjennomstrømningsfiltre og i byområder med store arealbegrensinger vil kontaktfiltre generelt være mindre anvendelige.

Som det fremgår av avsnittene over er alle filterløsninger følsomme for sedimenter og stoffer som kan gi begroing eller blokkering av bindingspotensialet i filtermediet. I praksis må det derfor alltid være en forbehandling (fordsedimentering) før vannet ledes til filteret. En kombinasjon med sandfilter vil gi en god fjerning av de partikkelbundne forurensninger samt god beskyttelse av det aktive filtermediet mot tilslamming. Dette øker filtermediets levetid

Alle filtre må vedlikeholdes. Filtermediet må kunne byttes ut da bindingskapasiteten er begrenset uansett hvilket filtermedium som velges. For å redusere vedlikeholdskostnadene kan det benyttes multifiltre som består av et forfilter (for eksempel sandfilter) hvor partikler filtreres fra og ett eller flere finfiltre hvor den kjemiske aktiviteten foregår. Forfilteret vil både fjerne partikkelbundne forurensninger samt øke levetiden på finfilteret vesentlig.



*Figur 10-2. Eksempel på et gjennomstrømningsfilter som bygges opp av sekker i en tungmetallforurenset bekk. Sekkene er fylt med filtermateriale. Vannet ledes ut på overflaten, filtreres gjennom sekkene og renner renset ut i forkant av filteret (hvit pil). Sekkene kan tas opp når filtermaterialet er mettet. Bildet er fra Bardufoss i Troms.*





*Figur 10-3. Eksempel på kontaktfilter. Det grå feltet langs utsiden av veien (merket med rød pil) er finknust olivin som er lagt ut i en 2 m bred streng. Filteret fanger opp og renser avrenningen fra tungmetallholdig bærelagsmateriale som er brukt i veikonstruksjonen. Bildet er fra Regionskytefelt Østlandet i Åmot kommune.*

## 10.2 Krav til aktive filtermedier

Overordnede krav til et hvert overvannsfilter er at anleggene skal være robuste, utholdende og lettdrevne. Med **robust** menes i denne sammenheng at anleggene skal tåle de mekaniske, klimatiske og belastningsmessige variasjoner som kan oppstå gjennom filterets levetid. Robusthet er en svært viktig parameter da det i praksis er vanskelig til enhver tid å følge opp og utbedre denne type anlegg.

Med **utholdenhet** menes at anlegget skal ha stor kapasitet både til å ta forurensningstopper og det jevne tilsig, og at levetiden på filteret skal være lang.

Med **lettdrevet** menes at anlegget skal fungere med et minimum av ettersyn og vedlikehold.

Aktuelle krav til filtermedier er:

- *Filteret skal ikke avgi miljøskadelige stoffer eller ha en annen negativ innvirkning på nærmiljøet.* Filtermateriale som binder tungmetaller og oljeprodukter kan avgi andre stoffer som er skadelige for miljøet. Et typisk eksempel er metallfosfater som lekker ut av organisk basert filtermateriale som brytes ned. Fosfatene kan medføre eutrofiering i frie vannmasser. Også lekkasje av nitrogen og organisk stoff kan finne sted ved nedbrytning av denne type materiale. Videre kan det oppstå luktproblemer der store mengder organisk filtermateriale brytes ned.

- *Det mettede filtermaterialets stabilitet og eventuelle krav til etterbehandling ved utskifting må være klarlagt.*

Et viktig krav som bør stilles til filtermaterialet er stabiliteten mot avrenning etter at filteret er mettet. Det er ønskelig at stabiliteten mot lekkasje er så høy og levetiden så lang at filteret kan ligge minimum

20 år før det må skiftes. Når filteret etableres må det være klart hvordan det mettede filtermaterialet skal sluttbehandles.

### 10.3 Aktive filtermedier for flytestoffer og tungmetaller

Overvann fra veianlegg kan inneholde olje og drivstoffrester fra kjøretøyer og asfalt. Etter som de fleste oljeproduktene er lettere enn vann, flyter de som en film på vannoverflaten. Olje som kommer i kontakt med filtermateriale, kleber enten til overflaten på filterpartiklene eller oljen absorberes i poresystemet. Forsøk utført for Forsvaret viser at flere organiske og uorganiske filtermedier som er i stand til å holde tilbake frie oljeprodukter og at enkelte også holder tilbake dispergert olje fra f.eks. tunnelvask. I overvann vil en del av oljerestene være bundet til partikulært materiale som fjernes ved forsedimentering og filtrering.

De mest kompliserte forurensninger å filtrere fra i overvannet er tungmetallene i oppløst form. En rekke forsøk er utført for å finne frem til gunstige filterkombinasjoner som både tar oljeprodukter og tungmetaller. En del av de mest aktive stoffene er beskrevet nedenfor.

### 10.4 Mineraler og minerogent materiale

Filtre som skal brukes i permanente tungmetallsperrer for overvann må være stabile og ha lang levetid. Disse kravene utelukker bruk av filtermateriale som brytes ned eller lekker tungmetaller over tid. De fleste typer organisk filtre kan derfor i praksis utelukkes fra bruk i permanente tungmetallfiltre selv om unntak finnes (se kap. 10.5) (Westholm, 2006).

I mineralmateriale er det spesielt tilstedeværelsen av apatitt og oksider av Fe, Al og Mn som gjør at tungmetallene bindes. I tillegg er pH svært viktig. Mineraler som gir høy pH i overvannet vil nesten uten unntak medføre økt immobilisering av tungmetallene.

I de følgende avsnitt er de mest aktuelle mineraler og annet minerogent materiale vurdert nærmere.

#### 10.4.1 Olivin ( $\text{MgFe})_2\text{SiO}_4$

Olivin er et basisk silikatmineral med pH på 8,9 - 9,5. Evnen til å binde tungmetaller er knyttet til metalloksidene hvor tungmetallene erstatter andre metallene og danner stabile tungmetalloksider. Nærmere 50 % av metalloksidene i olivin er MgO.

Olivin har høy bindingskapasitet for tungmetaller. Sammenlignet med kalsiumkarbonat er bindingsegenskapene for eksempel nesten dobbelt så høy. Bindingsegenskapene er spesielt gode for finknust olivin (olivin 11) der metallene lettere bindes i de fragmenterte krystallgitrene. Risteforsøk med olivin 11 utført for Forsvarsbygg, og resultatene er omtalt i kapittel 10.6.

Verdens største forekomst av Olivin finnes i Åheim på Vestlandet. Flere av de sandproduktene som er standardleveranser fra bedriften kan være aktuelle som tungmetallfiltre. Forsvaret har f.eks. brukt store

mengder finknust olivin til kontaktfiltre langs veier hvor det renner av tungmetallholdig overvann, og som bunnfiltre i deponier for tungmetallholdig steinmateriale.

#### 10.4.2 Nefelin $\text{Na Al SiO}_4$

Nefelin er et alumosilikat som har et potensiale for binding av tungmetaller som enda ikke er fullt ut klarlagt. Sannsynligvis erstatter tungmetallene aluminiumet i silikatet og danner et stabilt tungmetallsilikat.

Nefelin finnes i store forekomster på Stjernøy i Finnmark der det er produksjon. Forekomstene består av nefelinsyenitt som er en finkrystallinsk blanding av nefelin og feltspat. I likhet med apatitt og olivin må nefelin finknuses for å gi god bindingseffekt.

#### 10.4.3 Kalkspat $\text{CaCO}_3$

Kalkspat er et basisk mineral som forekommer i store mengder en rekke steder i Norge. Mineralet er av de mest brukte filtermedier eller fellingskjemikalier. Mineralet virker først og fremst gjennom evnen til å påvirke pH. Tungmetallenes mobilitet er nemlig klart korrelert med vannets pH. Også felling av tungmetaller skjer i det basiske miljøet kalsiumkarbonaten skaper, men stabiliteten på fellingsproduktene kan påvirkes bl.a. av humussyrer og løst organisk materiale.

Kornfordelingen i filtermaterialet har svært stor betydning for bindingspotensialet for tungmetaller. Finmalt kalkspat og kalsiumoksid gir best bindingseffekt. Forsøk med grovkornet filterkalk, som har høy permeabilitet og er ansett som et hydraulisk godt filtermateriale, har ikke gitt akseptable renseeffekter for tungmetaller i forsøk utført for Forsvaret.

Kalkspat til filterformål er tilgjengelig over hele landet og er det rimeligste av alle de aktuelle filtermedier. Marmor (kalkstein) og skjellsand er kalkmaterialer som har vist interessant bindingskapasitet for tungmetaller og fosfor. Materialene er lett tilgjengelige.

#### 10.4.4 Zeolitt

Zeolitt var opprinnelig betegnelsen på en gruppe silikatmineraler som er i stand til å utveksle eller bytte ioner i oppløsninger (ionebyttere). I dag brukes Zeolitt ofte som fellesbetegnelse for ionebyttere. Det finnes både organiske zeolitter (organolitter) og uorganiske (permutitter).

Zeolittene egner seg særlig godt til å binde metaller, inklusive tungmetaller, i vandige løsninger og har til dette formålet fått stor anvendelse i mange sammenhenger. Det er neppe aktuelt å bruke zeolitt i tørre tungmetallsperrer. I sperrer som monteres i rennende vann kan derimot zeolitt være et alternativ til for eksempel fosfatfiltre på grunn av rask responstid og ingen negative sekundærvirkninger.

#### 10.4.5 Filtralite

Filtralite er en fellesbetegnelse for lettklinker som benyttes til filterformål. Lettklinker er leire som er brent ved høy temperatur. Den porøse strukturen, som gir stor adsorpsjonsflate dannes ved forgassing av organisk materiale i leira. En rekke forsøk og erfaringene fra praktisk bruk bl.a. i Forsvaret viser at filtralite både binder tungmetaller og holder tilbake fri olje. De aktivt bindende bestanddeler i Filtralite er jernoksider og kalsiumbikarbonat, som benyttes som slippmiddel ved formingen av lettklinkerkulene. Det vises til kapittel 10.6 når det gjelder forventede renseeffekter.

#### 10.4.6 Belagte filterprodukter

For alle minerogene filterprodukter øker bindingskapasiteten for tungmetaller med minkende kornstørrelse. Dette har sammenheng med at bindingspotensialet først og fremst er knyttet til partiklenes overflate. Et typisk eksempel er olivin som i finknust form har høyt bindingspotensiale for de fleste tungmetaller, mens potensialet i grovknust olivin er svært lavt. Finknust mineralmateriale har imidlertid en vesentlig ulempe som filtermateriale, nemlig at permeabiliteten avtar drastisk med synkende kornstørrelse. Olivin 11 kan f.eks. av denne grunn ikke brukes til gjennomstrømningsfiltre. Også i kontaktfiltre kan finknust materiale være vanskelig å bruke fordi det i tillegg til lav permeabilitet også eroderes lett.

For å eliminere de negative egenskapene ved finkornet mineralmateriale, er det utviklet såkalte *belagte filterprodukter* (coated products). Produktet består av et permeabelt basismateriale hvor hvert enkelt korn er dekket med et belegg som inneholder et aktivt bindingsmedium. Belegget kan skreddersys for forskjellige formål ved at det tilsettes bestemte bindingskjemikalier eller mineralprodukter i belegget. Derved oppnås et filterprodukt som både har høy permeabilitet og god bindingsevne for forurensningsstoffer. På grunn av høy permeabilitet bør slike filtere konstrueres som oppstrømsfiltere.

Belagte filterprodukter vil sannsynligvis være kommersielt tilgjengelig i Norge fra sommeren 2007 med olivin som basismateriale.

#### 10.4.7 Renseblokker

Interessen for filtermateriale støpt som permeable blokker er sterkt økende. Årsaken til dette er flere:

- Blokkene kan støpes med en forutbestemt permeabilitet ved justering av tilslagsmaterialets kornstørrelse.
- Slurryen som brukes som bindemiddel i blokkene kan tilsettes fellingskjemikalier eller nedknuste mineraler for å skreddersy blokker til bestemte renseformål.
- Blokkene er enkle å transportere og håndtere. Filtre kan bygges ved å stable blokker på hverandre til ønsket høyde.
- Filteroverflaten kan spyles ren hvis den tilslammes med sedimenter.

Renseblokker er foreløpig ikke satt i produksjon, men forberedelser til produksjon er i gang. Leca finblokk er utprøvd som renseblokk og har vist god rensing av de fleste tungmetaller hvis konsentrasjonen ikke er for høy (fig 10-4).





*Figur 10-4. Eksempel på enkelt blokkrenseanlegg av gjennomstrømningstypen. Vannet ledes inn i U-blokkene på toppen og vannet perkolerer gjennom og renner rensset ut i bunnen.*

## 10.5 Organiske materialer

Enkelte organiske stoffer har evnen til å absorbere olje og binde tungmetaller. Særlig gjelder dette proteinholdig materiale hvor det dannes tungt løselige metallfosfater i substratet. Det kan også skje organisk binding av tungmetaller i celleveggen i plantevev som f.eks. i sphagnummoser og i bark av bartrær.

I motsetning til minerogent materiale brytes de fleste organiske filtermedier ned over tid. Ved nedbrytning kan tungmetallene som er bundet i mediet løses ut og forurensning omgjøres på nytt. For korttidsbinding er imidlertid produktene interessante da enkelte stoffer har meget stor bindingskapasitet. Innledende tester av organiske filtermaterialer for rensing av tunnelvaskevann er utført (Roseth et al, 2006). Det finnes spesialbehandlede produkter som er mer motstandsdyktige mot nedbrytning. De mest aktuelle filtermediene er omtalt nedenfor.

### 10.5.1 Spesialbehandlet torv

Spesialbehandlet torv er fremstilt av sphagnumtorv som er termisk behandlet ved temperatur opp til 300 °C uten tilgang på oksygen (Float absorb/Axxon filtertorv). Produktet har form av pellets hvor harpikslignende stoffer danner et belegg på overflaten. Torvproduktet absorberer olje og tungmetaller, men i svært liten grad vann. Tilgjengelig dokumentasjon viser at produktet har meget god effekt når det gjelder fjerning av olje og enkelte tungmetaller som kobber, bly, sink, krom og kadmium. Andre tungmetaller som for eksempel antimon holdes ikke tilbake i filteret. Forsøk utført av Bioforsk viser at absorpsjonsevnen til spesialbehandlet torv kan bli sterkt redusert hvis vannet inneholder basiske vaskemidler. Det vises for øvrig til kapittel 10.6 når det gjelder materialets renseseffekt for tungmetaller.



Spesialbehandlet torv er i følge produsent stabilt og kan ligge i minst 20 år uten å brytes ned. I praksis kan derfor produktet brukes på lik linje med minerogene filtre.

### **10.5.2 Barkprodukter**

Barkprodukter beregnet for absorpsjon av olje og tungmetaller finnes i forskjellige varianter som f.eks. varmebehandlet bark av gran. Mer vanlig er fabrikkherdet furubark med eller uten aktivt kull. Bark synes å ha noenlunde samme absorpsjonsegenskapene som spesialbehandlet torv når det gjelder olje og tungmetaller, men suger mer vann og brytes raskere ned. Ubehandlet bark bør ikke brukes som filtermateriale på grunn av den høye absorpsjonsevnen for vann.

Forsøk utført ved Rena Tekniske Verksted viser at bark først og fremst binder oljeprodukter, mens evnen til å binde tungmetaller er svært varierende. Fordi barken brytes lett ned vurderes den som uegnet i tungmetallfiltre.

### **10.5.3 Chelos absorbent**

Chelos absorbent er et organisk absorpsjonsmedium beregnet for opptak av ioniserte tungmetaller. Produktet kan være interessant til etterfiltrering i de tilfeller hvor en vesentlig del av tungmetallene finnes i løst form. Det foreligger imidlertid lite informasjon om produktet, og det er ikke testet i forsøk med overvann fra veier.

## **10.6 Forventet renseeffekt for en del filtermaterialer**

Renseeffekten og rensekapasiteten for ulike filtermaterialer avhenger av en rekke forhold knyttet til innløpsvannet. Særlig stor betydning har konsentrasjonen på ulike elementer i vannet, pH og forekomsten av organiske syrer. Det er derfor ikke mulig å oppgi eksakte tall, men antydninger kan gis med eksempler fra praktiske feltforsøk. Kun de mest aktuelle filtertypene er tatt med i vurderingen nedenfor.

Forsvaret har gjennomført en rekke undersøkelser av bindingspotensialet for tungmetaller i utvalgte filtermedier. Resultatene spriker noe, men tendensene er klare. Et typisk resultat er vist i tabell 10-1 hvor olivin skiller seg klart ut som det mest effektive filtermediet, mens Float absorberer i dette tilfellet gir dårligst effekt.

Tabell 10-1. Renseeffekt oppnådd med negative risteforsøk med et utvalg av filtermaterialer blandet inn i tungmetallholdig pukk fra Regionfelt Østlandet. Alle verdier bortsett fra pH er oppgitt i µg/l. Referanseverdien i tabellen angir normalverdien når renseseffekten er 0.

Parameter	Referanse verdi	Innhold av tungmetaller etter risting med humusholdig vann			
		2-4 mm filtralite	kalksteins mel	Olivin 11	Float absorb
pH	7,4	7,8	7,9	8,1	7,4
As	1,8	1,8	0,69	0,21	1,1
Pb	4,5	3,1	1,9	0,41	3,5
Cd	0,46	0,22	0,10	0,096	0,32
Cr	1,3	0,93	0,54	0,60	0,62
Cu	5,4	3,2	3,2	1,1	3,3
Ni	7,0	0,83	1,0	1,7	1,3
Zn	10,0	4,1	2,4	<0,50	5,6

Også renseseffekten på et kontaktfilter med olivin 11 som filtermedium er målt i Regionfelt Østlandet. Følgende renseseffekter er oppnådd ved strømming over 2 m filterflate: **As** 50 %, **Pb** 67 %, **Cd** 83 %, **Cu** 18 %, **Zn** 81 %. For krom og nikkel er renseseffekten i dette tilfellet tilnærmet 0. Resultatet må ses opp i mot at kontaktflaten er svært liten og at kvaliteten på innvannet ikke er stabil.

Det er gjort flere forsøk med forskjellige organiske filtermaterialer for lokal håndtering av overvann som inneholder olje og tungmetaller. Konklusjonen er at filtrene stort sett holder tilbake 50 – 80 % av tungmetallene og at effekten avtar over tid. På grunn av svelling og gjenslamming avtar også den hydrauliske kapasiteten over tid. Konklusjonen er at de organiske filtrene er interessante, spesielt for å holde tilbake olje, men at de må skiftes relativt ofte for å opprettholde tilfredsstillende renseseffekt.

Forsøk med rensing av olje- og tungmetallholdig bunnvann fra Sjøforsvarets båter har vist at Float absorb (Axxon miljøtorv) har gitt svært gode resultater for denne type vann. I tabellen nedenfor fremgår det at renseseffekten er 80 % eller bedre for alle målte tungmetaller unntatt krom. I tillegg holdes oljeproduktene effektivt tilbake med renseseffekter mellom 91 og 99 % på de forskjellige fraksjonene. Det fremgår også av tabellen at det er lite å oppnå ved å kombinere Float absorb med Filtralite for å bedre renseseffekten. For enkelte stoffer er renseseffekten bedre med Float absorb alene enn for kombinasjonen Float absorb/Filtralite (tabell 10-2).

Tabell 10-2. Rensing av olje- og tungmetallholdig bunnvann fra båter (spyle- og vaskevann). Renseresultater oppnådd med motstrøms filtrering gjennom Float absorb og Float absorb + Filtralite. Alle verdier i µg/l unntatt renseseffekt i % og oljeprodukter (hydrokarboner) i mg/l.

Parameter	Prøvetype				
	Råvann renses på filterbånd-avskiller	Float absorb motstrøms belastning	Rense-effekt i %	Float absorb + Filtralite	Rense-effekt i %
Aluminium	1000	43	96	89	91
Antimon	69	6	91	19	72
Bly	150	<1	100	4,6	97
Kadmium	14	0,25	98	2,2	84
Krom	25	19	24	2,8	89
Kobber	2000	400	80	260	87
Kvikksølv	<0,1	<0,1	-	<1	-
Nikkel	56	8,7	84	12	79
Tinn	46	<3	100	<3	100
Sink	190	6,6	97	54	72
Hydrokarboner-Benzen-C10	0,82	0,07	91	0,14	83
Hydrokarboner C10-C12	5,5	0,08	99	0,15	97
Hydrokarboner C12-C35	23	1,1	95	0,94	96
Totale hydrokarboner	30	1,3	96	1,8	94

## 10.7 Aktuelle filterkonstruksjoner

I alle filterkonstruksjoner med aktive filtermedier anbefales en forbehandling (partikkelfjerning) med sedimentasjon og filtrering (sandfilter). Dette begrenser tilslamming av filtertrinnet samtidig som renskapasiteten i filtermediet utnyttes optimalt.

Den mest effektive og robuste konstruksjonen av rensetrinnet er et gjennomstrømningsfilter. Hvis det benyttes filtermateriale som er lettere enn vann (lettklinker) må filtermaterialet bygges inn i et tyngre materiale som for eksempel vasket pukk. Filtertypen kan også bygges som kontaktfilter. Kontaktfiltret må ha stor overflate og liten tykkelse for å fungere best mulig og vil derfor være arealkrevende hvilket er en ulempe i byområder. For gjennomstrømningsfiltre bør tykkelsen være minimum 1 m.

Innløpsvannet kan enten mates inn i bunnen eller fra toppen av filteret. Innmating fra bunnen er den klart enkleste og mest driftssikre løsningen. Gjennomstrømningsfiltre og kontaktfiltre kan også bygges med blokker (bare tilgjengelig med lettklinker). Blokkene erstatter løst filtermedium.

Vannets oppholdstid i filteret avhenger av konsentrasjonsnivåer og type metaller. Nødvendig oppholdstid er ikke godt dokumentert, men for type overvann (lave konsentrasjoner) er nødvendig oppholdstid vurdert til 20 - 60 minutter. Gode resultater er også oppnådd ved lavere oppholdstid. Generelt bør det kjøres kolonneforsøk for den aktuelle vanntypen som skal renses for å skreddersy filterløsningen.

## 11 Innpassing av renseløsninger i veianlegg

### 11.1 Innpassing av anlegg

Det vil være ulike problemstillinger om man skal etablere rens tiltak i en ny veg der det er anledning til å innpasse anleggene i planleggingsfasen, enn der man skal etablere rens tiltak i en eksisterende veg/gate.

I et nytt vegprosjekt kan det ved en koordinert planlegging, settes av plass både mht. arealbehov og i vektvernsnittet til både basseng/konstruksjoner for forbehandling og rensing av overvann og annen teknisk infrastruktur som har behov for plass. Utslipp av rens overvann til resipient kan etableres på en hensiktsmessig måte, gjerne ved at topografiske forhold utnyttes slik at for dype anlegg unngås. Ved ugunstige dybde- og fallforhold kan pumping være nødvendig.

Ved rensing av overvannet må det etableres et separat oppsamlings- og transportsystem for overvannet slik at forurenset "veg-vann" ikke blandes med annet "rent" overvann som ikke trenger rensing. Dette ledningsnett vil ligge på ca. 1,5 – 2,0 m dybde, eller litt grunnere slik at kryssing av annet ledningsnett kan skje uhindret. Fordrøyningsbasseng og basseng til forbehandling og rensing vil normalt ligge under ledningsnivået om man ikke fører inn pumper i anlegget. Ved overflatebasert oppsamling vil man unngå en del av problemene med store gravedybder. Der det ligger til rette for det kan rens overvann inngå som et vannelement i parkmessige anlegg.

I eksisterende veger og gater i bymessige strøk inneholder tverrsnittet ofte føringsveger for en rekke tekniske anlegg som vann-/avløpsledninger, kabler, fjernvarmeledninger med kummer, og også andre installasjoner som veglys, skilt, lysregulering etc. Samlet vil beliggenheten av slike installasjoner og utilgjengelige sidearealer ofte begrense muligheten for innpassing av arealkrevende rensanlegg. I noen tilfeller kan det bli nødvendig å legge om eller flytte eksisterende anlegg for å få plass til rensanlegg med tilhørende ledninger og kummer. Ved tradisjonelle løsninger med sandfang og overvannsledninger føres vannet ned til en dybde på 1,5 – 2 m under bakkenivå, enten ved separate overvannsledninger for veganlegget, eller ofte ved direkte tilkøpling til kommunal overvannsledning som også fører annet overvann fra et større nedslagsfelt. I slike tilfeller må det etableres et separat transportsystem for overvannet slik at forurenset "veg-vann" ikke blandes med annet overvann når dette rensmessig er ugunstig. Dette medfører at omfang av rørledninger øker ytterligere. Plassering av større konstruksjoner som bassenger for forbehandlingsanlegg og rensing vil kunne bli problematisk pga. at arealer ikke er disponible. En løsning kan da være å etablere underjordiske anlegg. Det må i så fall sikres hensiktsmessig adkomst for drift av anleggene. Dersom det er tilgjengelige sideareal bør disse tas i bruk, gjerne som åpne anlegg med inngjerding.

Det vil være store variasjoner i hvilke utfordringer man vil støte på med hensyn til innpassing av rensanlegg i eksisterende veg og teknisk infrastruktur. Det er derfor nødvendig å vurdere situasjonen for den aktuelle vegstrekning nøye slik at en oppnår en best mulig løsning innenfor tilgjengelig areal, herunder fastsettelse av renskrav og valg av renseløsninger.

Rensing av overvann i en åpen filtergrøft fungerer ved at overvann renner på overflaten til en åpen, grunn grøft, gjerne beliggende som et nedsenket grøntbelte i skillet mellom kjørebane og langsgående gang-/sykkelveg. Dette medfører at vektvernsnittet utformes uten avvisende kantstein langs kjørebane eller at det anlegges kantstein med åpninger for utledning av overvannet. Filtermassene ligger rett under overflaten og med en drensledning under. Anlegget må bygges opp slik at vegoverbygningen holdes drenert, dette innebærer at drensledningen må ligge tilstrekkelig dypt og at vannet hindres i å trenge inn overbygningen fra filtergrøfta.

Tabell 11-1. Oversikt over anleggstyper/volum (fordrøyning = magasinering).

<b>Fordrøyning uten vannbehandling</b>	<b>Fordrøyning og forbehandling</b>	<b>Renseanlegg</b>
I nedslagsfelt/ transportsystemet: grøfter, gressareal, beplantningsareal, parkeringsareal	Forbehandling og fordrøyning integrert (fjerne partikler/ olje, beskytte mot tilstopping av filtre i etterfølgende rensing) -sandfang -oljeutskiller  Typer:	Fordrøyningsvolum integrert i renseprosess   Typer:
Fordrøyningsbasseng (opsamling for etterfølgende rensing)	-åpent sandfang/ oljeutskiller -lukket sandfang/ oljeutskiller -vått regnvannsbasseng -grøfter etc. i transportsystemet -hvirveloverløp/-separator med bunnutløp	-vått basseng, modifisert som teknisk anlegg -lukket sandfilter -lukket sandfilter utbygget med kjemikaliedosering -ballastet flokkulering -åpen filtergrøft/-basseng

## 11.2 Dimensjoneringseksempler

### 11.2.1 Dimensjoneringskriterier benyttet i eksemplene

- Vegtype, nedslagsfelt etc. som for typevegstreking, se kap. 6
- Utvidet rensing er påkrevet (nivå 2), minimum første 10 mm av nedbørmengden, varighet 30 min.
- Forbehandling i sandfang/oljeutskiller dimensjoneres for nedbør-returperiode  $n=2$  år,  $Q=104$  l/s
- Forbehandling i hvirveloverløp/-separator dimensjoneres for nedbør-returperiode  $n=2$  år,  $Q=104$  l/s. Kapasiteten oppjusteres til  $Q=$  ca 250 l/s da det gir en driftsmessig bedre dimensjon på anlegget.
- Rensing i vått basseng som teknisk anlegg dimensjoneres med overflateareal  $=1,5\%$  av red. areal og fast volum  $=150$  m<sup>3</sup>/red.ha, og et variabelt volum tilsvarende magasinering av differensen mellom tilrenning av 10 mm "first flush" i løpet av 30 min. og en rensekapasitet i anlegget  $= 25$  l/s.
- Rensing i lukket sandfilter dimensjoneres for en rensekapasitet gjennom filteret på 25 l/s (90 m<sup>3</sup>/time).

- Rensing i åpen filtergrøft, infiltrasjonskapasitet 0,12 m/time
- Rensing ved ballastet flokkulering dimensjoneres for regn med varighet 15 min. og returperiode  $n=1$  år, 59 l/s, og oppholdstid i anlegget på 15 min.

### 11.2.2 Dimensjonering av fordrøynings-/magasineringsvolum

First flush 10mm gir tilrenningsvolum  $V_{\text{total}} = 10\text{mm} \cdot 0,74\text{ha} = 74\text{m}^3$  (tilsv. en vannføring = 41 l/s over 30 min.).

Innenfor en oppholdstid på 30 min. renses med en kapasitet i anlegget på 25 l/s, følgende vannvolum:  
 $V_{\text{renset}} = 25 \text{ l/s} \cdot 30 \text{ min.} = 45 \text{ m}^3$  ( $25 \cdot 1/1000 \cdot 30 \cdot 60$ ).

Nødvendig fordrøynings-/magasineringsvolum  $V_{\text{total}} - V_{\text{renset}} = 74 - 45 = 29 \text{ m}^3$ . Volumet fordeles på rensenanlegget ( $V_r$ ), i forbehandlingsanlegg ( $V_f$ ) evt. eget fordrøyningsbasseng ( $V_m$ ), eller fordrøyning i nedslagsfeltet

### 11.2.3 Dimensjonering forbehandling

Sandfang/oljeutskiller:

Dimensjoneres for nedbør-returperiode  $n=2$  år,  $Q=104$  l/s

Oppholdstid 5 min.,  $V_f = 104 \text{ l/s} \cdot 5 \text{ min.} = 31 \text{ m}^3$  ( $104 \cdot 1/1000 \cdot 5 \cdot 60$ )

Dimensjoner for betongkammer (vått volum):  $H \cdot B \cdot L = 3,0 \cdot 2,0 \cdot 5,2 = 31,2 \text{ m}^3$

Strømningshastighet ved dimensjonerende regn blir:  $v = 5,2\text{m} / 5 \text{ min.} \approx 1 \text{ m/min}$

Hvirvelkammer/-separator:

Dimensjoneringsgrunnlag  $n=2$  år,  $Q=104$  l/s

Gir et anlegg med lite hensiktsmessig diameter. Anlegget bør dimensjoneres for diameter = 3-4 m tilsvarende en kapasitet på ca 250 l/s. Anlegget vil ha en høyde på ca 4 m.

### 11.2.4 Dimensjonering rensenanlegg

Vått basseng som teknisk anlegg:

Overflateareal = 1,5% av red. areal tilsvarer et fast volum =  $150 \text{ m}^3/\text{red. ha}$ . Fast vannvolum =  $150 \cdot 0,74 \text{ ha} = 111 \text{ m}^3$ , overflateareal vannspeil =  $111 \text{ m}^2$  (1 m dybde).

Dimensjoner betongkammer (fast vått volum):  $H \cdot B \cdot L = 1,0 \cdot 5 \cdot 22 = 111 \text{ m}^3$ .

I tillegg kommer et variabelt volum på  $29 \text{ m}^3$  (fordrøyning) med høyde 0,26 m slik at vannhøyde ved fullt basseng = 1,26m og samlet volum  $V_r = 140 \text{ m}^3$

Forventet partikkelrensing = 65 – 70 %.

Lukket sandfilter:

Dimensjonerende kapasitet gjennom sandfilteret 25 l/s, tilsvarende  $90 \text{ m}^3/\text{time}$  (valgt)

Det velges filtermateriale med hydraulisk kapasitet (overflatebelastning) =  $10 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \text{ time})$

Dette gir et nødvendig filterareal på  $90/10 = 9 \text{ m}^2$

Filteret bygges inn i et betongkammer. Filterdybde 0,4 – 0,7 m pluss konstruksjon for drenering og returskylling i bunnen. Oppstrøms filteret, eventuelt som en integrert del av forbehandlingen, må det legges inn et fordrøyningsvolum på  $29 \text{ m}^3$ .

Åpen filtergrøft:

Forutsetter en grunn filtergrøft på hver side av veien med bredde 1 m og midlere dybde = 0,15 m. For typevegstreking har grøfta et overflateareal på 1000 m<sup>2</sup> og et magasineringsvolum på 150 m<sup>3</sup>. Infiltrasjonskapasiteten for hele grøftearealet utgjør 120 m<sup>3</sup>/time (0,12 m/time). Første 10 mm av en regneperiode utgjør 74m<sup>3</sup> i løpet av 30 min. Til sammenligning er kapasiteten i grøftene for 30 min. lik ca 200 m<sup>3</sup> (infiltrasjon 60 m<sup>3</sup> pluss magasinering 150 m<sup>3</sup>).

Ballastet flokkulering

Anlegget dimensjoneres for regn med varighet 15 min. og returperiode 1 år (tilsv. en vannføring = 59 l/s). Tilrenningsvolum = 53 m<sup>3</sup>, kapasiteten er således større enn "first flush" 10mm over 30min. (= 74m<sup>3</sup>).

Med valgt oppholdstid i anlegget = 15 min. blir også anleggets volum  $V_r = 53 \text{ m}^3$

Dimensjonerende vannføring gjennom anlegget blir  $53 \cdot 60 / 15 = 212 \text{ m}^3/\text{time}$

Det velges en lamellseparator med hydraulisk kapasitet (overflatebelastning) = 100 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup> time)

Dette gir et nødvendig overflateareal på lamellseparatoren =  $212 / 100 = 2,12 \text{ m}^2$

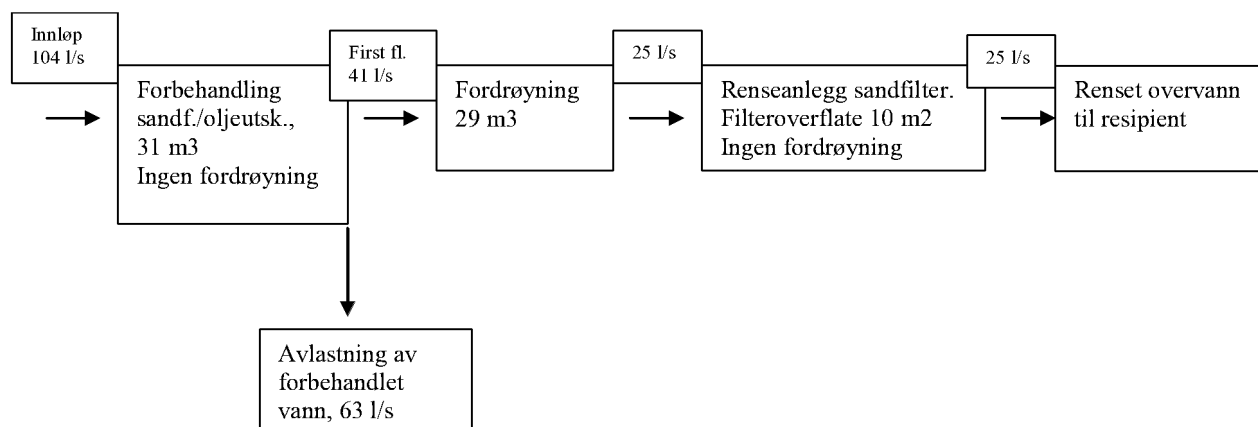
Anleggets volum (53 m<sup>3</sup>) fordeles på de ulike deler:

- blandetank
- koaguleringstank
- flokkuleringstank
- lamellseparator

I tillegg kommer en forbehandlingsenhet som primært skal fjerne grovt materiale.

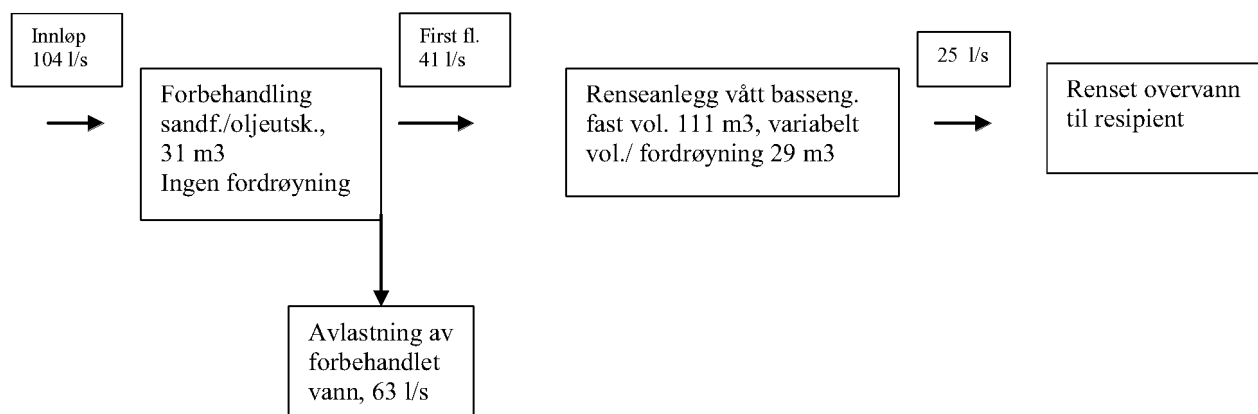
**11.3 Eksempler på samlet renseløsning**

I det etterfølgende er det vist eksempler på samlet renseløsning med basis i dimensjoneringsseksemplene i foregående kapittel (fig. 11-2/3/4).

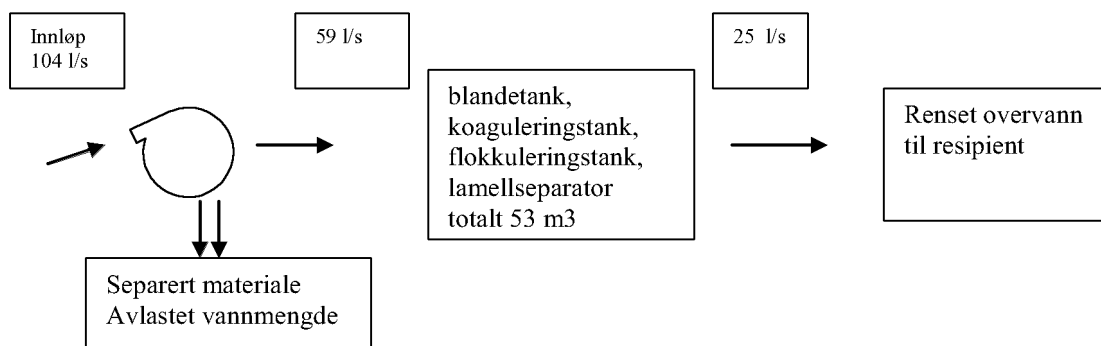


Figur 11-2. Forbehandling med sandfang/oljeutskiller kombinert med sandfilter





Figur 11-3. Forbehandling med sandfang/oljeutskiller kombinert med vått basseng.



Figur 11-4. Forbehandling med hvirvelseparator kombinert med ballastet flokkulering:

## 12 Anbefalinger for utprøving og implementering av renseanlegg i byområder

Generelt bør det skaffes mer erfaring med anlegg til forbehandling og rensing av overvann i byområder. Erfaringsoppbyggingen omfatter dimensjonering, anleggenes utforming, drift, renseeffekt og hydraulisk funksjon. Selv om de foreslåtte løsningene er beskrevet i litteraturen, er informasjonen om detaljer vanligvis ufullstendig. Lokale forhold vil alltid utgjøre en vesentlig faktor for å oppnå ønsket funksjon.

Etablering av pilotanlegg på en veistrekning med lengde på omtrent 500 m kan anbefales. Veilengden er tilstrekkelig til å oppnå realistisk erfaring med anleggstypen.

For å oppnå en bredest mulig erfaring anbefales at følgende anleggstyper utprøves:

- Et lukket enkelt sandfilter med et foranliggende forbehandlingsanlegg i form av et olje- og sandfang. Kombineres med et aktivt filtermedium.
- Anlegg til ballastet flokkulering med en foranliggende forbehandlings- og utjevningstank.

Utprøvingen omfatter således en enkel og en mer komplisert anleggstype. Samtidig utprøves en metode der effektiv forbehandling er nødvendig (ved sandfilter) og et anlegg (ballastet flokkulering) der det primært kreves fjerning av det mest grove materialet.

Ved ytterligere utprøvinger er det aktuelt å teste hvirvelseparator, type 1. Dette er en løsning som primært oppfattes som forbehandling.

Det anbefales at det i tilknytning til etablering av foreslåtte renseløsninger, gjennomføres intensive overvåkningsprogram med det formål å dokumentere anleggenes resemessige og hydrauliske funksjon under varierende avrenningsforhold. Programmet må omfatte både forbehandlings- og renseløsningen.

## 13 Referanser

Følgende referanser har i særlig grad vært utgangspunkt for beskrivelsene i rapporten. En lang rekke web-sider er gjennomgått, men disse oppfattes ikke som sentrale.

Andersson, C., B. Carlsson och A. Holmgren (2000), Filteranlægninger - Hammarby Sjöstad, Stockholm. Rapport for Stockholms Gatu- og fastighetskontor.

Chang, G.C., J.H. Parrish, C. Soeur and A.S. Librach (1990), Removal efficiencies of stormwater control structures, Environmental Resources Management Division, Environmental and Conservation Services Department, Austin, TX, USA.

Dowland, H. Og J.E. Hanssen (1975), Måling av tørravsetting på en snøflate, SNSF Teknisk Notat TN 15/75, Oslo, Norge.

Färm, C. (2003), Rening av dagvatten genom filtrering och sedimentasjon. VA-forsk rapport nr 16 mars 2003.

FHWA (1996), Evaluation and Management of Highway Runoff Water Quality, U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration (FHWA), Publication No. FHWA-PD-96-032.

Gjessing, Y. og E. Gjessing (1975), Sneens kjemiske sammensetning som indikator for luftforurensninger, SNSF Teknisk notat TN 7/75, Oslo, Norge.

Lisper, P. (1974), Dagvattnets sammensætning och dess variation, Dissertation, Chalmers University of Technology, Gothenburg, Sweden.

Lygren, E., E. Gjessing and L. Berglind (1984), Pollution transport from a highway, Science of the Total Environment, 33, 147-161.

Miljøstyrelsen (1992), Lokal rensning af regnvand, Spildevandsforskning fra Miljøstyrelsen, nr. 49, pp 117.

Miljøstyrelsen (1993), Spildevandsforskning 1987-1992, Spildevandsforskning fra Miljøstyrelsen, nr. 52, pp 337.

Miljøstyrelsen (2000), Stofkoncentrationer i regnbetingede udledninger fra fællessystemer, Miljøprojekt Nr. 532, Miljøstyrelsen, pp 127.

Pisano, W.C., N. Thibault and G. Forber (1990), The vortex solids separator, Water Environment & Technology 2/5, 64-71.

Plum, V., C.P. Dahl, L. Bentsen, C.R. Petersen, L. Napstjert and N.B. Thomsen (1998), The Actiflo Method, Water Science & Technology, 37(1), 269-275.

Robertsen, K. (1994). Overvannshåndtering for ny rv.174. Infiltrasjonsmålinger langs E6 Gardermoen.

Roseth, R., A.M. Paruch og R. Aasen (2006), Utprøving av rensefilter for behandling av vaskevann fra vegtunneler. Bioforsk rapport 59/06.

Statens vegvesen (2004), Utslippsfaktorer fra veg til vann og jord i Norge, Utbyggingsavdelingen, Vegdirektoratet, rapportnr. UTB 2004/08, pp 70.

Statens vegvesen (2006), Vannbeskyttelse i vegplanlegging og vegbygging. Håndbok 261.

Strecker, E.W., M.M. Quigley, B.R. Urbonas, J.E. Jones and J.K. Clary (2001), Determining urban storm water BMP effectiveness, *Journal of Water Resources Planning and Management*, 127(3), 144-149.

Strecker, E., M. Quigley, B. Urbonas and J. Jones (2004), Stormwater management – state-of-the-art in comprehensive approaches to stormwater, *The Water Report*, issue #6, 1-10.

Tchobanoglous, G., F.L. Burton and H.D. Stensel (2003), *Wastewater Engineering – treatment and reuse*, McGraw-Hill, pp 1819.

Viklander, M. (1998), Snow quality in the city of Luleå, Sweden – time-variation of lead, zinc, copper and phosphorus, *Science of the Total Environment*, 216, 103-112.

Young, J.C. and F.G. Edwards (2003), Factors affecting ballasted flocculation reactions, *Water Environment Research*, 75(3), 263-272.

WEF & ASCE (1998), *Urban Runoff Quality Management*, WEF (Water Environment Federation) Manual of Practice No. 23 & ASCE (American Society of Civil Engineers) Manual and Report on Engineering Practice No. 87, pp 259. ISBN 1-57278-039-8 and 0-7844-0174-8.

Westholm, L.J. (2006), Substrates for phosphorus removal – potential benefits for on-site wastewater treatment?, *Water Research* 40, 23-36.



Statens vegvesen

Statens vegvesen Vegdirektoratet  
Postboks 8142 Dep  
N - 0033 Oslo  
Tlf. (+47 915) 02030  
E-post: [publvd@vegvesen.no](mailto:publvd@vegvesen.no)

ISSN 1890-2472