

Vedlegg 1

Beskrivelse av anlegg for lokal overvannsdisponering (LOD)

Innholdsfortegnelse

- 1. Innledning**
- 2. Oversikt over prinsipper og anleggstyper**
- 3. Oversikt over renseeffekter**
- 4. Hydraulisk dimensjonering av fordrøyningsanlegg**
 - 4.1. Tilløp
 - 4.2. Utløpskontroll
 - 4.2.1. Generelt
 - 4.2.2. Utløp via overløp
 - 4.2.3. Strupet utløp
 - 4.2.4. Bruk av virvelkammer
- 5. Dammer**
 - 5.1. Generelt
 - 5.2. "Våte" dammer uten fordrøyningsvolum
 - 5.3. "Tørre" dammer
 - 5.4. "Våte" dammer med fordrøyningsvolum
- 6. Lukkede magasiner**
 - 6.1. Generelt
 - 6.2. Steinmagasiner
 - 6.3. Rørmagasiner
 - 6.4. Magasin av prefabrikkerte tanker
- 7. Våtmark**
 - 7.1. Generelt
 - 7.2. Grunne våtmarksområder
 - 7.3. Dam med etterfølgende våtmark
 - 7.4. Våtmark med stort fordrøyningsvolum
- 8. Infiltrasjon**
 - 8.1. Generelt
 - 8.2. Infiltrasjon fra terreng
 - 8.3. Åpne infiltrasjonsgrøfter
 - 8.4. Infiltrasjonsdammer
 - 8.5. Infiltrasjon gjennom porøs asfalt og andre former for porøs overflatebelegning
 - 8.6. Lukkede infiltrasjonsgrøfter
- 9. Grønne tak**

Bilder uten kildehenvisning er tatt av hovedforfatteren, Svein Endresen. Lars Aaby har bidratt med stoff om virveloverløpet til kapittel 4, samt med stoff til kap. 6.4.

1. Innledning

Med LOD (Lokal overvannsdisponering) kan vi blant annet rense overvannet og vi kan redusere og/eller fordrøye avrenningen på terreng. Med redusert eller fordrøyd avrenning kan vi unngå overbelastning av ledningsnett og vi kan minske faren for oversvømmelser og ras i lokale bekker. LOD er nyttige tiltak i urbane områder. Effekten av LOD på våre større vassdrag er minimal siden den urbane delen av nedbørfeltet for disse normalt er svært liten.

Før man velger LOD-prinsipp, er det viktig å tenke gjennom hva man ønsker å oppnå. En del formål er listet opp nedenfor.

- **Unngå overbelastning av ledningsnett. I mange kommuner stilles det strenge krav til hvor meget overvann som får slippes inn på kommunale ledninger.**
- **Unngå lokale oversvømmelser.**
- **Redusere faren for erosjon og ras i bekkedaler.**
- **Bedre vannkvaliteten i resipienten.**
- **Anlegge et miljøelement i lokalområdet.**
- **Legge forholdene til rette for dyre- og fugleliv.**

Som regel er det ikke aktuelt å tillate bading i dammer med tilløp av overvann fra urbane områder. Dertil er bakterieinnholdet normalt for høyt.

Lokale forhold har betydning for valg av anleggstype. Man kan for eksempel ikke anlegge "våte" dammer på permeabel grunn uten omfattende tetting. Heller ikke er det mulig å infiltrere i leire selv om det finnes eksempler på at dette forsøkes gjort.

Vi har et kaldt klima, og våre LOD-anlegg må også i nødvendig grad fungere vinterstid. Anleggene må ha tilstrekkelig volum under isdekket for fordrøyning og rensing. Videre må inn- og utløp ikke fryse til.

Åpne dammer i boligområder må utformes med tanke på barns sikkerhet.

Ved åpen fremføring av overvann i grøfter og renner må det anlegges alternative flomveier som trer i funksjon om det normale vannløpet skulle tettes til av is og snø eller kapasiteten overskrides. De alternative flomveiene må ikke medføre uakseptable vannskader.

Ved kombinasjon av ulike LOD-prinsipper er det viktig å tenke gjennom hvilke prinsipper det er hensiktsmessig å kombinere og ikke minst rekkefølgen for å oppnå ønsket resultat.

2. Oversikt over prinsipper og anleggstyper

I tabellen nedenfor er prinsippene for LOD og de vanligste anleggstypene beskrevet. Mulighetene for variasjoner og kombinasjoner er mange.

Tabell 2.1. Oversikt over LOD-prinsipper og -anleggstyper (Lindholm, O., Endresen, S., Thorolfsson, S., Sægrov, S., Jakobsen, G. 2005)

Prinsipp	Type LOD-anlegg	Formål	Beskrivelse
Dammer	"Våte" dammer uten fordrøyningsvolum	Rensing	Rensing skjer ved sedimentering og biologisk aktivitet mens overvannet passerer gjennom anlegget. Tilløpet medfører vannutskiftning.
	"Tørre" dammer	Fordrøyning og rensing	Dammene dimensjoneres for en viss oppholdstid, vanligvis 24 timer. Partikulært materiale sedimenteres.
	"Våte" dammer med fordrøyningsvolum	Fordrøyning og rensing	Rensingen skjer hovedsakelig i det permanente vannvolumet.
Lukkede magasiner	Steinmagasiner	Fordrøyning	Vannet fordrøyes i porevolumet i steinmassene eller i plast-kassetter.
	Plastkassetter	Fordrøyning	Rørene overdimensjoneres for å gi plass for et fordrøyningsvolum. Utløpet strupes.
Våtmark	Grunt, vanddyp <15 cm, våtmarksområde	Rensing og fordrøyning	Våtmarksområde med betydelig utstrekning
	Dam med etterfølgende våtmark	Rensing og fordrøyning	Våtmarken er vanligvis betydelig mindre enn i foregående alternativ, men vanddybden over våtmarken er større (15 – 45 cm).
	Våtmark med stort fordrøyningsvolum	Rensing og fordrøyning	Permanent vannvolum med overliggende fluktuerende fordrøyningsvolum.
Infiltrasjon	Infiltrasjon fra terreng	Redusere overflateavrenningen.	Overvannet ledes ut på terreng og infiltreres derfra.
	Infiltrasjon fra åpne gresskledder grøfter	Unngå grunnvannsenkning. Rensing	Infiltrasjon fra avrundete åpne gresskledder grøfter som ligger med svakt fall.
	Infiltrasjonsdammer		Infiltrasjon gjennom bunn og sider i åpne dammer.
	Infiltrasjon gjennom porøs asfalt og andre former for porøs overflatebelegning		Infiltrasjon gjennom porøs asfalt eller via fuger mellom gatestein og andre former for belegning til underliggende permeable masser.
	Lukkede infiltrasjonsgrøfter		Infiltrasjon via lukkede infiltrasjonsgrøfter til omkringliggende permeable masser.
Grønne tak	Vannopptak i vegetasjon	Minske overflateavrenningen	Tilbakeholdelse av den første delen av regnskyll.

3. Oversikt over renseeffekter

Tabell 3.1 viser renseeffekter oppnådd ved ulike LOD-anlegg. De fleste ligger i land med tilnærmet samme klima som hos oss. Tallmaterialet må brukes med forsiktighet da spredningen i oppnådde resultater er meget stor. Enkelte våtmarksanlegg har til og med i visse perioder negativ renseeffekt med tanke på P og N.

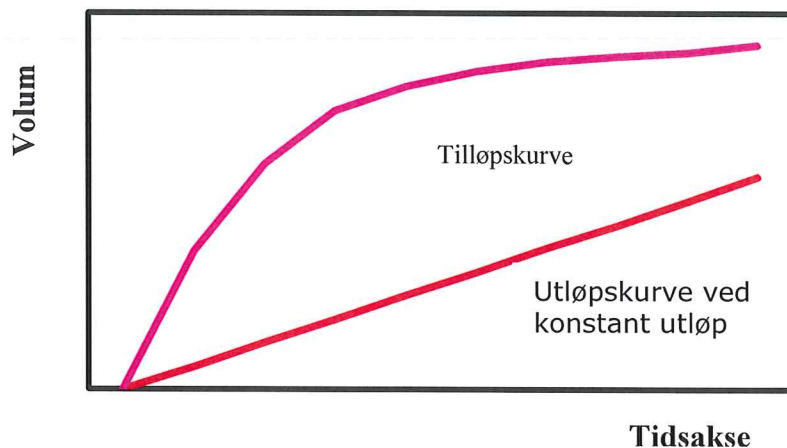
Tabell 3.1. Renseeffekter for ulike typer LOD-anlegg (Kilde: SEPA: A guide to sustainable urban drainage og andre kilder.)

Type LOD-anlegg	Parameter						Total virkningsgrad
	Partikulært materiale	P	N	BOF	Metaller	Bakterier	
Liten "våt" dam uten fordrøyning	60 - 80	40 - 60	20 - 40	20 - 40	20 - 40	Ukjent	God
Stor "våt" dam uten fordrøyning	80 - 100	60 - 80	40 - 60	40 - 60	60 - 80	Ukjent	Høy
"Tørr" dam	30 - 75	10 - 60	10 - 60	24 - 60	30 - 90	50 - 90	God
"Våt" dam, oppholdstid 9 timer	60 - 80	20 - 40	20 - 40	20 - 40	40 - 60	Ukjent	God
"Våt" dam, oppholdstid 24 timer	80 - 100	40 - 60	20 - 40	40 - 60	60 - 80	Ukjent	God
"Våt" dam, Oppholdstid 24 t etterfulgt av våtmark	80 - 100	60 - 80	40 - 60	40 - 60	60 - 80	Ukjent	Høy
Lukkede magasiner	0	0	0	0	0	0	
Infiltrasjon fra terreng, gresskledd stripe medbredde 6 m	20 - 40	0 - 20	0 - 20	0 - 20	20 - 40	Ukjent	Lav
Infiltrasjon fra terreng, stripe med skogsvegetasjon, bredde 30 m	80 - 100	40 - 60	40 - 60	0 - 20	80 - 100	Ukjent	God
Infiltrasjon fra åpne gresskleddte grøfter	20 - 40	20 - 40	20 - 40	20 - 40	0 - 20	Ukjent	Lav
Infiltrasjons-Dammer	80 - 100	60 - 80	60 - 80	80 - 100	80 - 100	80 - 100	Høy
Infiltrasjon gjennom porøs overflatebelegning	80 - 100	60 - 80	60 - 80	80 - 100	80 - 100	80 - 100	Høy
Lukkede infiltrasjonsgrøfter	80 - 100	60 - 80	60 - 80	80 - 100	80 - 100	80 - 100	Høy

4. Hydraulisk dimensjonering av fordrøyningsanlegg

4.1. Tilløp

Hvordan tilløpet til anleggene beregnes er beskrevet i vedlegg 6 og omtales ikke her. Nødvendig fordrøyningsvolum er største avstand mellom tilløpskurven og utløpskurven.



Figur 4.1. Bestemmelse av magasinbehov

Tilløpskurven bestemmes av nedbøren ved varierende varighet ved valgt gjentakintervall. Utløpskurven er avhengig av hvilken type utløpskontroll man har.

4.2. Utløpskontroll

4.2.1. Generelt

Nødvendig utløpskontroll bestemmes av:

- Kommunale utslippskrav
- Kapasiteten på etterfølgende ledningsanlegg
- Faren for oversvømmelser, erosjon og utrasing i nedstrøms bekker og lokale mindre elver.
- Kapasiteten til etterfølgende infiltrasjons- og våtmarksanlegg etc.

Utløpskontrollen utføres på svært forskjellige måter i ulike land. Noen av prinsippene er:

- Utløp gjennom skråstilt strupeledning
- Utløp via overløpstørskel
- Utløp via V-overløp
- Utløp gjennom hull i stigerør
- Utløp via ulike former for strupeåpning i utløpsflens
- Utløp via virvelkammer

Vannføringsregulatoren regulerer videreført vannmengde ved alle former for utjevning innen avløpsteknikken. Mengderegulering dekker den viktigste funksjonen hos et utjevningsmagasin og det er gjennom vannføringsregulatorens utforming og innstilling hele utjevningsforløpet bestemmes. Samtidig representerer regulatorens kostnad en svært liten andel av totalkostnadene.

Konkrete funksjonskrav bør knyttes til:

- Nøyaktighet
- Driftsstabilitet og tilstopningsrisiko
- Magasinutnyttelse

Vannføringsregulatoren bør prefabrikkeres. Dagens teknologi gjør det mulig å levere regulatorer som ved riktig installasjon tilfredsstillende en nøyaktighet på +/- 10 % ved dimensjonerende vannmengde. Det bør settes som krav at regulatoren skal være kvalitetssikret gjennom testing av en uavhengig institusjon slik at nøyaktighet og funksjon kan dokumenteres.

Ikke alle disse løsningene egner seg i kaldt klima. De formene for utløpskontroll som synes å være best egnet hos oss er kort omtalt i etterfølgende punkter.

4.2.2. Utløp via overløp

Figur 4.2 viser eksempel på skarpkantet avtrappet horisontal overløpsterskel.



Figur 4.2. Eksempel på horisontal avtrappet overløpsterskel

Vannføringen over en skarpkantet horisontal overløpsterskel kan beregnes av formelen:

$$q = 1,83 * b * h^{3/2} \quad \text{m}^3/\text{s}$$

Formelen gjelder overløp hvor overløpshøyden h er liten i forhold til vanddybden foran overløpet og hvor tilløpshastigheten er neglisjerbar. Overløpshøyden h måles et stykke ovenfor overløpet. Både overløpshøyden h og overløpets bredde b er i m.

Med et slikt overløp stiger utløpsmengden sterkt med økende overløpshøyde. Overløpstypen egner seg kanskje best ved store damanlegg med små vannstandsvariasjoner.

V-overløp blir også benyttet. Utgående vannstrøm kan beregnes av formelen

$$Q = 1,37 * h^{2,5} \quad \text{m}^3/\text{s}$$

Formelen gjelder overløp med åpningsvinkel 90° .

h (m) er høyden over bunn overløp. Også her stiger vannmengden sterkt med økende overløpshøyde. Beregningen av nødvendig fordrøyningsvolum må derfor utføres trinnvis.

4.2.3. Strupet utløp

De former for strupet utløp som er i bruk er:

- a) Struping ved hjelp av ventil eller luke
- b) Sirkulært hull i skarpkantet flens på utløpsledningen
- c) Utløpsrør med liten dimensjon
- d) Spesialkonstruerte utløpsåpninger

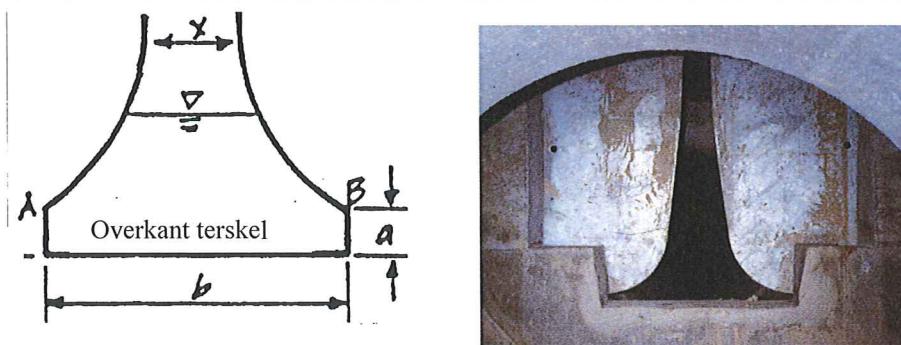
Metode a) er ikke å anbefale på grunn av faren for tilstopping. Ved metode c) må ledningen skiftes hvis man vil endre utgående vannføring.

Vannføringen gjennom et skarpkantet hull i flens kan beregnes av formelen:

$$q = 2,66 * A * h^{1/2} \quad \text{m}^3/\text{s}$$

Her er A (m^2) arealet av utløpsåpningen og h dybden i m til senter utløpsåpning. Vannføringen er liten ved lav vannstand og øker sterkt mot fullt magasin. Beregningen må også her skje trinnvis.

Figur 4.3 viser en type strupeåpning, såkalt proporsjonalt overløp, som er i bruk ved amerikanske og canadiske anlegg. Bredden er stor nederst og avtar med høyden. Denne type utløpsåpning gir en betydelig jevnere avrenning enn andre strupeløsninger. Bildet til høyre viser et slikt overløp montert i en stor kulvert.

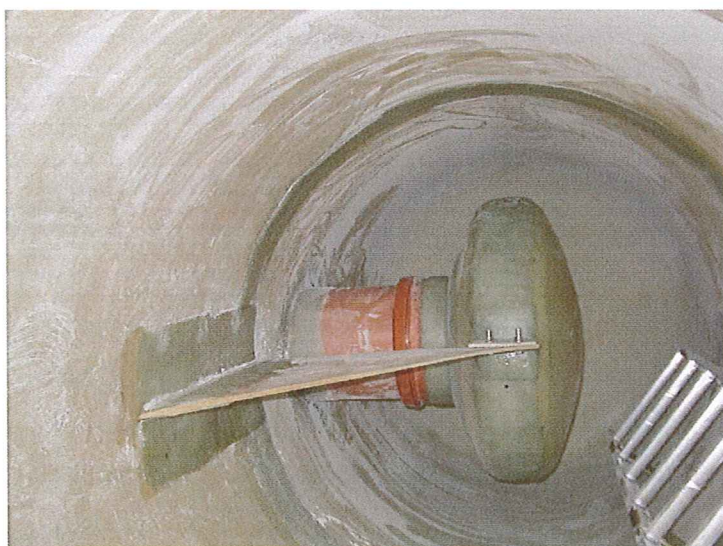


Figur 4.3. Proporsjonalt overløp

4.2.4 Bruk av virvelkammer

Dersom man ønsker en presis regulering bør man normalt vurdere å velge en regulator basert på virvelkammerprinsippet. Kostnader i forhold til drift- og vedlikeholdsforhold, samt eventuelle fordeler ved bedre utnyttelse av fordrøyningsvolumet må da analyseres.

Virvelkammeret er sirkulært med tangentielt innløp. Vannpartiklene følger en spiral tilsvarende utløpet fra et badekar. Vannhastigheten akselereres fra innløp mot utløp, det vil si at trykkenalderen omformes til hastighetsenergi. Den store strømningsmotstanden skyldes at den innkommende vannstrømmen treffer de roterende vannmassene der trykket er høyest og blir på den måten kraftig bremsset opp. Hastighetsenergien omsettes når "hullstrålen" forlater virvelkammeret.

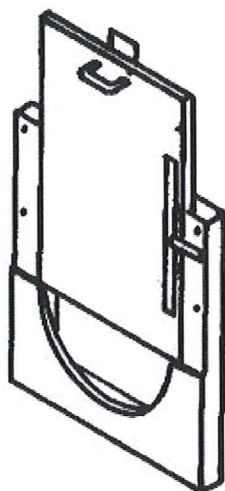


Figur 4.4. Virvelkammer montert i kum av GRP

Ved liten tilrenning utøver virvelkammeret nesten ingen strømningsmotstand på det strømmende vannet. Øker tilrenningen, suges luft ut av virvelkammeret, og det etableres en virvel i de roterende vannmassene. I sentrum av virvelen oppstår en luftfylt kjerne

som opptar mesteparten av utløpsåpningen. Når virvelen er etablert, er strømningsmotstanden meget stor og videreført vannmengde liten. De mest effektive virvelkamre kan for samme trykkehøyde og videreført vannmengde utstyres med en utløpsåpning som er over 5 ganger større enn et strupet utløp. Virvelkammerkonseptet danner basis for en rekke spesialprodukter utviklet for avløpsteknikken.

Tilfeldig tilsyn er typisk for et stadig økende antall private små overvannsmagasin med små videreførte vannmengder. Det vil normalt alltid foreligge en viss risiko for at blader, pinner eller sand og grus kommer i kontakt med vannføringsregulatoren. Pga. faren for tilstopping bør det normalt alltid tilstrebes så stort strømningsstverrsnitt som mulig. Dette er særdeles viktig ved små til middels store videreførte vannmengder. For store videreførte vannmengder kan det være aktuelt å installere strupeluger som er utviklet til formålet.



Figur 4.5. Strupeluke utviklet til formålet

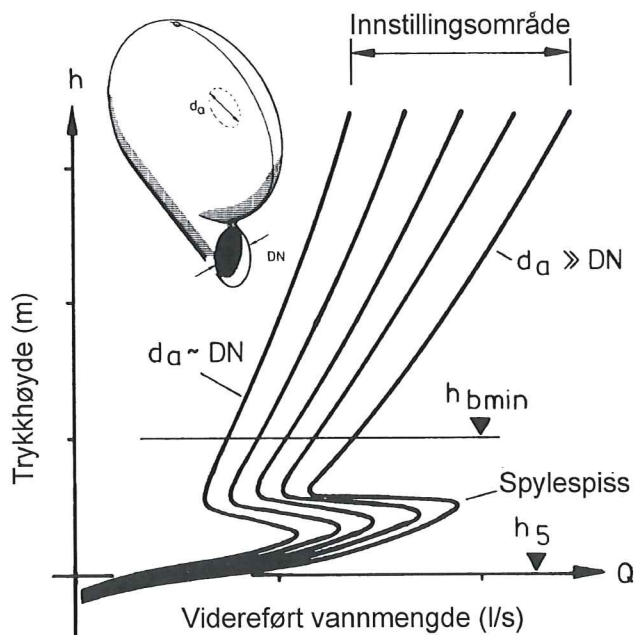
Virvelkammeret kan enten monteres våtoppstilt eller tørroppstilt.



Figur 4.6. Virvelkammer for våtoppstilling



Figur 4.7. Virvelkammer for tørropsstilling ("halvtørr")



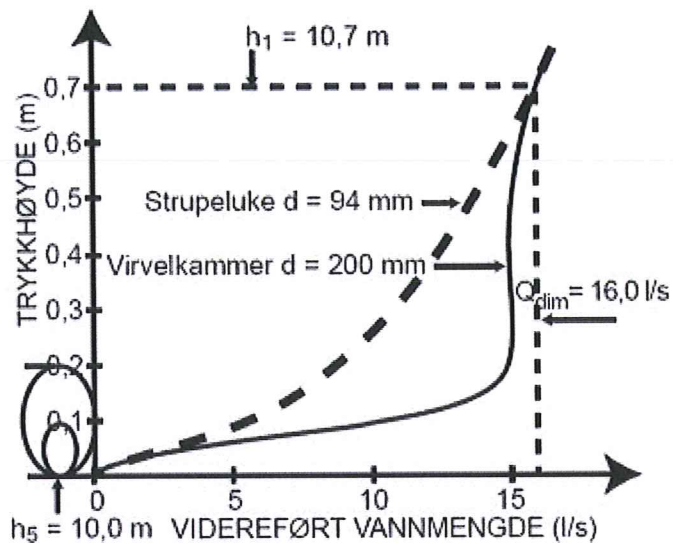
Figur 4.8. Hydraulisk karakteristikk for ulike dyseåpninger

I hvilken grad magasinet fylles opp, og i neste omgang tømmes under en gitt nedbørepisode, styres av tilrenningsforløpet og hvor mye vannføringsregulatoren til enhver tid slipper igjennom. Vannstrømmen gjennom regulatoren er gitt ved sammenhengen mellom trykkehøyden og videreført vannmengde, eller regulatorens hydrauliske karakteristikk. Karakteristikkens form er derfor helt avgjørende for hvor effektivt magasinvolumet utnyttes. Det ideelle kammeret i denne sammenheng har en loddrett hydraulisk karakteristikk, dvs. at videreført vannmengde tilsvarer grensebelastningen under oppfylling av magasinet. Dette forholdet illustreres best i følgende eksempel.

Det skal installeres en mengderegulator nedstrøms et magasin (loddrette vegger) for overvann basert på følgende rammebetingelser:

- oppstrøms tette flater 2000 m²
- gjentakelsesintervall 10 år (Blindern)
- dim. trykkehøyde 0.7 m
- dim. videreført mengde 16 l/s

Figur 4.9. viser hydraulisk karakteristikk for en strupeluke og et virvelkammer som gir ønsket avrenning ved dimensjonerende trykkehøyde.



Figur 4.9. Sammenligning av hydraulisk karakteristikk for strupeluke og virvelkammer

Eksempelet viser at virvelkammerets strømningsverrsnitt er ($A_{\text{virv.k.}}/A_{\text{str.luke}}$) 4.5 ganger større enn strupeluken

For beregning av nødvendig magasinivolum (V) beregnes volumtilrenningen ved forskjellige varigheter (regnintensiteter). Utløpsmengden baseres på regulatorens midlere avrenning (Q_m) ut fra angitt karakteristikk. Den regnintensiteten som gir størst differanse mellom volumtilrenningen og utløpsmengden gir nødvendig magasinbehov.

$$\begin{aligned} Q_{m,\text{str.luke}} &= 10,7 \text{ l/s} \\ Q_{m,\text{virv.k}} &= 13,3 \text{ l/s} \\ V_{\text{str.luke}} &= 25,6 \text{ m}^3 \\ V_{\text{virv.k}} &= 21,0 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Dette innebærer at dersom magasinet utstyres med et strupet utløp må det bygges med 22 % større volum enn dersom virvelkammeret benyttes.

Eksempelet illustrerer at optimalt valg av regulator kan gi besparelser i nødvendig bassengvolum. Dette er spesielt aktuelt for relativt små trykkehøyder og da gjerne i forbindelse med åpne magasin eller rensedammer.

Med utgangspunkt i virvelkammerets nøkkelrolle ved planlegging av regnvannsoverløp og alle former for utjevning innen avløpsteknikken anbefales at leverandøren kontaktes så tidlig som mulig i planprosessen.

5. Dammer

5.1. Generelt

“Våte” dammer, det vil si dammer med permanent vannspeil, anlegges gjerne på leirholdig grunn. Om permeabiliteten er større enn ca 12 - 14 mm/time, må grunnen tettes for å unngå at dammen tømmes ved infiltrasjon. I tett grunn kan bunn dam ligge lavere enn grunnvannstanden. Det er her fordelaktig med høy grunnvannstand.

I permeabel grunn må bunn og sideflater tettes. Dette gjøres ofte med helsveiset plastmembran, med bentonittmatter eller med leire. Ved grunnvannstand over bunn dam, kan dammen ikke tømmes. Ved tømning risikerer man at membraner blir presset opp av grunnvannstrykket og da blir gjerne så vel membran som beskyttelseslagene ødelagt. Tettende leirlag kan bli perforert av oppstrømmende grunnvann.

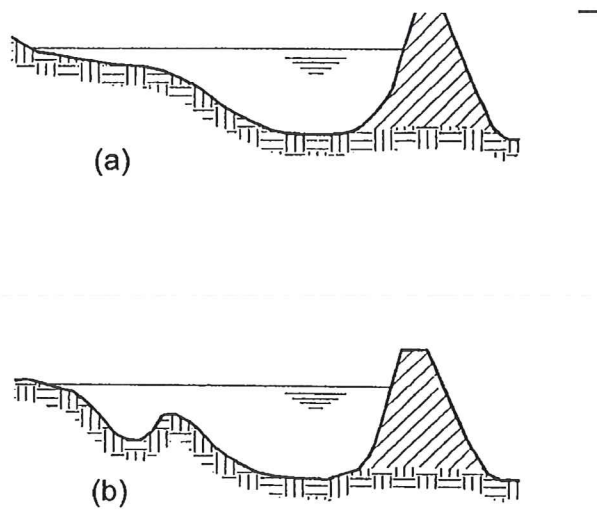


Bilde 5.1. Eksempel på “våt” dam i parkområde

Våte dammer har ofte to soner, en slamsone og en etterpoleringssone. Mellom sonene er det som regel en lav terskel som ikke nødvendigvis er synlig fra overflaten. Slamsonen utgjør vanligvis ca 10 – 30 % av totalvolumet i dammen. Utførelsen varierer en god del. Figur 5.1 viser to ulike løsninger. I alternativ a) er det ikke terskel mellom slamsone og etterpoleringsdel. Her avsettes slammet i den grunne innløpssonen til venstre på figuren. Alternativ b) har slamsone begrenset av terskel foran en dypere etterpoleringssone.

Tilløpet skjer til slamsonen, og her avsettes den vesentligste delen av vannets innhold av partikulært materiale. Det er viktig at strømningsforholdene i slamsonen er rolige selv ved sterk nedbør. Man må unngå at avsatt materiale virvles opp på grunn av stor innløpshastighet. Det vil ofte være påkrevet med en energidreper foran tilløpsledningen.

Alle dammer bør utstyres med nødoverløp som trer i funksjon om det ordinære utløpet svikter.

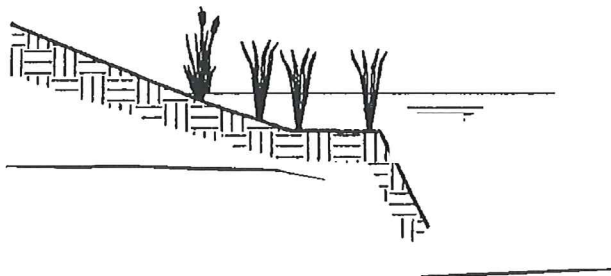


Figur 5.1. Alternative utførelser av slamsonen

Slamsonen bør ha kjørbær og fast bunn slik at slam kan fjernes maskinelt. Også etterpoleringssonen bør kunne driftes og vedlikeholdes med maskiner. Det må derfor være kjøreadkomst til begge delene av dammen.

Rensemessig er lange dammer å foretrekke av hensyn til faren for kortslutningsstrømmer. Dammbredden er gjerne minst i innløpsenden og er økende mot utløpsenden. Denne utformingen gir gode sedimenteringsforhold.

Utløpet kan gjerne fordeles på flere delutløp slik at strømningsforholdene rundt utløpene blir så rolige som mulig.



Figur 5.2. Utforming av strandsonen

For å minske faren for at barn skal falle ut i dammer, må skråningen ned mot og til et stykke ut i dammene ha så liten fall som mulig. Fallet bør ikke være over 1:4 og helst være slakere. Det er ikke uvanlig å avslutte det slake fallet på en dybde av ca 0,5 m. Her kan man ha en avsats før et brattere fall videre ut i dammen, se figur 5.2. Sonen med slakt fall må begrenses av hensyn til nødvendig volum i dammen.

I strandsonen kan man ha vegetasjon for å øke den biologiske og kjemiske rensegraden, kfr figur 5.2. Vannvegetasjon trives ikke på dyp over 0,6 – 0,75 m. Om det er ønskelig å begrense bredden på vegetasjonsbeltet, er det viktig at dybden øker raskt.

Bilde 5.2 viser eksempler på kantvegetasjon. Vegetasjonen vokser raskt. Bilde b) viser vegetasjon like etter etablering, og bilde c) samme vegetasjon 10 måneder senere.



a)



b)



c)



d)

Bilde 5.2. Eksempler på vannvegetasjon (Foto: Veg Tech)

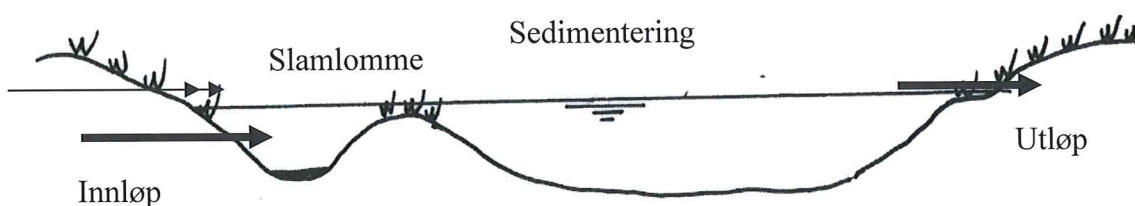
Planter for vannvegetasjon kan fås i følgende former:

- Som pluggplanter. Det er ville urter som er spesielt egnet for vann, strand og våtmark. De egner seg i mindre dammer.
- Som maxipluggplanter. Dette er store pluggplanter som egner seg i rennende vann og i dammer med bølgehøyde over 5 cm. De er forskjellige arter av sump- og vannplanter som dyrkes i potter.
- Som strandruller. Dette er prefabrikkert vegetasjon i pølser av kokosfiber. Pølsene er 2 m lange og har diameter ca 0,3 m. De benyttes først og fremst for å erosjonssikre strender da de tåler 0,7 m høye bølger og vannhastigheter på opp til 3 m/s. Når pølsene benyttes for erosjonssikring, må de forankres.
- Som strandmatter. Dette er prefabrikkert vegetasjon i matter av kokosfiber. Mattenes tykkelse er 7 – 10 cm. Mattene leveres i forskjellige størrelser. De tåler bølger med høyde 0,5 m og rennende vann med hastighet 1,5 m/s.

Dammer, som mottar avrenning fra trafikkarealer, bør ha oljeavskiller på innløpet. Det skal lite olje til for å ødelegge inntrykket av et ellers fint anlegg. I stedet for oljeavskiller kan det settes inn skjerm i dammen slik at det blir mulig å skimme av eventuell olje på overflaten. I dammer med dykket utløp kan eventuelt oljesøl fjernes i utløpsenden av dammen.

I vårt kalde klima fryser dammene til. Man kan risikere å få is med tykkelse 0,5 m og kanskje mer. Inn- og utløp må utformes slik at de ikke fryser til. Isen reduserer effektivt volum i dammen. Volumet under isen må være tilstrekkelig for å behandle tilløpet vintertid.

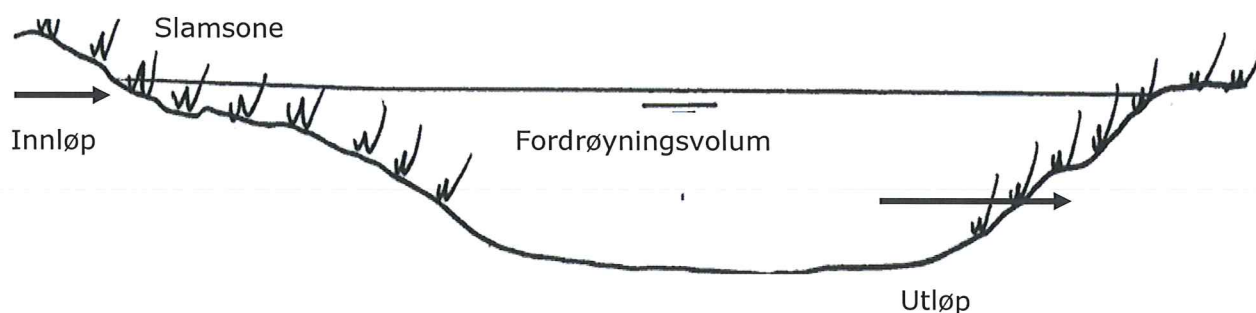
5.2. "Våte" dammer uten fordrøyningsvolum



Figur 5.3. Lengdeprofil gjennom "våt" dam uten fordrøyningsvolum

"Våte" dammer uten fordrøyningsvolum	
Beskrivelse	Figur 5.3 viser et prinsipielt snitt gjennom en "våt" dam uten fordrøyningsvolum. Dette er gjennomstrømningsdammer. Vannmassene skiftes ut ved nedbør. Fordrøyningseffekten er beskjeden. Rensing inkl. sedimentering skjer i det permanente vannvolumet.
Størrelse på nedbørfelt	Nedbørfeltet bør være på minst 5 ha slik at man er sikret stabil tilrenning. Ved små nedbørfelt risikerer en at dammene tørker ut og at de da blir stygge innslag i miljøet.
Grunnforhold	"Våte" dammer må ha tett bunn for å unngå utlekking. I leirgrunn er det ikke behov for tetting av bunn og sider. Er permeabiliteten større enn ca 12 - 14 mm/time, er det behov for tetting. Leirlag under dammer har vist seg å ikke gi tilstrekkelig tetting.
Utforming	Lange dammer er å foretrekke da dette gir minst fare for dødsoner og kortslutningsstrømmer. Helst bør lengden være 3 ganger bredden. Som et minimum bør dammer ha en overflate på 20 x 10 m. Slamsonen opptar 10 - 30 % av totalarealet. Vandybden varierer fra 1,0 til 3,5 m avhengig av anleggstype og størrelse. I vekstsonen langs kantene er dybden mindre. Vekstsonen utgjør gjerne 25 - 50 % av overflaten. Av sikkerhets- og driftsmessige hensyn bør skråningene ned mot og ut i dammene til en dybde av ca 0,5 m være meget slake. Skråninger på 1:4 er vanlige. Av hensyn til driften bør slamsonen ha fast bunn slik at slam kan fjernes maskinelt. Også etterpoleringsdelen bør ha kjørbare soner.
Innløp	Innløpet må være dykket, og ligge så dypt at det ikke fryser til om vinteren. Foran innløpet bør det være energidreper i form av betongblokker eller store steiner for å hindre oppvirvling av avsatt slam. Ofte utstyres innløpet med skjerm for å fange opp olje og foremål som flyter.
Utløp	Også utløpet bør være dykket for å hindre frysing. Strømningsforholdene rundt utløpet bør være rolige for å forhindre at slam følger med ut. Dammer må ha tømmeledning av hensyn til driften.
Overløp	Dammer bør ha nødoverløp som trer i funksjon i fall det ordinære utløpet svikter eller ikke har tilstrekkelig kapasitet.
Drift	Vegetasjon må slås med ca 2 - 3 års mellomrom da renseeffekten ellers vil synke eller bli negativ. Slått materiale må fjernes. Slamsonen må tømmes for slam ca hvert 5. år mens behovet for å tømme etterpoleringssonen er langt mindre. Ofte er det tilstrekkelig med tømning hvert 20. år.

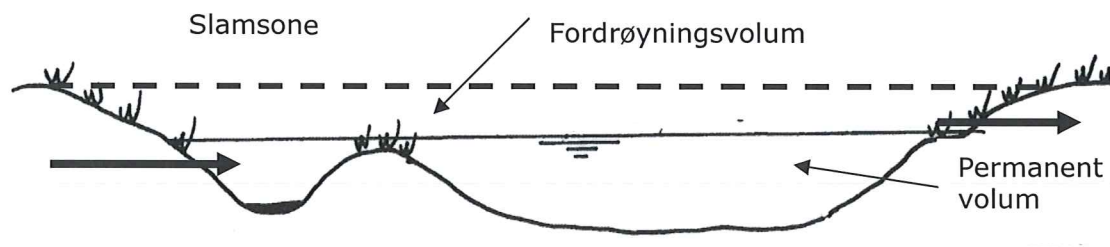
5.3. "Tørre" dammer



Figur 5.4. Lengdeprofil gjennom "tørr" dam

"Tørre" dammer	
Beskrivelse	Figur 5.4 viser et prinsipielt snitt gjennom en "tørr" dam. Slike dammer er vanligvis beregnet for å ta hånd om store og mer sjelden forekommende nedbørtilfeller. Avrenning fra mindre regntilfeller går utenom dammen. I dammen utfelles partikulært materiale, og det skjer en viss kjemisk og biologisk rensing. Rensegraden er blant annet avhengig av oppholdstiden. Hovedformålet med dammene er som oftest å fordrøye tilløpet til nedstrøms ledninger og vassdrag. Dammene har utløpskontroll.
Størrelse på nedbørfelt	Benyttes for nedbørfelt med opp til 20 – 30 ha tette flater. For større områder anses "våte" dammer for å være mer hensiktsmessige.
Grunnforhold	"Tørre" dammer er mindre avhengig av grunnforholdene enn andre damtyper. En viss infiltrasjon som ikke i vesentlig grad reduserer oppholdstiden er som regel av mindre betydning.
Utforming	Lange dammer er å foretrekke da dette gir minst fare for dødsoner og kortslutningsstrømmer. Vanndybden varierer fra anlegg til anlegg. Av sikkerhets- og driftsmessige hensyn bør dammene ha slake skråninger. Slamsonen bør ha fast bunn slik at slam kan fjernes maskinelt. Også i resten av dammen bør det være kjørbare soner. For å unngå erosjon bør det være gressdekke i bunn og på skråninger.
Innløp	Foran innløpet bør det være energidreper i form av betongblokker eller store steiner for å hindre oppvirvling av avsatt slam og erosjon.
Utløp	Strømningsforholdene rundt utløpet bør være rolige for å forhindre at slam følger med ut. Utløpet må ha regulator som sørger for at vannet får tilstrekkelig oppholdstid og/eller fordrøyning.
Overløp	Dammer bør ha nødoverløp som trer i funksjon i fall det ordinære utløpet svikter eller ikke har tilstrekkelig kapasitet.
Tømmetid	Dammer beregnet for rensing dimensjoneres for oppholdstider fra 24 til 48 timer. Normal oppholdstid er 24 timer. Dammer som kun skal fordrøye avrenningen, dimensjoneres for tillatt utslipp til etterfølgende ledninger eller vassdrag.
Drift	"Tørre" dammer er enkle driftsmessig. Avsatt slam fjernes ved behov og eventuelle erosjonsskader må utbedres. Gress og annen vegetasjon må slås og slåttan må fjernes. Utstyr for utløpskontroll må ettersees.

5.4. "Våte" dammer med fordrøyningsvolum



Figur 5.5. Lengdeprofil gjennom "våt" dam med fordrøyningsvolum

"Våte" dammer med fordrøyningsvolum	
Beskrivelse	Figur 5.5 viser et prinsipielt snitt gjennom en "våt" dam med fordrøyningsvolum. Dette er egentlig en kombinasjon av en "våt" dam uten fordrøying og en "tørr" dam. Rensingen skjer i det permanente volumet mens tilrenningen blir fordrøyd i det overliggende fordrøyningsvolumet. Denne type dammer har utløpskontroll.
Størrelse på nedbørfelt	Nedbørfeltet bør være på minst 5 ha slik at man er sikret stabil tilrenning. Ved små nedbørfelt risikerer en at dammene tørker ut og at de da blir stygge innslag i miljøet.
Grunnforhold	"Våte" dammer må ha tett bunn for å unngå utlekking. I leirgrunn er det ikke behov for tetting av bunn og sider. Er permeabiliteten større enn ca 13 mm/time, er det behov for tetting. Leirlag under dammer har vist seg å ikke gi tilstrekkelig tetting.
Utforming	Lange dammer er å foretrekke da dette gir minst fare for dødsoner og kortslutningsstrømmer. Helst bør lengden være 3 ganger bredden. Som et minimum bør dammer ha en overflate på 20 * 10 m. Slamsonen opptar 10 – 30 % av totalarealet. Vanndybden varierer fra 1,0 til 3,5 m avhengig av anleggstype og størrelse. I vekstsonen langs kantene er dybden mindre. Vekstsonen utgjør gjerne 25 – 50 % av overflaten. Av sikkerhets- og driftsmessige hensyn bør skråningene ned mot og ut i det permanente vannvolumet til en dybde av ca 0,5 m være meget slake. Skråninger på 1:4 er vanlige. Av hensyn til driften bør slamsonen ha fast bunn slik at slam kan fjernes maskinelt. Også etterpoleringsdelen bør ha kjørbare soner.
Innløp	Innløpet må være dykket, og ligge så dypt at det ikke fryser til om vinteren. Foran innløpet bør det være energidreper i form av betongblokker eller store steiner for å hindre oppvirvling av avsatt slam. Ofte utstyres innløpet med skjerm for å fange opp olje og foremål som flyter.
Utløp	Også utløpet bør være dykket for å hindre frysing. Strømningsforholdene rundt utløpet bør være rolige for å forhindre at slam følger med ut. Dammer må ha tømmeledning av hensyn til driften. Utløpet må ha regulator som sørger for at vannet får tilstrekkelig oppholdstid og/eller fordrøying.
Overløp	Dammer bør ha nødoverløp som trer i funksjon i fall det ordinære utløpet svikter eller ikke har tilstrekkelig kapasitet.
Drift	Vegetasjon må slås med ca 2 – 3 års mellomrom da renseeffekten ellers vil synke eller bli negativ. Slått materiale må fjernes. Slamsonen må tømmes for slam ca hvert 5. år mens behovet for å tømme etterpoleringssonen er langt mindre. Ofte er det tilstrekkelig med tømning hvert 20. år.

6. Lukkede magasiner

6.1. Generelt

Lukkede magasiner benyttes hovedsakelig for fordrøyning av avrenningen fra mindre tomtområder. I kombinasjon med infiltrasjon kan de også redusere videreført vannvolum. Lukkede magasiner har i seg selv ingen renseeffekt.

For at magasinene ikke skal tettes til eller fylles med slam, må partikulært materiale avskilles før magasinene. Dette er spesielt viktig i forbindelse med steinmagasiner. Slam som tilføres slike magasiner kan ikke i ettertid fjernes. Tømmes ikke sandfang foran steinmagasinene, eller de tømmes for sjelden, kan levetiden for anleggene bli ekstremt kort. Det er derfor grunn til å advare mot slike anlegg dersom man ikke sørger for å ha et effektivt driftsopplegg for sandfangene.

Norske undersøkelser viser at en sandfangkum med diameter 1.0 m og 150 mm utløp har en hydraulisk kapasitet på opptil 20 – 25 l/s. Ved høyere belastning transporteres sanden ut av sandfanget.

En amerikansk undersøkelse viser at når sandfanget er 40 – 60 % fullt, kan tilløpet virvle opp så mye av avsatt slam at partikkelinnholdet i avløpet er høyere enn i tilløpet. Tømmes sandfang månedlig, fjernes 6 ganger så mye partikulært materiale som ved tømming 1 gang pr år. Det er neppe driftsmessig mulig å tømme sandfangene oftere enn 2 – 4 ganger pr år, og følgelig vil de etterfølgende magasiner bli tilført mer eller mindre slam avhengig av type avrenningsareal. Steinmagasiner har derfor begrenset funksjonstid. Gatefeiling og redusert sandstrøing begrenser i høy grad slamtilførselen.

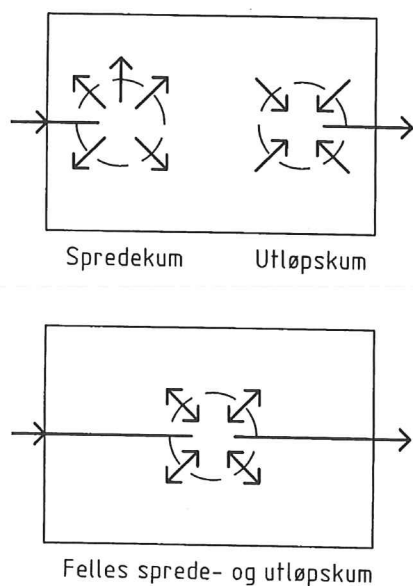
I grunnvannsområder eller lignende sårbare områder må tilløpet også ha oljeavskiller dersom det er avrenning fra trafikkområder.

Lukkede magasiner har utløpskontroll som regulerer utløpet slik at maksimalt tillatt verdi ikke overskrides. Magasinene må ha fritt utløp, det vil si at utløpet må ligge høyere enn vannstanden i nedstrøms ledning eller resipient.

Kassettmagasiner fungerer på samme måte som steinmagasiner. I disse magasinene er steinen erstattet av plastkassetter med meget stort porevolum, for eksempel opp til 95 %. Kassettenes leveres som elementer som kan stables på hverandre til ønsket volum er oppnådd.



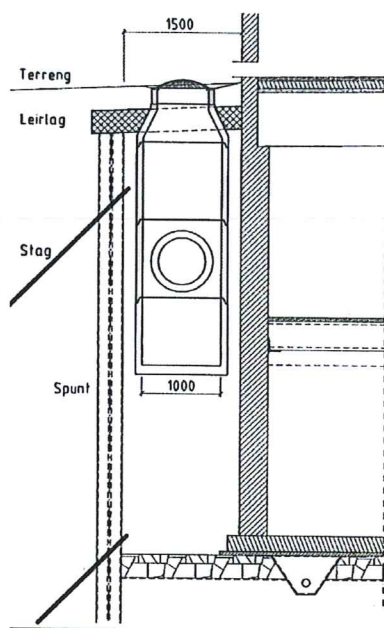
Kasettmagasiner som har tilgang for inspeksjon via kamera, og som kan spyles



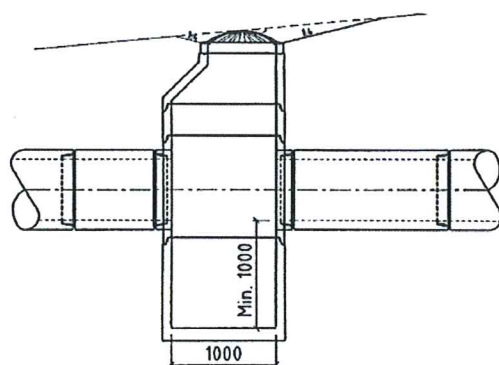
Figur 6.3. Eksempler på inn- og utløpsarrangementer i steinmagasiner

Steinmagasiner	
Beskrivelse	Steinmagasiner benyttes for fordrøyning og/eller for infiltrasjon i områder med permeabel grunn. Fordrøyningsmagasiner har utløpskontroll.
Størrelse på nedbørfelt	Benyttes for enkelttomter og mindre tomteområder.
Grunnforhold	Er i liten grad avhengig av grunnforholdene. Grunnvannstanden må være lavere enn bunnen i magasinet.
Utforming	For å kunne utnytte fordrøyningsvolumet best mulig, bør grunnflaten være tilnærmet kvadratisk. I lange magasiner kan gradienten medføre at det ikke er mulig å fylle opp hele magasinvolumet. Steinmassene må ikke inneholde finstoff. For å unngå inntrengning av finstoff, må steinmassene på sidene og i overkant være omsluttet av fiberduk. Tilløpet til infiltrasjonsmagasiner må i grunnvannsområder, i tillegg til et rikelig dimensjonert sandfang, være utstyrt med sil og oljeavskiller om nedbørfeltet omfatter trafikkarealer.
Innløp	Innløpsforholdene bør være så rolige at man får god spredning av tilløpet i steinmassene.
Utløp	Utløpet må ha regulator som sørger for at vannet får tilstrekkelig fordrøyning.
Overløp	Det bør være nødoverløp som trer i funksjon i fall det ordinære utløpet svikter eller ikke har tilstrekkelig kapasitet.
Drift	Steinmagasiner krever normalt lite tilsyn. Driften begrenser seg til tømning av sandfang ved behov og minst 2 ganger pr år, kontroll av utløpsregulator og eventuell tømning av oljeavskiller og rensing av siler.

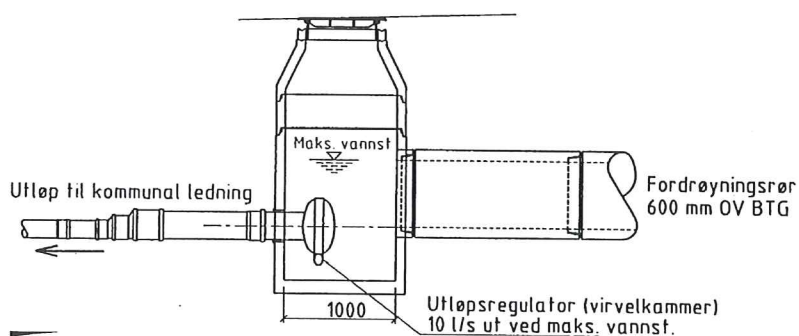
6.2. Rørmagasiner



Figur 6.4. Eksempel på rørmagasin for fordrøyning av avrenning fra tak over underjordisk garasjeanlegg



Figur 6.5. Kum på rørmagasin



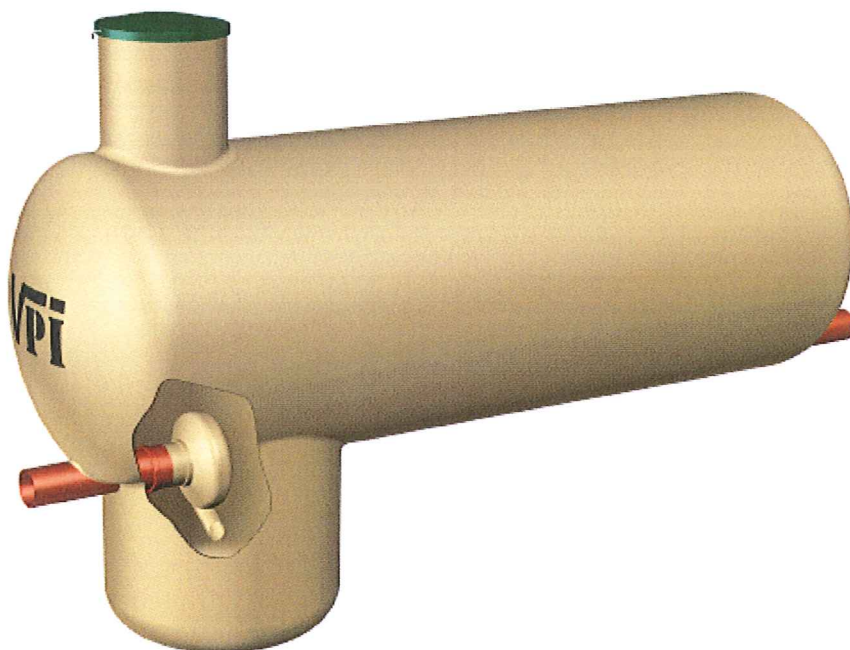
Figur 6.6. Utløpskum med regulator

Rørmagasiner	
Beskrivelse	Rørmagasiner benyttes for fordrøyning. Rørmagasiner har utløpskontroll.
Størrelse på nedbørfelt	Benyttes vanligvis for enkelttomter og mindre tomteområder, men kan også benyttes for større områder (Fordrøyning i tunneler).
Grunnforhold	Er i liten grad avhengig av grunnforholdene.
Utforming	For å kunne utnytte fordrøyningsvolumet best mulig, bør fallet være minst mulig. I lange magasiner vil gradienten medføre at det ikke er mulig å fylle opp hele magasinvolumet.
Innløp	Tilløpet skjer normalt via sandfang.
Utløp	Utløpet må ha regulator som sørger for at vannet får tilstrekkelig fordrøyning.
Overløp	Det bør være nødoverløp som trer i funksjon i fall det ordinære utløpet svikter eller ikke har tilstrekkelig kapasitet. Som regel tillates det ikke at overløpet går til kommunal ledning.
Drift	Rørmagasiner krever normalt lite tilsyn. Driften begrenser seg til tømning av sandfang ved behov og minst 2 ganger pr år samt kontroll av utløpsregulator. Eventuelt må slam avsatt i magasinet fjernes.

6.4. Magasin av prefabrikkerte tanker

For små til middels store volumbehov kan installasjon av prefabrikkerte tanker i GRP eller stål være aktuelt. For større volumer leveres flere tanker koblet sammen. Parallellkobling kan ha driftsmessige fordeler i forbindelse med renhold. I tillegg til nedgraving skreddersys også magasin for montering i kjellere, garasjeanlegg el.

Tanker i GRP leveres med diameter opp til 3.0 m og et magasinivolum opp til 100 m³. Tankene må ventileres og leggeanvisningene følges nøye. Figur 6.7 viser et eksempel på en komplett løsning med integrert vannføringsregulator.



Figur 6.7. Komplette magasin med integrert vannføringsregulator

7. Våtmark

7.1. Generelt

Våtmarker er plasskrevende. De anlegges vanligvis for rensing og fordrøying av overvann. De kan imidlertid også tjene andre formål som:

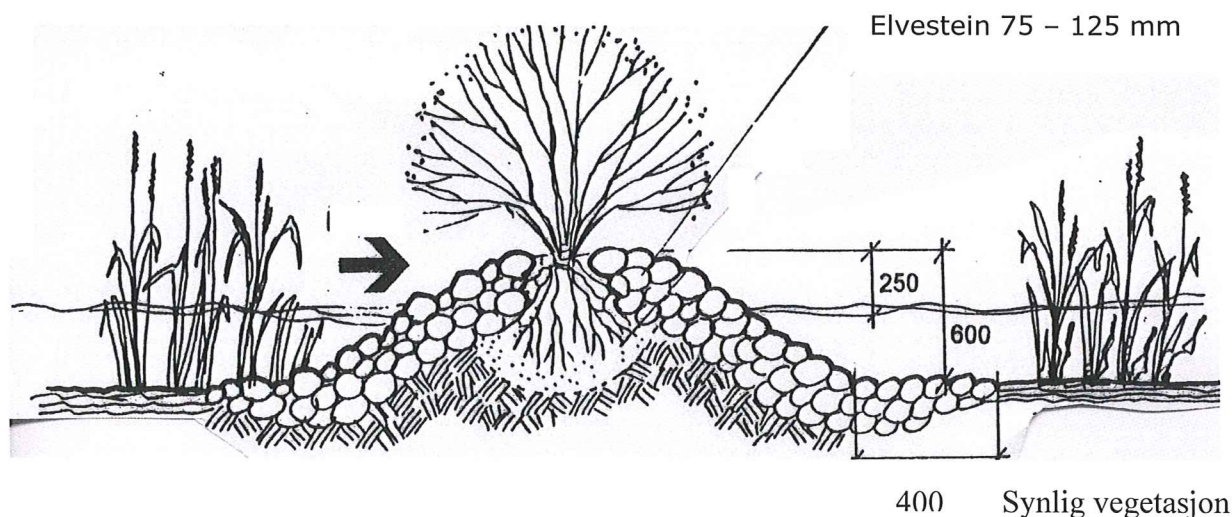
- å tiltrekke seg dyre- og fugleliv og/eller
- være miljøelementer i urbane landskap

Det er viktig at man på planleggingsstadiet tenker nøye gjennom hvilke formål våtmarks-området skal oppfylle, slik at anlegget kan tilpasses formålene.

I Toronto i Canada bygger man planmessig ut våtmarksområder. Hensikten er å forbedre vannkvaliteten i en elv med urbant nedbørfelt og å bringe vannføringen i elven tilbake til det den var i 1962. Man anlegger 4 ha våtmark per år. Målsettingen er at våtmarks-områdene skal utgjøre henholdsvis 0,28 % og 0,5 % av nedbørfeltet i 2010 og 2030.

Ved god drift er våtmarkenes renseeffekt meget høy. Det forutsetter blant annet at vegetasjonen slås med noen års intervall, og at slåttene fjernes. Gjøres ikke dette, synker renseeffekten og den kan sågar bli negativ når det gjelder for eksempel fosfor. Som eksempel kan nevnes at renseeffekten ved et svensk anlegg sank med hensyn på fosfor og nitrogen fra maksimumsverdier på 38 og 32 % til respektive -20 % og 10 % etter 5 års drift uten slåing.

For å få best effekt bør tilløpet spres over en så stor del av våtmarken som mulig slik at det ikke oppstår dødsoner og kortslutningsstrømmer. Med voller kan man forlenge vannveien og fordele vannet over våtmarka.



Figur 7.1. Eksempel på voll i våtmark

Grunne våtmarker bunnfryser gjerne vintertid og har da i seg selv liten eller ingen rense-effekt. Vegetasjonen må være tilpasset dette. I noen tilfeller hever man vannstanden i vintersesongen for å unngå bunnfrysing.



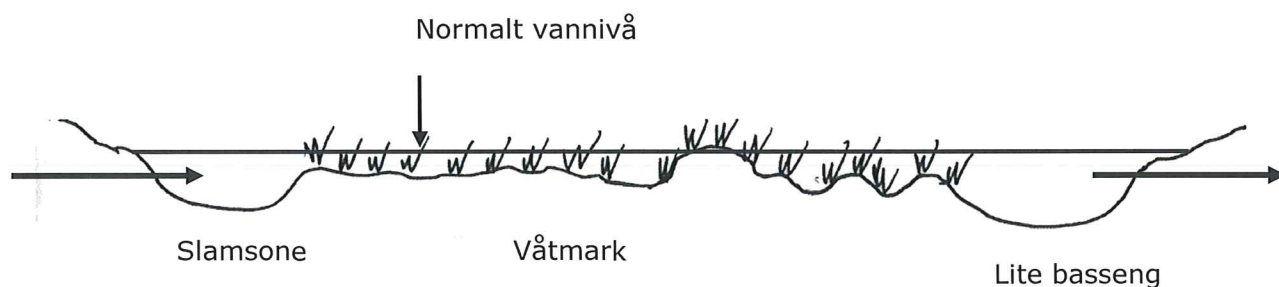
a) Kilde SEPA



b) Kilde Veg Tech

Bilde 7.1. Eksempler på våtmarker

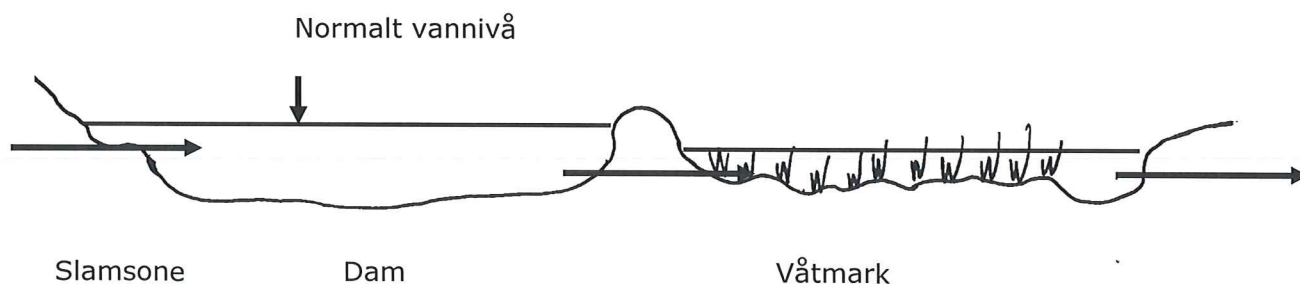
7.2. Grunne våtmarksområder



Figur 7.2. Snitt gjennom grunt våtmarksområde

Grunne våtmarksområder	
Beskrivelse	Dette er en slags myrområde med en midlere vanndybde under 15 cm. Grunne våtmarker benyttes for fordrøyning, rensing, som miljøelement og som reservat for dyr og fugler.
Størrelse på nedbørfelt	I følge amerikanske anbefalinger bør nedbørfeltet være på minst 10 ha og våtmarken bør utgjøre ca 2 % av totalt nedbørfelt.
Grunnforhold	Grunnen må være tett. Våtmarksområder anlegges normalt på leirholdig grunn.
Utforming	Anleggene kan bestå av tre deler: Slamsone, våtmark og et lite utløpsbasseng med utløpskontroll. Volummessig kan slamsonen utgjøre 40 % av totalvolumet. Langstrakte våtmarker er å foretrekke. En fordel med å ha slamsone er at det gir en fortykning av saltholdig avløpsvann fra eventuelle trafikkområder. Veisalt kan være skadelig for vegetasjonen. Vanligvis vil en grunn våtmark bunnfryse om vinteren. Smeltevann må da kunne renne av på overflaten.
Innløp	Tilløpet skjer normalt på terreng.
Utløp	Utløpet skjer gjerne via overløpsterskel
Overløp	Det er ikke behov for overløp i tillegg til overløpsterskelen.
Drift	Vegetasjonen må slå og slått fjernes med noen års mellomrom om renseseffekten skal opprettholdes. Ved behov må papir- og plastavfall fjernes. Eventuelt må slam fjernes fra slamsone om anlegget har slik sone.

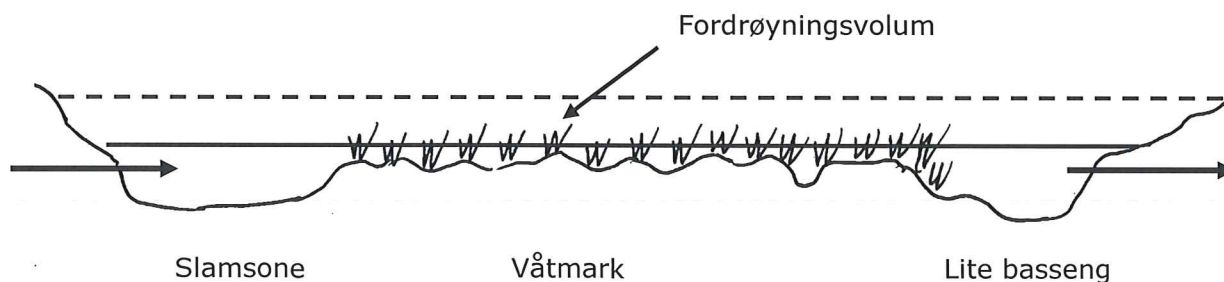
7.3. Dam med etterfølgende våtmark



Figur 7.3. Snitt gjennom dam med etterfølgende våtmark

Dam med etterfølgende våtmark	
Beskrivelse	<p>Dette er en kombinasjon av "våt" dam og våtmark. Slike anlegg er vanlige i en del land og kanskje spesielt i USA og Canada.</p> <p>De benyttes for fordrøyning, rensing, som miljøelement og som reservat for dyr og fugler.</p> <p>Store anlegg av denne typen bygges ofte som sentrale elementer i fritidsområder hvor folk fra nærområdet kan gå turer, drive ulike former for idrett eller studere dyre- og fuglelivet.</p>
Størrelse på nedbørfelt	I følge amerikanske anbefalinger bør nedbørfeltet være på minst 10 ha og våtmarken bør utgjøre ca 1 % av nedbørfeltet.
Grunnforhold	Grunnen må være leirholdig og relativt tett for å unngå uttørring.
Utforming	<p>Anleggene kan bestå av tre deler: Dam med slamsone, våtmark og et lite utløpsbasseng med utløpstterskel. Det er også terskel mellom dam og våtmark. Volummessig kan dammen utgjøre 70 % av totalvolumet. Langstrakte våtmarker er å foretrekke.</p> <p>En fordel med dammen er at den gir en fortykning av saltholdig avløpsvann fra eventuelle trafikkområder.</p> <p>Veisalt kan være skadelig for vegetasjonen.</p> <p>Vanligvis vil en grunn våtmark bunnfryse om vinteren. Smeltevann må da kunne renne av på overflaten.</p>
Innløp	Tilløpet må være frostfritt. Foran innløpet bør det være energidreper for å forhindre at avsatt slam virvles opp. Videre bør det være skjerm for oppsamling av olje dersom det er avrenning fra trafikkarealer.
Utløp	Utløpet skjer gjerne via overløpstterskel
Overløp	Det er ikke behov for overløp i tillegg til overløpstterskelen.
Drift	<p>Vegetasjonen må slås og slått fjernes med noen års mellomrom om renseeffekten skal opprettholdes. Ved behov må papir- og plastavfall fjernes. Slamsonen må tømmes for slam ca hvert 5. år. Løv og rask må fjernes ved behov.</p>

7.4. Våtmark med stort fordrøyningsvolum



Figur 7.4. Snitt gjennom våtmark med stort fordrøyningsvolum

Våtmark med stort fordrøyningsvolum	
Beskrivelse	Dette er en våtmarksvariant med et stort fordrøyningsvolum over normal vannstand. Slike anlegg benyttes for fordrøying, rensing, som miljøelement og som reservat for dyr og fugler. Store anlegg av denne typen bygges ofte som sentrale elementer i fritidsområder hvor folk fra nærområdet kan gå turer, drive ulike former for idrett eller studere dyre- og fuglelivet.
Størrelse på nedbørfelt	I følge amerikanske anbefalinger bør nedbørfeltet være på minst 4 ha og våtmarken bør utgjøre ca 1 % av totalt nedbørfelt.
Grunnforhold	Grunnen må være leirholdig og relativt tett for å unngå uttørring.
Utforming	Anleggene kan bestå av tre deler: Slamsone, våtmark og et lite utløpsbasseng med styrt utløp. Volummessig kan fordrøyningsvolumet utgjøre 50 % av totalvolumet. Langstrakte våtmarker er å foretrekke. I slamsonen får man en fortynning av saltholdig avløpsvann fra eventuelle trafikkområder. Veisalt kan være skadelig for vegetasjonen. En fordel med denne type anlegg er at man kan variere vannstanden. I vintersesongen kan normalvannstanden heves til maksimal sommervannstand. Det vil si at man ikke har fordrøyningsvolum om vinteren. Derved har man fritt vann under isdekket og får en viss rensing også vintertid.
Innløp	Tilløpet må være frostfritt. Foran innløpet bør det være energidreper for å forhindre at avsatt slam virvles opp. Videre bør det være skjerm for oppsamling av olje dersom det er avrenning fra trafikkarealer.
Utløp	Utløp må være frostfritt og ha utløpskontroll.
Overløp	Anlegget bør ha nødutløp som trer i funksjon om det ordinære utløpet ikke har tilstrekkelig kapasitet eller er tett.
Drift	Vegetasjonen må slås og slått fjernes med noen års mellomrom om renseeffekten skal opprettholdes. Ved behov må papir- og plastavfall fjernes. Slamsonen om tømmes for slam ca hvert 5. år. Løv og rask må fjernes ved behov. Utløpskontrollen må kontrolleres.

8. Infiltrasjon

8.1. Generelt

Infiltrasjon kan skje fra terreng eller via lukkede infiltrasjonsgrøfter etc. Infiltrasjon gir en rekke fordeler:

- Grunnvannstanden opprettholdes og derved unngås uttørking av vegetasjon.
- Overflateavrenningen reduseres.
- Avrenningen fordrøyes.
- Overvannet renses.
- Avrenning på grunnvannspeilet gir betydelig jevnere vannføring i bekker og mindre elver i urbane områder samtidig som vannkvaliteten bedres.

Infiltrasjon er den vanligste og eldste formen for LOD. Vi benytter oss av infiltrasjon fra terreng uten å reflektere over at dette er LOD.

Ved infiltrasjon er vi avhengig av grunnens evne til å motta vann. Jordens infiltrasjonsegenskaper synker med økende finstoffinnhold. I praksis er jord med permeabilitet lavere enn 12 - 14 mm/time uegnet for infiltrasjon. Liten dybde til fjell, underliggende leirlag og/eller grunnvannsspeil begrenser også muligheten for infiltrasjon. En regner vanligvis at denne dybden bør være minst 0,6 m.

Grunnens permeabilitet må fastlegges ved forsøk utført på det stedet hvor infiltrasjonen skal skje. Forsøkene utføres etter en regnværsperiode, det vil si når grunnen er vannmettet.

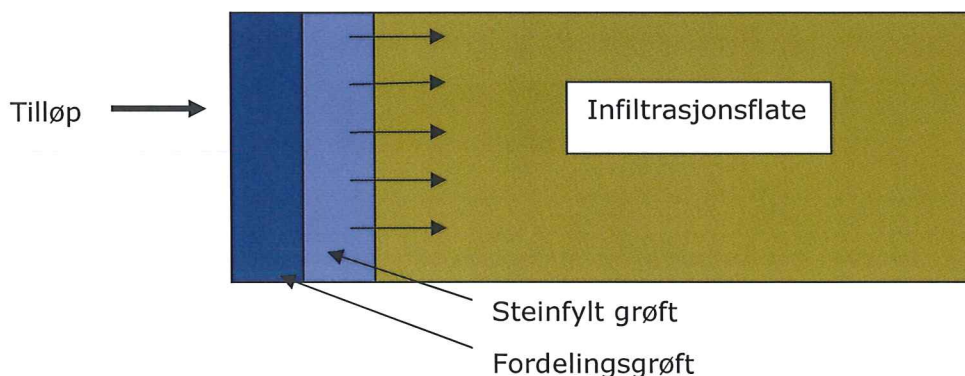
Et viktig forhold er faren for å forurense grunnvannet. Det har liten hensikt å overføre overvannets forurensninger til grunnvannet som så tilbakefører forurensningene til vannkilder og lokale bekker. Avrenning fra takflater, gårdsrom, parkområder og veier i boligområder betraktes som lite forurenset og derfor velegnet for infiltrasjon. Avrenning fra industriområder og sterkt trafikkerte veier er vanligvis uegnet for infiltrasjon.

Infiltrasjonsanlegg har i noen grad kommet i miskreditt. De har i blant vist seg å ha meget kort funksjonstid. Dette skyldes at anleggene er tilført finstoff, og at de derfor har blitt tette. Det er helt nødvendig at finstoff fjernes i effektive sandfang før vannet går til infiltrasjon. Forsømmes driften av disse, kan infiltrasjonsgrøfter og infiltrasjonsmagasiner være ute av drift etter 2 til 5 år. Ved riktig drift er levetiden betydelig lengre. Er infiltrasjonsmediet først blitt tett, kan anlegget ikke repareres.

Infiltrasjonsanlegg må anlegges så langt fra bygninger at det ikke er fare for vanninntrengning i kjellere. Videre må infiltrasjonsanlegg legges så langt til side for veier, at den høye vannstanden som anlegget kan medføre, ikke fører til telehiv for veien.

Smeltevann med høyt saltinnhold må ikke tilføres infiltrasjonsanlegg i områder hvor klorinnhold i grunnvannet er et problem. Smeltevannet må da føres utenom infiltrasjonsanlegget. Dette krever god oppfølging driftsmessig.

8.2. Infiltrasjon fra terreng



Figur 8.1. Infiltrasjon fra terreng. Prinsippskisse

Infiltrasjon fra terreng benyttes mye i forbindelse med boligbebyggelse. Overvann fra takflater, gårdsrom og liknende ledes direkte ut på gressmatter. Derved renses, reduseres og fordrøyes avrenningen til nedstrøms vassdrag eller ledningsanlegg.

Tilløpet til gressarealet bør spres mest mulig. Konsentrerte utslipp fra for eksempel taknedløp må unngås da de lett kan føre til erosjon og dannelsen av kortslutningsrenner.

I nedkant av infiltrasjonsområdet er det vanlig å anlegge en buffersone med tre- og buskvegetasjon.

Infiltrasjon fra terreng benyttes vanligvis for områder mindre enn 2 - 5 ha. Infiltrasjonsflaten har gjerne en lengde på minst 3 m og en bredde på minst 10 m. Anbefalt fall varierer fra 2 - 5 % og opp til maksimalt 15 %. Overflaten må være jevn da dumper konsentrerer vannstrømmen og lett fører til erosjon.

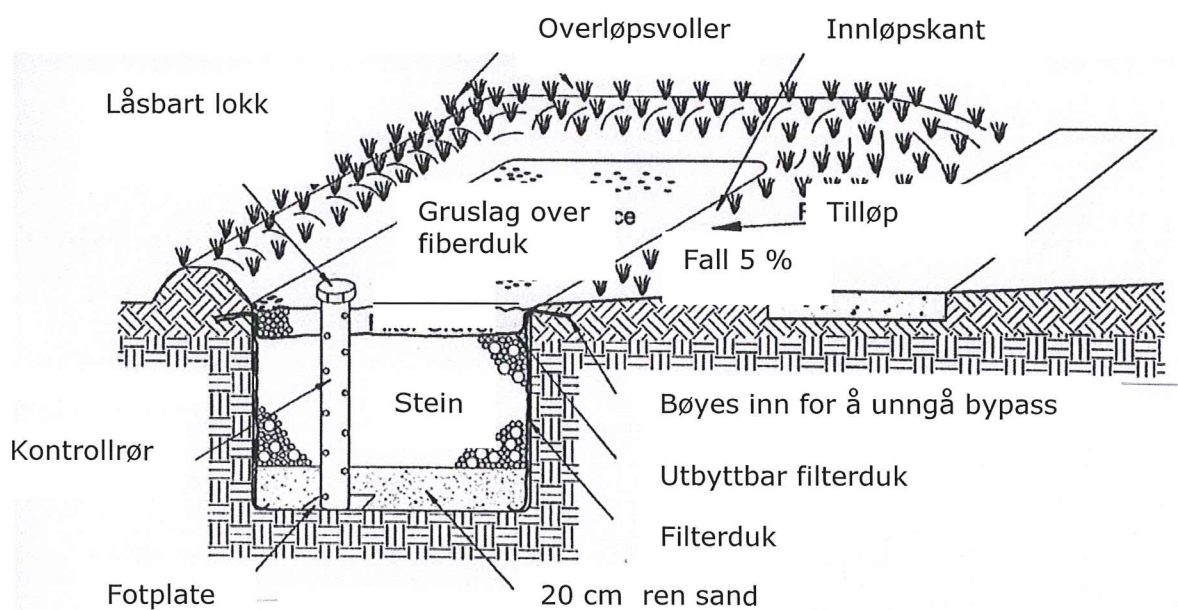
Vintertid fryser grunnen, og infiltrasjonen opphører. Eventuelt tilløp vil da renne av på terreng. Det er viktig at man da har valgt løsninger som ikke gir isproblemer på grunn av smeltevann fra takflater etc.

Forutsatt at området ikke tilføres nevneverdig finstoff, og at det ikke oppstår problemer med is, er driften enkel. Den består i ved behov å rense tilløpsrenner, fjerning av papir og annet avfall, utbedring av eventuelle erosjonsskader samt stell av vegetasjonen. Med mange års mellomrom kan det bli behov for å erstatte topplaget med nye masser.

8.3. Åpne infiltrasjonsgrøfter



Bilde 8.1 Gresskledt infiltrasjonsgrøft (SEPA)



Figur 8.2. Åpen steinfylt infiltrasjonsgrøft (Northern Virginia BMP Handbook)

Ovenfor er vist eksempler på åpne infiltrasjonsgrøfter.

Bilde 8.1 viser en mykt utformet og gresskledt åpen grøft. Slike grøfter benyttes for flere formål. Ofte er de rene infiltrasjonsgrøfter, men som regel er de i tillegg vannveier for overvann frem til dammer etc. De er da tørre mellom nedbørtilfeller. Ved mindre nedbørmengder infiltreres alt tilløp til grøftene. Ved kraftigere nedbør ledes den delen av tilløpet, som ikke infiltreres eller fordampes, til andre typer LOD-anlegg. Grøftene skal maksimalt ha 6% fall. Vannhastigheter skal være under 0,5 m/s.

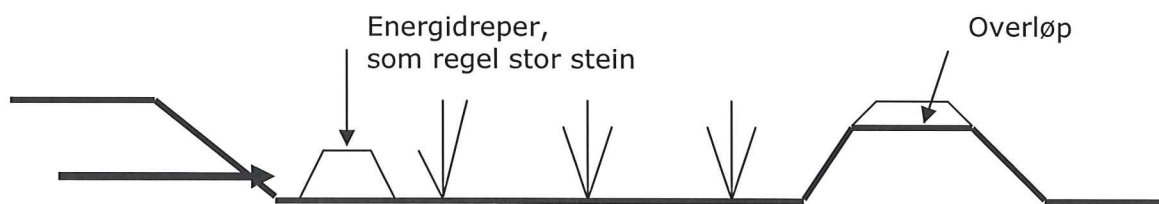
Grøftene gjøres så brede som mulig. Bunnbredden varierer fra 0,5 – 3,0 m. Sidene har helning fra 1/3 til 1/5. Maksimal vanddybde er som regel under 0,9 m. Avstanden fra bunn grøft til maksimal grunnvannstand bør være minst 0,3 – 0,6 m.

Driften består i å slå gresset og å fjerne søppel. Grøftene utformes slik at slåtten kan utføres med maskiner. Optimal gressshøyde er 15 cm slik at slåing kun er aktuelt noen få (1-2) ganger i løpet av vekstsesongen.

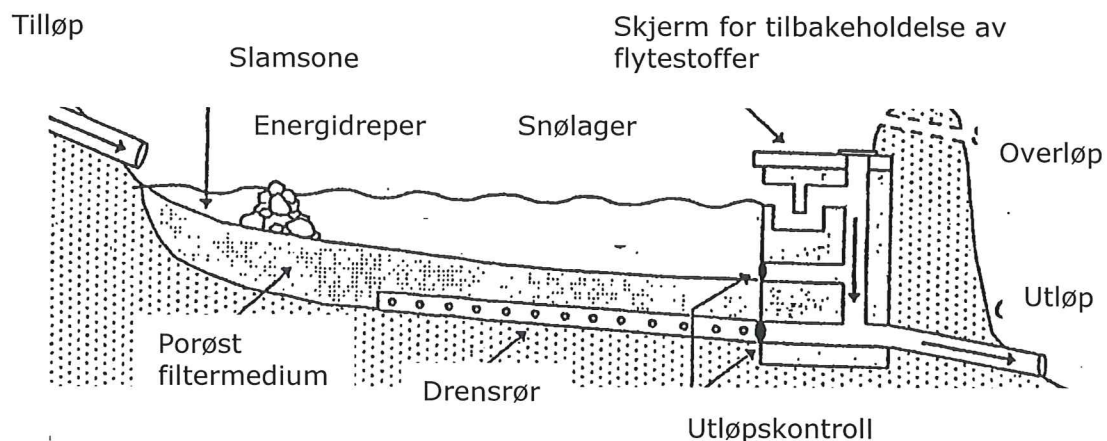
På figur 8.2 infiltreres overvannet via en steinfyllt grøft. Steinen fordeler vannet, og infiltrasjonen skjer gjennom bunn og sideflater. Ved hjelp av filterduk hindres inntrengning av finstoff fra sidene. I bunn av grøfta er det et lag med sand uten finstoff. Over steinmassene er det også filterduk. Over denne er det et tynt gruslag. For at overvannet ikke skal passere over grøfta, er det anlagt voller nedstrøms og på sidene av denne.

Heller ikke denne type infiltrasjonsgrøfter krever mye tilsyn. Etter hvert vil imidlertid gruslaget på toppen og den underliggende filterduken tettes til. Da må så vel gruslag som duk erstattes. Hvor ofte dette er nødvendig, avhenger av hvor mye finstoff som tilføres anlegget. Dersom tungmetallinnholdet er høyt i de massene som fjernes, må så vel massene som duken kjøres til spesialdeponi.

8.4. Infiltrasjonsdammer



Figur 8.3. Skjematisk snitt gjennom infiltrasjonsdam



Figur 8.4. Infiltrasjonsdam med snølager (Oberts, 1994)

På figurene ovenfor er det skjematisk vist to typer infiltrasjonsdammer. Slike anlegg er følsomme for tilførsel av partikulært materiale, og det er påkrevet med en eller annen form for forbehandling.

Figur 8.3 viser et anlegg som dels tilføres overvann direkte fra terreng og dels konsentrert gjennom tilløpsrør. Foran innløpsledningen er det slamsone og

energidreper. Ved nedbør fylles dammen opp, og det som ikke infiltreres, går i overløp. Slike dammer har vanligvis gressdekke.

Figur 8.4 viser et mer avansert anlegg beregnet for blant annet snølagring. Anlegget har styrt utløp. Bunnen har et lag med grus eller singel over naturlig grunn. Dette tettes ikke så lett til, og det øker infiltrasjonsevnen i kaldt klima.

Under grus-/singellaget er det drenerør. Hensikten med dette er enten

- å senke vannstanden om høsten for derved å forbedre infiltrasjonen vintertid. Drenerøret er da bare åpent en tid om høsten og er for øvrig stengt. eller
- å redusere infiltrasjonen av saltholdig smeltevann. Røret er da åpent i vintersesongen og avstengt resten av året.

Når tilløpet er større enn infiltrasjonskapasiteten, fylles dammen opp og fungerer nå som fordrøyningsbasseng med kontrollert avløp.

Saltholdig vann er ugunstig for vegetasjonen og reduserer derved dammens renseeffekt. Det hevdes at å spre torv i dammen om høsten reduserer problemene med salt.

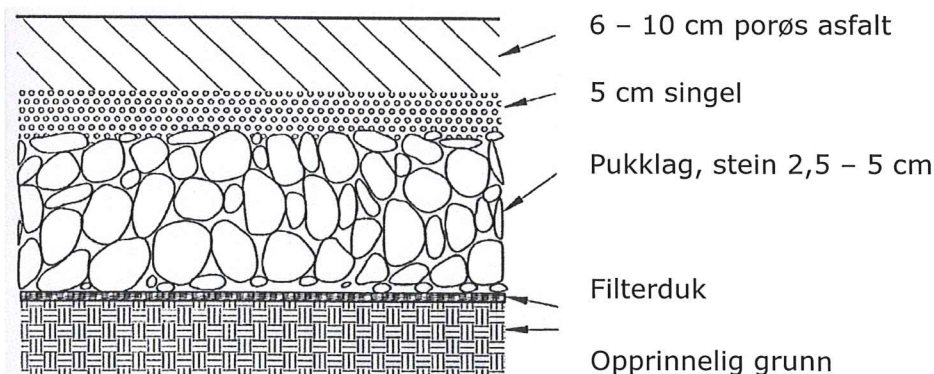
Behov for drift og vedlikehold er sterkt avhengig av anleggets kompleksitet. Som et minimum må følgende operasjoner utføres:

- Om høsten og ellers ved behov må løv, avsatt slam og skrot fjernes.
- Gresset må slås 1 – 2 ganger pr år.
- Erosjonsskader må utbedres.
- Utstyr for utløpskontroll må ettersees.

8.5. Infiltrasjon gjennom porøs asfalt og andre former for porøs overflatebelegning.

Meningen med porøs overflatebelegning er at vannet skal penetrere belegningen og magasineres i et underliggende pukklag for så over tid å infiltreres i grunnen. Grunnen må ikke komprimeres så sterkt at permeabiliteten reduseres i vesentlig grad. Pukklagets tykkelse bestemmes ut fra veitekniske hensyn og behovet for fordrøyningsmagasin. Ved å legge inn et drenerør i overkant pukklag, kan det etableres overløp.

Løsningen med porøs overflatebelegning egner seg bare i områder med permeabel grunn. På leirholdig grunn kan løsningen ikke benyttes.

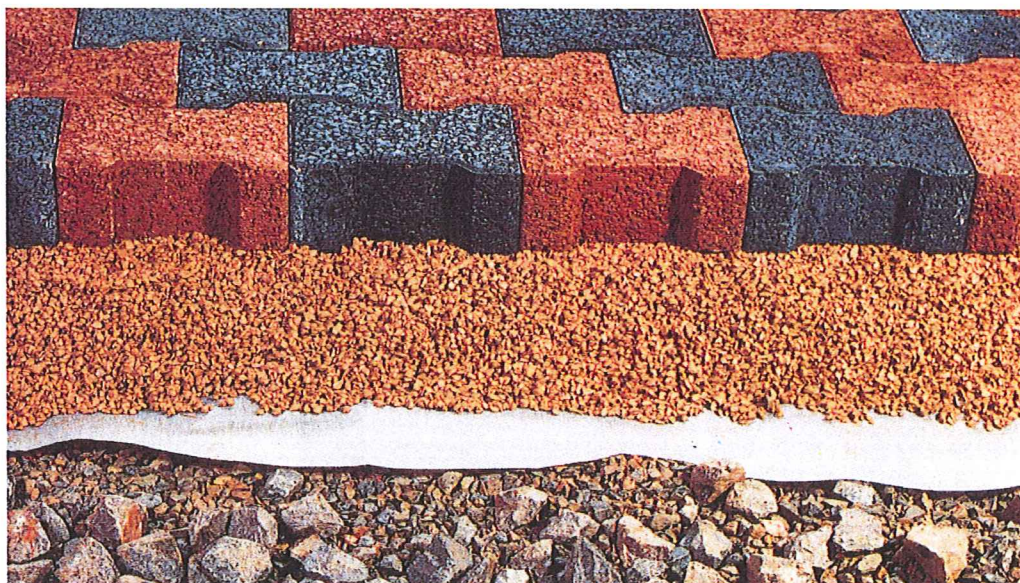


Figur 8.5. Snitt av dekke med porøs asfalt (Nothorn Virginia BMP Handbook)

Porøse dekker kan benyttes for:

- Parkeringsplasser
- Veier med liten trafikk i boligområder
- Fortauer
- Skulderdelen av større veier

Flater med porøse dekker bør ha svært lite fall for å være effektive. Dybden til grunnvannsspeil eller tett undergrunn bør være minst 1 – 1,5 m. Porøse dekker som mottar avrenning fra trafikkarealer må ikke anlegges nær grunnvannskilder. De må heller ikke ligge så nær bygninger at det er fare for vanninntrengning i kjellere.



Figur 8.6. Snitt av dekke med porøs betongstein (Sipa)

Hvor stor volumreduksjon som kan oppnås ved å benytte porøse dekker varierer selvfølgelig fra anlegg til anlegg. Ved et forsøksanlegg (A Guidebook for British Colombia) bestående av 6 m kjørebane, 2 x 2,5 m parkeringsfelt og 2 fortauer på 1,5 m fikk man følgende resultater:

- Med tette flater var avrenningen på årsbasis ca 78 % av nedbøren
- Porøse dekker på fortauene reduserte avrenningen til ca 62 %
- Med porøse dekker på parkeringsfeltene og fortauene ble avrenningen redusert til 38 %

De vanligste formene for porøse dekker er:

- Porøs asfalt
- Porøs betongstein
- Gatestein med åpne fuger

Ved produksjon av porøs asfalt benyttes tilslag uten finstoff. Porevolumet blir da ca 16 % mot normalt ca 3 – 5 %.

Porøse dekker må tilføres så lite finstoff som mulig både i anleggs- og driftsperioden.

Det advares mot å bruke porøse dekker på flater som skal strøs om vinteren. Strøing fører til gjentetting.

Problemet med porøse dekker er faren for gjentetting. For å holdes åpne, må de vakuumsfeies og høytrykkspyles minst 4 ganger pr år.

På bilde 8.1. er det porøs asfalt på området til høyre, mens det er vanlig asfalt på resten av parkeringsplassen.

Bilde 8.2. viser et anlegg med dekke av porøse betongstein. Dette anlegget har styrt overløp til bekk.

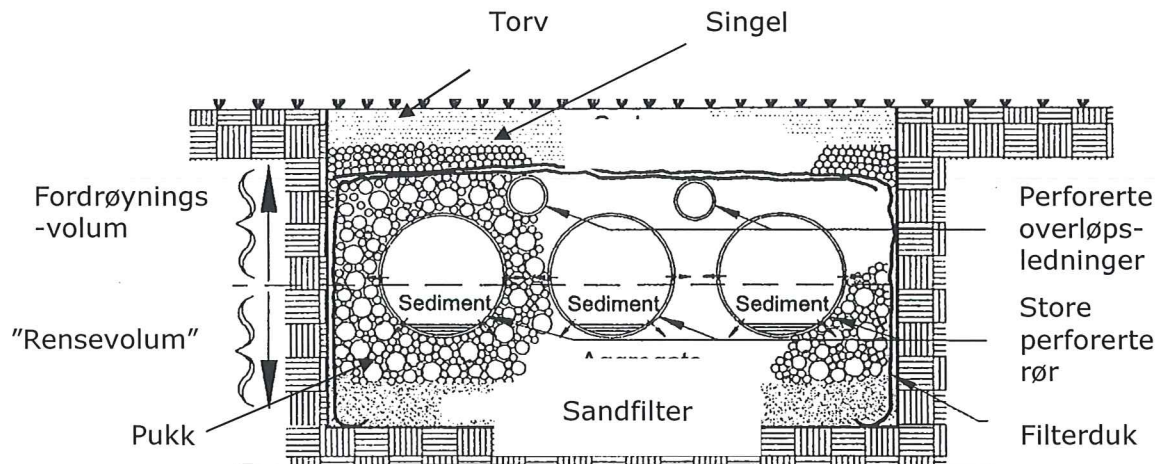


Bilde 8.2. Parkeringsplass med porøs og vanlig asfalt



Bilde 8.3. Parkeringsplass med dekke av porøs betongstein

8.6. Lukkede infiltrasjonsgrøfter



Figur 8.7. Snitt av lukket infiltrasjonsgrøft (Northern Virginia BMP Handbook)

Figur 8.7. viser et eksempel på en lukket infiltrasjonsgrøft. Tilløpet er konsentrert til 3 store perforerte rør. I disse rørene skjer det en viss avsetning av partikulært materiale som ikke er fanget opp i sandfangene. I tillegg utgjør rørene et betydelig fordrøyningsvolum slik at infiltrasjonen kan skje over lang tid. Om grøftas kapasitet overskrides, trer to høytliggende perforerte overløpsrør i funksjon. Inntrengning av finstoff fra sidene og ovenfra unngås ved bruk av fiberduk.

Driften av grøfter utført som på bildet går ut ved behov på å tømme sandfang og å fjerne avsatt materiale i de store rørene. Ved god drift kan slike anlegg fungere i mange år. Forsømmes driften, går tettes de til i løpet av noen få år.

9. Grønne tak

Grønne tak kan anlegges på tak av bolighus, industribygg, garasjebygg etc. De benyttes for å redusere og fordøye avrenningen.

Vanligvis konstrueres takene slik at den nedbøren som ikke opptas i vegetasjonslaget, siger ned til et underliggende drenerende sjikt. Det blir på denne måten ingen avrenning på overflaten. Det som renner av, renner av via drens sjiktet. Derved reduseres maksimalavrenningen.

Grønne tak er mest effektive i områder med lite nedbør. I et tett boligområde med årsnedbør 0,7 m kan avrenningen reduseres fra 75 % til 20- 35 %, avhengig av jordtykkelsen. Er årsnedbøren 2,5 m, synker avrenningen bare fra ca 82% til ca 65%.

Det skilles mellom grønne tak for gress og urter etc. og grønne tak som også kan omfatte buskvegetasjon. De første har en tykkelse på fra 20 til ca 100 mm og de andre er gjerne fra 100 mm og oppover.

Vegetasjonen leveres i ferdige matter. Mattene har et underlag av fiberduk og kan plasseres rett på taket.



Bilde 9.1. Frodig grønt tak



Bilde 9.2. Forsøksanlegg med grønne tak

Om man er omhyggelig med valg av vegetasjon, kan driften av grønne tak bli enkel. Det kan tidvis være behov for vanning, gjødsling og fjerning av ugress.