

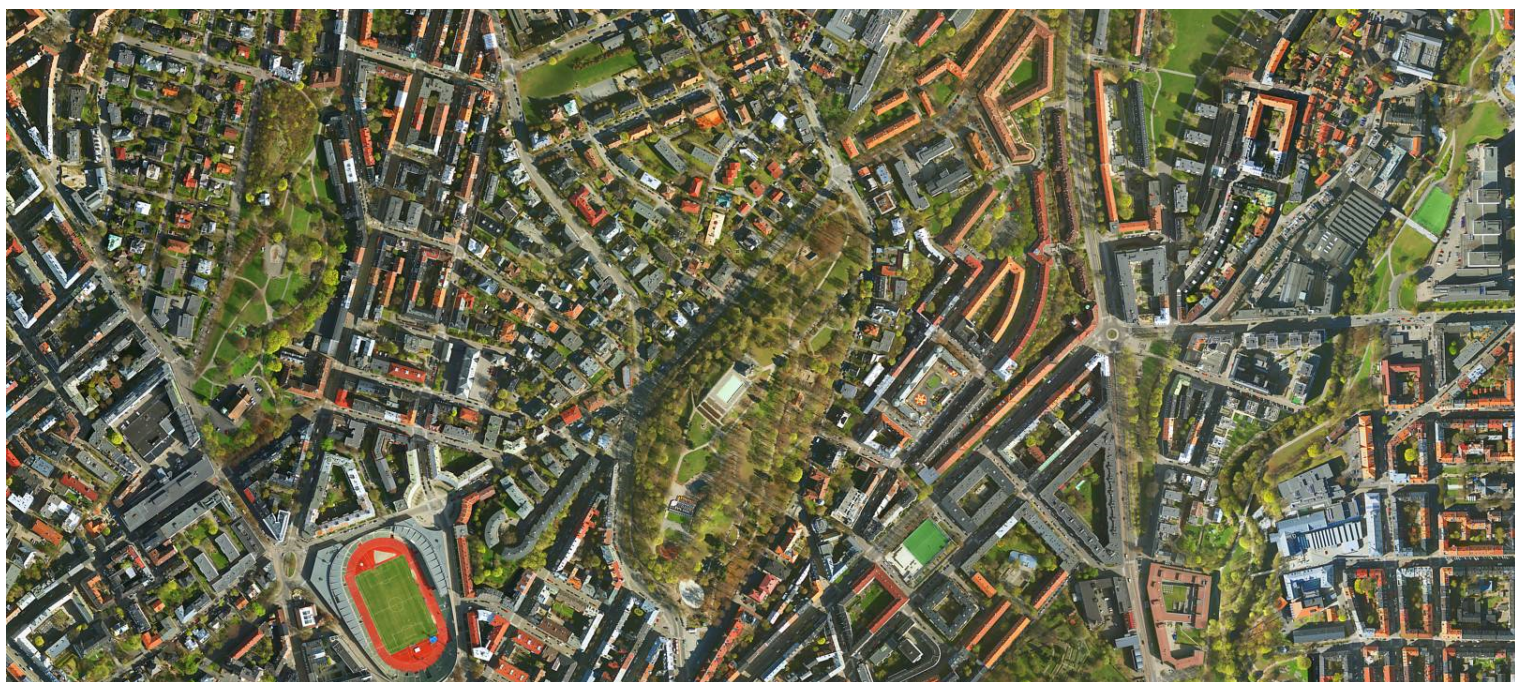


**NIBIO**

NORSK INSTITUTT FOR  
BIOØKONOMI

# Kunnskapsstatus: Plen som tiltak for lokal overvannsdiskonering (LOD)

NIBIO RAPPORT | VOL. 4 | NR. 160 | 2018



Hans Martin Hanslin, Ingvild Schmidt, Trond Mæhlum, Håkon Borch, Trond Knapp Haraldsen,  
Trygve S. Aamlid

Divisjon for miljø og naturressurser, Avdeling for grøntanlegg og miljøteknologi

## TITTEL/TITLE

Kunnskapsstatus: Plen som tiltak for lokal overvannsdiskonering (LOD)

## FORFATTER(E)/AUTHOR(S)

Hanslin HM, Schmidt I, Mæhlum T, Borch H, Haraldsen TK, Aamlid TS

DATO/DATE:	RAPPORT NR./ REPORT NO.:	TILGJENGELIGHET/AVAILABILITY:	PROSJEKTNR./PROJECT NO.:	SAKSNR./ARCHIVE NO.:
11.12.2018	4/160/2018	Åpen	11371	18/01729
ISBN:	ISSN:	ANTALL SIDER/ NO. OF PAGES:	ANTALL VEDLEGG/ NO. OF APPENDICES:	
978-82-17-02226-8	2464-1162	30		

## OPPDRAAGSGIVER/EMPLOYER:

Norges Gartnerforbund/ferdigplengruppa

## KONTAKTPERSON/CONTACT PERSON:

Ole Christian Trandem

## STIKKORD

Dimensjonering, fordrøyning, hydraulisk kapasitet, infiltrasjon, jordart, metaanalyse, plen, plenskjøtsel, rotutvikling, vannkvalitet,

## FAGOMRÅDE

Grøntanlegg og miljøteknologi

## SAMMENDRAG/SUMMARY:

Plenarealer kan inngå som en integrert del av byenes lokale overvannsdiskonering (LOD). I denne rapporten ser vi på kunnskapsgrunnlaget rundt infiltrasjon og diskuterer konsekvenser for skjøtsel og flerbruk av plenarealene. Vi fant at målte mettede infiltrasjonsrater for norske plenarealer på sandig jord og lette leirarter ligger i gjennomsnitt på rundt 10 cm/time i vekstsesongen med vesentlig høyere estimater for sandbaserte masser. Sammen med terrengutformingen vil de hydrauliske egenskapene til undergrunnsmassene og oppbygningen av vekstmassene bestemme kapasiteten for overvannshåndtering til plenarealene og evt. problemer med uønsket oppstuvning. Målrettet oppbygning av massene gir et stort potensiale for infiltrasjon av overvann ved etablering av grøntområder, men fordeling av overvann på eksisterende plen kan også gi store bidrag til LOD.

Bruk av plenarealer til overvannshåndtering vil kreve en mer målrettet skjøtsel for å opprettholde porestrukturen og unngå thatch, som lufting og toppdressing. For å unngå tilslemming kan det også være behov for mindre finstoff i det øverste laget av vekstmassene når plen anlegges direkte med frø og i mattene av ferdigplen. Det er fremdeles et betydelig behov for mer kunnskap om infiltrasjonskapasitet, dimensjonering og utforming for å utnytte plenarealer bedre som en integrert del av byenes overvannshåndtering under ulike klima og jordforhold.

## GODKJENT /APPROVED

Roald Sørheim

DIVISIONSDIREKTØR

## PROSJEKTLEDER /PROJECT LEADER

Håkon Borch

PROSJEKTLEDER



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR  
BIOØKONOMI

# Forord

Plenarealer kan inngå som en integrert del av byenes lokale overvannsdiskonering (LOD), men det er behov for mer kunnskap om arealenes infiltrasjonskapasitet, dimensjonering og utforming. På oppdrag for Ferdigplengruppen i Norsk Gartnerforbund har NIBIO utarbeidet en kunnskapsstatus og vurdering av bruk av plen til infiltrasjon og fordrøyning i lokal overvannsdiskonering. Dette arbeidet er blant annet basert på vår strategiske instituttsatsing *Grønne byer - multifunksjonelle grøntmiljø for å begrense forurensninger og flommer i byer og tettsteder*. Vi gir noen estimater på forventet infiltrasjonskapasitet, men peker også på kunnskapshull som må tettes for å kunne bruke plenarealer som en integrert løsning i LOD.

Håkon Borch har vært prosjektleder og medforfatterne har bidratt til ulike deler av rapporten. Vi takker Svein Ole Åstebøl for bruk av bilder/figurer.

Landvik / Særheim / Ås, 10. desember 2018



Håkon Borch

Prosjektleder

# Innhold

Sammendrag.....	5
1 Plen som tiltak for lokal overvannsdiskonering.....	6
2 Infiltrasjon i jord.....	8
2.1 Måling av infiltrasjon.....	8
2.2 Betydning av jordegenskapene for infiltrasjon.....	10
2.2.1 Jordas tekstur og struktur.....	10
2.2.2 Mineralmaterialets sorteringsgrad.....	11
2.2.3 Betydning av det organisk materialet i jorda.....	11
2.2.4 Vannavstøtende jord og ‘finger flow’.....	12
2.2.5 Hydraulisk kapasitet.....	12
2.2.6 Betydning av hvordan jorda er dannet.....	12
2.2.7 Bruk av løsmasseskart og behovet for grunnundersøkelser.....	13
2.3 Betydning av komprimering, vegetasjon, rotutvikling og meitemark.....	13
2.3.1 Maskinbruk og komprimering ved anlegg av plen.....	13
2.3.2 Betydning av vegetasjon og rotutvikling.....	13
2.3.3 Utvikling av infiltrasjon etter legging av ferdigplen kontra direktesåing.....	14
2.4 Betydning av kjølig vinterklima.....	14
3 Målte infiltrasjonsrater i grøntarealer.....	16
3.1 Metodikk metaanalyse.....	16
3.2 Estimerer på infiltrasjonsrate.....	16
3.2.1 Gruppering etter jordart.....	16
3.2.2 Gruppering etter type grøntareal.....	18
3.2.3 Gruppering etter målemetode.....	19
4 Oppskalering og praktisk tilrettelegging.....	21
4.1 Bruk av plen ved planlegging og dimensjonering av LOD.....	21
4.2 Ulike måter for å tilføre overflatevannet på plenarealene.....	22
5 Virkning på vannkvalitet.....	24
6 Virkning av oversvømmelse på plenkvalitet, samt konsekvenser for skjøtsel og bruk.....	26
7 Kunnskapshull og forskningsbehov.....	27
Referanser.....	28

# Sammendrag

Økende urbanisering og større nedbørintensiteter stiller større krav til lokal overvannsdiskonering (LOD) i byer og tettsteder. Plenarealer kan inngå som en integrert del av byenes overvannshåndtering med bidrag til alle trinnene i treleddsstrategien (1) 'infiltrasjon', (2) 'fordrøyning' og (3) 'sikre flomveier'. I denne rapporten ser vi på kunnskapsgrunnlaget rundt infiltrasjon og diskuterer konsekvenser for skjøtsel og flerbruk av plenarealene. Diskusjonen er basert på en gjennomgang av vitenskapelig litteratur med systematiske søk og en enkel metaanalyse supplert med data fra nye mastergradsoppgaver og norske rapporter og upubliserte arbeidnotater.

Målte mettede infiltrasjonsrater for norske plenarealer på sandjord og lette leirjordsarter ligger i gjennomsnitt på rundt 10 cm/time i vekstsesongen, med betydelig høyere estimater for sandbaserte vekstmasser. Med tanke på bygenedbør kan plenarealer derfor gi et vesentlig bidrag til LOD i urbane områder hvis vann fra tette overflater som tak og parkeringsplasser ledes ut på og fordeles over plenarealene. Jordart, jordstruktur/komprimering, rotutvikling og den hydrauliske kapasiteten til hele jordprofilen er avgjørende. Sammen med terrengutforming vil disse faktorene bestemme plenarealenes kapasitet for overvannshåndtering og eventuelle problemer med uønsket oppstuvning nedstrøms. Sandjord vil normalt kunne infiltrere mer vann enn silt- og leirjord, men selv litt tyngre jordarter som siltig lettleire og siltig mellomleire kan ha en god infiltrasjonsrate hvis det er god aggregering og plenen er etablert uten unødig komprimering av jorda. Ved målrettet oppbygning av vekstmassene er det et stort potensiale for infiltrasjon av overvann, enten det store arealer med plen med god vannlagringsevne eller mindre og mer spesialiserte anlegg som regnbed, infiltrasjonssoner eller infiltrasjonsbasseng. Jord anbefalt til grøntanlegg som sand, siltig sand, lettleire og sandig lettleire vil alle være godt egnet til økt bruk av plenarealer til overvannshåndtering. Infiltrasjon i plen vil også ha en viktig funksjon ved at vannet renses for sedimenter, plantenæringsstoffer, tungmetaller og organiske miljøgifter. Bruk av plen og grasdekke vil også være med å sikre flomveier mot erosjon.

Økt bruk av plenarealer til overvannshåndtering stiller krav om mer målrettet skjøtsel for å opprettholde porestrukturen og sikre graskvaliteten. Plen brukt til infiltrasjon av vann fra impermeable flater bør luftes og dresses når plenen tørker opp, og behovet for regelmessig gjødsling vil være større enn for andre plenarealer. Plener som nyttes til infiltrasjon bør skjermes for unødig tråkk og slitasje, spesielt i perioder når jorda inneholder mye vann.

Ved anlegning av nye plenarealer der infiltrasjon er et viktig mål anbefales det å benytte en sandholdig jordtype som underlag. Dette gjelder også ved produksjon av ferdigplen til slike arealer.

Det er et betydelig behov for mer kunnskap om infiltrasjonskapasitet, dimensjonering og utforming for å utnytte plenarealer bedre som en integrert del av byenes overvannshåndtering under ulike klima og jordforhold.

# 1 Plen som tiltak for lokal overvannsdiskonering

Nedbørsmønsteret og graden av urbanisering gjør at norske byer og tettsteder i et framtidig våtere klima vil ha problemer med å håndtere store nedbørsmengder med dagens avløpsløsninger. På den ene sida er det klare tendenser til større nedbørintensiteter ved bygenedbør, men gjentatte episoder med kraftig nedbørutløsning fra frontnedbør over store områder har skapt oversvømmelse og flom mange steder i Norge i de siste årene. Det er derfor behov for mer lokal håndtering av overvann, både som ressurs og for å unngå overbelastning av avløpsanlegg. Ved store nedbørsmengder skal mest mulig av vannet holdes tilbake eller ledes bort med minst mulig risiko for skader. Disse prinsippene er innarbeidet i tretrinnsstrategien for overvannshåndtering (Lindholm m. fl. 2008). De tre trinnene går ut på å:

1. fange opp og infiltrere små nedbørsmengder lokalt
2. forsinke og fordrøye større nedbørsmengder
3. sikre trygge flomveier for ekstremnedbør

Braskerud og Paus (2018) har senere foreslått å legge til et trinn 0- planlegging.

Plenarealer kan ha en rolle i alle trinnene 1-3. For det første kan plen infiltrere ikke bare eget vann, men også vann fra nærliggende tak, veier og andre tette flater slik at vannet holdes tilbake i jorda. For det andre kan terrenget på plenarealene utformes med forsenkninger og tørre fordrøyningsbassenger med formål å samle opp og holde tilbake større mengder vann som så slippes sakte ut. For det tredje kan plenene utformes som graskledde flomveier som leder vann forsvarlig ut av bebygde områder eller direkte til resipient. Graskledde grøfter langs veier og mellom bebyggelse og veier er eksempel på dette (Figur 1). Plenarealene vil også gi bedre vannkvalitet ved at vannet filtreres gjennom gras og jorda under. Internasjonalt er det en klar trend til å planlegge anlegg og skjøtsel av offentlige plener fra et flerbruksperspektiv.

Bruk av plenarealer til fordrøyning og flomveier er enkle tekniske tiltak, men kan være vanskelig å gjennomføre i etablerte parkanlegg og tette byområder. Det er stor usikkerhet knyttet til infiltrasjonskapasiteten og den lokale håndteringen av vannet. Kapasiteten til å infiltrere vann fra omkringliggende arealer avhenger av infiltrasjonsraten, jordas hydrauliske kapasitet, omfanget av grasarealer i forhold til andre permeable og impermeable flater og hvordan vannet ledes inn på og fordeles over arealene. Det kreves kunnskap om jordfysikk og -hydrologi for å vurdere dette som et LOD tiltak og eventuelt gjøre tiltak for å forbedre overvannshåndteringen. Per nå foreligger det ingen sammenstilling av denne kunnskapen.

I denne rapporten tar vi fram noen kritiske faktorer for å lykkes med bruk av plen for å få vannet til i trenge ned i jorda (infiltrasjon). Vi har gjennomført en litteraturgjennomgang for å få oversikt over internasjonal kunnskapsstatus på området. Data ble ekstrahert fra artikler med godt dokumenterte målinger, og en metaanalyse ble gjennomført på infiltrasjonsrater i ulike typer grøntarealer og ved ulike urbane jordforhold. Hovedfokus var på plen, men andre typer grøntarealer, bl.a. vegeterte infiltrasjonssoner, ble tatt med for sammenlikning. Litteraturstudien forsøker å svare på konsekvenser for kvalitet og skjøtsel av grasarealene, betydning av tilpassede vekstmasser, effekter på vannkvalitet og hvordan vannet bør fordeles. Vi peker også på noen kunnskapshull som vi mener bør undersøkes nærmere dersom plenarealer skal benyttes mer systematisk for håndtering av overvann i byer og tettsteder.



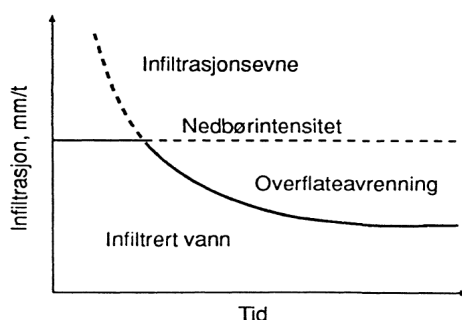
Figur 1. Eksempler på infiltrasjonsområder i plen for overvann i tettbebyggelse. Øverst ledes veivann ut i grasdekket infiltrasjonssone og nederst er det både veivann og takvann som ledes til infiltrasjonsområdet (Växsjö i Sverige, foto: Göran Lundgren). Kilde: Åstebøl m. fl. (2013).

## 2 Infiltrasjon i jord

Infiltrasjon er prosessen der vann trenger gjennom jordoverflaten og ned i de umettede lagene (markvannssonen) over grunnvannet. Denne prosessen er drevet av gravitasjon, tilgjengelig porekapasitet og kapillærkrefter i poresystemet. Når vannmengden i den umettede sonen kommer over feltkapasiteten, vil overskuddsvannet under ideelle forhold perkolere ned til grunnvannet gjennom poresystemet i jorda.

### 2.1 Måling av infiltrasjon

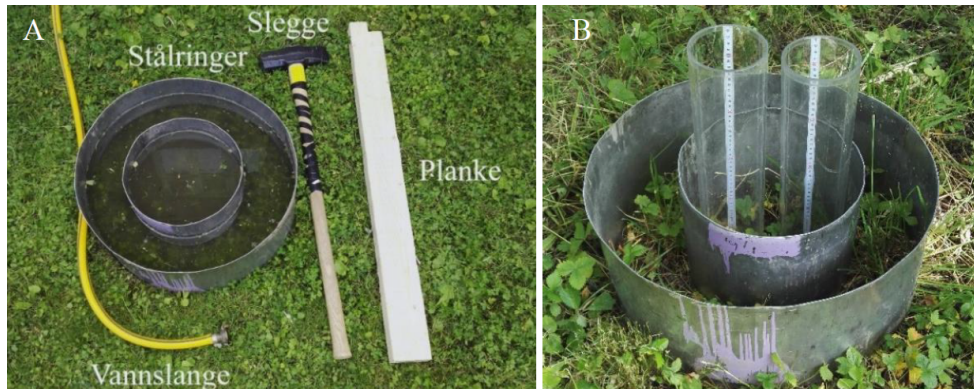
Infiltrasjonsraten (mm/min eller cm/time) beskriver hvor raskt vannet trenger ned i jorda. Denne vil være en funksjon (Hortons likning) av en startverdi og en sluttverdi for infiltrasjonen, samt en reduksjonskomponent. I starten av en nedbørsepisode, når jorda er svakt fuktig og med mye tilgjengelig (luftfylt) porevolum, er infiltrasjonen vanligvis rask. Etter hvert som porevolumet fylles med vann og jordlaget mettes, avtar infiltrasjonsraten eksponentielt til en nær konstant sluttverdi definert som mettet hydraulisk ledningsevne ( $K_{sat}$ ) (Figur 2). Et plenareals evne til å infiltrere større mengder lokalt overvann bestemmes av den mettede hydrauliske ledningsevnen samt løsmassenes hydrauliske kapasitet, målt i  $m^3/døgn$ , på det aktuelle arealet.



Figur 2. Infiltrasjonsrate som funksjon av tid ved konstant nedbørsintensitet (Bøyum m. fl. 1997).

Infiltrasjonsraten kan måles med ulike teknikker og utstyr som opererer under ulike forutsetninger og med ulik grad av presisjon (Solheim 2017, Schmidt 2018). Enkeltring-infiltrrometer, dobbeltringinfiltrrometer, Mariotte infiltrrometer, modifisert Philip-Dunne infiltrrometer og gropinfiltrasjon blir benyttet til dette formålet (Figur 3). Tilnærmingene er forholdsvis enkle. Det tilføres vann i overskudd på jordoverflaten og infiltrasjonsraten måles som senkning i høyde på vannsøyle per tidsenhet eller som mengde tilført vann for å holde høyden på vannsøylen konstant. Jorda under målepunktet må være mettet med vann før stabile resultater oppnås. Siden både jordtekstur, makroporer og rotutvikling kan variere på korte avstander (meter) er vanligvis flere målinger nødvendig for å estimere infiltrasjonsraten for et gitt område.

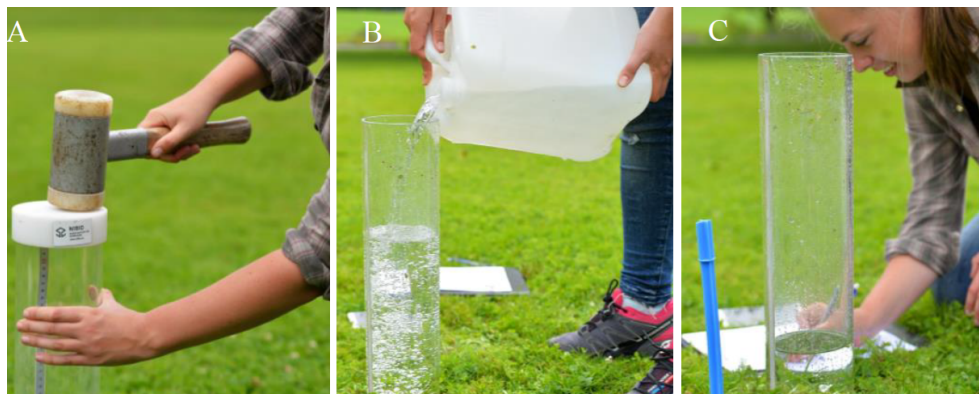




*Dobbeltring infiltrrometer med MPD rør i bilde B for sammenlikning*



*Mariotte sylindere - infiltrrometer*



*Modifisert Philip-Dunne (MPD) infiltrrometer*

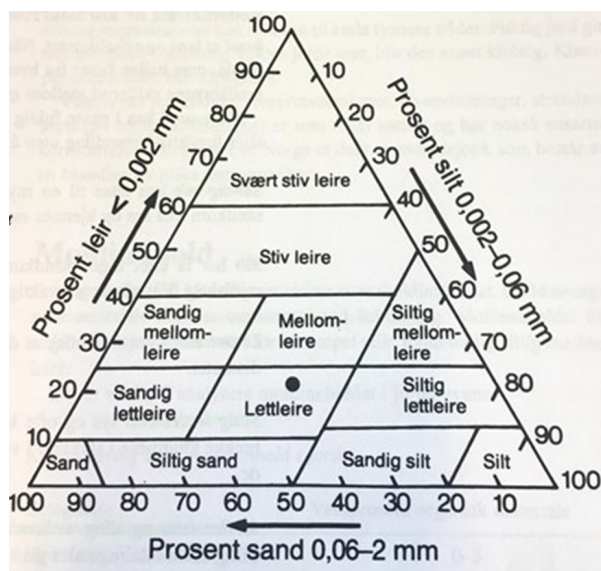
**Figur 3.** Eksempel på ulike infiltrrometre omtalt i rapporten.

## 2.2 Betydning av jordegenskapene for infiltrasjon

I vårt klima er infiltrasjonen på arealer med plantedekke mer bestemt av jordegenskapene enn av vegetasjonen som vokser opp på jorda (Thompson m. fl. 2010). Ettersom bevegelsen av vann i jord bestemmes av gravitasjon, jordas porøsitet og kapillærkrefter, vil jordegenskapene og jordfuktigheten være avgjørende for muligheten til å infiltrere vann på plenarealer. En grundigere gjennomgang av disse faktorene følger nedenfor.

### 2.2.1 Jordas tekstur og struktur

Tekstur (kornstørrelsesfordeling) og struktur (hvordan korna er aggregert og pakket i forhold til hverandre) er avgjørende for porøsiteten og dermed for den hydrauliske ledningsevnen. I mineraljord er det kornstørrelsesfordelinga som gir grunnlag for å beskrive en jordart, som for eksempel sandjord, siltjord, leirjord og kombinasjoner (Figur 4). Stor kornstørrelse kombinert med liten komprimering og stabile aggregater gir grunnlag for god infiltrasjon. Et eksempel på veiledende tall for mettet hydraulisk ledningsevne for ulike jordarter er vist i Tabell 1.



Figur 4. Klassifisering av mineraljord basert på vektprosent av sand, silt og leir.

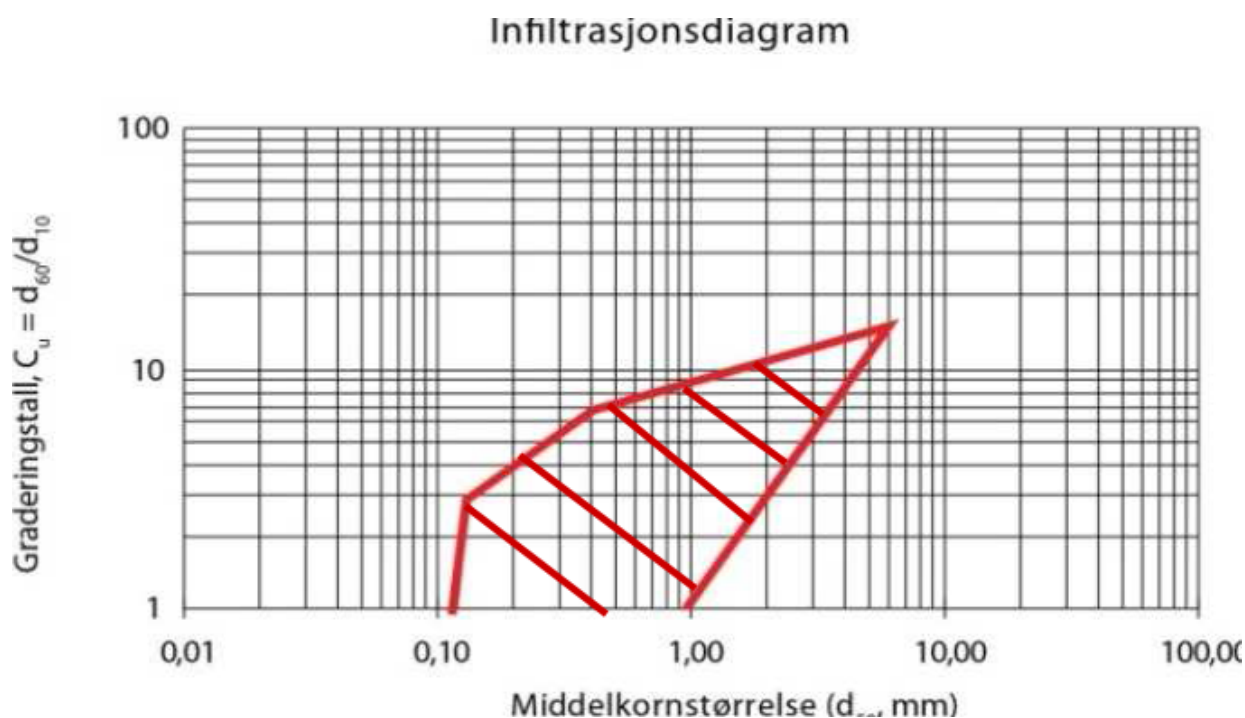
Tabell 1. Mettet hydraulisk ledningsevne (= minimum infiltrasjonsrate) for ulike jordarter (Rossman m. fl. 2010).

Jordtekstur	Mettet hydraulisk ledningsevne (cm/time), $K_{sat}$
Sand	12
Siltig sand	3,0
Sandig lettleire	1,1
Lettleire	0,3
Sandig mellomleire	0,7
Mellomleire	0,15

## 2.2.2 Mineralmaterialets sorteringsgrad

Sorteringsgraden (graderingstallet) uttrykker variasjonen i kornstørrelse og oppgis ofte ved  $D_{90}/D_{10}$ , eventuelt  $D_{60}/D_{10}$ , der  $D_{90}$ ,  $D_{60}$  og  $D_{10}$  er de diameterne på siktesålda som henholdsvis 90, 60 og 10% av korna faller gjennom. Jo mindre  $D_{90}/D_{10}$  (eller  $D_{60}/D_{10}$ ) er, jo mer ensartet, dvs. bedre sortert, er vekstmassen. Godt sorterte masser med jevnstore hulrom mellom korna gir høy permeabilitet, og vannet får god mulighet for gjennomstrømming.

Kornfordelingsdiagram og infiltrasjonsdiagram som viser middelkornstørrelse og sorteringsgrad (Figur 5) benyttes for å karakterisere jord som benyttes til infiltrasjon av avløpsvann. Godt sortert sandholdig jord med middelkornstørrelse  $>0,5$  mm egner seg godt for infiltrasjon, men har svært begrenset vannlagringsevne. Dette gjenspeiles for eksempel i retningslinjene for konstruksjon av golfgreener der det er et krav at 60 % av sandkorna skal være i størrelsen 0,25 – 1,0 mm, og at den metta hydrauliske ledningsevnen etter komprimering skal være minst 15 cm/time (USGA 2018).



Figur 5. Et eksempel på infiltrasjonsdiagram som angir et skravert område med gode filtermasser ut fra kornstørrelse og sorteringsgrad ( $d_{60}/d_{10}$ ). Mindre enn 2% av korna bør være i silt eller leirfraksjonen, dvs.  $<0,063$  mm.  $d_{10}$  bør være  $>0,1$  mm og  $d_{50}$  bør være  $>0,3$  mm (Åstebøl m. fl. 2013).

## 2.2.3 Betydning av det organisk materialet i jorda

Ved anlegg av ny plen i byer og tettsteder brukes ofte konstruert anleggsgjord som hovedsakelig er satt sammen av sand og ulike typer organisk materiale (Haraldsen & Krogstad 2017). Ved sammensetning av slik jord vil infiltrasjonen som regel avta med økende innhold av organisk materiale i jorda. En slik sammenheng er vist tydelig på golfgreener der f.eks. Blombäck (2008) påviste at den mettede hydrauliske ledningsevnen ( $K_{sat}$ ) på 10-20 cm djup i nyetablerte greener var 46, 35 og 17 cm/t på rotsoner med samme type sand, men med innhold av organisk materiale på henholdsvis 2, 3 og 4 %. Men den samme studien viste også at denne forskjellen ble utvisket etter hvert som greenen ble eldre og selv akkumulerte organisk materiale. Etter fem år hadde således  $K_{sat}$  avtatt til 10-20 cm/t uavhengig

av opprinnelig innhold av organisk materiale. Tilsvarende resultater er rapportert i engelske (Baker 2004) og amerikanske (Gaussion m. fl. 2006) studier.

#### 2.2.4 Vannavstøtende jord og 'finger flow'

Det er ofte stor horisontal variasjon i hvor mye vann som trenger ned gjennom et jordprofil. I umettet jord vil vannet mange ganger trenge ned i 'fingre', mens jorda utenom disse fingrene er helt tørr. Foruten sprekkesystemer og mindre kanaler (som meitemarkganger) i jorda kan dette skyldes at det mer eller mindre organiske filtlaget i overgangen mellom gras og jord samt laget like under er blitt vannavstøtende (hydrofobt) etter uttørking. Slik hydrofobisitet skyldes at det legger seg ei vannavstøtende organisk kappe rundt jordpartiklene. Fenomenet er særlig vanlig etter uttørking av sandjord, men kan også forekomme på tyngre jordarter (Dekker & Ritsema 1996, Doerr m. fl. 2000, 2006). Den sterke uttørking av jorda i den unormalt varme vekstsesongen 2018 medførte at mange områder fikk hydrofob jord.

#### 2.2.5 Hydraulisk kapasitet

Foruten infiltrasjonsraten må også jordas vannlagringsevne og hydrauliske kapasitet vurderes når grasarealer skal benyttes til infiltrasjon av overvann. Vannlagringsevnen regnes som differansen mellom vanninnholdet ved feltkapasiteten og visnegrensen. Etter langvarig tørke, vil infiltrert vann først bidra til å fylle opp jordas vannlager uten at det transporteres vann videre. Hydraulisk kapasitet er et uttrykk for jordmassenes evne til å transportere bort vann fra infiltrasjonsstedet. Dersom mye ekstra vann tilføres for infiltrasjon på et område med høy hydraulisk ledningsevne, vil grunnvannsnivået stige, og denne stigningen (oppstuvningen) er størst rett under og i strømningsretningen for grunnvannet. Dersom grunnvannsnivået stiger over et akseptabelt nivå, er jordmassenes hydrauliske kapasitet overskredet, noe som gjerne skjer ved kraftig og vedvarende frontnedbør. Typisk vil dette føre til uønsket vannoppslag i terrenget eller at kjellere med mangelfull drenering oversvømmes i nedkant av infiltrasjonsområdet. For nærmere beskrivelse av beregning av hydraulisk kapasitet vises til Mæhlum m. fl. (2010).

#### 2.2.6 Betydning av hvordan jorda er dannet

Jorda på plenarealet kan også karakteriseres etter dannelsesprosess de de fleste norske jordsmonn er preget av avsmeltingen etter siste istid.

- Morenemateriale er avsatt i nær kontakt med isbreene og består av lite vannsorterte løsmasser. Det er ofte stor variasjon i kornstørrelse og kornform. Jorda kan være hardt pakket, men jordsmonnsprosessene kan gi akseptabel infiltrasjon i øvre lag. Den hydrauliske kapasiteten i morenematerialet er derimot ofte noe begrenset.
- Breelavsetninger og elveavsetninger er partikler avsatt i vann der partiklene er vannsortert, og det er oftest en homogenitet i kornstørrelse og kornform. Der det har vært variasjon i elvas strømningshastighet kan det også prege kornsammensetningen. Den hydrauliske kapasiteten i slike masser er vanligvis god på grunn av stor mektighet (tykkelse).
- Strandavsetninger er dannet ved bølgenes aktivitet i strandsonen under landhevingen. Jorda består av godt sortert grus, sand og silt der de fineste massene er vasket ut og avsatt på dypere vann. I dag, etter landhevingen, betyr det som regel litt lavere i terrenget. Jorda kan ha gode infiltrasjonsegenskaper, spesielt i de høyeste delene av terrenget der partiklene ofte er grovere. Utbredelsen av avsetningen er ofte liten. Strandavsetninger ligger ofte over marine siltige leiravsetninger, som ofte har svært begrenset hydraulisk ledningsevne.
- Havavsetninger består av silt og leirpartikler avsatt i havet den gang havnivået var høyere etter siste istid. Leire og silt har liten kornstørrelse og er ofte tett sammenpakket. Dette fører til dårlig

permeabilitet. Det er likevel vist at leirjord med vegetasjon og god utviklet rotsone kan ha vesentlig bedre infiltrasjonsrate enn det som normalt forventes ut fra jordarten (Solheim 2017). Dette skyldes bl.a. at leirjord danner dype tørkesprekker både ved tørke om sommeren og ved isdannelse om vinteren, samt at meitemark bidrar til et nettverk av ganger som kan lede betydelige mengder vann. Dette kan ha stor betydning da mange villaområder i norske byer er plassert på denne typen avsetninger.

- Forvittringsjord kjennetegnes gjerne med gradvis overgang fra fast fjell til forvitrende masser og liten grad av sortering. Det kan være akseptable infiltrasjonsrater, men med lokale variasjoner avhengig av bergart. Mektigheten er ofte liten og den hydraulisk kapasiteten begrenset.

### 2.2.7 Bruk av løsmassekart og behovet for grunnundersøkelser

Norges Geologiske Undersøkelse (NGU) har utgitt temakart som viser forventet infiltrasjon basert på løsmassekartlegging (<http://geo.ngu.no/kart/losmasse/>). Slik informasjon er nyttig som en første vurdering, men kan ikke erstatte feltundersøkelser. I byer og tettsteder er løsmassene ofte flyttet på, tilkjørt eller de ligger oppå eldre kulturlag og skiller seg dermed fra det som angis i løsmassekart. Tilkjørt masse kan være sammensatte og ikke nødvendigvis godt egnet til lagring og fordrøyning av vann. Foruten å undersøke tilgjengelige jordmonns- og løsmassekart bør det derfor foretas grunnundersøkelser for å vurdere løsmassene i øvre lag og i dybden, samt geografisk variasjon, spesielt om det er større vannmengder som skal infiltreres og fordrøyes. Det finnes ulike feltmetoder for slike undersøkelser, fra sondeboring med håndholdt utstyr til sjaktning med gravemaskin (Mæhlum m. fl. 2010). I slike undersøkelser legges det vekt på å finne mektigheten av avsetningen, typen løsmasser, avstanden til grunnvannet, antatt strømningsretning for grunnvannet og mulige interessekonflikter ved tilførsel av økte vannmengder til grunnen. Nærliggende infrastruktur og bebyggelse kan bli berørt om grunnvannet i perioder oppstaves over det som er normalt på grunn av stor infiltrasjon. Uansett er det nødvendig å gjennomføre målinger av hydraulisk ledningsevne (Becker m. fl. 2016).

## 2.3 Betydning av komprimering, vegetasjon, rotutvikling og meitemark

### 2.3.1 Maskinbruk og komprimering ved anlegg av plen

I urbane boligområder er infiltrasjonsraten ofte mer avhengig av hvordan området er utbygd enn av opprinnelig jordart. Woltemade (2010) fant at gjennomsnittlig infiltrasjonsrate på plener i boligområder etablert før år 2000 var signifikant større (i gjennomsnitt 9,0 cm/time) enn i områder etablert etter år 2000 (2,8 cm/time). Forskjellen ble forklart ved økende krav til effektivitet og dermed bruk av tyngre maskiner ved etablering av boligområder etter årtusenskiftet. En annen mulig forklaring at mineraljord over tid vil øke porøsiteten i rotsonen som følge av rotutvikling og økende tetthet av meitemark (Hamilton & Waddington 1999, Smetak m. fl. 2007). Randrup & Dralle (1997) fant at anleggstrafikk ved utbygging ga signifikant økning av jordtettheten på grøntareal.

### 2.3.2 Betydning av vegetasjon og rotutvikling

I forbindelse med modellering av avrenning beskrev Rossmann m. fl. (2010) infiltrasjonsrater for ulike jordarter med og uten vegetasjon. De fant at infiltrasjonsraten tidlig i en nedbørsepisode var dobbelt så høy på jord med vegetasjon som på tørr jord uten vegetasjon (Tabell 2). Den viktigste årsaken til dette er at røttene under vegetasjonen påvirker jordstrukturen. Røttene skiller ut organiske forbindelser, og deres samspill med bakterier og sopphyfer bidrar til dannelsen og stabilisering av jordaggregater (Scholl m. fl. 2014). Røttene fyller eksisterende porer når de vokser, men etterlater store

kanaler når de dør, både ved 'root turnover' i vekstsesongen og ved vekstavslutning om høsten (Hodge m. fl. 2009). Døgnvariasjon i rottdiameter kan også bidra til å åpne jordstrukturen (Huck m. fl. 1970). Alt i alt betyr dette at infiltrasjonsraten på siltjord og leirjord ofte er høyere enn jordarten skulle tilsi. Røttene hos en del treslag har dessuten evnen til å trenge gjennom lag med kompakt jord (Bartens m. fl. 2008) og slik bidra til bedre infiltrasjon hvis undergrunnsmassene har redusert hydraulisk kapasitet.

**Tabell 2. Maksimum infiltrasjonsrate (cm/time) på ulike jordarter med og uten vegetasjon (Rossman et al. 2010).**

Tilstand	Sandjord	Mellomleire	Leire
Tørr jord	13	7,6	2,5
Tørr jord med tett vegetasjon	25	15	5,1

### 2.3.3 Utvikling av infiltrasjon etter legging av ferdigplen kontra direktesåing

Urbane grasarealer etableres ofte med ferdigplen og det er da en vanlig erfaring at infiltrasjonsraten avtar raskere enn om plenen er direktesådd. Dette gjelder særlig på arealer som utsettes for jevnlig slitasje og komprimering. En viktig årsak til dette kan være at egenskapene til dyrkingsmediet for ferdigplen inneholder mer finstoff (silt) enn jorda på stedet som ferdigplenen er lagt. Canaway (1993) sammenliknet infiltrasjonsrater på sandbaserte golfgreener etablert ved direktesåing eller med ferdigplen (rødsvingel/engkvein) produsert på lett (89 % sand) eller tung (35% sand, 33 % silt, 32 % leir) jord. I dette forsøket falt infiltrasjonsraten dramatisk i løpet den første fire månedene etter at greenen var etablert (Tabell 3).

**Tabell 3. Endring i infiltrasjonsrater på sandbaserte golfgreener over tid (Canaway 1993).**

	Infiltrasjonsrate (cm/time)		
	August 1990: Etter fullført inngroing, før slitasje	Desember 1990: Etter 4 måneders bruk og slitasje	Mai 1991: Etter 9 måneders bruk og slitasje
Direktesåing	25,4	15,0	19,9
Ferdigplen produsert på lett jord	29,0	3,2	2,7
Ferdigplen produsert på tung jord	21,1	1,2	4,7

På Landvik sammenliknet NIBIO i perioden 2016-2018 golfgreener etablert enten med to år gammel ferdigplen av krypkvein (produsert på tilnærma USGA-spec. sand) eller ved direktesåing av samme krypkveinsort. Disse greenene hadde i utgangspunktet svært høy infiltrasjonsrate og de blir også luftet og dresset regelmessig. I løpet av den toårige forsøksperioden falt infiltrasjonsraten fra 112 til 82 cm/time på greener etablert med direktesåing, og fra 69 til 25 cm/time på greener etablert med ferdigplen (Aamlid, upublisert).

## 2.4 Betydning av kjølig vinterklima

Lave vintertemperaturer med teledannelse på bar mark vil redusere infiltrasjonsraten. Foruten redusert bevegelse som følge av økt viskositet i vannet vil fysiske barrierer i form av is og frosset jord begrense vanntransporten. Infiltrasjonsraten vil avhenge av hvor mye vann som var i jorda ved innfrysingen. Dersom jorda er tørr ved innfrysing, og spesielt i sandjord med stort drenerbart porevolum, vil det fortsatt være hulrom som kan bidra til infiltrasjon selv om jorda er frosset. Dette

gjelder spesielt ved temperatur nær 0 °C. Ved lavere jordtemperatur vil vann som infiltrerer fryse til is og infiltrasjonskapasiteten vil avta raskt over tid. Frost i vannmettet jord gir et tett islag som effektivt hindrer infiltrasjon. Oppbygging av vekstmassene for å få en effektiv drenering av overflatelagene er viktig for å unngå slike tette islag (Kratky m. fl. 2017)

Vegetasjon og snødekke virker isolerende på jord. På vegetasjonsdekte og/eller snødekte arealer vil det derfor kunne foregå en viss infiltrasjon vinterstid, noe som også er observert i målestasjoner for markvann (Colleuille m. fl. 2001) og undersøkelser av infiltrasjonsevne på grasarealer (Balstad m. fl. 2018, Schmidt 2018). Mildvær og regn på jord med tette lag gir derimot liten infiltrasjon, stor overflateavrenning og i noen tilfeller også erosjonsskader (Figur 6). Det forventes at klimaendringene med større temperaturvekslinger og mer nedbør som varierer mellom regn og snø vil gi mer isdannelse i det øverste jordlaget og dermed dårligere infiltrasjon. Her trengs mer data bl.a. om betydningen av klippehøyden på plenen ved vekstavslutning.



**Figur 6.** Erosjonsskader på nyetablert plen etter kraftig regn vinterstid der den øverste delen av topplaget tinet opp  
Foto: Trond Knapp Haraldsen.

## 3 Målte infiltrasjonsrater i grøntarealer

### 3.1 Metodikk metaanalyse

Vi gjennomførte litteratursøk i Web of Science og Turfgrass Information Database for å finne studier av infiltrasjon i ulike typer grøntanlegg, med hovedfokus på grasarealer. Dette ble gjennomført som en systematisk gjennomgang med spesifiserte søkestrenger og filterkriterier. Vi valgte deretter ut publikasjoner der det var oppgitt tall for mettet infiltrasjonsrate/hydraulisk ledningsevne fra feltmålinger.

Søket resulterte i 12 relevante publikasjoner. Disse ble supplert med data fra to MSc oppgaver fra NMBU i 2017 og 2018. Fra hver studie ble det ekstrahert informasjon om lokalitet, type grøntareal, jordart, vegetasjon, måletemperatur, målemetodikk (mettet, umettet, utstyr), antall målinger og mettet hydraulisk ledningsevne ( $K_{sat}$ ). Studiene ble gruppert etter jordart med åtte studier på lettleire, sju studier på sandig lettleire, siltig sand eller sand, og fem studier på siltig lettleire eller siltig mellomleire. I tillegg var det to studier fra en diversegruppe med ulike jordarter. Noen publikasjoner omfattet flere jordarter. Av måleutstyr var det brukt enkeltring-infiltrrometer, dobbeltring-infiltrrometer (D), Mariotte infiltrrometer (MI), modifisert Philip-Dunne Infiltrrometer (MPD) og gropinfiltrasjon. Vi var i utgangspunktet ute etter mettet infiltrasjon, men data på umettet infiltrasjon ble også notert.

I flere studier var det mangelfull beskrivelse av jordegenskaper, vegetasjonsdekke og spesielt hvor mange målinger som ble utført. To studier ble utelatt pga. manglende informasjon om prøveantall og estimater på variasjonen i datasettet.

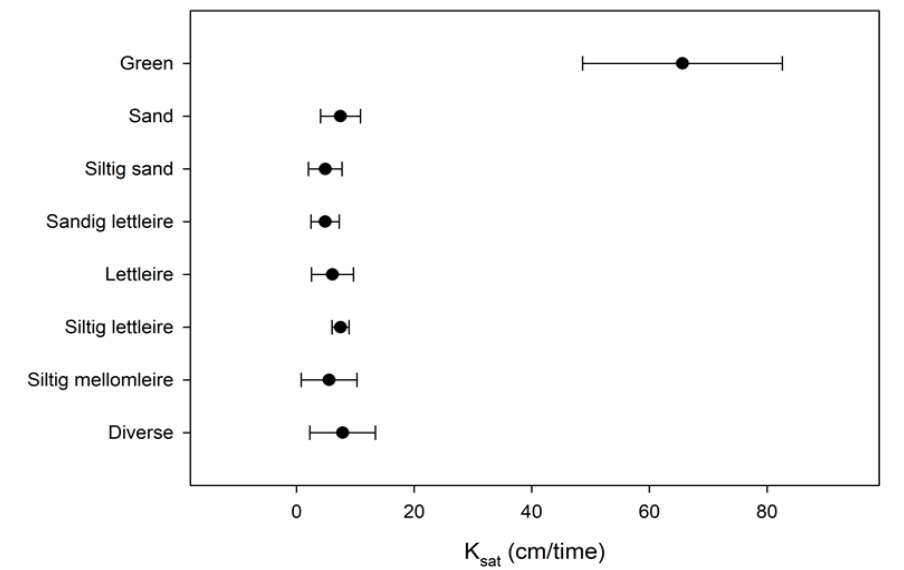
### 3.2 Estimater på infiltrasjonsrate

#### 3.2.1 Gruppering etter jordart

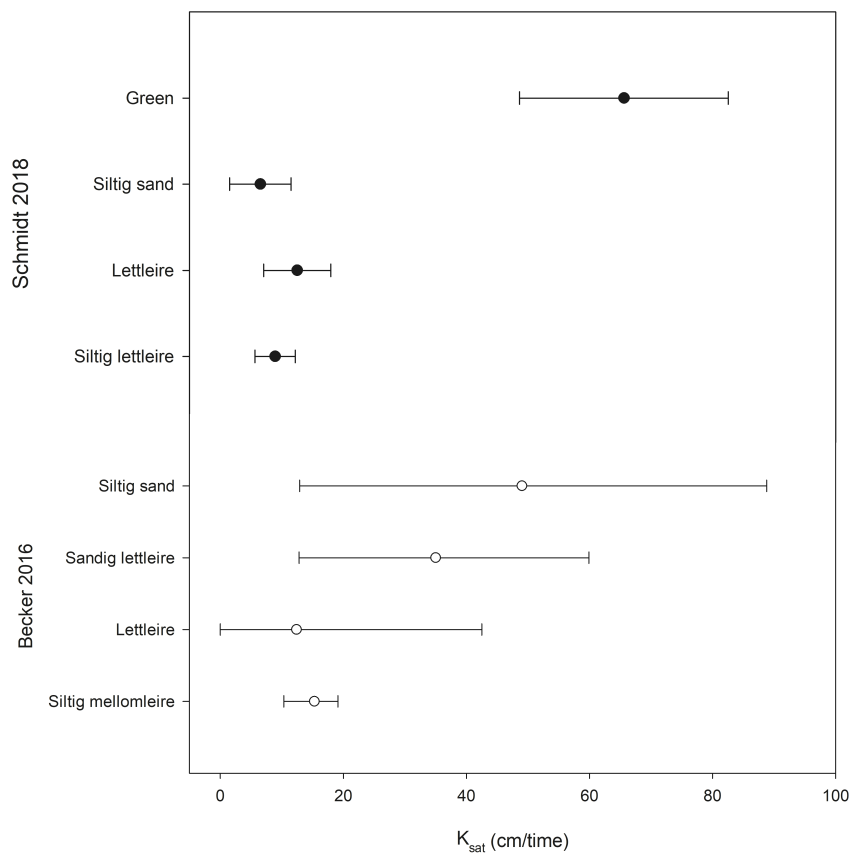
Sandjord bygd som golfgreen hadde vesentlig høyere infiltrasjonsrate enn de andre jordartene (Figur 7). For annen sandjord og de lettere leirjordene lå gjennomsnittlig mettet infiltrasjonsrate mellom 4.9 og 7.9 cm/time når alle typer grøntarealer og målemetoder var inkludert.

Målingene var som nevnt utført med ulike målemetodikk og i ulike typer grøntarealer. For å snevre inn til et mer sammenlignbart grunnlag, viser Figur 8 data fra Schmidt (2018) og Becker m. fl. (2016), der infiltrasjonsraten ble målt med samme metodikk (MPD) under forholdsvis like forhold. Studien til Schmidt (2018) viste bare små forskjeller i mettede infiltrasjonsrater mellom jordartene, med unntak av målingene på golfgreen. Spennet i jordegenskaper var ganske lite, og det var ingen målinger på mellomleire. Studien til Becker m. fl. (2016) hadde et litt annet utvalg av jordarter og gjennomgående noe høyere infiltrasjonsrater. Estimaterne for lettleire var omtrent like, mens estimatet for siltig sand var vesentlig høyere hos Becker m. fl. (2016) enn hos Schmidt (2018). I begge studiene og særlig hos Becker m. fl. (2016) var det svært store variasjonen innenfor enkelte av jordartene. Gjennomsnittet for Becker m. fl. (2016) lå på 18.6 cm/time og for Schmidt (2018) på 9.3 cm/time (uten greenarealene).





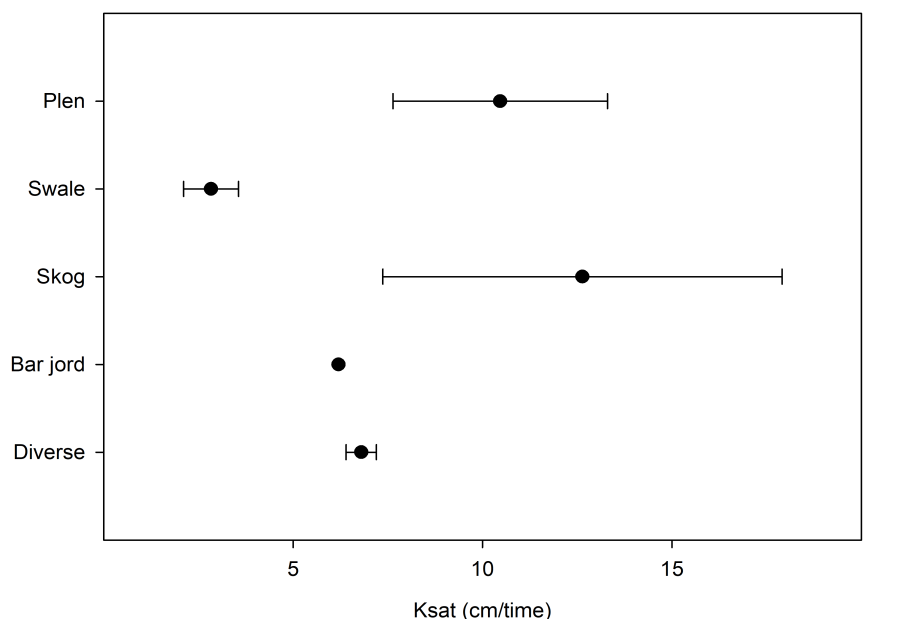
Figur 7. Estimert mettet infiltrasjonsrate med 95% konfidensintervall for ulike jordarter, på tvers av studier, målemetoder og type anlegg.



Figur 8. Estimert mettet infiltrasjonsrate for ulike jordarter målt på plenarealer med Modifisert Philip-Dunne infiltrameter under sammenlignbare forhold på Ås og Landvik i 2017 (Schmidt 2018) og på Ekeberg i Oslo (Becker m.fl. 2016). Estimaten fra Schmidt er vist med 95% konfidensintervall, mens estimaten fra Becker er vist med range (minimum og maksimum av observerte verdier).

### 3.2.2 Gruppering etter type grøntareal

For å kunne sammenligne ulike typer grøntarealer og vegetasjon, ble studiene gruppert i noen få vide grupper med 'plen' som grasdekte arealer, 'swale' som vegeterte vannveger infiltrasjonssoner/ biofilter/regnbed, 'skog' som arealer med en viss trekrone, 'jord' som bar jord og 'diverse' der det ikke var tydelig spesifisert hvilke arealer det var målt på. Her var det en betydelig variasjonen innen 'skog' og 'plen' og påfallende lav infiltrasjonsrate i 'swale' (Figur 9). Både 'plen' og 'swale' hadde i gjennomsnitt mettede infiltrasjonsrater over anbefalingen for regnbed på 10 cm/time (Paus & Braskerud 2013). De lave estimatene for 'swale' kan ha sammenheng med ulike designkriterier for slike løsninger i ulike land. Av studiene inkludert i estimatene var det kun en fra Norden, resten var fra Nord-Amerika og Asia. Typiske anbefalinger for regnbed er mettede infiltrasjonsrater på 1.5 til 7.5 cm/time i USA, mens anbefalingen for Norge ligger på minst 10 cm/time ved normal sommertemperatur (Paus & Braskerud 2013). I norske regnbed er det målt mettede infiltrasjonsrater ( $K_{sat}$ ) opp til 196 cm/time, men med stor forskjell mellom ulike oppbygninger og jordtyper (Braskerud m. fl. 2012). Infiltrasjonsraten er vesentlig lavere ved mindre optimal oppbygging av jorda, enten med mer finstoff eller lavere hydraulisk kapasitet i undergrunnsmassene. Paus & Braskerud (2013) oppgir for eksempel 5-37 cm/time i norske regnbed konstruert med ulike morene- og sandblandinger, mens Paus m. fl. (2016) oppgir 1-45 cm/time. Gjennom høst og vinter kan verdiene ligge så lavt som 0-3 cm/time (Balstad m.fl. 2018). Disse norske estimatene ligger i nedre halvdel av estimater fra tolv regnbed i Minnesota der den mettede infiltrasjonsraten varierte fra 3 til 80 cm/time, med 40 til rundt 80 cm/time for de best fungerende, 3-6 år gamle regnbedene (Paus 2016a, Asleson m. fl. 2009).



Figur 9. Estimert mettet infiltrasjonsrate med 95% konfidensintervall for ulike typer grøntareal på tvers av målemetoder og jordforhold. 'Plen' er en samlebetegnelse for ulike urbane grasarealer, 'Swale' for vegeterte infiltrasjonssoner, vannveier, regnbed og lignende, 'Skog' for arealer med en viss trekrone, 'Bar jord' for eksponert jord og 'Diverse' der det ikke var tydelig spesifisert hvilke arealer det var målt på.

Oppsummert har både grasarealer og skogsarealer på gunstige jordarter et potensial for infiltrasjonsrater på høyde med eller godt over anbefalingene for regnbed, men de har noe lavere infiltrasjonsrater enn faktiske målinger fra godt fungerende norske regnbed. Unntaket er sandbaserte greener har mettet infiltrasjonsrate på høyde med de beste regnbedene. Det er målt betydelig variasjon i mettet infiltrasjonsrate innen infiltrasjonsgrøfter (Ahmed m.fl. 2015), og tilsvarende variasjon må en

også regne med i plensystemer (Becker m. fl. 2016). Det er ikke direkte pekt på årsaker, men småskala variasjon i jordegenskaper og jordpakking er nærliggende forklaringsvariabler.

Et konservativt estimat med utgangspunkt i Figurene 6-9 er at norske plenarealer har en gjennomsnittlig infiltrasjonsrate i vekstsesongen på 8-10 cm/time. Bak disse estimatene ligger som nevnt en betydelig variasjon. Sandjord vil normalt kunne infiltrere mer vann enn leir- og siltjord, men selv på de tyngre jordartene kan plenen ha en infiltrasjonsrate på 8-10 cm/time hvis det er god aggregering og graset er etablert under lagelige forhold og uten unødig komprimering av jorda.

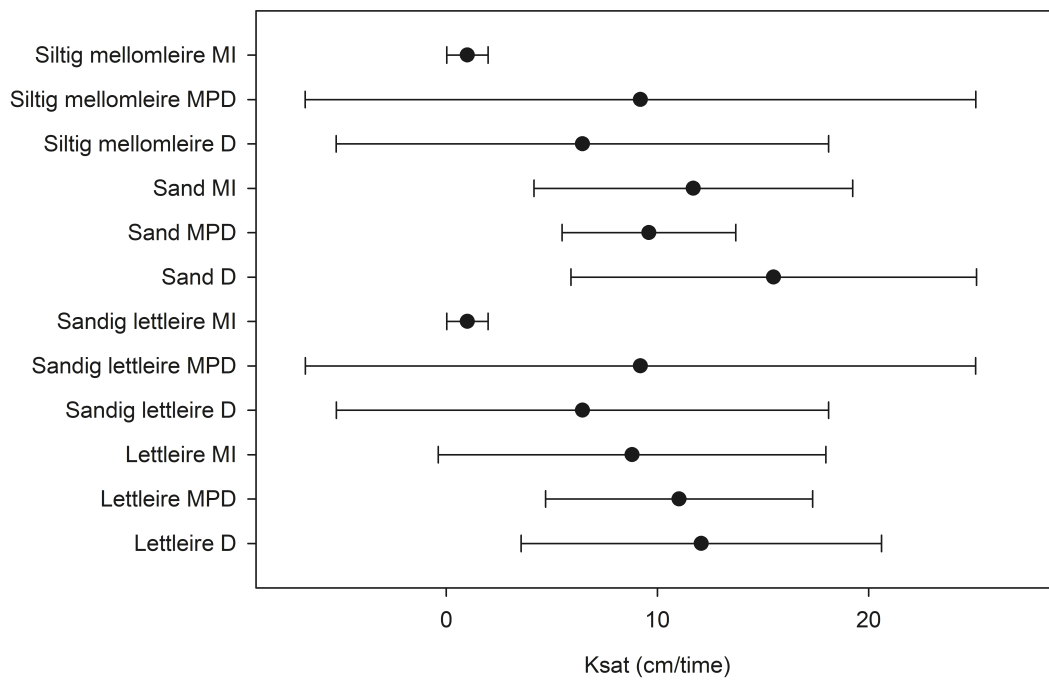
Imidlertid vil oppbyggingen av jorda på plenarealene ha stor betydning for hvordan vannet faktisk beveger seg gjennom jorda og i landskapet. Komprimering av undergrunnsjord under våte forhold vil kunne føre til at den vertikale vannbevegelsen stopper, og vannet siger nedover mot lavpunkt over en tett jordhorisont (Figur 10).



Figur 10. Stagnerende vann i nedre del av topplaget over en komprimert leirjord på et plenareal med dårlig plantebestand (Foto: Tore E. Sveistrup)

### 3.2.3 Gruppering etter målemetode

Ulike målemetoder bidro noe til variasjonen i datasettet. Det var få studier som benyttet flere målemetoder samtidig. Et unntak er Solheim (2017) som benyttet tre metoder. Hennes resultater viser at effekten av metode varierte mellom jordtyper, men også at MI gav lavere estimater enn MPD og dobbeltring metodene (Figur 11). Det er grove omregningsfaktorer for resultater mellom noen av metodene (Solheim m fl. 2017), men disse er ikke benyttet her.



**Figur 11.** Estimert mettet infiltrasjonsrate med 95% konfidensintervall målt med ulike metoder i plen på ulike jordarter. Data fra Solheim (2017). D er dobbeltring metoden, MPD er Modifisert Philip-Dunne Infiltrrometer, MI er Mariotte infiltrrometer.

## 4 Oppskalering og praktisk tilrettelegging

### 4.1 Bruk av plen ved planlegging og dimensjonering av LOD

Figur 12 viser flyfoto over områder i Oslo der grønnstrukturen tydelig trer fram som vesentlige landskapselementer til tross for urbaniseringen. Det er et stort potensiale å ta slike arealer i bruk til mer målrettet infiltrasjon av takvann og vann fra andre tette flater. Eksisterende plenarealer er relativt lett tilgjengelig for økt utnyttelse i LOD sammenheng. Takvann kan enkelt ledes ut på eksisterende plenarealer, og veivann kan ledes inn i parker via åpninger i rennesteiner. I Oslo vurderes det å sette krav til villabebyggelse om å lede taknedløp ut på plenarealer i stedet for å la takvannet gå i overvannsnett. Tiltak som regnbed krever mer tilrettelegging da arealer må opparbeides og filtermasser tilkjøres. Tilsvarende vil en ved etablering av nye parkområder kunne bygge inn en større infiltrasjonskapasitet og vannlagringsevne ved sammensetning av vekstmassene og terrengutforming i anlegget.

Brennhovd (2014) utførte modellering av avrenning og LOD tiltak i området Vestli i Oslo ved bruk av Storm Water Management Model (SWMM) og ROSIE. Frakobling av takrenner fra overvannsnett ved bruk av grønne tak og regnbed ville ifølge modellene redusere avrenningen med 50 % slik at den hydrauliske kapasiteten i ledningsnett kunne opprettholdes til tross for klimaendringene.



Figur 12. Eksempler på grønnstruktur i urbane deler av Oslo (Bislett – Ila området). Foto: Statens kartverk.

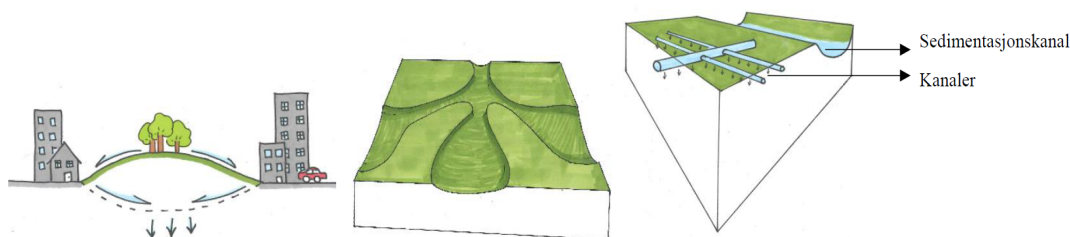
Synkende grunnvannstand er et stort problem i byer og tettsteder, bl.a. på grunn av det store arealet med tette flater og dype konstruksjoner. Infiltrasjon i plenarealene vil bidra til å opprettholde grunnvannstanden, noe som er viktig for å opprettholde stabilitet i grunnen og unngå skader på bygninger og infrastruktur på grunn av setninger. Lokalt kan økt infiltrasjon i plenarealer likevel føre til konflikter dersom grunnvannet stiger over ønsket nivå, slik at kjellere eller områder i nedkant av infiltrasjonsområder får uønskede fuktoppslag. Det er viktig at slike areal har tilstrekkelig vannlagringsevne til å tåle perioder med lite nedbør, og evne til å transportere unna store vannmengder ved ekstremnedbør.

Dimensjonering og kapasitet av plen som LOD-tiltak må vurderes i hvert enkelt tilfelle (Paus & Braskerud 2013). Arealet av et regnbed vil i praksis variere mellom 3-7 % av nedbørfeltet, avhengig av ønsket tilbakeholding (Paus og Braskerud, 2013). En mindre optimal fordeling av vannet utover arealet, noe lavere infiltrasjonsrate og mindre anledning til å ha stående vann på deler av arealet gjør plener mindre effektive per arealenhet, men dette kompenseres av større totalareal. Becker m.fl. (2016) modellerte arealbehov for infiltrering ved frakobling av taknedløp og utkast på plenarealer. Med en dimensjonering av plenareal i forhold til takareal i forholdet 1:1 klarte de fleste jordartene, fra siltig sand til siltig mellomleire å infiltrere opp mot 100% av en hendelse på 27,4 mm over 120 minutter. Variasjonen innen jordart var riktignok stor, både innen og mellom tomter. Et interessant resultat var at mange av plenarealene kunne ta unna en stor andel (> 60%) av nedbøren selv når de utgjorde så lite som 25% av takarealet. Infiltrasjonen var avhengig av jordfuktigheten ved start av nedbørshendelsen, og ved mett jord ble infiltrasjonen redusert.

Foreløpig mangler det norske designverktøy og retningslinjer for bruk av infiltrasjon i plen som LOD tiltak, men det er åpenbart at tykkelsen av jordlagene har svært stor betydning for vannlagringsevnen og evnen til å infiltrere bygenedbør. Internasjonalt finnes flere veiledere for bærekraftige LOD løsninger som omfatter infiltrasjon i plen og filtrering i vegetasjonssoner. En veileder med gode eksempler og forslag til design er presentert av Circia i UK (<http://www.scotsnet.org.uk/documents/NRDG/CIRIA-report-C753-the-SuDS-manual-v6.pdf>). Blågrønn faktor (BGF) er et kvantitativt verktøy som sikrer forutsigbarhet for utbygger med hensyn til krav til uterom når det gjelder vannhåndtering, vegetasjon og biodiversitet i byggesaksprosjekter (Stange m. fl. 2014). Gjennom dette systemet brukes poengsetting for å sikre at ulike blågrønne kvaliteter ivaretas og fremmes i fremtidens byutvikling. BGF skal sikre at overvann og vegetasjon ivaretas av utbygger på den enkelte tomt gjennom kompensasjon for tap av grønne arealer og permeable flater. Grønne flater er horisontale og vertikale overflater med vegetasjon på bygg eller i terreng. Slike arealer er viktige ved beregning av BGF. Overflater med vegetasjon får poeng i forhold til dybden på jorda som vegetasjonen vokser i. Vegetasjon forbundet med naturlig jordbunn eller fjell i dagen får høyere poengsum enn vegetasjon på tynt jorddekke over lokk. Det er utviklet regneark og eksempelsamlinger for bruk av BGF i Norge (<http://www.klimatilpasning.no/veiledere/blagronn-faktor/>).

## 4.2 Ulike måter for å tilføre overflatevannet på plenarealene

Urbant overvann kan tilføres plenarealer på ulike måter. I praksis vil det ikke være mulig og neppe ønskelig å spre vannet over hele plenarealet. I stedet vil det være områder som tilrettelegges for dette formålet der topografi, avstand fra overvannskilde og jordegenskapene bestemmer plasseringa. Eksempel på kompakte arealer hvor det tilrettelegges for infiltrasjon i plen er vist i Figur 13.



**Figur 13.** Eksempel på kompakte arealer hvor det tilrettelegges for infiltrasjon i plen gjennom naturlige eller tilrettelagte forsenkninger (tørre basseng) og via kanaler og sprederør (Schmidt 2018).

I forhold til topografi er det kortest avstand til grunnvannet i forsenkninger i terrenget. Best fordrøyning og rensing blir det likevel ved å anlegge infiltrasjon der avstanden til grunnvannet er større, men det krever mer tilrettelegging enn å infiltrere vannet i forsenkninger. Vannet bør fordeles ved selvføll der det er mulig.

Følgende løsninger kan være aktuelle:

1. Taknedløp fra bygninger ledes via stikkrenner direkte ut på plenen, evt. med noe fordeling. I perioder hvor ikke alt vannet infiltrerer må terrenget eller overvannsnettet ha kapasitet til å håndtere restavrenningen
2. Gateavrenning ledes via åpninger i rennestein og graskledde forsenkninger ut på plenarealer. Graskledde veigrøfter i tettbebyggelse kan erstatte deler av ledningsnett for overvann
3. Gateavrenning ledes via fordrøyningskummer/dammer/sandfang ut på plen via grunne infiltrasjonsrør eller grøfter med puk/leca
4. Gateavrenning fra nedbørsepisoder ledes inn i graskledde forsenkninger og slippes gradvis ut, fortrinnsvis via infiltrasjon.
5. Slamavskilt gateavrenning lagret i kummer/dammer benyttes til vanning av grønnstruktur.
6. Fordeling via rør eller pukksatte grøfter og bruk av vakuumdrenering i forkant av varslete nedbørsepisoder for bedre utnyttelse av jorda vannlagringspotensiale.

## 5 Virkning på vannkvalitet

Foruten fordrøyning er det ønskelig å bedre vannkvaliteten med LOD tiltak. Urbant overvann kan inneholde en rekke forurensninger (Weiss et al. 2008, Tryland et al. 2017) :

1. Suspenderte partikler fra erosjon (jord og veipartikler som mikroplast). Disse partiklene kan over tid blokkere infiltrasjon i plen
2. Miljøfarlige stoffer som kan være enten løst i vann eller bundet til partikler:
  - a) Tungmetaller (typisk kobber, sink og jern)
  - b) Næringsstoffer (spesielt fosfor og nitrogen)
  - c) Vegsalt (natrium, klorid)
  - d) Organiske miljøgifter (typisk PAH-forbindelser, PCB og olje)
  - e) Patogene mikroorganismer (virus, bakterier og parasitter) fra mennesker, fugler, kjæledyr og annet dyreliv i byen

Naturbaserte løsninger har lenge blitt brukt som biofilter til å rense ulike typer forurenset vann. Slike løsninger kan fjerne eller holde tilbake partikler, partikkelbundet forurensning og ulike stoffer løst i vannet. Effekten varierer med jordas mekaniske sammensetning og innhold av organisk materiale, mektigheten av jordmassene, vegetasjonstypen og type forurensning (Feng m. fl. 2012). Plenarealer kan virke som et biofilter der problemstoffer bindes til jordpartikler og røtter når vannet infiltrerer og noen elementer tas opp i plantene. Det er betydelige høyere mikrobiell aktivitet i jord med røtter enn i jord uten røtter og godt dokumentert at mikrobielle prosesser bidrar til nedbrytning av forurensninger i rotsonen til planter.

Kvaliteten og opphavet til vannet som infiltreres er avgjørende for hvor egnet plenarealene er for infiltrasjon (Göbel m. fl. 2007). Avrenning fra tak har normalt lave konsentrasjoner av ulike elementer og er uproblematisk å infiltrere på plenarealer. Vann fra kobbertak inneholder noe kobber, men konsentrasjonene er vanligvis ikke høye nok til å påvirke vegetasjonen. Derimot er det kjent at vann fra galvaniserte plater og takrenner kan gi såpass høy sinkkonsentrasjon at det påvirker vegetasjonen ved utløp av takvann. Avrenning fra grønne tak kan inneholde noe næringsstoffer i perioder etter gjødsling på takene, men det er uproblematisk å bruke dette vannet til infiltrasjon på bakkenivå.

Avrenning fra veier og parkeringsplasser er en større utfordring da vannet kan inneholde forurensning som ulike organiske forbindelser, miljøskadelige tungmetaller og smittestoff. Konsentrasjonen av disse stoffene avhenger av trafikkomfang og annen aktivitet i nedbørsfeltet f.eks. kjæledyr og ville fugler. I tillegg er veisalt en utfordring gjennom store deler av året. Saltkonsentrasjonene er typisk høyest i perioden med salting og avrenning om vinteren, men avhengig av været kan konsentrasjonen også nå en topp rundt snøsmelting. Fram mot vekststart avtar saltnivået i avrenningsvannet ned til akseptable nivå, men det kan likevel være akkumulert natrium og kloridioner i jorda i løpet av vinteren. Det tar lang tid å lekke ut disse ionene, og i en periode om våren kan de påvirke vegetasjonen negativt. Dette avhenger av mengde nedbør, jordegenskapene og salttoleransen til vegetasjonen.

Flere organiske forbindelser som PAH (polysykliske aromatiske hydrokarboner) bindes sterkt til jord og vil derfor akkumuleres i det øverste jordlaget, mens andre kan ha en viss omdanning og nedbrytning i jorda. Dette avhenger av stoffegenskapene, jordegenskapene og i hvor stor grad forbindelsene er partikkelbundet. Det finnes ikke mye spesifikk informasjon om nedbrytning av miljøskadelige organiske forbindelser i plen, men for regnbed har Oslo kommune laget faktaarket '*Regnbed som renseløsning for forurenset vann*' (Paus 2016b). Dette viser bl.a. at renseseffekten øker med innholdet



av organisk materiale i jorda, noe som imidlertid må balanseres med at infiltrasjonskapasiteten går ned når glødetapet øker.

Avrenning av problemstoffer fra vei er typisk konsentrert i en 'first-flush', dvs. tidlig i en nedbørsepisode etter en periode uten nedbør. Det bør derfor utvikles hybridløsninger der en kan lede bort, fordrøye eller tynne ut 'first-flush' for å redusere den negative effekten på vegetasjonen og de mikrobielle prosessene i jorda.

For næringsstoffer som nitrogen og fosfor vil plenarealer ha en viktig rensende effekt fordi plantene tar opp disse stoffene i vekstsesongen (Petrovic & Easton 2005). Næringsopptaket er proporsjonalt med grasets veksthastighet, og høy konsentrasjon av nitrogen i overvannet kan føre til at graset må klippes oftere.

Selv om bruk av plen til infiltrasjon av overvann kan føre til akkumulering av miljøskadelige forbindelser i rotsonen og underliggende jord, er det viktig å vurdere denne ulempen mot faren for at de samme stoffene havner urensset i urbane avløpssystemer og urbane bekkedrag. Stoffene vil sannsynligvis gjøre mindre skade om de lagres i byjord som allerede er forurenset av tidlige tiders utslipp, enn om de slippes ut i vassdrag og fjorder der de kan være svært ødeleggende for vannlevende organismer. Det er allikevel en avveining mellom å kunne håndtere større mengder vann og unngår tette islag som krever grove masser, mens filteregenskapene er avhengige av finere masser også med organisk materiale (Kratky m. fl. 2017).



Figur 14. Stormeitemark (*Lumbricus terrestris*) på nattlig matsøk i plenen (Foto: Trond Knapp Haraldsen)

## 6 Virkning av oversvømmelse på plenkvalitet, samt konsekvenser for skjøtsel og bruk

Kortvarig oversvømmelser på noen få dager har minimal effekt på grasvegetasjonen. Evnen til å tåle langvarig oversvømmelse varierer derimot mellom de ulike plengrasa vi bruker i Norge. Av de mest brukte artene har engrapp og engkvein bedre toleranse enn rødsvingel, mens tunrapp og flerårig raigras kommer i en mellomstilling. Størst toleranse har krypkvein som ved vanntemperatur på 10 °C kan klare inntil tre måneders oversvømmelse uten at mer enn 30-40% av plantene dør (Beard & Martin 1970).

Ved langvarig oversvømmelse kan mangel på oksygen føre til en rekke plantefysiologiske reaksjoner som i ytterste konsekvens kan føre til at gresset dør (Nus 1994, Drew 1997). Fordi respirasjonshastigheten, og dermed oksygenforbruket, øker med temperaturen, vil oversvømmelse vanligvis gi større skade om sommeren enn om vinteren (Beard & Martin 1970). Plengras som er klippet så høyt at bladspissene når over vannet vil normalt klare seg bedre enn gras som er helt oversvømmet (Davis & Martin 1949). Intenst sollys over et 5-10 cm lag med vann gjør gresset ekstra utsatt for skader (Fry 1992). Langvarig oversvømmelse på høsten kan i tillegg tappe plantene for ressurser som igjen reduserer vinteroverlevelsen gjennom mindre toleranse mot frost og isdekke (Bertrand m. fl. 2003). Variasjonen i vanninnhold i jorda med en økt frekvens av perioder med vannmetning og lav oksygentilgang kan påvirke jordkjemiske forhold som på sikt kan ha negative effekter på vegetasjonen. Dette gjelder spesielt hvis det under anaerobe forhold dannes organiske forbindelser med veksthemmende virkning (etylen, organiske syrer), men reduksjon av mangan til  $Mn^{2+}$  kan føre til manganforgiftning i vannmettet eller sterkt komprimert jord (Aasen 1997).

Flomvann vil ofte føre med seg slam, silt og leire som både kan dekke til blader og tette poresystem og grøfter i jorda. I tillegg til å redusere infiltrasjonsraten vil dette også påvirke lufttilgangen i rotsonen. Aktuelle tiltak for å unngå massetransport og småskala erosjon er å bruke sandfang eller terskler ved innløp, å unngå finpartikler i det øverste laget av vekstmassene, å bruke kjøresterke masser og å unngå kjøring med maskiner på fuktig jord, f. eks. ved å endre klippefrekvensen på områder der vann blir stående i kortere eller lengre perioder. Plener som brukes til infiltrasjon av vann fra omkringliggende tette flater vil også være utsatt for økt næringsutvasking, denitrifikasjon og vekststagnasjon og stiller derfor større krav til hyppig gjødsling med små gjødselmengder sammenliknet med andre plener. Når plenen tørker opp etter oversvømmelse, vil det være behov for å luften jorda for å øke innholdet av makroporer, og det kan også være nødvendig å spyle grøftene (Hartwiger 2000). Toppdressing for unngå et kompakt lag med filt (organisk materiale) i overgangen mellom plen og jord, øke innholdet av makroporer, og få et godt utviklet rotsystem er et annet tiltak som vil opprettholde infiltrasjonsevnen og kvaliteten på plenarealet. Det mest effektive tiltaket er likevel å få en velfungerende meitemarkfauna, der bl.a. stormeitemark er svært effektiv til å spise opp alt dødt plantemateriale på overflata (Figur 14) En velfungerende plen som gir et langsiktig bidrag til lokal overvannsdiskonering, vil alt i alt kreve en mer målrettet skjøtsel, og det er viktig at slike tiltak integreres i vedlikeholdsplanen for det aktuelle arealet.

Økt bruk av plen til infiltrasjon kan komme i konflikt med annen arealbruk av parkene f.eks. til rekreasjon. Gjentatt oversvømmelse vil redusere gressets rotutvikling og slitestyrke og kan også føre til forsøpling av arealene. Det vil alltid være en avveining mellom mengden vann et areal kan håndtere og hvor raskt det tørker opp igjen til sin opprinnelige bruksområder. Her er dimensjonering og terrengutforming avgjørende faktorer. Arealer der vann kan bli stående i flere dager, bør være så små som mulig og eventuelt tilrettelegges for estetiske effekter gjennom åpne vannspeil.

En økende trend i Norge og mange andre land er å bruke byjord og parkarealer til urban matproduksjon. Slik utnyttelse lar seg vanskelig kombinere med overvannshåndtering, særlig hvis vannet er forurenset.

## 7 Kunnskapshull og forskningsbehov

Det er behov for mer kunnskap om infiltrasjonskapasitet, dimensjonering og utforming for å utnytte plenarealer bedre som en integrert del av byenes overvannshåndtering under ulike klima og jordforhold. Dette gjelder ved bruk av plen både til infiltrasjon, tilbakeholdelse av vann i jorda, i fordrøyningsbasseng og for å sikre flomveier (tretrinns-strategien; Lindholm m. fl. 2008). Især er det er behov for et større datagrunnlag for å vurdere og estimere infiltrasjonsrater i plen basert på jordegenskapene. Dette er avgjørende for å kunne vurdere hvilken dimensjonering og oppbygning som er nødvendig for ulike nedbørmønstre og ulik grad av oppsamling fra ikke-permeable flater.

Følgende spørsmål bør besvares gjennom nye forskings- og utviklingsprosjekt:

- Hvordan kan oppbygging av vekstmasser og undergrunnsmasser optimaliseres med tanke på infiltrasjonsrate og vannlagringsevne under sommer- og vinterforhold gitt at kvaliteten til plenarealene og filteregenskaper også skal opprettholdes?
- Hvilke tiltak kan gjøres i planarbeid og i anleggsfasen, slik at entreprenører sikrer at grøntareal ikke blir komprimert og jorda tiltettet under bygge- og anleggsvirksomhet?
- Hvordan fungerer infiltrasjon på plen under vinterforhold, både ved lave temperaturer som påvirker infiltrasjonsraten, men også ved frost og frost-tine sykluser gjennom vinterhalvåret?
- Hva er de langsiktige effektene av å øke infiltrasjon på utvikling og kvalitet av grasmatta, og hvilke justeringer av skjøtselsregimer er nødvendig?
- Vil infiltrasjonsevnen i plen endres over tid som følge av gjentetting ved tilførsel av finpartikler i avrenningen?
- Hvordan kan de ulike funksjonene som infiltrasjon, tilbakeholding av større nedbørmengder, og utforming av flomveier og infiltrasjonsbassenger innarbeides i nye og etablerte plenareaer?
- Hvordan kan bruk av plenarealer til økt filtrering og fordrøyning kombineres med andre økosystemtjenester (estetikk, rekreasjon/aktivitetsområder, biologisk mangfold) i større grad enn i dag?

# Referanser

- Ahmed F, Gulliver JS, Nieber, J L. 2015. Field infiltration measurements in grassed roadside drainage ditches: Spatial and temporal variability. *Journal of Hydrology* 530: 604-611.
- Asleson BC, Nestingen RS, Gulliver JS, Hozalski RM, Nieber JL. 2009. Performance assessment of rain gardens. *Journal of the American Water Resources Association* 45: 1019-1031.
- Baker SW. 2004. The effect of rootzone composition on the performance of relatively mature *Agrostis capillaris*, *Festuca rubra* and *Poa annua* golf green turf. *Journal of Turfgrass and Sports Surface Science*. 80: 52-69.
- Balstad SN, Lohne J, Muthanna TM, Sivertsen E. 2018. Seasonal variations in infiltration in cold climate raingardens – a case study from Norway. *Vann* 2018 (01): 5-14.
- Bartens J, Day SD, Harris JR, Dove JE, Wynn TM. 2008. Can urban tree roots improve infiltration through compacted subsoils for stormwater management. *Journal of Environmental Quality* 37: 2048-2057.
- Beard JB, Martin DP. 1970. Influence of water temperature on submersion tolerance of four grasses. *Agronomy Journal* 62: 257-259.
- Becker MA, Muthanna TM, Braskerud BC. 2016. Trinn 1: Reduser overvannet i avløpsnett ved å frakoble taknedløp *Vann* 2016 (04); 359-369.
- Bertrand A, Castonguay Y, Nadeau P, Laberge S, Michaud R, Bélange G, Rochette P. 2003. Oxygen deficiency affects carbohydrate reserves in overwintering forage crops. *Journal of Experimental Botany* 54: 1721-1730.
- Blombäck K. 2008. En greens åldrande: Förändringar av växtbäddens biologiska, fysikaliska och kemiska egenskaper under en sexårsperiod. *Emergo* 2008:1. Swedish Agricultural University.
- Braskerud BC, Kihlgren KS, Saksæther V, Bjerkholt JT. 2012. Hydrologisk testing av regnbed for bruk som LOD-tiltak i småhusbebyggelse. *VANN*, 4 (47), 490-503.
- Braskerud BC, Paus KH. 2018. Blågrønn infrastruktur – mer enn håndtering av overvann? *Vann* 2018 (01): 119-128.
- Brennhovd B. 2014. Målt og modellert avrenning. Analyse av ledningsnett og urbanstasjon på Vestli i Oslo. Masteroppgave ved Norges Miljø- og Biovitenskapelige Universitet.
- Bøyum Å, Eidsmo T, Lindholm O, Nordeide T, Semb T, Skretteberg R, Markhus E. 1997. Anvendt urbanhydrologi. NVE Publikasjon 97/10, ISSN 0802-2569.
- Canaway P. 1993. Effects of using seed, sod and juvenile sod for the establishment of an all-sand golf green turf and on its initial performance under wear. *International Turfgrass Society Research Journal* 7: 469-475.
- Colleuelle H, Haugen LE, Udnæs HC, Møen K. 2001. Infiltrasjonsprosesser i frossen jord på Gardermoen. NVE rapport 8/2001.
- Davis AG, Martin BF. 1949. Observations on the effect of artificial flooding on certain herbage plants. *Journal of the British Grassland Society* 4: 63-64.
- Dekker LW, Ritsema CJ. 1996. Preferential flow paths in a water repellent claysoil with grass cover. *Water Resource Research* 32: 1239-1249.
- Doerr SH, Shakesby RA, Walsh RPD. 2000. Soil water repellency: Its causes, characteristics and hydro-geomorphological significance. *Earth Science Review* 51: 33-65.

- Doerr SH, Shakesby RA, Dekker LW, Ritsema CJ. 2006. Occurrence, prediction and hydrological effects of water repellency amongst major soil and land-use types in a humid temperate climate. *European Journal of Soil Science* 57: 741–754.
- Drew MC. 1997. Oxygen deficiency and root metabolism: Injury and acclimation under hypoxia and anoxia. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 48: 223-250.
- Feng W, Hatt BE, McCarthy DT, Fletcher TD, Deletic A. 2012. Biofilters for stormwater harvesting: Understanding the treatment performance of key metals that pose a risk for water use. *Environmental Science and Technology* 46: 5100–5108
- Fry JD. 1992. Too much water. *Grounds Maintenance* 27: 20-22.
- Gaussoin R, Shearman R, Wit L, McClellan T, Lewis J. 2006. Soil physical and chemical characteristics of aging greens. *USGA Turfgrass and Environmental Research Online* 5: 1-11.
- Göbel P, Dierkes C, Coldewey W. 2007. Storm water runoff concentration matrix for urban areas. *Journal of Contaminant Hydrology* 91: 26 – 42.
- Hamilton GW, Waddington DV 1999. Infiltration rates on residential lawns in central Pennsylvania. *Journal of Soil and Water Conservation* 54:564-568
- Haraldsen TK, Krogstad T. 2017. Anleggsjord – produsert for bruk i grøntanlegg. *Park & Anlegg* 16: 14-17.
- Hartwiger C. 2000. It's raining, it's pouring, the golf course is flooding: Floods may be unpredictable, but the turf manager's recovery program should be well organized. *USGA Green Section Record* 38: 8-11.
- Hodge A, Berta G, Doussan C, Merchan F, Crespi M. 2009. Plant root growth, architecture and function. *Plant and Soil*, 321: 153–187.
- Huck MB, Klepper B, Taylor HM. 1970. Diurnal variations in root diameter. *Plant Physiology* 45: 529-530.
- Kratky H, Li Z, Chen Y, Wang C, Li X, Yu T. 2017. A critical literature review of bioretention research for stormwater management in cold climate and future research recommendations. *Front. Environ. Sci. Eng.* 11: 16
- Lindholm O, Endresen S, Thorolfsson S, Sægrov S, Jakobsen G, Aaby, L. 2008. Veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering. Rapport 161. Norsk Vann
- Mæhlum T, Køhler JC, Jenssen PD, Hensel GR. 2010. Grunnundersøkelser for infiltrasjon - mindre avløpsanlegg, Rapport 178. Norsk Vann.
- Nus J. 1994. After the sky has fallen: Flooding tolerance: Knowing how plants tolerate inundation is part of managing the many golf courses that reside on floodplains. *Golf Course Management*. June. 62: 49-53.
- Paus KH. 2016a. Rensing av overvann ved hjelp av regnbed. Blågrønne løsninger. Klimatilpassingsdagene i Sandnes. 25/8 2016
- Paus KH. 2016b. Regnbed som renseløsning for forurenset vann. Faktaark Blågrønne overvannsløsninger. Oslo kommune.
- Paus KH, Braskerud BC. 2013. Forslag til dimensjonering og utforming av regnbed for norske forhold. *Vann* 2013 (01) 54-67.
- Paus KH, Muthanna TM, Braskerud BC. 2016. The hydrological performance of bioretention cells in regions with cold climates: seasonal variation and implications for design. *Hydrology Research* 47: 291-304.

- Petrovic AM, Easton ZM. 2005. The role of turfgrass management in the water quality of urban environment. *International Turfgrass Society Research Journal* Volume 10: 55-68.
- Randrup TB, Dralle K 1997. Influence of planning and design on soil compaction in construction sites. *Landscape and Urban Planning* 38: 87-92.
- Rossmann LA, Shade T, Sullivan D, Dickinson R, Chan C, Burgess, E. 2010. Storm Water Management Model User's manual version 5.0. Cincinnati: USEPA. Referert av Brennhovd (2014) og benyttet i SWMM modellering av effekt av LOD tiltak i Oslo.
- Schmidt I. 2018. Infiltrasjon av urbant overvann i grøntanlegg. Masteroppgave. Ås: Norges miljø- og biovitenskapelige universitet.
- Scholl P, Leitner D, Kammerer G, Loiskandl W, Kaul H-P, Bodner G. 2014. Root induced changes of effective 1D hydraulic properties in a soil column. *Plant and Soil* 381: 193-213
- Smetak KM, Johnson-Maynard JL, Lloyd JE 2007. Earthworm population density and diversity in different aged urban systems. *Applied Soil Ecology* 37: 161-168
- Solheim EB. 2017. Infiltrasjon for lokal overvannsdiskonsering (LOD). Masteroppgave. Ås: Norges miljø- og biovitenskapelige universitet.
- Solheim EB, French HK, Braskerud BC. 2017. Måling av infiltrasjon fra overflaten for bruk av åpen LOD i praksis. *VANN 03 2017*: 278-290.
- Stange R, Clavier K, Åstebøl SO, Hagen JO med fl. 2014. Blågrønn faktor. Veileder byggesak. 28.01.2014. Veileder utgitt av Bærum og Oslo kommuner med støtte fra Fremtidens byer (Miljødirektoratet).
- Thompson SE, Harman CJ, Heine P, Katul GG. 2010. Vegetation-infiltration relationships across climatic and soil type gradients, *Journal of Geophysical Research* 115: G02023.
- Tryland I, Mæhlum T, Wennberg AC, Paruch AM, Krystad R, Paruch L, Ranneklev S, Fosholt Moe T, Haande S, Myrmel M, Robertson L, Fergus T, Beschorner A-L, Kvitsjøen J. 2017. Tiltak for å oppnå bedre hygienisk vannkvalitet til rekreasjonsformål i overvann og byvassdrag - forprosjekt for å identifisere forskningsbehov. NIVA-rapport 7190-2017, ISSN 1894-7948, ISBN 978-82-577-577-6925-3, 75 pp.
- USGA 2018. United States Golf Association Recommendations for a Method of Putting Green Construction. 2018. Revision. (Lastet 18 Oct. 2018).
- Weiss PT, LeFevre G, Gulliver JS. 2008. Contamination of soil and groundwater due to stormwater infiltration practices, a literature review. St. Anthony Falls Laboratory. Retrieved from the University of Minnesota Digital Conservancy, <http://hdl.handle.net/11299/115341>.
- Woltemade CJ. 2010. Impact of residential soil disturbance on infiltration rate and stormwater runoff. *Journal of the American Water Resources Association* 46: 700-711.
- Aasen I. 1997. Mangelsjukdomar og andre ernæringsforstyrningar hos kulturplanter. Årsaker-symptom-rådgjerder. Andre utgåva, Landbruksforlaget. 95 s. +vedlegg.
- Åstebøl SO, Robba A, Stenvik G, Kristoffersen HG, Broch Olsen S. 2013. På lag med regnet. Veileder for lokal overvannshåndtering. Rogaland Fylkeskommune/Jæren vannområde.



Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO) ble opprettet 1. juli 2015 som en fusjon av Bioforsk, Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning (NILF) og Norsk institutt for skog og landskap.

Bioøkonomi baserer seg på utnyttelse og forvaltning av biologiske ressurser fra jord og hav, fremfor en fossil økonomi som er basert på kull, olje og gass. NIBIO skal være nasjonalt ledende for utvikling av kunnskap om bioøkonomi.

Gjennom forskning og kunnskapsproduksjon skal instituttet bidra til matsikkerhet, bærekraftig ressursforvaltning, innovasjon og verdiskaping innenfor verdikjedene for mat, skog og andre biobaserte næringer. Instituttet skal levere forskning, forvaltningsstøtte og kunnskap til anvendelse i nasjonal beredskap, forvaltning, næringsliv og samfunnet for øvrig.

NIBIO er eid av Landbruks- og matdepartementet som et forvaltningsorgan med særskilte fullmakter og eget styre. Hovedkontoret er på Ås. Instituttet har flere regionale enheter og et avdelingskontor i Oslo.