

## 1 FORMÅL

Dette VA/Miljø-bladet beskriver hvordan infiltrasjon kan benyttes for lokal overvannshåndtering. Infiltrasjon brukes her som et vidt begrep for prosessen der overflatevann siver ned i grunnen, og er en aktuell metode for bortledning av overvann. Miljøbladet beskriver ulike metoder for å vurdere og måle infiltrasjon og infiltrasjonsevne, hovedsakelig på overflatejord. Det gis også en veiledning om hvilke typer grunnforhold som er egnet for infiltrasjon, valg av ulike infiltrasjonsløsninger, dimensjonering av infiltrasjonsanlegg og drift av slike anlegg.

## 2 BEGRENSNINGER

Dette miljøbladet tar i hovedsak for seg infiltrasjon av overvann på overflaten. Infiltrasjon i dypere jordlag er ikke beskrevet i detalj, men teorien om overflateinfiltrasjon kan også overføres/ anvendes til infiltrasjon i dypere jordlag.

Miljøbladet omfatter ikke infiltrasjon- og rensing av avløpsvann.

### 2.1 Generelt om infiltrasjon

Overflateinfiltrasjon er en aktuell metode for bortledning og håndtering av overvann. Det er en grunnleggende og viktig hydrologisk prosess for å opprettholde det hydrologiske kretsløpet. Tradisjonell byutvikling fører ofte til at overflater tettes, noe som reduserer vannmengdene som infiltreres.

Ved infiltrasjon reduseres behovet for overvannsledninger og som regel er det miljømessig gunstig. Positive effekter av riktig utførte infiltrasjonsanlegg kan være:

- Infiltrasjon kan redusere faren for flom. Veiutbygginger, nye industri- og boligområder medfører store arealer med tette flater. Avrenningen flerdobles og den skjer vesentlig hurtigere enn tidligere. Ledes vannet bort i rør, økes faren for flom i resipienten.
- Infiltrasjon kan påvirke vannbalansen i området på en gunstig måte. Bortledning av overvannet i rør innebærer ofte en senkning av grunnvannsnivået som kan resultere i bortfall eller skader på vegetasjon.
- Overvann er ofte forurenset. Spesielt gjelder det overvann fra trafikkarealer. Ved infiltrasjon renses i viss grad overvannet. Grunnens renseseffekt er avhengig av jordtype og

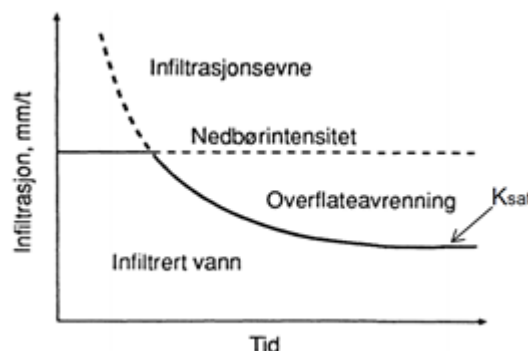
tilført forurensning.

Infiltrasjonsevne påvirkes av flere forhold; Jordfuktighet, porøsitet, biologisk aktivitet og vegetasjon, jordart, nedbørens art (regn, hagl, snø) og intensitet, avstand til grunnvannsnivå, terrengutforming og årstid.

For en grundigere innføring i teorien henvises det til litteratur, f.eks. /1/.

Infiltrasjon er bare mulig dersom jordens hydrauliske ledningsevne er tilstrekkelig for den vannmengden som skal infiltreres. Den hydrauliske ledningsevnen er et mål for hvor raskt infiltrasjonen skjer og angis som regel i m/s eller i mm/time.

Infiltrasjonsevnen vil avta med tiden etter hvert som hulrommene (porene) i jorda fylles med vann. Figur 1 viser et eksempel på hvordan overflateavrenningen øker ved en regnhendelse med konstant intensitet. Når jordas porer er mettet (helt fylt) med vann, oppnås konstant infiltrasjonsevne (Fig. 1). Dette betegnes som mettet hydraulisk ledningsevne ( $K_{sat}$ ). Etter hvert som infiltrasjonsevnen avtar vil avrenningen øke (ved forutsetning om konstant nedbørintensitet) og det genereres mer overvann.



Figur 1: Figuren viser hvordan infiltrasjonen varierer med tiden ved en regnhendelse med konstant intensitet. Infiltrasjonsevnen vil avta med tiden etter hvert som hulrommene (porene) i jorda fylles med vann. Når jordas porer er mettet (helt fylt) med vann, oppnås konstant infiltrasjonsevne ( $K_{sat}$ ).

Infiltrasjon av overvann nær konstruksjoner og bygninger med kjeller er mulig å vurdere dersom det anlegges tett membran.

Infiltrasjonsanlegg må ikke bygges på steder som er uegnet for infiltrasjon. Dette kan føre til oversvømmelser og skader på bygninger etc.

Grunnens hydrauliske ledningsevne kan bli redusert ved komprimering og tilslamming. Fremtidig utnyttelse av infiltrasjonsområdet må derfor vurderes ved bestemmelse av dimensjonerende infiltrasjonskapasitet.

Den hydrauliske ledningsevnen bestemmes enten ved:

- Indirekte metoder

eller

- Direkte metoder

Det henvises til kap. 3.6 for nærmere beskrivelse av disse metodene.

## 2.2 INFILTRASJON PÅ FROSSEN MARK

Når jorden fryser, skjer det stort sett en blokkering av porene. Infiltrasjonsevnen reduseres sterkt. Det finnes ulike typer frost; Porøs (åpen frost) og betongfrost (tett frost). Porøs er en frosttype som dannes når jorda fryser med et lavt vanninnhold. Porene er fylt med luft og infiltrasjon er mulig selv ved minusgrader. Betongfrost dannes når jorda fryser i vannmettet tilstand, og ved slik frost er ikke infiltrasjon mulig.

Resultater fra forskning /2, 3/ tyder imidlertid på at det skjer en viss infiltrasjon også på frosen jord og i regnbed om vinteren. Anleggene må dreneres godt for å unngå betongfrost på vinteren. Avrenning i frostperioden bør infiltreres under frostsone /4/.

## 3 FUNKSJONSKRAV

Avsnittene under beskriver forhold som bør undersøkes i forbindelse med vurdering av infiltrasjonsevne og etablering av infiltrasjonsanlegg.

### 3.1 GENERELT

Dersom man ikke kjenner grunnforholdene i området må det foretas grunnundersøkelser. Dybden til grunnvannsspeilet må undersøkes og hydraulisk ledningsevne må beregnes eller måles. Noen normalverdier for hydraulisk ledningsevne er vist i tabell 1.

Tabell 1: Normalverdier for hydraulisk ledningsevne [m/s] for noen jordarter /5/.

Jordart	10 <sup>-10</sup>	10 <sup>-8</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-2</sup>
Grov grus					—
Grus					—
Grov Sand				—	
Finsand			—		
Silt		—			
Leire	—				

## 3.2 Gjennomføring av infiltrasjonstest

En infiltrasjonstest gjennomføres ute i felt på stedet der infiltrasjonsevnen skal måles og vurderes. Infiltrasjonstest bør gjennomføres der overvannstiltak er planlagt og i samme jordlag / nivå som overflateinfiltrasjon/bunn infiltrasjonsanlegg Det bør sikres at man har god tilgang på vann ved gjennomføring av infiltrasjonstester.

Ved en infiltrasjonstest er det viktig å finne mettet hydraulisk konduktivitet ( $K_{sat}$ , jfr. fig 1), fordi det er lett å overestimere infiltrasjonskapasiteten dersom man ikke fortsetter infiltrasjonsmålingene til jorda er mettet.

For å måle mettet hydraulisk konduktivitet, må jorda være vannmettet før målingene starter. Dette kan ta litt tid (opptil 2-3 timer). Det kan gjøres ved å la f.eks. en vannslange bløtlegge jorda før målingene starter.

Infiltrasjonsmålingene fortsetter fram til infiltrasjonshastigheten er konstant /stabil, noe som kan antas å være oppnådd når de siste tre målingene er tilnærmet like (+/- 20 %). Det må også medregnes noe tid for å rigge opp og ned utstyret i felt.

Infiltrasjonshastighet beregnes fra vannstands- endring over tid;

$$\text{Infiltrasjonshastighet} = \Delta h / \Delta t$$

der  $\Delta h$  [cm] angir forskjell i vannnivå på overflaten mellom to målinger, og  $\Delta t$  [time] er tilhørende tidsintervall mellom målingene.

Grad av nøyaktighet- og nødvendig antall infiltrasjonsmålinger vil avhenge av størrelse på infiltrasjonsanlegg og hvor mye overvann som skal infiltreres. Se mer informasjon om dette i kapittel 3.6.

### 3.3 Grunnvannstand

Det er viktig å kjenne til avstanden til grunnvannsspeilet der infiltrasjonsanlegg skal vurderes. Dybden til grunnvannsspeilet må måles. Avstanden mellom infiltrasjonsnivå og grunnvannstand bør være minst en meter for å sikre hydraulisk kapasitet. Denne avstanden er også av vesentlig betydning dersom det er behov for rensing av overvannet.

Vær oppmerksom på at grunnvannstanden kan variere innad på en tomt, og at grunnvannstanden også kan variere/svinge betydelig gjennom året.

### 3.4 Infiltrasjon av forurenset overvann

Overvann kan være forurenset. Det gjelder spesielt avrenning fra større veier og industriområder. Slikt overvann kan blant annet inneholde store mengder slam; vannet må da renses før infiltrasjon. Det må alltid vurderes om infiltrasjonen kan medføre miljøproblemer som forurensning av vannkilder.

Rensing behandles ikke i dette miljøbladet.

### 3.5 Beregning av infiltrasjonsmagasin

Det jordlaget i infiltrasjonssjiktet med lavest ledningsevne er dimensjonerende ved anlegging av infiltrasjonsmagasin.

Omgis infiltrasjonsområdet av lag med lavere hydraulisk ledningsevne enn det er i selve infiltrasjonsområdet, kan infiltrasjonsområdet være fordrøyningsmagasin for videre infiltrasjon. Magasineringskapasiteten  $M$  [ $m^3$ ] kan beregnes av formelen:

$$M = A * D * p$$

Hvor  $A$  er arealet av infiltrasjonsområdet [ $m^2$ ],  $D$  er dybde [ $m$ ] av massene og  $p$  er porøsitet [%]. Porøsiteten  $p$  må måles. I steinrike masser uten finstoff er det vanlig å sette  $p$  til 0,3.

Et forhold som det er lett å overse er at utnyttelsen av området kan endre de hydrologiske forholdene. Spesielt kan komprimering av jordlaget redusere hydraulisk ledningsevne og porøsitet.

Det finnes egne formler for beregning av nødvendig magasineringskapasitet i regnbed, grøfter og andre overvannstiltak /4 og 20/.

### 3.6 Måling og vurdering av infiltrasjonsevne

Det finnes ulike metoder for å måle og vurdere infiltrasjonsevnen. Ulike metoder har ulik hensikt og anvendelsesområde. Man kan skille mellom direkte metoder og indirekte metoder.

Direkte metoder måler infiltrasjonsevnen i felt på uforstyrret jord («in situ») der jordstruktur, porø volum mm. er uforstyrret. Fordelen med slike metoder er at infiltrasjonsevnen måles i samme nivå og på de massene der det er tenkt å etablere et infiltrasjonsanlegg.

Feltforsøk gjennomført på urban jord i Oslo har vist at det kan være store variasjoner i infiltrasjonsevne innen en lokasjon og innen samme jordart. Urban jord kan ha stor variasjon i egenskaper /7, 8/. Ved måling av infiltrasjonsevne på en tomt er det viktigere å gjennomføre flere målinger på ulike steder for å kartlegge variasjonen, enn å bruke all tid på en nøyaktig måling.

Indirekte metoder kan benyttes for å gi en indikasjon og vurdering av infiltrasjonsevne. Fordelen med slike metoder er at indirekte metoder estimerer infiltrasjonskapasitet basert på andre parametere som kan være lettere å måle enn f.eks. en infiltrasjonstest. Indirekte metoder gir et overblikk av forventet infiltrasjonsevne. Ulempen ved slike metoder er at infiltrasjonsevnen ikke måles direkte og at jordprøver er forstyrret.

### 3.6.1 Indirkete metoder

#### Studering av løsmassekart og infiltrasjonsevne-kart

Ved planlegging av infiltrasjonsanlegg bør det undersøkes om det finnes løsmassekart for området. Slike kart gir nyttig informasjon om grunnens egenskaper og hvordan løsmassene er dannet. Figur 4 viser et utsnitt av et løsmassekart for Trondheim (hentet fra NGU). NGU har også tilsvarende kart som viser infiltrasjonsevne.



Figur 2 Eksempel på løsmassekart.

Den mørkeste blåfargen angir marine strandavsetninger. Dette er vanligvis grus- og sandavsetninger, det vil si masser som egner seg for infiltrasjon.

De noe lysere blå områdene er dannet ved bunnfelling i sjøen. Jorden her består i hovedsak av leire- og siltemasser. Disse massene kan være mindre egnet for infiltrasjon.

Merk at løsmassekartene og kart over infiltrasjonsevne kan avvike fra den faktiske løsmassefordelingen på stedet og målt infiltrasjonsevne. Dette gjelder spesielt i urbane strøk der det er vanskelig å kartlegge løsmassekartene i detalj pga. mye tette flater og bygninger.

Urban jord er påvirket og forstyrret av menneskelig aktivitet og kan i stor grad inneholde variert materiale (bl.a. fyllmasser og gammel byggegrunn) med stor vertikal- og romlig variasjon. Dette kan skille seg fra det som naturlig er avsatt og avmerket på kartet. Det må gjennomføres en infiltrasjonstest for å vite forventet infiltrasjon i urban jord.

Forsøk på urban jord i Oslo viste imidlertid at infiltrasjon på leirjord i by kan være mulig /7, 10/. Oppsprekking i leirjord og hulrom fra røtter og levende organismer (spesielt meitemark) er med på å forbedre infiltrasjonsevnen. På de fleste byområder er det i tillegg et lag med matjord for plen på toppen som kan ha god infiltrasjonsevne.

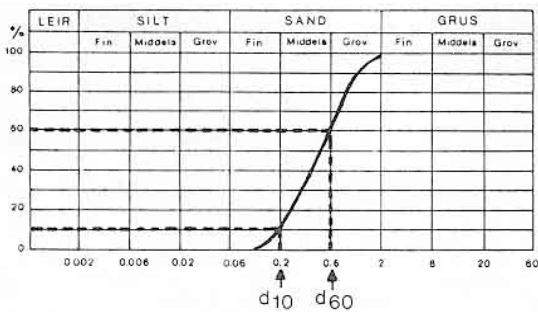
#### Kornfordelingskurver

Konfordelingskurver er spesielt godt egnet til å «raskt» vurdere forskjeller i jordart og infiltrasjonsevne innad på en tomt.

Figur 3 viser et eksempel på en kornfordelingskurve. Generelt kan man si at infiltrasjonen er

bedre jo brattere kurven er. En bratt kornfordelingskurve betyr at massene er mer sortert (består av mer like kornstørrelser). Dersom kurven er slak betyr det at jordprøven består av mange kornstørrelser. Det betyr at de mindre partiklene fyller hulrommene mellom de større partiklene, og infiltrasjonsevnen avtar.

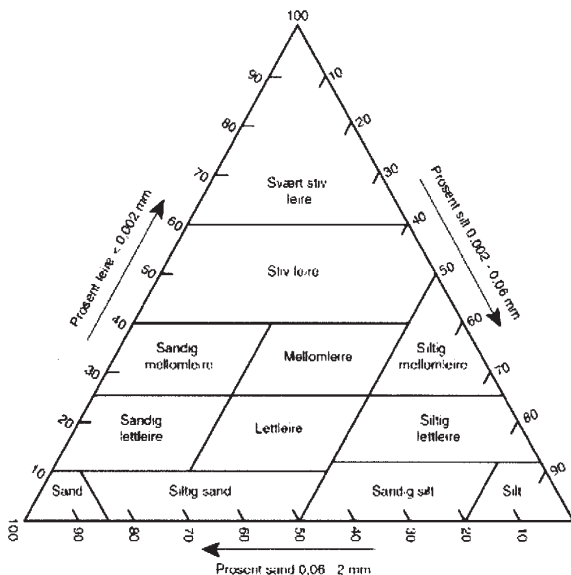
Figur 3 viser kornfordelingskurven for en sandig jordart. Siktstørrelsene er angitt i mm på horisontalaksen. Vertikalaksen viser hvor stor del av prøven i vektprosent som passerer de forskjellige siktene. I eksemplet passerer 10 % av prøven sikt 0,2 mm, 60 % sikt 0,6 mm og alt passerer sikt 2 mm. Kornstørrelsen for den delen av prøven som passerer av 10 % benevnes  $d_{10}$ . Tilsvarende benevnes den kornstørrelsen som passerer av 60 % av prøven  $d_{60}$ .



Figur 3 Eksempel på kornfordelingskurve. Generelt er det slik at infiltrasjonsevnen er bedre desto brattere kurven er.

### Bruk av jordartsdiagram

Dess mer finkornet en jordart er, dess mindre er den hydrauliske ledningsevnen.



Figur 4 Jordartsdiagram

Jordarter med god hydraulisk ledningsevne finnes seg i nedre venstre del av jordartsdiagrammet i figur 3. Leire, som ligger høyt i diagrammet, kan ofte være uegnet for infiltrasjon. I oppsprukket tørrskorpeleire kan det i visse tilfeller være

mulig å infiltrere/magasinere overvann. Forvitret eller oppsprukket fjell kan ha betydelig hydraulisk ledningsevne/9/, men er vanskelig å måle/beregne.

Ved vurdering av infiltrasjonsevne på en tomt kan det tas jordprøver fra forskjellige deler av tomten.

Jordartsdiagrammet kan benyttes til å sjekke hvordan jordart og infiltrasjon kan variere på en tomt. Det kan f.eks tas 10 prøver som analyseres og avmerkes i diagrammet. Dette kan benyttes til å se hvor store de individuelle forskjellene er på tomta. Resultatene kan benyttes til å undersøke om det er deler av tomta som er bedre eller mindre egnet for infiltrasjon av overvann.

### Skjønnsmessig bedømmelse av jordprøver i felt

Forenklete tester i felt kan benyttes for å få en pekepinn på hvilke jordarter som finnes på en tomt. Dette gir en indikator på hvilke verdier man kan forvente for infiltrasjonsevne, eller de kan brukes til å finne et område på tomta som egner seg for infiltrasjon.

Et eksempel er rulletesten som er en metode for å skille mellom innhold av sand eller silt/leire i en jordprøve. Undersøk om en jordprøve (litt fuktet med vann) kan ruller til en «pølse», og hvor tynn det er mulig å lage denne. Desto lengre og tynnere «pølsa» kan ruller, desto mer finkornig er jordprøven. Hvis jordprøven faller fra hverandre er dette en indikasjon på høyt sandinnhold. Eksempler på flere slike forenklete tester er beskrevet i /11/.

### Hazens metode for å beregne inf.hastighet

Det finnes flere likninger for beregning av hydraulisk ledningsevne. En likning som blir benyttet er Hazen's likning. Ligningen gjelder kun for vannmettet sand, og blir i hovedsak benyttet i forbindelse med rensing av avløpsvann.

$$K = k * (d_{10})^2$$

Forutsetningen for å bruke likningen er at forholdet mellom  $d_{60}$  og  $d_{10}$  er mindre enn 5, dvs. velsorterte masser. Studier har vist at metoden ikke oppfyller forutsetningene for bruk på urban jord da slike masser har stor variasjon i sammensetning (Solheim, 2017).

Hazen's formel er omdiskutert. I geoteknisk litteratur er det stor uenighet om verdien for faktoren  $k$ . Settes  $k$  til 0,01157 /12/, blir enheten for hydraulisk ledningsevne  $K$  m/s. Tabell 2 viser sammenhenger og eksempler.

Tabell 2: Hydraulisk ledningsevne beregnet etter Hazen's likning.

d <sub>10</sub>	K	
	m/s	m/d
0,1	0,000116	0,01
0,2	0,000464	0,04
0,4	0,001856	0,16
0,6	0,004176	0,32
0,8	0,007424	0,64
1,0	0,011600	1,00

### 3.6.2 Direkte metoder

Ledningsevnen skal måles på samme nivå som infiltrasjonen skal skje.

Det skiller mellom metoder som måler infiltrasjon på overflatejord /plen (MPD og Dobbelring-infiltrrometer), og metoder der det må graves en grop (Infiltrrometer og måling i prøvegrop).

De ulike metodene har forskjellig anvendelsesområde og hensikt. Det er flere varianter av alle målemetodene.

For metodene som måler infiltrasjon på overflatejord har MPD-infiltrrometeret tilstrekkelig nøyaktighet og er enklest i bruk. Det kan gjøres flere målinger parallelt og med en rask gjennomføring av forsøkene. Målt infiltrasjonshastighet må korrigeres for sideveis infiltrasjon.

Av metodene som måler infiltrasjon i litt dypere jordlag er det mest vanlig å bruke infiltrrometer. Målingen kan utføres av én person og den er mer nøyaktig enn prøvegropmetoden.

Utstyr til infiltrasjonsmålinger kan bestilles fra lokale instrumentverksteder. En generell liste over utstyr til infiltrasjonsforsøk er beskrevet i /13/.

#### Infiltrrometer

Et infiltrrometer måler hydraulisk ledningsevne med konstant trykkehøyde (figur 5). Infiltrasjonsevnen måles i dypere jordlag. Metoden er nærmere beskrevet i /14/. Infiltrrometeret egner seg til bruk på jordarter der vannledningsevnen ikke er for høy, da høy vannledningsevne gjør avlesninger på infiltrrometeret vanskelig.



Figur 5: Infiltrrometer.

#### Måling i prøvegrop

Målingene utføres i en sirkulær eller kvadratisk grop med vertikale sider (se figur 10). Gropens diameter er vanligvis 30 – 60 cm. Omrørte masser fjernes. I bunnen av gropa legges det et lag på ca. 5 cm med grov sand. Eventuelt kan det plasseres en svamp i bunnen av hullet som hindrer at sideveggene skal kollapse og som hindrer utvasking av finstoff nedover i profilet. Det fylles vann i gropa til en høyde av 15 cm. Etter minimum 2 timer etterfylles det med vann til opprinnelig nivå. Den synkningen man så får i løpet av 30 minutter brukes ved beregning av hydraulisk ledningsevne.

Dersom det ikke er vann i gropa etter 2 timer, etterfylles gropa. Synkningen i 30 minutters perioder måles samtidig som det etterfylles med vann. Bestemmende infiltrasjonshastighet måles i de siste 30 minutter av en prøveperiode på 4 timer.

Måling i prøvegrop er en enkel metode uten særlig mye utstyr, men metoden er unøyaktig ved at sideveis infiltrasjon er betydelig. Det bør korrigeres for sideveis infiltrasjon ved vurdering av infiltrasjonsevne. Formelen under tar hensyn til vannføringen ut fra alle våte sider i prøvegropen ved beregning av infiltrasjonsevne:

$$K_{sat} = (\Delta h / ((4ab + b^2) * t))$$

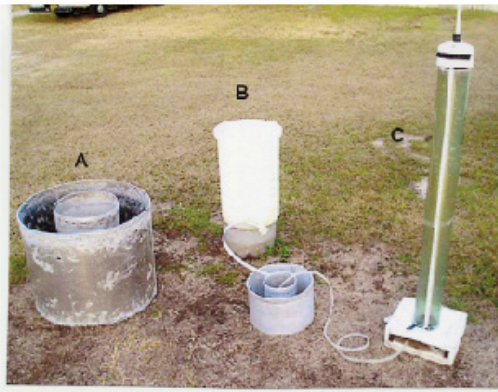
Der h [m] er endret vannhøyde i prøvegropa per tid t [s], a er høyden [m] på vannmettet jord i gropa (høyden på vannmettet svamp) og b er lengden [m] av sidene i det kvadratiske hullet (svampens bredde).



Figur 6: Måling i prøvegropp.

### Dobbelring / Måling med to-rings infiltrometer

Figur 6 viser to infiltrometerstørrelser /15/. Den største utgaven, A på figur 4, har en ytre ring med diameter 60 cm og en indre med diameter 30 cm. For den minste (B) er målene på ringene henholdsvis 30 og 15 cm. Et spesielt måleutstyr, Mariottes sifong (C), måler vanntilførselen til den indre ringen og sørger for konstant vannstand.



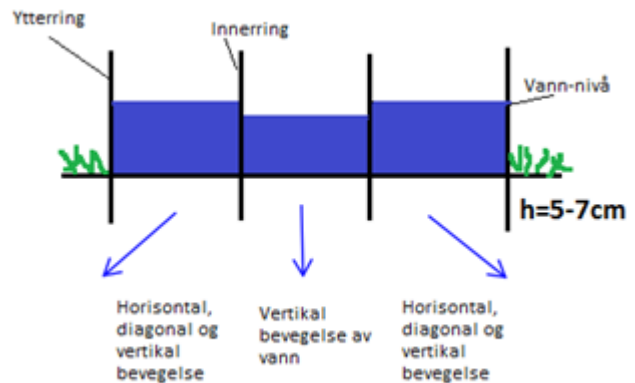
Figur 7 Infiltrometere.

Begge ringe bankes forsiktig ca 15 cm ned i bakken, først den minste og så den største. Ringene skal stikke opp minst 12 cm. Begge ringene fylles med vann til en høyde av ca 10 cm. Ifyllingen i indre ring skjer med forsiktighet for å unngå omrøring. Infiltrasjonshastigheten i indre ring måles. Når denne har blitt konstant, har man kommet frem til den hastigheten som benyttes ved beregningen av jordens hydrauliske ledningsevne. Dobbelring-infiltrometeret vises i figur 7.



Figur 8: Dobbelring-infiltrometer.

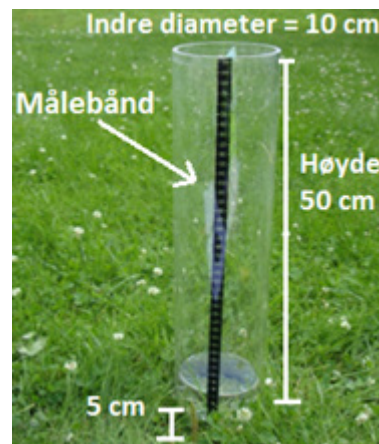
Grunnen til at man benytter to ringe, er for å redusere effekten av sideveis infiltrasjon (figur 8). Dess større ringene er, dess mindre blir feilen på grunn av sideveis infiltrasjon. Imidlertid øker behovet for vann for gjennomføringen av målingen med størrelsen på ringene. Siden vannet vanligvis må transporteres til prøvestedet, begrenser dette valg av ringstørrelse.



Figur 9 Tverrsnitt av dobbelring-infiltrometer som viser vertikal strømning i indre ring og både vertikal og horisontal strømning i ytre ring.

### MPD – Modifisert Phillip-Dunne infiltrometer

MPD er en enkel metode for å måle overflateinfiltrasjon /16,17/. MPD-infiltrometeret (figur 9) kan f.eks bestå av en gjennomsiktig pleksiglass-sylinder med en indre diameter på 10 cm og en høyde på 50 cm. På siden av sylindere er det festet et målebånd som benyttes for å lese av vannhøyde over tid.



Figur 10: MPD-infiltrometer.

Fordelen med bruk av MPD-infiltrometer er at flere MPD-rør kan plasseres utover et område og flere målinger kan gjennomføres samtidig. Dette gir en god dekning av variasjon i inf.evne på en tomt. Metoden krever lite utstyr og vann for gjennomføring. Gjennomføringen av forsøket er forholdsvis rask sammenlignet med andre metoder.

MPD-infiltrometeret overestimerer infiltrasjonsevnen pga sideveis infiltrasjon. Det bør korrigeres for dette /13/;

Finkornige jordarter (leirholdig jord):

Korrigert infiltrasjon =  $0,6 \cdot$  målt infiltrasjon

Grovkornige jordarter (letteire, siltige- og sandige jordarter):

Korrigert infiltrasjon =  $0,8 * \text{målt infiltrasjon}$

MPD infiltrometeret er egnet for å måle infiltrasjonsevne på bl.a. grøntarealer og filtermedium i regnbud. Det er ikke egnet til bruk på steinholdig jord, da røret fort vil slå sprekker og bli ødelagt når det settes ned.

MPD-rør (rør av pleksiglass med målebånd på utsiden) kan bestilles fra lokale instrumentverksteder. Det er evt. mulig å lage MPD-røret med metall i enden slik at det er mer robust.

## 4

## LØSNINGER

### 4.1 INFILTRASJON PÅ GRESSPLENER

Det er vanlig å lede takvann og avrenning fra veier og plasser i boligområder til gressdekket mark for infiltrasjon. Gressplener har som regel betydelig infiltrasjonskapasitet. Er de tette flatene som skal avvannes større enn infiltrasjonsflaten, bør infiltrasjonskapasiteten bestemmes ved måling.

Det er viktig med god spredning av tilløpet til infiltrasjonsområdet slik at det ikke oppstår erosjon og dannelse av kanaler. Videre må det påses at eventuelt overskuddsvann ikke tilføres naboeiendommer. For å unngå at det oppstår dammer, bør det i lavpunkter etableres dremsledning og videre lokal håndtering av overvannet, eller evt. søkes om påslipp til kommunalt ledningsnett.

### 4.2 INFILTRASJONGRØFTER

Slake gresskleddede grøfter (eng.: swales) benyttes ofte for fordrøyning, infiltrasjon og bortledning av avrenning fra veier og parkeringsplasser etc. Slike grøfter har minimalt fall (maks 2 %), og sideskråningene er så slake at gresset kan slås med vanlig gressklipper. Så vel fordrøynings som infiltrasjonskapasiteten forbedres om det legges steinfylling under grøftens bunn.

Figur 11 og 12 viser eksempler på forskjellige utførelser av fordrøynings- og infiltrasjonsgrøfter i boligområder. I figur 11 er grøfta på det nærmeste fylt med stein. Denne grøfta er til enhver tid tørr. I figur 11 vil det stå vann i forbindelse med nedbør.

Veivann fra trafikkerte veier bør forsedimenteres før det ledes til infiltrasjonsgrøft for å bl.a. unngå gjentetting. Røtter og jordboende organismer (f.eks. meitemark) har en positiv effekt på infiltrasjonen ved at de kan lage kanaler for infiltrasjon /6a og 6b/.



Figur 11 Steinfylt infiltrasjonsgrøft i boligområde



Figur 12 Åpen fordrøynings- og infiltrasjonsgrøft i boligområde

### 4.3 INFILTRASJONSDAMMER

Det kan etableres infiltrasjonsarealer for midlertidig håndtering av overvann eller oversvømmelse. Slike flerfunksjonelle arealer kan ellers være en del av parker, idrettsanlegg, gårdsrom eller byrom.

Amerikanske retningslinjer /18/ angir at tømme-tiden for et infiltrasjonsareal ikke skal overskride 48 timer. Grunnens hydrauliske kapasitet og valgt tømme-tid er bestemmende for arealets størrelse og nivå til terskler. Tungtrafikk i byggeperioden over infiltrasjonsarealet må unngås da det reduserer den hydrauliske ledningsevnen.

## 4.4 Infiltrasjonssandfang

Infiltrasjonssandfang kombinerer de to funksjonene infiltrasjon og sandfang. Det er en nyttig løsning, spesielt for håndtering av overvann fra veier.

## 4.5 Permeable dekker

Hensikten med porøse dekker er i infiltrasjonssammenheng å minske overflateavrenningen. De vanligste former for porøse dekker er:

- Permeabel asfalt.
- Brolegning med vanlig belegningsstein av betong
- Brolegning med porøs belegningsstein
- Armert gress

De permeable dekkene har som regel en underbygning av drenerende masser som leder bort det vannet som infiltreres. Infiltrasjonskapasiteten for permeable dekker er vanligvis god til å begynne med. Den avtar raskt om dekkene tilføres finstoff. Etter to år kan infiltrasjonskapasiteten være redusert til under halvparten /5/. Ved gatefeiling og kraftig støvsuging kan man få tilbake noe av infiltrasjonskapasiteten. Effekten av denne behandlingen er imidlertid meget kortvarig.

I Figur 13 viser bruk av armert gress.



Figur 13 Eksempel på hullsteinsdekke på privat grunn /19/

## 4.6 Infiltrasjon i regnbed

Regnbed er et overvannstiltak som fremmer infiltrasjon, både på overflaten og i dypere jordlag. Det bør anlegges en sedimentasjonskasse i innløpet for å fange opp partikulært materiale og lette drift og vedlikehold. Overvann fra omkringliggende arealer infiltreres i filtermediet og videre ned i dypere jordlag, direkte eller via overløp på overflaten dersom infiltrasjon er begrenset.

Regnbed kan fungere under frost dersom det er godt drenert og har mulighet til å lede avrenning ned i dypere jordlag til frostfri sone. Regnbed har flere fordeler i forbindelse med rensing og fordrøyning av overvann, estetisk verdi m.m. /3/.

## 4.7 Luftrykkblåsing

Luftrykkblåsing kan benyttes for å forbedre infiltrasjonsevnen på eksisterende grøntarealer. Det har en midlertidig effekt.

## 4.8 Fordrøyningsmagasin

Fordrøyningsmagasiner uten membran har noe infiltrasjon. Det er viktig å etablere fiberduk og ha mulighet for spyling for å få bort slam.

Som løsning for fordrøyningsmagasin med infiltrasjon finnes det betongløsninger med åpen bunn, kassettløsninger med åpne sidekanter og overvannsrør med delvis åpning for infiltrasjon av overvann.

## 4.9 DRIFT AV INFILTRASJONSANLEGG

Infiltrasjonsanlegg er enkle å drifte og vedlikeholde. Imidlertid er det av avgjørende betydning at partikkelfjerningen før vannet går til infiltrasjon er effektiv. Partikkelfjerningen skjer i rikelig dimensjonerte sandfang og/eller sedimenteringsbassenger. I disse anleggene fjerner man også eventuelt oljesøl. Forsømmer man å tømme sandfang og sedimenteringsbassenger, tettes infiltrasjonsflatene og infiltrasjonen opphører.

Andre driftspunkter er:

- Klipping av gress
- Fjerning av eventuell søppel
- Vanning og generell skjøtsel av grøntanlegg

Når en infiltrasjonsdamms kapasitet etter forhåpentligvis lang tids drift ikke lenger er tilstrekkelig, må topplaget fjernes og erstattes med et nytt lag permeable masser. Dette er også aktuelt for gresskleddede grøfter (eng.: swales).

Det må avklares hvem som har ansvar for drift og vedlikehold av anlegget, og hva som skal gjøres i forbindelse med dette. Dette må avklares i prosjekteringen.



Henvisninger:		Utarbeidet:	nov 2009	Svein Endresen
/1/	Hendriks, M.R. (2010). <i>Introduction to Physical Hydrology</i> . Oxford University Press.	Revidert:	aug. 2019	Sweco Norge AS (Elisabeth B. Solheim og Torbjørn Friborg)
/2/	Braskerud, B. C., Kihlgren, K. S., Saksether, V. and Bjerkholt, J. T. (2012). Hydrologisk testing av regnbed for bruk som LOD-tiltak i småhusbebyggelse. <i>Vann</i> , 4 (47), 490-503.	/11/		Feltinstruks for jordsmonnkartlegging (Mjaavatten, 2008).
/3/	Paus, K. H. and Braskerud, B. C. (2013). Forslag til dimensjonering og utforming av regnbed for norske forhold. <i>Vann</i> , 1 (48), 54-67.	/12/		NVE. Rapport nr 14 2006: Grunnvannsanalyse av Groset nedbørsfelt
/4/	Braskerud, B. C., Paus, K. H. (2016). <i>Regnbed for lokal flomdemping</i> . Faktaark Oslo kommune Overvann	/13/		Solheim, E.B. (2018). <i>Måling av infiltrasjon for lokal overvannsdiskonponering</i> . Faktaark Oslo kommune Overvann.
/5/	Dr Sönke Borgwardt: <i>Permeable Block Paving Systems 2003</i>	/14/		Bioforsk (2009). <i>Bruksanvisning infiltrrometer</i> .
/6/	Schmidt, I., French, H., Mæhlum, T. (2019). <i>Infiltrasjon av urbant overvann i grøntanlegg</i> . <i>Vann</i> , 2 (54), 89-101.	/15/		<i>Applied Turfgrass Science 2005</i>
/7/	Solheim, E.B. (2017). <i>Infiltrasjon for lokal overvannsdiskonponering (LOD)</i> . Vurdering av metoder for å måle infiltrasjon på lokal tomt. Masteroppgave NMBU. To bind: Oppgave og vedlegg, <a href="https://brage.bibsys.no/xmlui/handle/11250/24">https://brage.bibsys.no/xmlui/handle/11250/24</a>	/16/		Ahmed, F., Gulliver, J.&Nieber, J.(2011). <i>A new technique to measure infiltration rate for assessing infiltration of BMPs</i> . 12th International Conference on Urban Drainage, 2011, Pporto Alegre – RS-Brasil.
/8/	Solheim, E.B, French, H.K. og Braskerud, B.C. (2018). <i>Måling av infiltrasjon fra overflaten for bruk av åpen LOD i praksis</i> . <i>Vann 03 2017</i> .	/17/		Nestingen, R. S. (2007). <i>The Comparison of Infiltration Devices and Modification of the Philip-Dunne Permeameter for the Assessment of Rain Gardens</i> . Ph.D. thesis, University of Minnesota.
/9/	Domenico & Schwartz (2005). <i>Physical and chemical Hydrology, second edition</i> .	/18/		<i>Development Standards City of Bellevue USA</i>
/10/	Becker, M. A. (2016). <i>Assessment of Downspout Disconnection by Modeling Infiltration Potential in Urban Areas</i> . Masteroppgave NTNU, <a href="http://hdl.handle.net/11250/2402865">http://hdl.handle.net/11250/2402865</a> . Kortversjon er presentert i Becker m.fl. (2016). <i>Trinn 1: Reduser overvannet i avløpsnett ved å frakoble taknedløp</i> . <i>Vann nr 4/2016; 359-369</i> .	/19/		<i>Peter Stahre: En langsiktig hållbar dagvattenhantering. Planering och exempel2004</i>