



Norges miljø- og  
biovitenskapelige  
universitet

**Masteroppgave 2021 30 stp**

Fakultet for realfag og teknologi

## **Hvordan avgjøre om infiltrasjon som løsning for å håndtere overvann fra mindre regn er hensiktsmessig eller ikke.**

*MED HENSYN TIL DE LOKALE FORHOLDENE VED ØNSKET BEBYGGELSE.*

How to decide whether infiltration as a solution for handling surface water from smaller rainfall is expedient.

*-IN CONSIDERATION OF THE LOCAL CONDITIONS BY DESIRED SETTLEMENT AREA.*

**Iselin Svendsen**

Vann- og miljøteknikk

## FORORD

Denne masteroppgaven er skrevet ved Norges miljø- og biovitenskaplige universitet Ås (NMBU) våren 2021. Masteroppgaven utgjør avsluttende arbeid på sivilingeniørutdanningen i Vann- og miljøteknikk.

Masteravhandlingen er basert på intervjustudier og en gjennomgang av relevant litteratur. Hensikten med dette arbeidet er derfor å innhente kunnskap som danner et grunnlag for å etablere et veiledningsmateriale for å avgjøre om det er hensiktsmessig med infiltrasjon og fremgangsmåte på dokumentasjon. Dette skal være et verktøy for å ivareta infiltrasjon gjennom planprosessen, fra regulering til sluttprotokoll.

Jeg ønsker å rette en stor takk til Ingeniørfirmaet Svendsen Co AS, Ole Petter Skallebakke fra Fredrikstad kommune, Ingelöv Eriksson, Kommunegeolog i plan- og bygningsetaten i Oslo kommune, Inga Potter, seniorarkitekt i plan- og bygningsetaten i Oslo kommune, Guri Venvik geolog ved NGU, Thomas Skaugen, forsker ved Hydrologisk avdeling, NVE, Steinar Taubøll, NMBU, Nils Otto Kitterød, NMBU, Elisabeth Blom Solheim, sivilingeniør, SWECO, Ingrid Johanna Verbaan, seriorrådgiver NVE, og Gunnhild Storbekkrønning Solli, NMBU, som har tatt seg tid til å dele sine erfaringer og råd, og diskutere problemstillinger rundt temaet.

Jeg vil også rette en stor takk til mine veiledere Universitetslektor Ulf Rydningen (NMBU, førsteamanuensis Kim Aleksander Haukland Paus (NMBU), og Per Møller-Pedersen, daglig leder i Storm Aqua, som har veiledet meg gjennom oppgaven, gitt meg inspirasjon og vist engasjement gjennom hele perioden.

Til slutt vil jeg takke mine nærmeste som har støttet meg gjennom hele studietiden.

Ås, mai 2021

---

Iselin Svendsen

## ABSTRACT

### **Infiltration and urbanization**

Infiltration describes the penetration of water from the surface, down into the ground and further down to the groundwater. Infiltration is part of the natural hydrological cycle and is important for the groundwater level to be maintained while reducing surface runoff. Infiltration contributes to evaporation, uptake of water into vegetation, reuse of surface water, reduction of foreign water, purification of surface water, improves biological diversity and provides an aesthetic value. (Braskerud and Paus, 2018) Urban hydrology is defined as the part of the water cycle that is connected to built-up areas. Development and densification of areas leads to a change between dense and permeable surfaces in the specific area by replacing natural green surfaces with dense surfaces such as roofs and asphalt. This leads to a change in the water balance, the drainage pattern, the infiltration ability in the soil and the natural purification and filtration. Infiltration is also important for the groundwater level in the area to be maintained at the same time as the surface runoff is reduced.

### **Infiltration and its place in the planning system**

There are currently no requirements for mapping the ground conditions to be able to assess which infiltration conditions exist before an area in a municipality is regulated for development purposes in the land-use element of the municipal master plan. There is little information and guidance material on how the municipalities should proceed to decide whether areas are suitable for local surface water management with infiltration in the ground. The purpose of this work is therefore to obtain knowledge that forms a basis for establishing guidance material to determine whether it is appropriate with infiltration, and procedure for documentation. This will be a tool for safeguarding infiltration throughout the planning process, from regulation to final protocol.

To meet the expected challenges associated with surface water, measures must be implemented. The legislation must be sufficiently designed with the necessary instruments and with clear instructions. The municipalities currently have many

opportunities to influence surface water management through provisions in the Planning and Building Act, the area part of the municipal plan, the Pollution Control Act, the Water Resources Act, etc.

### **Tools for determining whether or not infiltration is appropriate**

The first step towards good planning is to know the laws and regulations, and strategies and regulations for the current municipality. For areas where development is planned, planning should be done at a general level early in the phase, and further descriptions and solutions at a detailed level should be made later in the phase. After planning and designing, the measure is carried out, a further control of the execution is carried out, and finally the solution is to be operated.

The thesis summarizes which local conditions must be considered to determine whether infiltration as a solution for dealing with surface water from less rain is appropriate or not, with a flow chart.

## SAMMENDRAG

### **Infiltrasjon og urbanisering**

Infiltrasjon beskriver inntrengingen av vann fra overflaten, ned i bakken og videre ned til grunnvannet. Infiltrasjon er en del av det naturlige hydrologiske kretsløpet og er viktig for at grunnvannstanden skal opprettholdes samtidig som overflateavrenningen reduseres. Infiltrasjon bidrar til fordampning, opptak av vann i vegetasjon, gjenbruk av overvann, reduksjon av fremmedvann, rensing av overvann, bedrer det biologiske mangfoldet og gir en estetisk verdi. (Braskerud og Paus, 2018) Urbanhydrologi defineres som den delen av vannets kretsløp som er knyttet til bebygde områder. Utbygging og fortetning av områder fører til en endring mellom tette og permeable flater i det bestemte området ved at naturlige grønne overflater erstattes med tette flater som tak og asfalt. Dette fører til en endring i vannbalansen, avrenningsmønsteret, infiltrasjonsevnen i grunnen og naturlig rensing og filtrering. Infiltrasjon er også viktig for at grunnvannstanden i området skal opprettholdes samtidig som overflateavrenningen reduseres.

### **Infiltrasjon sin plass i plansystemet**

Det finnes i dag ingen krav til kartlegging av grunnforholdene for å kunne vurdere hvilke infiltrasjonsforhold som finnes, før et område i en kommune blir regulert til utbyggingsformål i kommuneplanens arealdel. Det finnes lite informasjon og veiledningsmateriell om hvordan kommunene skal gå fram for å bestemme om arealer er egnet til lokal overvannshåndtering med infiltrasjon i grunnen. Hensikten med dette arbeidet er derfor å innhente kunnskap som danner et grunnlag for å etablere et veiledningsmateriale for å avgjøre om det er hensiktsmessig med infiltrasjon og fremgangsmåte på dokumentasjon. Dette skal være et verktøy for å ivareta infiltrasjon gjennom planprosessen, fra regulering til sluttprotokoll.

For å imøtekomme de forventede utfordringene knyttet til overvann, må tiltak iverksettes. Lovverket må være tilstrekkelig utformet med de nødvendige virkemidlene og med klare beskrivelser. Kommunene har i dag mange muligheter til å påvirke

overvannshåndteringen gjennom bestemmelser i plan og bygningsloven, kommuneplanens arealdel, forurensningsloven og vannressursloven, mm.

### **Verktøy for å avgjøre om infiltrasjon er hensiktsmessig eller ikke**

Første steget mot god planlegging er å kjenne til lover og forskrifter, og strategier og regelverk for den gjeldende kommunen. For områder der det planlegges utbygging bør det gjøres en planlegging på overordnet nivå tidlig i fasen, videre gjøres det nærmere beskrivelser og løsninger på detaljert nivå lenger ut i fasen. Etter planlegging og prosjektering utføres tiltaket, videre utføres en kontroll av utføringen og helt til slutt skal løsningen driftes.

Oppgavens oppsummerer hvilke lokale forhold som må vurderes for å avgjøre om infiltrasjon som løsning for å håndtere overvann fra mindre regn er hensiktsmessig eller ikke, med et flytskjema.

# INNHALDSFORTEGNELSE

Forord .....	1
Abstract .....	2
Sammendrag.....	4
Oversikt forkortelser .....	9
Ordforklaringer .....	10
Del 1 Introduksjon .....	11
1.1 Hensikt .....	13
1.2 Forskningsspørsmål.....	14
1.3 Avgrensninger .....	14
1.4 Masteroppgavens oppbygning.....	15
Del 2 Teoretisk bakgrunn .....	16
2.1 Overvannshåndtering.....	16
2.1.1 Urbanhydrologi .....	16
2.1.2 Den blå-grønne infrastrukturens påvirkning på mennesker.....	17
2.2.3 Åpen overvannshåndtering .....	18
2.2 Infiltrasjon .....	22
2.2.1 Hydraulisk ledningsevne.....	23
2.2.2 Permeabilitet.....	24
2.2.3 Infiltrasjonsteori .....	24
2.2.4 Faktorer som påvirker infiltrasjonen .....	26
2.2.4 Infiltrasjon som rensiltak.....	33
2.2.5 Fare for forurensing av grunnvann og resipienter.....	34
2.2.6 Utfordringer knyttet til vintersesong.....	35
2.2.7 Målemetoder for infiltrasjon.....	36
2.3 Plansystemets oppbygning .....	40
2.3.1 Regionalt nivå.....	40
2.3.2 Kommunalt nivå .....	41
2.4 Overvannshåndtering gjennom lovverk, forskrifter og direktiver .....	44
2.5 Infiltrasjon gjennom planfasene.....	48
2.5.1 Tre-trinns strategien.....	48
2.5.2 Hvor i planprosessen bør hensyn til infiltrasjon komme inn? .....	51
3 Metoder .....	53
3.1 Litteraturgjennomgang .....	53

3.2 Intervjuer .....	53
4 Praktiske metoder og erfaringer .....	55
4.2 Vurdering av lokale forhold.....	55
4.2.1 Infiltrasjonskapasitet i grunnen.....	55
4.2.2 Avstand til grunnvannet .....	55
4.2.3 Transport/drenering av det infiltrerte overvannet.....	56
4.2.4 Skader oppstrøm eller nedstrøms .....	56
4.2.5 Forurensning av grunnvannet .....	56
4.2.6 Fare for ras/skred og erosjon .....	56
4.2.7 Nedbørsfelt og terrengutforming.....	56
4.2.8 Drift .....	57
4.2.9 Kuldeperioder.....	57
4.2.10 Hvor tar det infiltrerte vannet veien? .....	57
4.2.11 Hvor skal man gjøre infiltrasjonstesten? .....	58
4.2.12 Når skal man ikke gjøre infiltrasjonstest?.....	58
5 Resultat og praktisk veiledning .....	60
5.1 Veiledning på overordnet nivå .....	61
5.2 Veiledning på detaljnivå .....	65
5.3 Veileder for å avgjøre om infiltrasjon som løsning for å håndtere overvann fra mindre regn er hensiktsmessig eller ikke, med hensyn til de lokale forholdene ved ønsket bebyggelse? .....	67
5.4 Praktiske eksempler på løsninger og anvendelser der infiltrasjon er hensiktsmessig .....	68
5.4.1 Vadi, gresskledde vannveier og åpne grøfter .....	68
5.4.2 Regnbed .....	69
5.4.3 Åpen overvannshåndtering av veivann .....	70
5.4.4 Permeabelt dekke .....	70
5.4.5 Magasin med infiltrasjonsmulighet .....	71
5.4.6 Fordøyningsdam/overvannsdam.....	72
5.4.7 Infiltrasjonskum.....	72
5.5 Praktiske eksempler på løsninger og anvendelser der infiltrasjon ikke er hensiktsmessig .....	73
5.5.1 Regnhøstning .....	73
5.5.2 Kunstig regnbed .....	73
5.5.3 Blå tak.....	74
5.5.4 Grønne tak .....	74
5.5.5 Lukkede magasiner.....	75



5.5.6 Lukkede magasiner med gjenbruksmuligheter .....	75
5.5.7 Tette overstrømningsflater .....	76
5.5.8 Flerbruksarealer uten mulighet for infiltrasjon .....	76
5.5.9 Renner som leder overvannet til vegetasjon.....	77
6 Diskusjon.....	78
6.1 Veileder på overordnet nivå.....	78
6.2 Veileder på detaljnivå .....	79
6.3 Veileder for å avgjøre om infiltrasjon som løsning for å håndtere overvann fra mindre regn er hensiktsmessig eller ikke, med hensyn til de lokale forholdene ved ønsket bebyggelse .....	80
7 Konklusjon og oppsummering .....	82
7.1 Oppsummering .....	82
7.2 Konklusjon.....	83
7.3 Videre arbeid.....	86
Lister .....	91
Bildeliste.....	91
Tabell liste .....	91
Figurliste .....	92

## OVERSIKT FORKORTELSER

Tabell 1 Forkortelser

<b>Forkortelser</b>	<b>Forklaring</b>
<b>LOD</b>	Lokal Overvanns Disponering
<b>LOH</b>	Lokal Overvanns Håndtering
<b>IVF</b>	Intensitet Varighet Frekvens
<b>MPD</b>	Modified Philip- Dunne
<b>DR</b>	Dobbelring infiltrrometer
<b>K</b>	Hydraulisk konduktivitet
<b>NGU</b>	Norges geologiske undersøkelse

## ORDFORKLARINGER

Tabell 2 Ordforklaringer

<b>Begrep</b>	<b>Forklaring</b>
<b>Infiltrasjon</b>	Begrep om vann fra jordoverflata som trenger ned i grunnen.
<b>Konsentrasjonstid</b>	Konsentrasjonstid ( $t_k$ ) er tiden det tar fra en regndråpe faller i den ytterste delen av området til den treffer utløpet. Denne består av $t_k = t_t + t_s$ , der $t_t$ er tilrenningstiden på overflaten og $t_s$ er strømmingstid i rør.
<b>Overvann</b>	Overvann er et begrep om vannet som renner på overflaten etter regn eller smeltevann.
<b>Resipient</b>	En felles betegnelse på elv, bekk, hav, myr, innsjø eller annen vannkilde som mottar vann.
<b>Adsorpsjon</b>	En prosess som oppstår når en væske eller gass bindes til overflaten av fast stoff eller væske, da dannes det en atomær eller molekylær film.
<b>Absorpsjon</b>	En prosess som oppstår når enten et stoffe eller en energi trenger inn i et annet stoff.
<b>Sorpsjon</b>	En felles betegnelse for adsorpsjon og absorpsjon.
<b>Økosystem</b>	Omhandler alle levende organismer som finnes på et sted og det miljøet som de lever i.
<b>Turbiditet</b>	Et uttrykk for mengden suspendert uorganisk materiale i ferskvann.
<b>Eutrofiering</b>	En prosess i innsjøer, havet og andre overflate vann der planteproduksjonen øker grunnet økt tilførsel av næringsstoffer.
<b>Transpirasjon</b>	Et begrep om fordampingen som skjer fra blader på trær og planter.
<b>Fordamping</b>	En betegnelse på prosessen som skjer da vann går fra væskeform til gassform.
<b>Evapotranspirasjon</b>	En betegnelse på summen av transpirasjon og fordampning.

## DEL 1 INTRODUKSJON

Håndtering av overvann i urbane områder har fått et økende fokus de siste årene. Det oppleves økende nedbørsmengder og mer intensive nedbørshendelser, dette skyldes trolig klimaendringene som vi står overfor. Utbygging og fortetting omkring byene fører til en økning i andel tette flater, noe som reduserer muligheten for infiltrasjon i grunnen. «Fortetting er en del av løsningen for å redusere klimagassutslippene, tilrettelegge for miljøvennlige transportformer og unngå inngrep i natur- og kulturmiljø og dyrket jord» (Fredrikstad kommune, 2020). Denne fortettingen skaper likevel utfordringer i forhold til hvordan overvannet skal håndteres. I tettbebygde områder er det ofte trange gater med liten plass til vegetasjon, få infiltrasjonsmuligheter, og kabler i bakken kan sette begrensninger for dybden. Den tradisjonelle fortettingen skaper grå flater som kun har en funksjon, dette reduserer mulighetene biologiskmangfold. (Paus, 2018)

Tradisjonelt har overvannet blitt håndtert ved å lede det fort vekk i tette rør, denne metoden reduserer vannets mulighet for infiltrasjon og endrer det naturlige avrenningsmønsteret. Dette har påvirkning for grunnvannet som stammer fra og fornyes av nedbør, og spiller en viktig rolle i grunnens egenskaper. Dersom grunnvannet senkes, vil jordmassene komprimeres grunnet endringer i poretrykk. Dette kan føre til setningsskader (NGU 2019). Ved flomsituasjoner oppstår det kapasitetsproblemer i ledningsnett og dermed oversvømmelser. Dette medfører materielle skader og fare for liv kan være en konsekvens.

Flere steder i verden oppleves forringelse av ledningsnett, dette har konsekvenser for ledningsnettets funksjon, leveranse og kvalitet på vannet. Tidligere kortsiktige vurderinger har skapt et etterslep av fornyelse av ledningsnett. (Norsk Vann, 2019)

Vi måler høyere konsentrasjoner av drivhusgasser i atmosfæren enn aldri før, dette er endringer fra både menneskeskapte og naturlige systemer. Endringer i nedbørsmønstre, høyere temperaturer, et stigende havnivå og ekstremvær er faktorer vi må ta hensyn til for å beskytte konstruksjoner, infrastruktur, liv og helse (Bothner & Aanderaa, 2017). Grunnet hyppigere forekomster av kraftige regnskyl over kort tid de siste årene har nettopp overvann fått ekstra oppmerksomhet. Det eksisterende ledningsnett er flere steder overbelastet, underdimensjonert, gammelt og klarer ikke

ta unna slike situasjoner (Paus, 2018). Av klimaendringene vil vi også kunne oppleve varmere vintre, høyere minimumstemperaturer, større årlig nedbør, lengre perioder med tørke og fuktighet og ekstreme lokale værhendelser.

Det finnes flere typer fremmedvann. Drensvann fra bygginger som føres til spillvannsledninger i separatsystemet kan skje ved feilkoblinger, det samme gjelder spillvannsledninger som kobles til overvannsledninger. Overvann fra overflater, utlekket drikkevann og grunnvann kan trenge inn i ledninger gjennom lekkasjer, kumløkk, osv. (Lindholm, 2012)

Høyere avrenningstopper som følge av fortetning øker sannsynligheten for at overvannet frakter med seg forurensning. Forurensning fra overvann vil kunne påvirke den kjemiske, fysiske og mikrobiologiske vannkvaliteten. Økende mengde forurenset overvann kan få konsekvenser for økosystemer i vassdrag og ulike typer resipienter.

TEK 17 § 15-8 gir bestemmelse om at overvann og drensvann i størst mulig grad skal infiltreres eller håndteres lokalt. Hensikten med denne bestemmelsen er å sikre vannbalansen i området og hindre at avløpsanleggene blir overbelastet. (TEK17)

## 1.1 HENSIKT

Det finnes i dag ingen krav til kartlegging av grunnforholdene for å kunne vurdere hvilke infiltrasjonsforhold som finnes, før et område i en kommune blir regulert til utbyggingsformål i kommuneplanens arealdel. Det finnes noe informasjon om grunnens infiltrasjonsevne fra NGUs kartverk (NGU, 2015), dette er basert på en grovkartlegging og heller ikke alle deler av Norge er kartlagt med hensyn til infiltrasjonsegenskaper av arealer. Det finnes lite informasjon og veiledningsmateriell om hvordan kommunene skal gå fram for å bestemme om arealer er egnet til lokal overvannshåndtering med infiltrasjon i grunnen. Hensikten med dette arbeidet er derfor å innhente kunnskap som danner et grunnlag for å etablere et veiledningsmateriale for å avgjøre om det er hensiktsmessig med infiltrasjon og fremgangsmåte på dokumentasjon. Dette skal være et verktøy for å ivareta infiltrasjon gjennom planprosessen, fra regulering til sluttprotokoll. Hvordan kommunene kan sette krav til infiltrasjon i plan, kan gjøres på ulike måter. For det første kan kommuner sette krav til innhold av rammeplaner for VA at de skal redegjøre for arealenes infiltrasjonsevne. En annen tilnærming er at kommunene setter krav til vurdering av infiltrasjon i reguleringsbestemmelsene til et utbyggingsområde. En tredje måte å ivareta kartlegging og vurdering av områders infiltrasjonsevne er at dette tas med som krav til kommunenes VA-norm/kommunaltekniske norm. Kravet kan også tas inn som en del av en utbyggingsavtale. Siden det er et behov for finne fram til og sammenstille informasjon om hvordan infiltrasjon kan ivaretas i planprosess og byggesøknader vil denne masteravhandlingen bidra til å tette dette kunnskapshullet

Norsk Vann sin 3-trinns strategi går ut på at nedbør fra mindre regnhendelser skal fanges opp og infiltreres i trinn 1, nedbør fra store regnhendelser skal fordøyas før det føres videre til avløpsanlegget i trinn 2 og nedbør fra ekstreme regnhendelser skal ledes sikkert vekk i trygge flomveier.

Trinn 1 i Norsk Vann sin 3-trinns strategi omhandler alle fysiske, åpne tiltak som fanger opp og infiltrerer normalnedbør, også kalt mindre regn. Løsning for trinn 1 bruker permeable overflater på en overflate som har evne til å infiltrere overvann. Eksempler på slike permeable overflater er vegetasjonsdekte overflater, som plen og beplantede arealer, grusdekte overflater og permeable dekker, som stein og asfalt.

Infiltrasjon er en viktig del av det naturlige hydrologiske kretsløpet og bidrar til fordampning, opptak av vann i vegetasjon, gjenbruk av overvann, reduksjon av fremmedvann, rensing av overvann, bedrer det biologiske mangfoldet og gir en estetisk verdi. (Braskerud og Paus, 2018) Infiltrasjon er også viktig for at grunnvannstanden i området skal opprettholdes samtidig som overflateavrenningen reduseres.

## 1.2 FORSKNINGSSPØRSMÅL

Hvordan avgjøre om infiltrasjon som løsning for å håndtere overvann fra mindre regn er hensiktsmessig eller ikke, med hensyn til de lokale forholdene ved ønsket bebyggelse?

## 1.3 AVGRENSNINGER

Mitt bidrag med denne masteroppgaven er å innhente kunnskap for å lage grunnlaget for en bransje-veileder for å avgjøre om infiltrasjon som løsning for å håndtere overvann fra mindre regn er hensiktsmessig eller ikke.

Oppgaven gir en overordnet oversikt over gjeldene regelverk, men har ikke som hensikt i å gå i dybden på regelverket.

Denne masteroppgaven har ikke hatt som formål å gå i dybden på infiltrasjonsteori eller målemetoder. Oppgaven setter ingen verdier for hvilken størrelse som betegner mindre nedbørshendelser eller hvilke verdier for infiltrasjon som tilsvarer at grunnen har tilstrekkelig infiltrasjonskapasitet.

#### 1.4 MASTEROPPGAVENS OPPBYGNING

Den første delen av oppgaven tar for seg bakgrunnen til problemstillingen til forsknings spørsmålet. Det blir sett på hvilke faktorer som gjør temaet om infiltrasjon aktuelt.

I teori-delen gis en introduksjon til overvann, grunnvann, urbanhydrologi, åpen overvannshåndtering, lovverk, forskrifter og veiledere, og til slutt infiltrasjon.

Den tredje delen omhandler oppgavens metoder.

I del 4 blir det sett på hvilke målemetoder og beregningsmetoder som brukes for å kartlegge infiltrasjonsevnen til et område. Aktuelle spørsmål rundt infiltrasjon blir besvart. Krav som må hensyntas ved arbeid med infiltrasjon og hvilke målemetoder som finnes for beregning av infiltrasjonskapasitet. Praktiske løsninger både for steder der det er hensiktsmessig og ikke hensiktsmessig med infiltrasjon blir presentert.

I resultatdelen blir det utarbeidet veiledere på overordnet og detaljert nivå.

Den sjette delen av oppgaven tar for seg diskusjoner rundt veilederen og den siste delen konkluderer og oppsummerer oppgaven.



## DEL 2 TEORETISK BAKGRUNN

### 2.1 OVERVANNSHÅNTERING

Overvann er en samlebetegnelse på vann som renner på overflaten som følge av nedbør og smeltevann. Håndtering av overvann har lenge foregått ved å lede det vekk i rør og videre til enten resipient eller renseanlegg. I nyere tid ønskes lokal overvannshåndtering, eller lokal overvannsdisponering slik det også omtales som, grunnet klimaendringer, for liten kapasitet i ledningsnett, forringelse av ledningsnett og større andeler med tette flater. Denne metoden tar i bruk løsninger som infiltrerer, fordrøyer og sikrer at overvannet transporteres vekk via sikre flomveier. En god måte å håndtere overvannet på ivaretar sikkerhet mot skade på miljø, helse og infrastruktur.

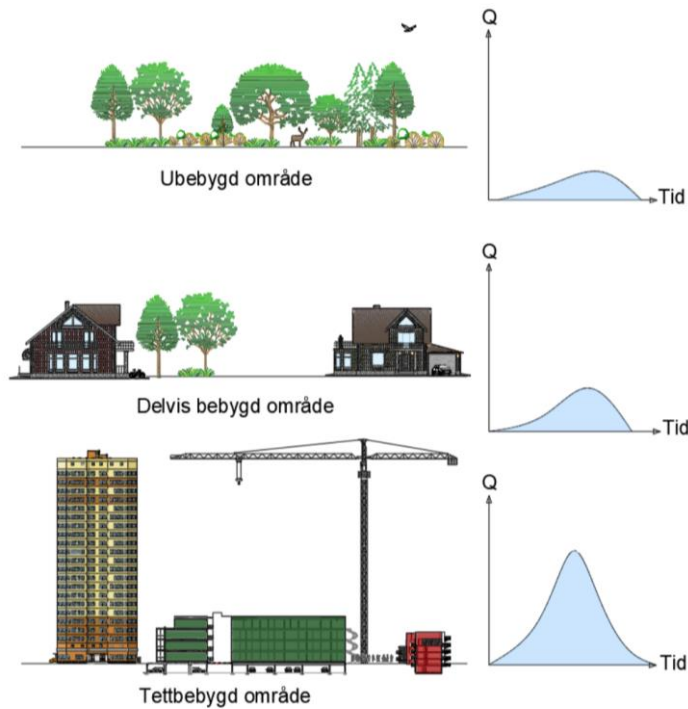
#### 2.1.1 URBANHYDROLOGI

Urbanhydrologi defineres som den delen av vannets kretsløp som er knyttet til bebygde områder. Utbygging og fortetning av områder fører til en endring mellom tette og permeable flater i det bestemte området ved at naturlige grønne overflater erstattes med tette flater som tak og asfalt. Dette fører til en endring i vannbalansen, avrenningsmønsteret, infiltrasjonsevnen i grunnen og naturlig rensing og filtrering.

Når overflater bearbeides, endres den naturlige hydrologien for området. Gjennom den naturlige hydrologien skjer fordamping fra overflater, transpirasjon fra vegetasjonen og infiltrasjon gjennom jordoverflaten ned mot grunnvannet. Vannet sirkulerer mellom atmosfæren, jordens overflate og havet, og veksler mellom flytende, fast og gassform.

Ved urbanisering endrer hydrologien for et område ved fjerning av vegetasjon som bremser og returnerer nedbør gjennom luften ved fordamping og transpirasjon, kupering av terreng som tidligere fungerte som naturlige gropmagasin for midlertidig lagring av nedbør, endring i komprimering og sammensetning av løsmasser. Nedbør som tidligere fikk tid til å infiltrere ned i bakken, renner nå av på overflaten med en høy avrenningshastighet. Endringene som følge av urbanisering øker ikke bare avrenningshastigheten, men endrer også avrenningsvolumet fordi infiltrasjon uteblir. Ved kraftig nedbør vil ikke det tradisjonelle ledningsnett ha stor nok kapasitet til å føre overvannet vekk på en trygg måte. En annen konsekvens av tette flater er senkning

av grunnvannstand som kan føre til setningsskader på byggverk og infrastruktur. Som følge av urbaniseringen øker også både konsentrasjonen av og typer forurensninger som overvannet frakter med seg. Med færre permeable flater, som kan ha en rensende effekt, vil det forurensede overvannet bli fraktet til resipient.



Illustrert avrenning, inspirert av SINTEF Byggforsk

Figur 1 Illustrert avrenning, Iselin Svendsen

Bilde 2 beskriver hvordan avrenningen oppfører seg i ubebygd, delvis bebygd og tettbebygd område. Det vises tydelig hvordan flomtoppene opptrer på de ulike områdene. Tette overflater er som regel glatte, noe som øker hastigheten på vannet og derfor reduserer både konsentrasjonstiden, infiltrasjonen og resultatet blir en økende avrenning.

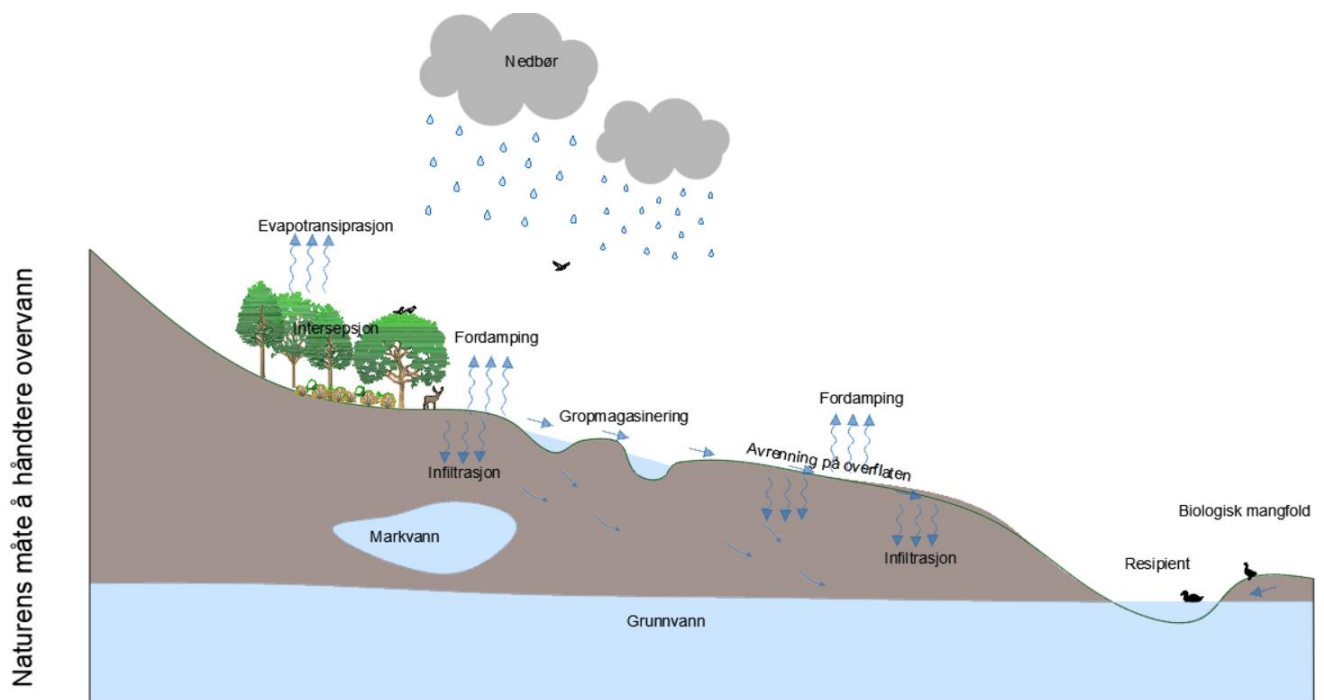
### 2.1.2 DEN BLÅ-GRØNNE INFRASTRUKTURENS PÅVIRKNING PÅ MENNESKER

Grønnstrukturer har stor påvirkning på mennesket, både i form av fysisk og psykisk helse. Slik struktur har funksjon som møteplass, aktivitet og rekreasjon. Grønne områder i tettbebyggelse legger til rette for idrett og lek. Områdene er viktige habitat for dyre- og planteliv, og kan ha tilleggsfunksjoner som flomvei, fordrøyningsmagasin og

infiltrasjonsområde. Opplevelseskvaliteten økes ved grønnstruktur og åpent vannspeil, samtidig som det spiller en positiv rolle for det biologiske mangfoldet.

### 2.2.3 ÅPEN OVERVANNSHÅNTERING

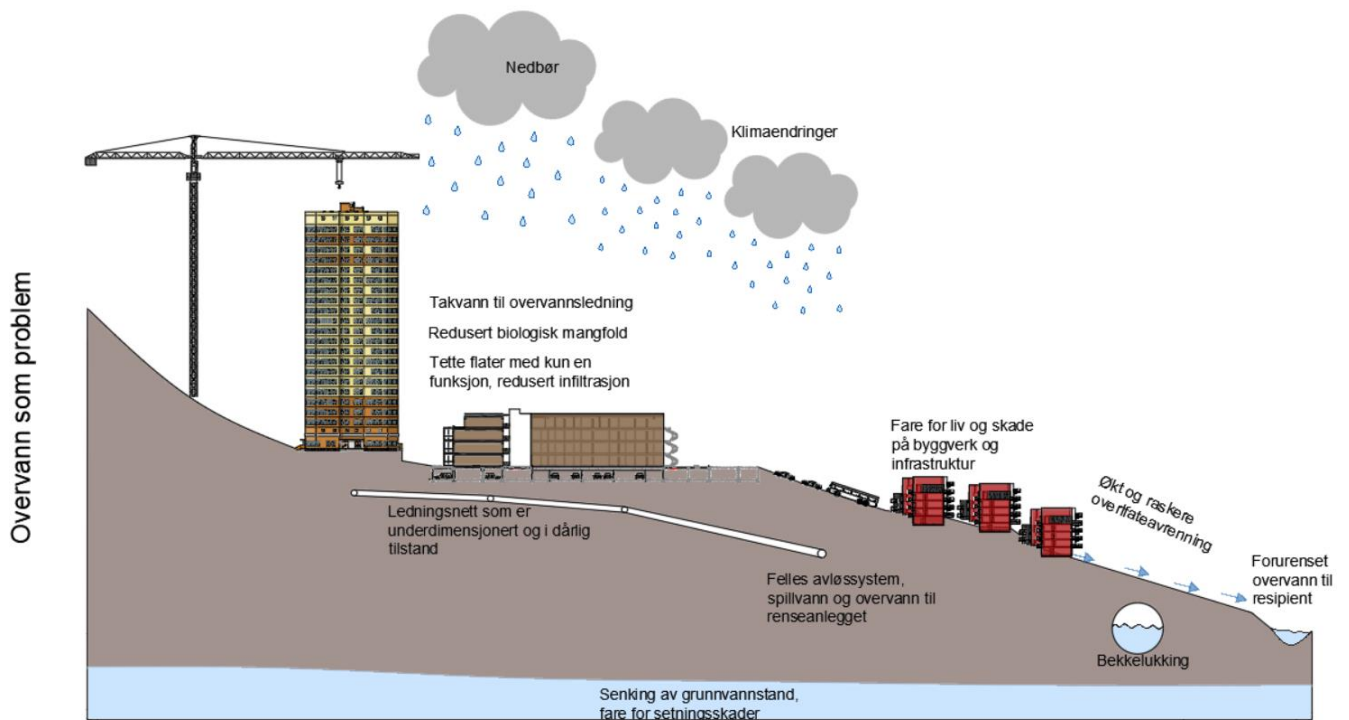
Overvann er et begrep for vannet som renner på overflaten etter regn eller smeltevann. God overvannshåndtering tar hånd om vannet lokalt, sikrer trygge flomveier og har som hensikt å sikre helse, miljø, infrastruktur og bygninger. God overvannshåndtering betegnes derfor også som lokal overvannshåndtering (LOH) eller lokal overvannsdiskonering (LOD). Oppfatningen om at overvann kun er et problem har nå gått ut på dato. Overvann er en god ressurs og det er våre måter å håndtere overvannet på som møter en tid med behov for endringer.



Figur 2 Naturens måte å håndtere overvann, Iselin Svendsen

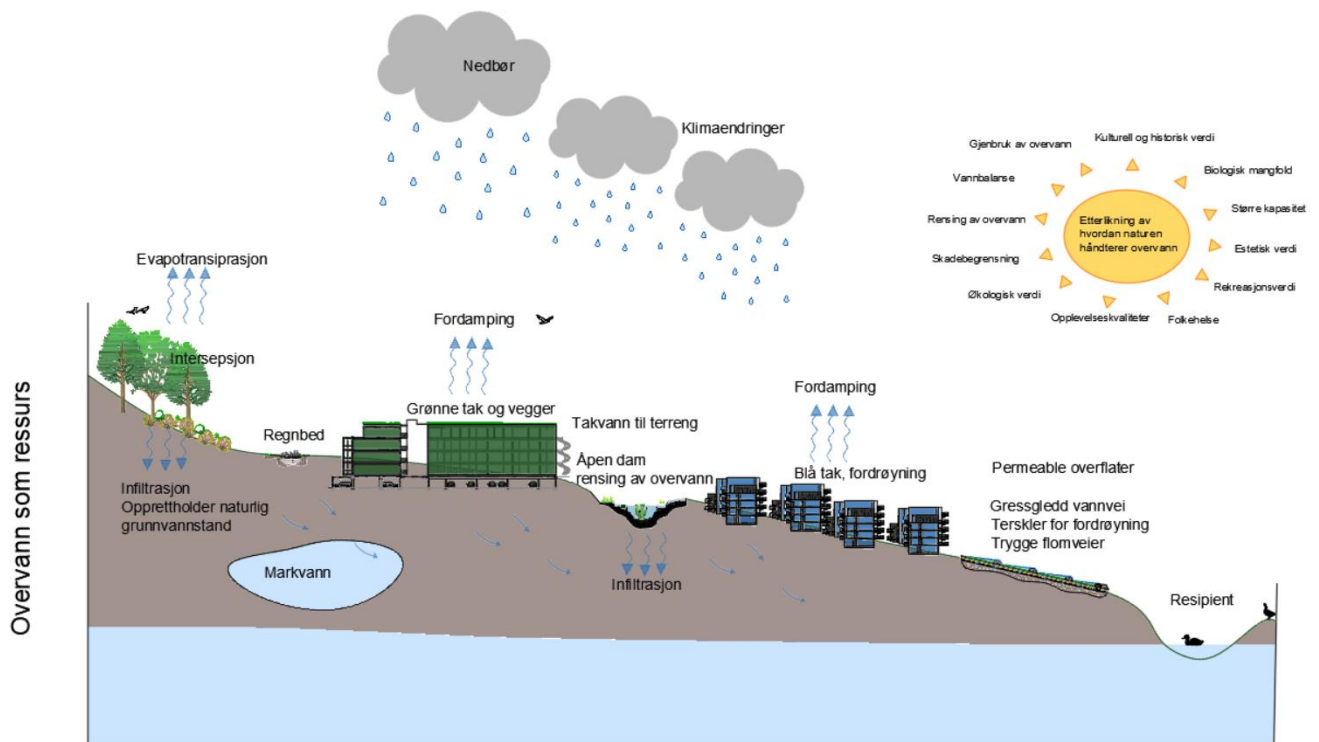
Bildet illustrerer naturens måte å håndtere overvannet på. De naturlige syklusene håndterer overvannet med evapotranspirasjon, som er en betegnelse på summen av fordamping og transpirasjon. Fordampningen skjer fra jordsmonnet, toppen av løvtrær og fra vannspeil, og transpirasjon skjer gjennom fordamping fra planter og trær. Intersepsjon omhandler den delen av nedbøren som blir værende i vegetasjon før den

treffer bakken. Gropmagasiner er summen av oppfukning av overflater og oppsamling av overvann i groper. Overvannet i gropmagasineren vil til slutt infiltrere eller fordampe. Alle faktorene i naturens måte å håndtere overvannet på er viktig for vannets naturlige syklus.



Figur 3 Overvann som problem, Iselin Svendsen

Den tradisjonelle måten å håndtere overvann på er å lede det fort vekk i tette rør. Som nevnt tidligere i oppgaven minsker denne metoden nedbøren sin mulighet for infiltrasjon og endrer det naturlige avrenningsmønsteret. Dette har påvirkning for grunnvannet som stammer fra og fornyes av nedbør, og spiller en viktig rolle i grunnens egenskaper. Dersom grunnvannet senkes, vil jordmassene komprimeres grunnet endringer i poretrykk, dette kan føre til setningskader (NGU 2019). Ved flomsituasjoner kan det oppstå kapasitetsproblemer i ledningsnett og oversvømmelser, materielle skader og fare for liv kan være en konsekvens. Disse kortsiktige vurderingene skaper et etterslep av fornyelse av ledningsnett. Klimaendringene skaper endringer i nedbørsmønstre, høyere temperaturer, et stigende havnivå og ekstremvær. Høyere avrenningstopper som følge av fortetning øker risiko for at overvannet frakter med seg forurensing til grunnvann og resipienter.



Figur 4 Overvann som ressurs, Iselin Svendsen

Åpne overvannssystemer har som mål å etterlikne naturen sin måte å ta hånd om vannet på. Systemene består som regel av synlige løsninger med flere fordeler kontra å lede overvannet rett ned i rør under bakken. Kapasiteten i åpne overvannsløsninger er ofte større enn rørene klarer å ta hånd om. Overvannet utnyttes som ressurs for opplevelse og biologisk mangfold og omtales på mange måter som en bærekraftig løsning ettersom dette systemet har fordeler både for det sosiale, økonomiske og økologiske. Oppsummert kan man si at overvannet blir tatt hånd om som et problem, men blir disponert som en ressurs.

Lokal overvannshåndtering (LOH) kan løses på mange måter og under følger noen eksempler.

Tabell 3 Åpen overvannshåndtering

Tiltak	Norsk tre-trinnstrategi	Type prosess	Rensing av overvann
<b>Blå tak</b>	2	Fordrøyning	Fordampning reduserer mengden overvann til avløpssystemet.
<b>Grønne tak</b>	1 og 2	Transpirasjon og fordrøyning	Fordampning reduserer mengden overvann til avløpssystemet og kan rense overvannet.
<b>Grønne vegger</b>	1 og 2	Infiltrasjon, fordampning	Fordampning reduserer mengden overvann til avløpssystemet og kan rense overvannet.
<b>Frakobling av takrenner</b>	1	Infiltrasjon, fordampning	Leder overvannet til infiltrasjonsmuligheter i terrenget, løsningen kan rense overvannet.
<b>Regnbed</b>	1 og 2	Infiltrasjon fordampning og fordrøyning	Løsningen kan rense overvannet ved sedimentasjon, opptak og nedbrytning i jord og planter.
<b>Permeable flater</b>	1	Infiltrasjon og fordampning	Løsningen kan rense overvannet gjennom infiltrasjon.
<b>Grøfter og renner</b>	1, 2 og 3	Infiltrasjon, fordampning, fordrøyning og flomvei.	Løsningen kan rense overvannet gjennom infiltrasjon.
<b>Tørre fordrøyningsmagasiner</b>	1 og 2	Fordrøyning og mulighet for infiltrasjon	Løsningen kan rense overvannet gjennom infiltrasjon.
<b>Våte fordrøyningsmagasiner</b>	2	Fordrøyning	Løsningen kan rense overvannet ved sedimentasjon, opptak og nedbrytning i jord og planter.
<b>Overstrømningsflater</b>	(1 og) 3	Flomvei	I en flomsituasjon er det viktig å ha planlagt flomveier slik at det ikke oppstår fare for liv og helse, og ikke skader konstruksjoner og infrastruktur.
<b>Bekker, elver og kanaler</b>	1, 2 og 3	Infiltrasjon, fordampning, fordrøyning og flomvei.	Løsningen kan rense overvannet ved sedimentasjon, opptak og nedbrytning i jord og planter.
<b>Våtmark</b>	1 og 2	Infiltrasjon, fordampning og fordrøyning.	Løsningen kan rense overvannet ved sedimentasjon, opptak og nedbrytning i jord og planter og nedbrytning av næringssalter og kjemikalier og tilførsel av oksygen.
<b>Rensedammer</b>	1 og 2	Infiltrasjon, fordampning og fordrøyning.	Denne løsningen legger til rette for rikt liv av både amfibier, fugler og insekter. Løsningen kan rense overvannet ved sedimentasjon, opptak og nedbrytning i jord og planter og tilførsel av oksygen.
<b>Terskler</b>	1, 2 og 3	Infiltrasjon, fordrøyning og flomvei	Løsningen kan rense overvannet ved sedimentasjon, opptak og nedbrytning i jord og tilførsel av oksygen.

## 2.2 INFILTRASJON

Infiltrasjon beskriver inntrengingen av vann fra overflaten, ned i bakken og videre ned til grunnvannet. Infiltrasjon er en del av det naturlige hydrologiske kretsløpet og er viktig for at grunnvannstanden skal opprettholdes samtidig som overflateavrenningen reduseres. Infiltrasjon bidrar til fordampning, opptak av vann i vegetasjon, gjenbruk av overvann, reduksjon av fremmedvann, rensing av overvann, bedrer det biologiske mangfoldet og gir en estetisk verdi. (Braskerud og Paus, 2018)

Infiltrasjon skjer når vannet siver ned i bakken og videre ned til grunnvannet, mens ved fordrøyning lagres vannet før det gradvis sendes videre. Infiltrasjon er en del av det naturlige hydrologiske kretsløpet og er viktig for at grunnvannstanden skal opprettholdes samtidig som overflateavrenningen reduseres. Infiltrasjon bidrar til fordampning, opptak av vann i vegetasjon, gjenbruk av overvann, reduksjon av fremmedvann, rensing av overvann, bedrer det biologiske mangfoldet og gir en estetisk verdi. (Braskerud og Paus, 2018)

Trinn 1 omhandler alle fysiske, åpne tiltak som fanger opp og infiltrerer normalnedbør, også kalt mindre regn. Normalnedbøren dekker 90 % av årsnedbøren. Løsning for trinn 1 bruker permeable overflater på et terreng som har evne til å infiltrere overvann. Eksempler på slike overflater er vegetasjonsdekte overflater, som plen og beplantede arealer, grusdekte overflater og permeable dekker. Åpne løsninger for trinn 1 gir grunnlag for flere valgmuligheter for trinn 2, lukket infiltrasjonsløsning benyttes kun om åpen ikke lar seg gjøre.

Grovt sett kan infiltrasjon deles inn i to grupper:

-Overflate infiltrasjon, permeabel flate som slipper vannet ned fra overflaten.

-Dyp infiltrasjon, infiltrasjon ned i stedlige masser og transport med grunnvann.

For at en infiltrasjonsløsning skal være hensiktsmessig må fire ting være på plass:

1. Grunnen må ha tilstrekkelig infiltrasjonskapasitet.
2. Det må være tilstrekkelig avstand til grunnvannet.
3. Det infiltrerte vannet må transporteres/dreneres vekk.
4. Det må ikke være noe skadepotensiale nedstrøms eller oppstrøms i området.

### *2.2.1 HYDRAULISK LEDNINGSEVNE*

Hydraulisk ledningsevne er et mål på en overvannets evne til å strømme gjennom et den porøse massen i grunnen. Den uttrykker infiltrasjonshastigheten og betegnes som  $K$  i Darcys lov. Hydraulisk ledningsevne er en funksjon av tetthet og viskositet, og ettersom dette er parametere som varierer med endringer i temperatur, er også den hydrauliske ledningsevnen temperaturavhengig (Haugen, 2016).

Nedbørintensitet, infiltrasjonsevne og overflateavrenning er faktorer som påvirker hverandre. Jordas evne til å motta vann kan uttrykkes som hydrauliske ledningsevne og er et mål på hvor fort infiltrasjonen skjer, dette oppgis i enheten [cm/time]. En jordprøve som viser god sortering og grove kornstørrelser tyder på at grunnen har høy infiltrasjonstest, og dersom jordprøven er dårlig sortert med høyt innhold av fine kornstørrelser tyder dette på at grunnen har dårlig infiltrasjonsevne. (Solheim, 2017)

Overvannet infiltrerer først gjennom poresystemet i den umettede sonen, og i løpet av nedbørshendelsen fuktes jorda opp, fuktighetsfronten trenger lenger ned i sonen og infiltrasjonshastigheten avtar. Mettet hydraulisk konduktivitet (ledningsevnen,  $K_{sat}$ ) og konstant infiltrasjonshastighet oppstår når alle porene i jorda er fylt med vann.

Det finnes flere metoder for å estimere den hydrauliske ledningsevnen hvor de ulike formlene har ulike gyldighetsområder, noen av disse er Breyer, Terzaghi, Hazen, Kozeny-Carman, Slitcher, USBR og Alyamani.



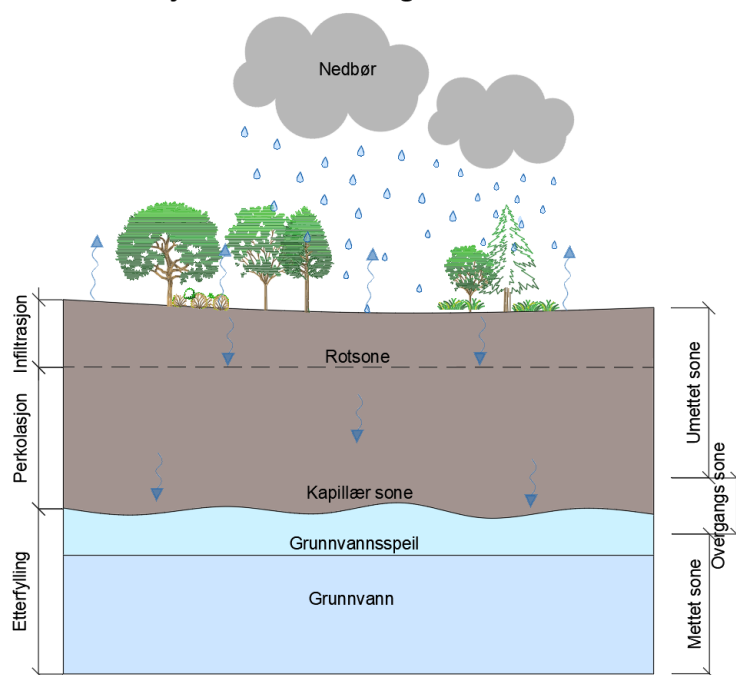
### 2.2.2 PERMEABILITET

Permeabilitet er et mål på hvor lett vannet kan trenge gjennom et porøst medium, og permeabiliteten avhenger kun av materialet. Permeabiliteten i løsmassene avhenger av sorteringsgrad, løsmasstype og komprimering. Dersom løsmassene er løst komprimert, godt sortert og har relativt stor kornstørrelse med mange hulrom, som for eksempel grus og sand, vil løsmassene ha god permeabilitet. Har løsmassene derimot liten kornstørrelse og er godt komprimert, som for eksempel silt og leire, vil løsmassene ha dårlig permeabilitet. Løsmasser som består av usorter materiale vil også ha dårlig permeabilitet da de små kornene fyller hulrommene mellom de store kornene (med unntak av sandstein og kalkbergarter) (Joudi, 2020).

### 2.2.3 INFILTRASJONSTEORI

Infiltrasjon betyr gjennomtrenging av overflaten og videre transport kalles perkolasjon som er transporten gjennom umettet sone ned til grunnvannsspeilet. Dette er en dynamisk prosess som er drevet av tilgjengelig porekapasitet, kapillærkrefter og gravitasjon. Infiltrasjonsraten måles i mm/min, cm/time eller  $10^{-5}$  m/s og sier noe om hvor fort overvannet trenger ned i jorda. Denne infiltrasjonsraten er en funksjon med en startverdi, sluttverdi og reduksjonskomponent.

#### Nydannelse av grunnvann



Figur 5 Nydannelse av grunnvann(figur inspirert av Wikipedia, Grunnvannsreservoar, 2021) , Iselin Svendsen

### *Richards ligning*

Richards ligning representerer bevegelsen til vannet i umettet jord og bruker en ikke-lineær partiell differensialligning. Ligningen er basert på Darcys lov for grunnvannstrømmer.

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left[ K(\theta) \left( \frac{\partial h}{\partial z} + 1 \right) \right]$$

$K$  = hydraulisk ledningsevne

$h$  = matrikelhodet induisert av kapillære krefter

$z$  = høyden over vertikalt datum

$t$  = tiden

$\theta$  = volumetrisk vanninnhold

(Wikipedia, 2021)

### *Hortens formel*

En av infiltrasjonsmodellene man kan benytte for å beregne infiltrasjonsraten ( $f$ ) er Hortons. Hortons lagde en empirisk infiltrasjonsmodell for å beskrive utviklingen til infiltrasjonsraten som funksjon av tiden.

$$fp = fc + f_0 - f_0 e^{-kt}$$

$fp$  = infiltrasjonsrate, målt i [mm/t].

$f_0$  = initiell infiltrasjonsrate, målt i [mm/t], typisk tabell-verdi.

$fc$  = endelig infiltrasjonsrate ( $\approx Ks$ ), målt i [mm/t], typisk tabell-verdi.

$k$  = tidskonstant som sier noe om raskt infiltrasjonsraten synker, målt i [1/t], typisk tabell-verdi.

### *Green & Ampt*

Green og Ampt er en modell som er mindre empirisk og mer fysisk basert modell for å bestemme tidsforløpet til infiltrasjonsraten. Denne metoden har to grunnleggende antagelser:

GA har to grunnleggende antakelser:

- Starter med  $\theta = \theta_i$  i hele jordprofilet
- En skarp fuktighetsfront som beveger seg nedover

Med disse antagelsene ble følgende ligning utledet:

$$f_p = K_s + \frac{K_s(n - \theta_i)\Phi_f}{F}$$

$f_p$  = infiltrasjonsraten, målt i [mm/t].

$K_s$  = mettet hydraulisk konduktivitet, målt i [mm/t], tabell-verdi.

$n$  = porøsiteten, tabell-verdi.

$\theta_i$  = det initielle vanninnholdet, tabell-verdi.

$\Phi_f$  = vannsuget foran fronten, målt i [mm], tabell-verdi.

$F$  = akkumulert infiltrasjon, målt i [mm].

Likningen er en differensiallikning  $f_p = dF/dt$

(Chin, 2013)

#### 2.9.4 FAKTORER SOM PÅVIRKER INFILTRASJONEN

##### *Biologisk aktivitet*

Meitemarken er et godt eksempel på biologisk aktivitet, den graver kanaler som er viktige for infiltrasjonen i jorda. Det viser seg at vann infiltrerer 4 til 10 ganger så raskt i jord med meitemark (Schmidt, 2018). Meitemarken øker også aggregatstabiliteten i jorda, dette fremmer også infiltrasjonsevnen.

##### *Innhold av organisk materiale*

Organisk materiale stabiliserer også aggregater i jorda. Vegetasjonsvekst øker infiltrasjonsevnen ved at vannet lettere kan strømme gjennom kanaler rundt røtter, og beskytter den porøse jordstrukturen ved kraftig nedbør og erosjon.

##### *Komprimering*

Komprimering av jorden vil øke tettheten og dermed virke negativt på infiltrasjonsevnen på stedet.

### *Årstid og geografi*

Temperaturen påvirker vannets viskositet. Dersom temperaturen er lav, blir viskositeten er høy og infiltrasjonsevnen lavere. Utformingen på terrenget spiller en stor rolle i forhold til hvor vannet samles, hvis helningen er bratt, vil vannet rennet raskere forbi og infiltrasjonsevnen minke.

### *Sammensetning av jordtyper*

Fordeling av kornstørrelser spiller en betydelig stor rolle for infiltrasjonsevnen i jorda. Grus som har større kornstørrelse enn leire, har større K-verdi og kan infiltrere mer vann. Sorteringsgraden påvirker også, ved dårlig sorteringsgrad er hulrommene mellom store korn fylt opp med små korn, dette gir mindre plass til vannet.

### *Perioden før en nedbørshendelse*

Dersom perioden før en nedbørshendelse har bestått at tørt vær, vil grunnen som regel være umettet og ha evne til å ta imot vann, men det kan også ta tid før grunnen tar imot vann etter er tørr periode, dette fordi grunnen må bløtes opp før den infiltrerer vannet. Har været vært fuktig i forkant er det større fare for at grunnen er mettet og evnen til å ta imot vann er mindre. Det finnes også andre type forutsetninger, dersom det har vært frost er det også fare for at vannet vil renne av på overflaten.

### *Varigheten og type nedbør*

Den beste infiltrasjonsevnen finnes som regel i starten av en nedbørshendelse, etter hvert vil jorden bli mettet med vann og infiltrasjonsevnen synker.

### Avstand til grunnvannet

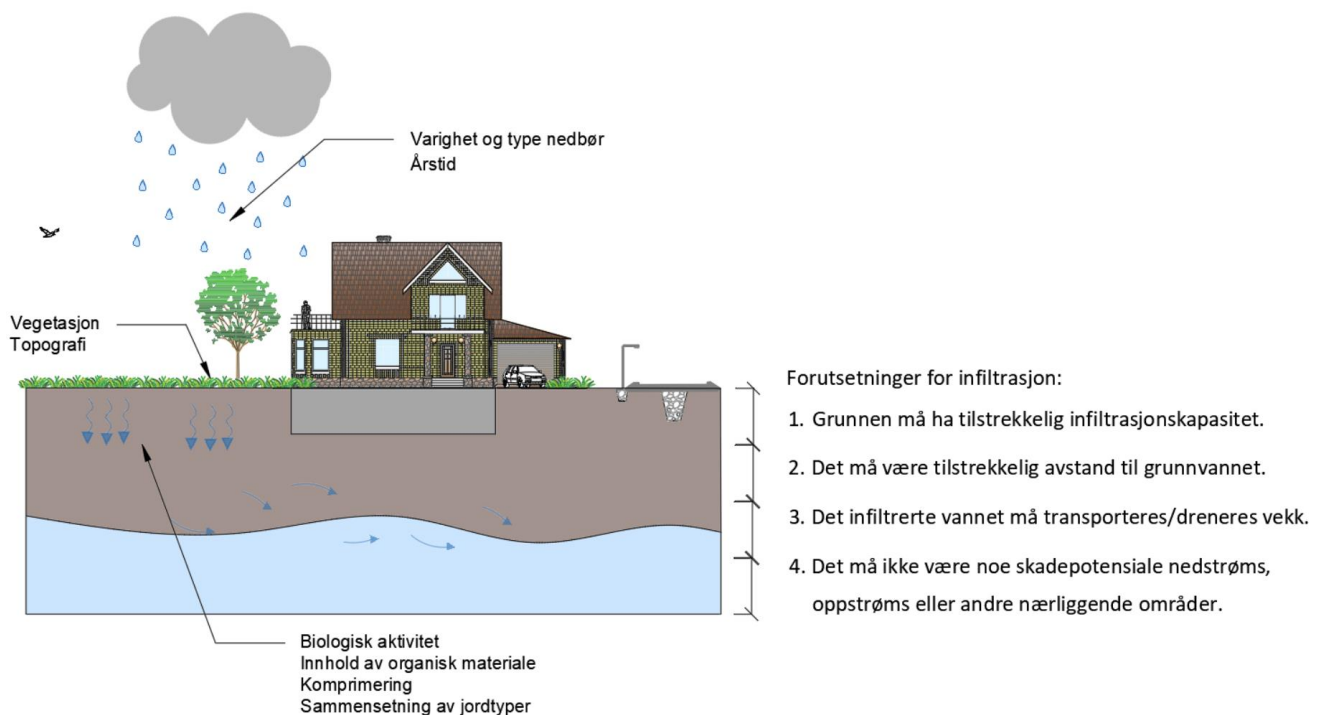
Høy grunnvannstand kan svekke infiltrasjonsevnen og effekten av overvannsløsningene. Det må være tilstrekkelig plass ned til grunnvannet slik at vannet får mulighet til å infiltrere.

### Teledybde og gjenfrysning

Frost av overflatejord med høyt vanninnhold kan skape betongfrost, dette reduserer infiltrasjonsevnen. I situasjoner med frost av overflatejord med lavere vanninnhold kan infiltrasjonsevnen opprettholdes på grunn av åpne porekanaler. (Walaker Lunde, 2020)

### Vegetasjon

Rotvekst og aktivitet fra jordinsekter og meitemark øker porøsiteten i grunnen.



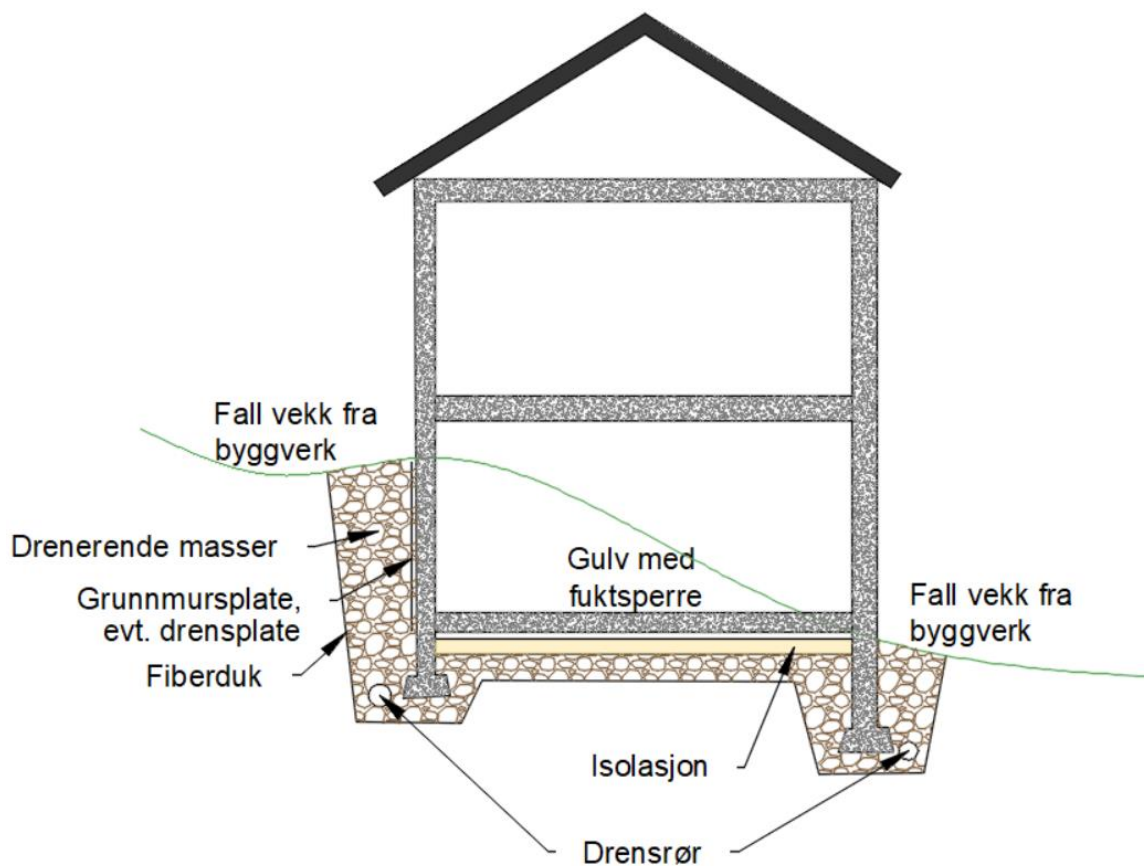
Figur 6 Forutsetninger for infiltrasjon, Iselin Svendsen

### Drenering

Drenering er et uttrykk på prosessen av å lede vannet bort fra uønskede steder.

Byggverk skal dreneres for å lede overvann, regnvann, grunnvannsvariasjoner og annet uønsket vann bort fra grunnmuren og å bevare byggverk og kjellere tørre.

Parkeringsplasser, gater og veier dreneres med kummer som overvann renner ned i, dreneringen ender ofte i et sandfang før det ledes videre. I jordbruket dreneres myrer, våtmarker og lignende, og for å lede bort overflatevann ved kraftig nedbør og muliggjøre dyrking. Gode dreneringsløsninger tar hensyn til hvordan vann, vanntrykk og vanddamp oppfører seg mot byggverk og infrastruktur. Dreneringsrør er fleksible plastrør med slisser som gir vannet mulighet til å trenge inn i ledningen. Ved husdrenering må ledningen må legges dypt nok til at vannet ikke når grunnmuren og det drenerende sjiktet må være kapillærbrytende.



Figur 7 Drenering av byggverk, Iselin Svendsen

## *Grunnvann*

Grunnvann er betegnelsen på vann som befinner seg under bakkenivået i sprekker og porer i grunnen. Vann er hele tiden i bevegelse gjennom sirkulasjon mellom grunnen, havet og atmosfæren. Vann fra hav og andre overflater fordampes, faller ned i form av nedbør, samles på overflaten eller infiltreres ned i grunnen og videre ut til havet igjen. Vann som befinner seg i grunnen kan deles inn i to soner, markvann og grunnvann, der markvann ligger i den umettede sonen og grunnvann i den mettede. Grunnvannets overflate beskrives som grunnvannsspeilet (Storbekkrønning Solli, 2020).

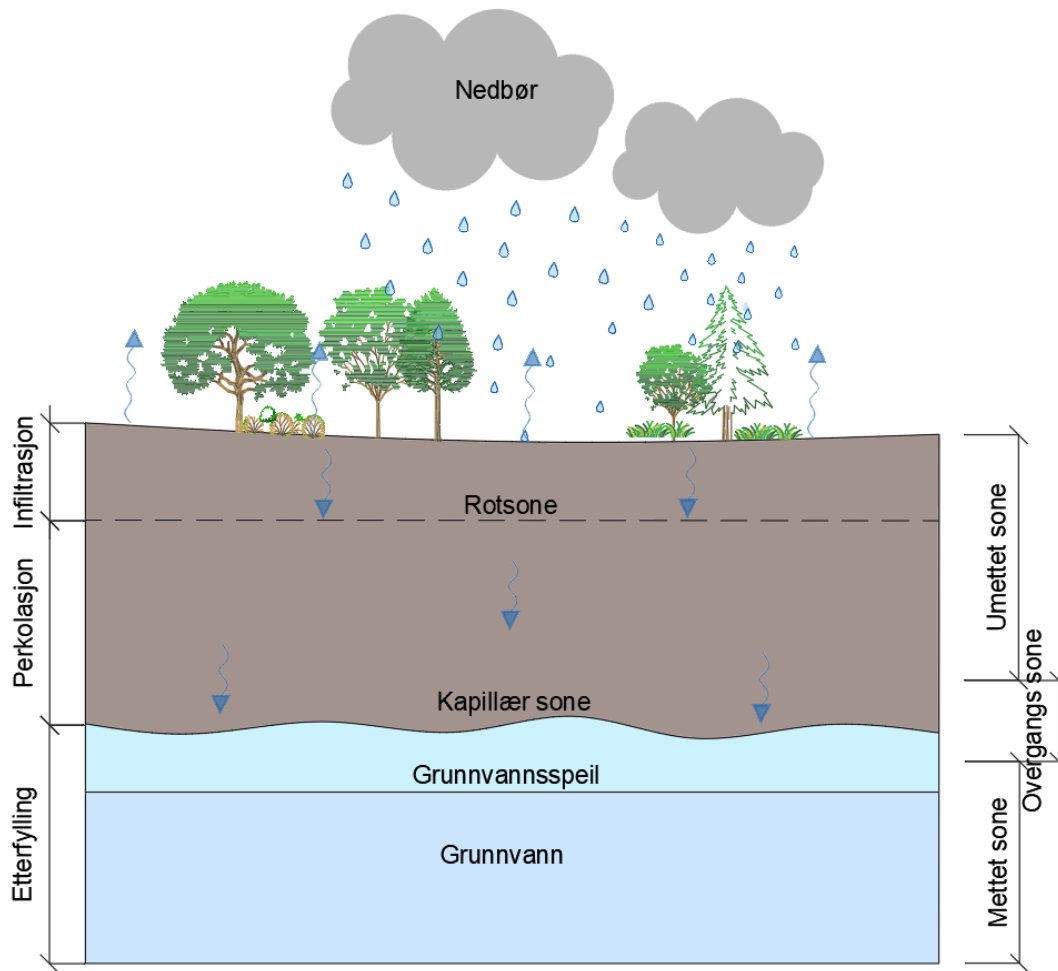
Grunnvannet spiller en viktig rolle i å opprettholde vannbalansen innsjøer, elver og myrområder, og er viktig for grunnens stabilitet. Dersom grunnvannsnivået senkes kan massene i grunnen sette seg og setningsskader i området oppstå, dette kan føre til store problemer for byggverk og infrastruktur.

Grunnvannet har også en rolle som drikkevannskilde. Sammenliknet med overflatevann som drikkevannskilde, er grunnvannet ansett å være sikrere grunnet god beskyttelse mot virus og bakterier, og samtidig inneholder grunnvannet mineraler som er positivt for folkehelsen (Joudi, 2020).

Grunnvann fornyes av nedbør som infiltrerer gjennom grunnen, gjennom umettet sone, ned til grunnvannsspeilet og fyller opp hulrom og sprekker i løsmasser og fjell. Grunnvannstanden og vannkvaliteten til grunnvannet varierer naturlig gjennom året og gjennom de ulike værtypene avhengig av nedbør, snøsmelting, og vegetasjonens opptak av vann og fordamping (Joudi, 2020). Overflaten til grunnvannet kalles grunnvannsspeilet, sonen under kalles for mettet sone og over ligger umettet sone som også kalles markvannsonen, som er delvis fylt av vann og luft.

I den øverste delen av grunnen finnes umettet sone, under denne finnes grunnvannsspeilet som er grunnvannets overflate. Under grunnvannsspeilet finnes den mettede sonen der grunnvannet finnes. Overvann infiltrerer gjennom den umettede sonen, videre ned til grunnvannsspeil og til mettet sone for nydannelse av grunnvann.

# Nydannelse av grunnvann



Figur 8 Nydannelse av grunnvann (figur inspirert av Wikipedia, Grunnvannsreservoar, 2021), Iselin Svendsen

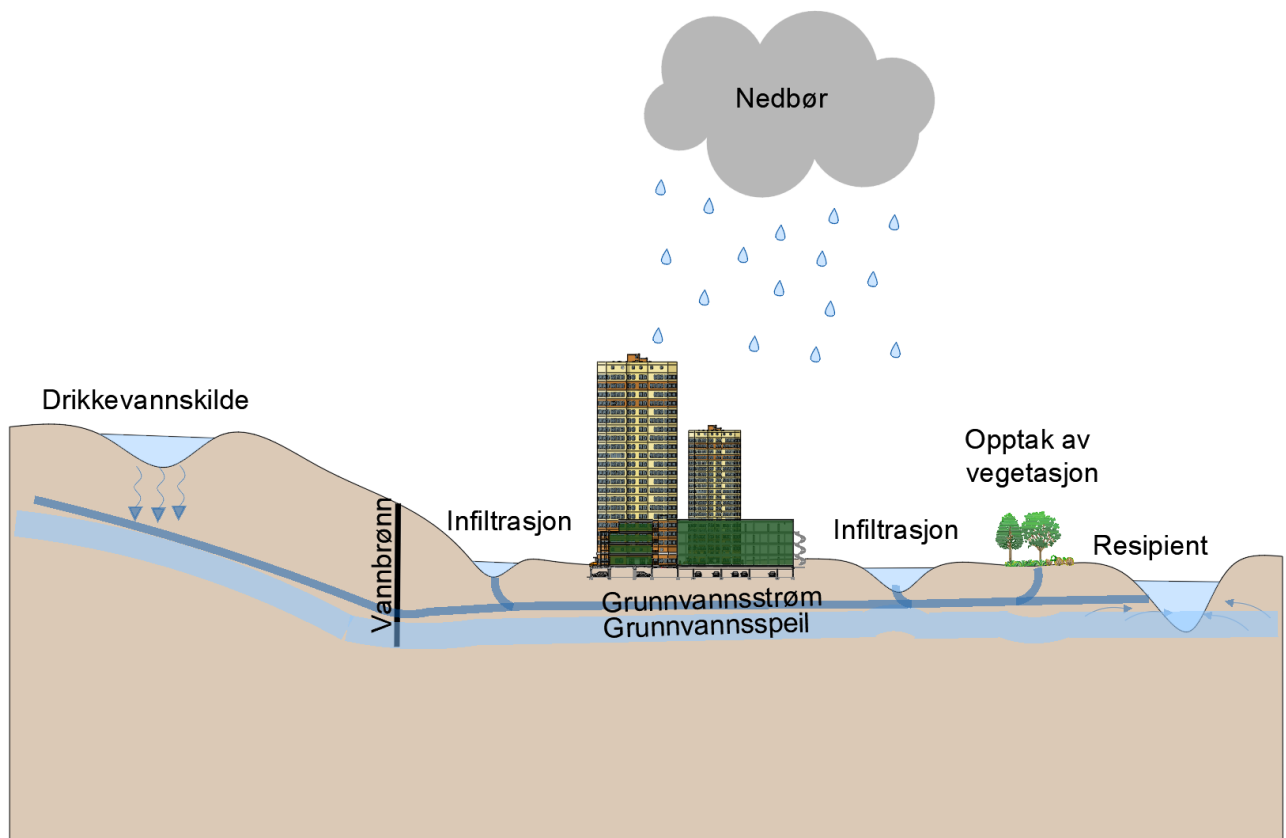
Grunnvannsstrømmer bestemmes av massene i grunnen sin permeabilitet og grunnvannsspeilets helning. Vannet strømmer fra områder med høyt trykk til lavere trykk i sprekker i fjell og i hulrom mellom kornene i løsmassene. Grunnvannstrømmen og permeabiliteten i løsmassene avhenger av sorteringsgrad, løsmasstype og komprimering.

Hvor grunnvannsspeilet befinner seg bestemmes i grove trekk av topografien og varierer med de klimatiske forholdene som nedbør, trykk og temperatur (Haugen, 2016). Grunnvannet kommer ofte ut i bekker, elver, vannløp og kan fylle opp større forsenkninger i underliggende terreng dersom en terskel hindrer grunnvannet å komme forbi. En slik oppsamling blir ofte til et område med myr.



Vannressursloven § 7 omhandler vannets løp i vassdrag og infiltrasjon i grunnen, og forklarer at ingen må hindre vannets løp i vassdrag uten hjemmel i denne lov.

«Utbygging og annen grunnutnytting bør fortrinnsvis skje slik at nedbøren fortsatt kan få avløp gjennom infiltrasjon i grunnen. Vassdragsmyndigheten kan gi pålegg om tiltak som vil gi bedre infiltrasjon i grunnen, dersom dette kan gjennomføres uten urimelige kostnader.» (Vannressursloven § 7). Loven gir altså en plikt til å legge til rette for infiltrasjon, og inngrep som endrer vannets gang skal begrunnes.



Figur 9 Grunnvann (Figur inspirert av Det store norske leksikon, Vannressurser, 2021), Iselin Svendsen

#### 2.2.4 INFILTRASJON SOM RENSETILTAK

Forurensning av overvannet i urbane områder og på trafikkerte veier kan føre til skade på omgivelsene. Overvannet kan dra med seg partikler, næringsalter, tungmetaller, oljer og organiske miljøgifter fra overflatedekker, trafikk, bygningsmasser og atmosfærisk nedfall. Liu A. (2015) deler forurensningen inn i fem deler:

##### *Mikroforurensning*

Mikroforurensning inkluderer legemiddelrester, hormon og plantevernmidler, desinfiserende og soppdrepende middel fra industri og husstander.

Det finnes tekniske fordeler ved å håndtere overvannet med åpne løsninger. Da kan det i flere tilfeller oppnås naturlig rensing gjennom infiltrasjon, filtrering, sedimentasjon, og opptak og nedbrytning i planter.

Infiltrasjon kan tilpasses forurensningsgraden for overvannet og bidra til å redusere spredning av forurensningen (Solheim, 2017). Infiltrasjon gjør det mulig for overvannet å trenge ned i jord eller andre medier med et porevolum, og filtrere uønskede partikler og stoffer. Ulempen er at infiltrasjonsområder ofte krever større arealer, men dette kan løses ved å bruke områdene som grøntområder og/eller flomveier.

##### *Organisk karbon*

Organisk karbon stammer ofte fra gate- og planteavfall. For høye verdier kan føre til reduserte mengder løst oksygen i vannet, dette kan gi konsekvenser som drikkevannsproblem, luktproblemer, redusert rekreasjonsverdi i vassdrag og øke sorpsjon av andre forurensninger. (Walaker Lunde, 2020)

##### *Suspendert stoff*

Suspendert stoff stammer fra veger, byggeplasser og tak. Dette påvirker vannkvaliteten med både kjemiske og fysiske konsekvenser. Ved fysiske konsekvenser følger hemming av fotosyntesen, redusert biologisk aktivitet og økt turbiditet. Kjemiske konsekvenser omfatter i størst grad økt adsorpsjon av forurensninger.

### *Giftstoff*

Giftstoffer omfatter tungmetaller og hydrokarbon fra petroleum. Dette stammer i størst grad fra vegtrafikk. Konsekvenser av økt mengde giftstoffer som fraktes med overvannet kan få konsekvenser for både menneskenes helse og økosystemer.

### *Næringsstoffer*

Nitrogen og fosfor er næringsstoffer som ofte fremkommer i overvannet, og kan forårsake uønsket plantevekst og eutrofiering av vassdrag og resipienter.

#### *2.2.5 FARE FOR FORURENSING AV GRUNNVANN OG RESIPIENTER*

Dersom grunnvann blir forurenset, defineres det som forringelse av vannkvaliteten og er en konsekvens av menneskeskapt påvirkning (NGU, 2018). Forurensningsloven setter krav om at grunnvann og andre resipienter ikke skal forurenset. Kildene som skaper størst fare for forurensning er avfallsdeponier, industri, trafikk, bebyggelse og landbruksaktivitet. Dersom det ikke tas hensyn til forurensning, vil overvannet kunne frakte dette med seg til resipienter via overflateavrenning og til grunnvann gjennom infiltrasjon. Det skiller mellom to typer utslipp av forurensning via overvann, diffuse utslipp og lokale utslipp.

Diffuse utslipp være seg utslipp fra tettbebyggelse som gjennom vann- og avløpsnett kan frakte kjemikalier og mikrobiologisk forurensning. I tettbebygde områder finnes også lagringstanker til drivstoff og andre kjemikalier som kan slippe ut forurensning i form av organiske og uorganiske stoffer. Avrenning fra veier, jernbane og parkeringsplasser i tett bebygde strøk kan føre med seg tungmetaller, plantevernmidler og veisalt. Andre typer diffuse utslipp forekommer ved gjødsling og plantevern i jordbruket, overvannet kan fra disse områdene frakte med seg nitrater, mikrobiologisk forurensning og organiske stoffer.

Lokale utslipp kan forekomme i bebyggelse med avfallsdeponier med utslipp av organiske og uorganiske stoffer, og ved bensinstasjoner med utslipp av organiske stoffer.

Industrien med rørledninger, avfallslagring og deponier kan slippe ut forurensning i

form av kjemikalier, og organiske og uorganiske stoffer.

Samferdsel i form av flyplasser og ulykker ved vei og jernbane kan slippe ut avisningskjemikalier, brannskum og andre kjemiske forurensninger.

Gruvedrift er en forurensningskilde av organiske og uorganiske stoffer, og tungmetaller.

Jordbruk har også lokale utslipp gjennom husdyrhold med utslipp av organiske stoffer og mikrobiologisk forurensning, og lagring av kjemikalier med utslipp av kjemisk forurensning (NGU,2018).

#### *2.2.6 UTFORDRINGER KNYTTET TIL VINTERSESONG*

I løpet av vintersesongen vil håndteringen av overvann møte flere utfordringer. Noen av utfordringene knyttet til både utforming og drift i kaldere klima er:

- Rørfrysing
- Redusert biologisk aktivitet
- Frost og dannelse av is i åpne kanaler og renner
- Isdannelse på dammer
- Isdannelse og tiltetting av sluk og innløp
- Telehiv som kan skape skader på byggverk og infrastruktur
- Redusert sedimenteringshastighet
- Oppbevaring av snø, ved smelting kan dette avgi forurensning
- Redusert infiltrasjonsevne i grunnen
- Høyere avrenningskoeffisienter på isdekket overflate
- Tilsetting av veisalt på veier og parkeringsplasser
- Høyere avrenning i løpet av smelteperioden kombinert med nedbør.

Kritisk for områder med kaldt klima er smelteperioden om våren. Da forekommer en stor avrenning fra snøsmelting i løpet av kort tid. Faktorer som påvirker hvor raskt snøen smelter er solstråling, frostdybden blant annet, fordeling av snødekke og avisningskjemikalier. For å fremme sikkerhet for transport på vinterføre er målet å holde et is- og snøfritt føre, derfor benyttes veisalt. Ved infiltrasjon av snøsmeltingen vil kjemikaliene i veisaltet kunne påvirke grunnvannet.

### 2.2.7 MÅLEMETODER FOR INFILTRASJON

Det finnes flere måter å måle infiltrasjon på, noen av metodene er ved bruk av Modified Phillip-Dunne (MPD), Dobbelring-infiltrrometer (DR), Mariotteinfiltrrometer, og Grop-infiltrasjon er metoder som blir brukt i felt. Man kan også analysere kornfordelingskurver for teoretisk beregning av infiltrasjon ved hjelp av empiriske formler.

Ved planlegging av infiltrasjonstiltak på fire forhold dokumenteres:

1. Infiltrasjonskapasiteten, *permeabilitet og hydraulisk konduktivitet*
2. Avstand til grunnvannet
3. Nivåvariasjonene i grunnvannet
4. Mulige ulemper nedstrøms og oppstrøms. *Utarbeide ROD-analyse for effekten av en infiltrasjonsløsning. Forurenset grunn, kvikkleire, osv.*

#### *Modified Philip-Dunne*

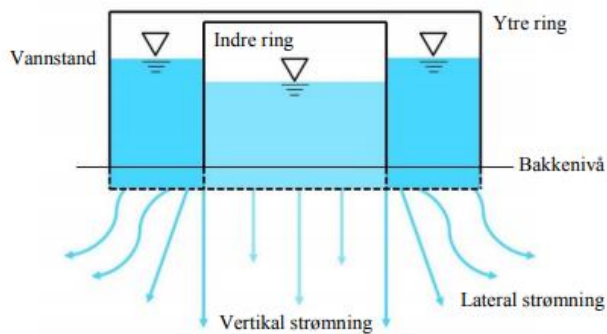
En MPD består av en hul sylinder med målebånd som slås 5 cm ned i bakken, fylles med vann og leses av infiltrasjonsraten. Denne prosessen gjentas til infiltrasjonsraten er stabil. Metoden gjør det enkelt å estimere overflaten av jorden sin infiltrasjonsevne og  $K_{sat}$  i et bestemt punkt. Volumetrisk vanninnhold må måles før og etter for å kunne regne ut  $K_{sat}$ . (Schmidt, 2018) Metoden er enkel å bruke, krever lite vann og kan benyttes både i jordoverflaten og i dypet (krever utgraving).



Bilde 1 MPD, Schmidt 2018.

### *Dobbelring*

En dobbelring består av to ringer som slås 5-10 cm ned i bakken som fylles med vann. Denne metoden lar vannet infiltrere ned i jorden innenfor ringene og to ringer gjør at jorden blir vannmettet rundt den innerste ringen der vannet skal infiltrere vertikalt ned i jorden. Det er i den innerste ringen målingene blir gjort og gjøres med målebånd og stoppeklokke. (Schmidt, 2018)



Figur 10 Dobbelring, Schmidt, 2018

### *Marionette infiltrometer*

Marionette infiltrometer benyttes for å vurdere jordartenes evne til å infiltrere og renses vannet i dypere jordlag (50-60 cm dyp) (Solheim, 2017). Metoden er mye brukt i forbindelse med avløpsrensing.



Bilde 2 Marionette infiltrometer, Solheim, 2017.

### *Grop-infiltrasjon*

Grop-infiltrasjon benyttes også i dypere jordlag på 50-60 cm dyp. Denne målemetoden utføres ved at det graves en kvadratisk grop med en bunnflate på 60 cm x 60 cm og dybde 30 cm. I samme grop graves en ny kvadratisk grop på 25 cm x 25 cm og dybde på 30 cm. En svamp brukes til å sikre sidekantene mot utrasing og utvasking. Før å lese av vannhøyden plasseres en meterstokk midt i svampen (Solheim, 2017).



Bilde 3 Grop-infiltrasjon, Solheim, 2017.

### *Minidisk*

Minidisk-infiltrometer består av en todelt sylinder som fylles med vann som infiltreres gjennom en porøs stålskive i bunnen med en rate som er kontrollert av den øverste sylindren. Vanninnholdet og tiden blir notert jevnlig. (Walaker Lunde, 2020)

### *Kornfordelingsanalyse og empiriske formler*

Kornfordelingsanalyser brukes til å klassifisere løsmasser og beregne hydraulisk konduktivitet som gir informasjon om infiltrasjonsevnen til en jordprøve. Den hydrauliske ledningsevnen uttrykker infiltrasjonshastigheten, filtermediets permeabilitet, og beskriver hastigheten vannet kan bevege seg gjennom jordmunningen (Laikanger, 2013). En jordprøve som viser god sortering og grove kornstørrelser tyder på at grunnen har høy infiltrasjonsevne, og dersom jordprøven er dårlig sortert med høyt innhold av fine kornstørrelser tyder dette på at grunnen har dårlig infiltrasjonsevne. (Solheim, 2017) En kornfordeling viser forholdet mellom mengden korn og kornstørrelse.

For å estimere Ksat basert på kornfordelingsanalyser fra en jordprøve, kan ulike formler brukes. De ulike formlene har ulike gyldighetsområder der Ksat kan bli både over- og underestimert. Eksempler på slike formler er Gustafsson, Breyer, Terzaghi, Hazen, Kozeny-Carman, Slitcher, USBR og Alyamani. En kornfordelingsanalyse er nyttig for å få oversikt over løsmassenes kornstørrelsesfordeling. En slik test går ut på å riste prøven av løsmasser gjennom flere lag med sikter med avtagende maskevidder (Fetter 2001). Materiale som ligger igjen på hver av siktene veies, skrives inn i en siktekurve.

### *Infiltrometer*

Storm Aqua AS har lang erfaring med infiltrasjonstester og benytter infiltrrometer utviklet av NIBIO, i tillegg til beregningsmetoder fra grunnfordelingsanalyser. Ved utførelse av infiltrasjonstester graves det en infiltrasjonsgrop som måler 25x25x30 cm, og svamp plasseres i infiltrasjonsgropen for å støtte opp sideveggene. Gropen fylles opp med vann og grunnen skal fuktes i minimum 30 minutter slik at den blir mettet for vann, videre utføres infiltrasjonsmålingene. Infiltrometeret holder konstant vannstand og den tilførte vannmengden tilsvarer den infiltrerte vannmengden. Tiden og vannmengden måles og videre kan permeabiliteten og vannledningsevnen beregnes.



Bilde 4 Infiltrrometer, bilde tatt av Storm Aqua



### 2.3 PLANSYSTEMETS OPPBYGNING

Det norske plansystemet er bygd opp hierarkisk med overordnede planer som legger føringer for videre planlegging. Dette systemet er regulert av plan- og bygningsloven.

På det statlige nivået vedtas de nasjonale forventningene, de statlige planretningslinjene, planbestemmelsene, og kan vedta arealplanene. Den øverste lederen på statlig nivå er kongen og hvert fjerde år utarbeides et nytt dokument av kongen. Dette dokumentet inneholder nasjonale forventninger til den regionale og kommunale planleggingen (jf. Pbl. 3-5 annet ledd). Målet om å fremme bærekraftig utvikling er forankret i pbl. § 6-1. (Coch Fjeldstad,2019)

På det regionale nivået, også kalt fylkesnivå, utarbeides planbestemmelser og regionale planer. Det kommunale nivået arbeider med kommuneplaner og reguleringsplaner. Blant oppgavene til de statlige og regionale myndighetene er å bidra til at arealer blir brukt på en fornuftig måte. Det er på kommunalt nivå mesteparten av arealplanleggingen foregår.

Andre instanser som kan gi føringer for planlegging av arealplan er statsforvalter, fylkeskommuner, departementer og direktorater.

#### 2.3.1 REGIONALT NIVÅ

Fylkestinget er øverste myndighet i det regionale plansystemet og har et overordnet ansvar for å utarbeide regional planstrategi, regionale planer, regionale planbestemmelser og vise retningen for den kommunale planleggingen og dermed sette rammer for kommunen. Minst en gang per valgperiode skal regional planstrategi utarbeides, dette er viktig for å kartlegge utfordringene for regionen og de viktigste utviklingsfaktorene. (Coch Fjeldstad,2019)

### 2.3.2 KOMMUNALT NIVÅ

I enhver kommune er det kommunestyret som er det øverste organet, kommunestyret har avgjørelseskompetanse og skal vedta kommunal planstrategi, kommuneplan og reguleringsplaner. Kommunen har som oppgave å ivareta statlige og regionale interesser gjennom planleggingen og følge plan- og bygningsloven. Kommunen kan selv bestemme innholdet i de ulike arealplanene, men statlige og regionale myndigheter gjennom innsigelser.

#### *Kommunens planstrategi*

En planstrategi skal vedtas av kommunen hver valgperiode. Den regionale planen ligger til grunn for den videre kommunale planleggingen og den kommunale planstrategien skal ha fokus på planoppgavene som bør gjennomføres av kommunen.

#### *Kommuneplan*

Kommuneplanen består av en arealdel og en samfunnsdel som skal ivareta regionale og nasjonale interesser, planstrategien er utgangspunktet for planen.

Arealdelen ser på sammenhengen mellom arealbruk og den fremtidig utvikling av samfunnet. Plankart, planbestemmelser, arealformål, hensynssoner og planbeskrivelse skal være med i arealdelen.

Samfunnsdelen skal ta stilling til de langsiktige utfordringene, målene og strategiene for kommunen.

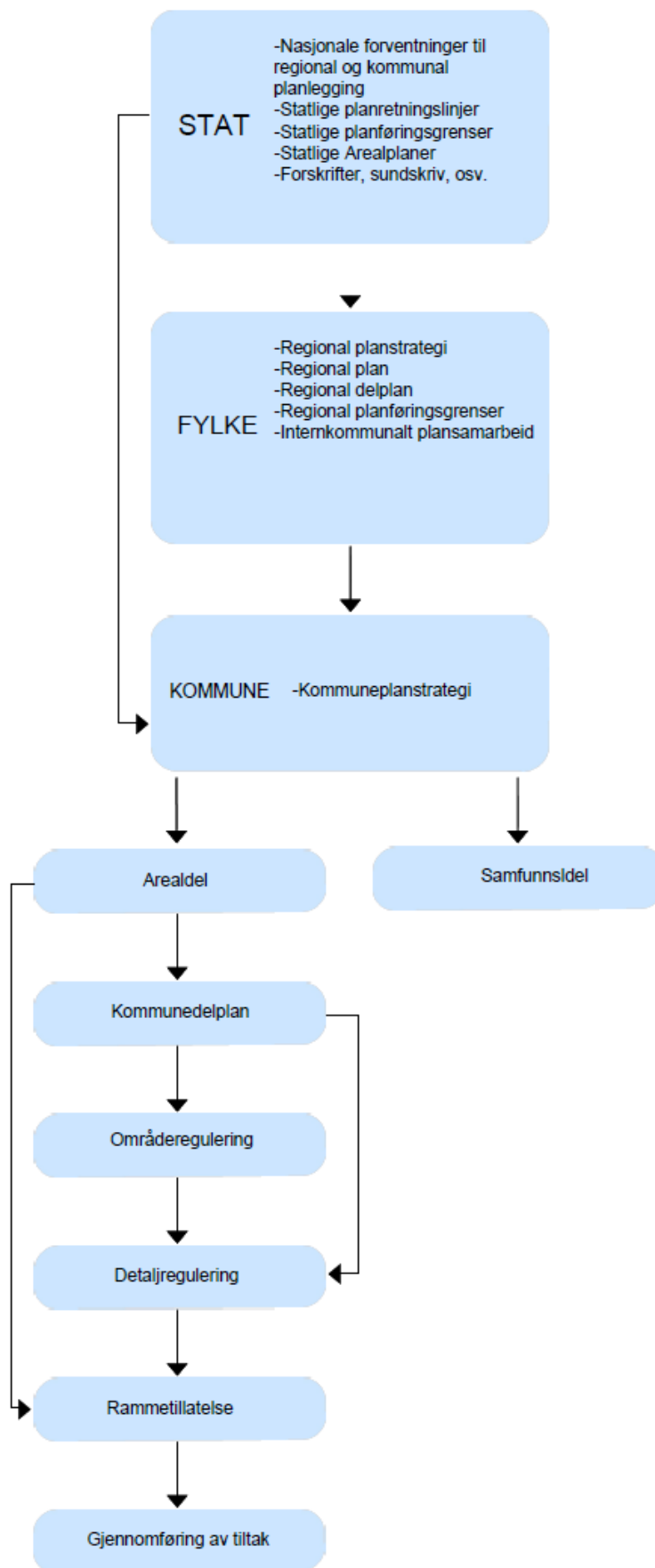
#### *Reguleringsplan*

Reguleringsplanen består plankart, planbestemmelser, arealformål, hensynssoner og planbeskrivelse på samme måte som kommuneplanens arealdel. Reguleringsplanen sier noe om hvordan arealene på planen skal utnyttes, hvilke formål de ulike arealene har, mulige vilkår som er knyttet til bruken og er bindende for fremtidig bruk av arealene innenfor de ulike områdene. (Coch Fjeldstad,2019) Reguleringsplanen skal følge opp føringer som er bestemt i kommuneplanens arealdel og i reguleringsplanforslaget skal

en ROS-analyse bygge på den kunnskapen som er tilgjengelig. Detaljregulering gjøres for mindre prosjekter og kan gjøres av andre aktører enn kommunen selv.

### *Konsekvensutredninger og ROS-analyse*

Dagens samfunn opplever økende risiko for miljøtrusler og kommunen har ansvar for å sikre samfunnssikkerhet gjennom planleggingen. Flere lover er i denne forbindelse et virkemiddel, plan- og bygningsloven setter rammer for arealforvaltning og kommunal planlegging, sivilbeskyttelsesloven setter krav til ROS-analyse. Før man kan starte en utbyggingsprosess skal det gjøres en risiko- og sårbarhetsanalyse som skal redusere risiko for skader og tap av helse, liv, miljø og viktig infrastruktur (Vågen 2019).



Figur 11 Plansystemets oppbygning, Iselin Svendsen

## 2.4 OVERVANNSHÅNTERING GJENNOM LOVVERK, FORSKRIFTER OG DIREKTIVER

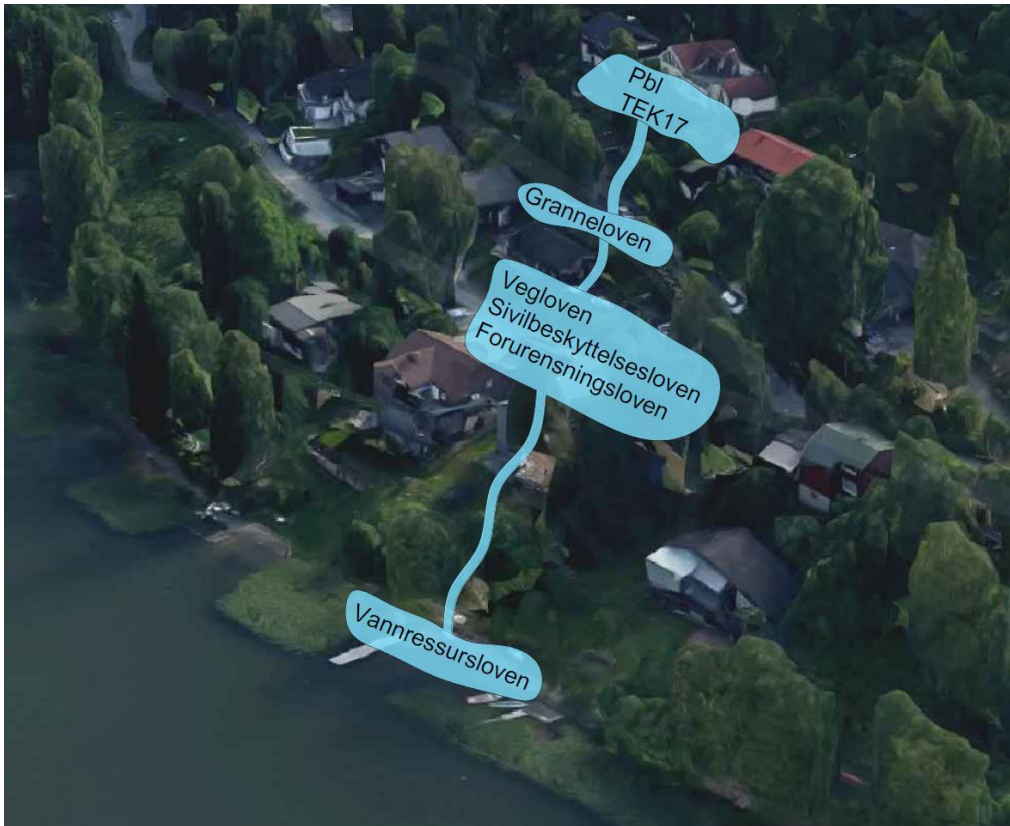
Flere lover og forskrifter stiller allerede krav til håndtering av overvann. Hvilke overvannstiltak som er mest gunstig avhenger av lokale forhold, gjeldende bestemmelser, forventede klimaendringer og eksisterende ledningsnett. Regjeringen deler tiltak for håndtering av overvann inn i tre trinn:

1. Forsinke avrenningen ved infiltrasjon
2. Forsinke avrenningen ved fordrøyning
3. Trygge flomveier

Første trinn håndterer overvannet lokalt gjennom infiltrasjon, resterende overvann føres videre til neste trinn; fordrøyning. Dersom overvannsmengdene fyller disse systemene skal trinn tre sikre trygge flomveier til resipient, dette kan være gjennom ledninger, gater med lav hastighet, vassdrag, parkeringsplasser, ubebygde områder, med mer.

Fra en dråpe treffer bakken og til den når resipient, er det mange lover som inntreffer på veien:

- Vannressursloven om vassdrag og grunnvann.
- Plan- og bygningsloven om planlegging og byggesaksbehandling.
- TEK17 om tekniske krav til byggverk.
- Veglova om veier.
- Forurensningsloven om vern ot forurensning og om avfall.
- Grannelova om rett mellom naboer.
- Sivilbeskyttelsesloven, forurensingsforskriften, vannforskriften, forskrift om miljørettet helsevern, mfl.



Figur 12 Vannets vei gjennom lovene, Iselin Svendsen

### *Plan- og bygningsloven*

Plan- og bygningsloven har som mål å «fremme bærekraftig utvikling til beste for den enkelte, samfunnet og framtidige generasjoner» (jf. pbl. § 1-1). Spesielt kapittel 11 og 12 i plan- og bygningsloven gir kommunene mulighet til å gi bestemmelser og stille krav til håndteringen av overvann gjennom kommuneplanens arealdel og reguleringsplan (Coch Fjeldstad,2019). §28-3 gir adgang til å gjøre forebyggende tiltak på nabogrunn som følge av skade på egen eiendom.

Plan- og bygningsloven sier følgende om avløp i § 27-2 «før oppføring av bygning blir godkjent, skal avledning av grunn- og overvann være sikret. Tilsvarende gjelder ved vedlikehold av drenering for eksisterende byggverk». Hensikten med denne paragrafen er å hindre at vann trenger inn i nye og eksisterende bygninger.

Tiltak på eksisterende bygninger skal følge § 31-2; «tiltak på eksisterende byggverk skal prosjekteres og utføres i samsvar med bestemmelser gitt i eller i medhold av loven» (Coch Fjeldstad,2019).

### *TEK17-Byggeteknisk forskrift*

Byggeteknisk forskrift veileder om tekniske krav til byggverk som setter grensen for et minimum av egenskaper et byggverk må ha for at det skal kunne settes opp lovlig i Norge (Direktoratet for byggekvalitet, 2017). Bestemmelsen § 15-8 første og annet ledd beskriver: «*Overvann og drensvann skal i størst mulig grad infiltreres eller på annen måte håndteres lokalt for å sikre vannbalansen i området og unngå overbelastning på avløpsanleggene ... unngå at overvann tilføres hovedledningen, og sikre at overvann håndteres lokalt. Dette kan skje gjennom infiltrasjon, utslipp til resipient eller ved å utnytte overvannet...*». TEK17 og plan- og bygningsloven setter sjeldent fasit på konkrete løsninger for overvannshåndteringen, derfor gjenspeiler sluttresultatet kunnskapen til den prosjekterende og utførende. § 13-11 i byggeteknisk forskrift setter krav til at overvann ikke skal skade byggverk, ekstra risikovurdering bør derfor utføres ved etablering av en infiltrasjonsløsning i nærheten av eksisterende bygg, eldre og utette bygg.

### *Forurensningsloven*

Forurensningslovens formål er å «*verne det ytre miljø mot forurensning og å redusere eksisterende forurensning*» og «*sikre en forsvarlig miljøkvalitet, slik at forurensninger og avfall ikke fører til helseskade, går ut over trivselen eller skader naturens evne til produksjon og selvfornyelse.*» jf. forurl. § 1. (Lovdata, 2021)

### *Vannressursloven*

Vannressursloven har som formål å «*sikre en samfunnsmessig forsvarlig bruk og forvaltning av vassdrag og grunnvann*» jf. vrl. § 1. Offentlige myndigheter, eier og den enkelte bruker vil være forvalter av vannressursloven. § 7 beskriver: «*Ingen må hindre vannets løp i vassdrag uten hjemmel i denne lov. Utbygging og annen grunnutnytting bør fortrinnsvis skje slik at nedbøren fortsatt kan få avløp gjennom infiltrasjon i grunnen. Vassdragsmyndigheten kan gi pålegg om tiltak som vil gi bedre infiltrasjon i grunnen, dersom dette kan gjennomføres uten urimelige kostnader*» (Lovdata, 2021).

### *Vannmiljøforskriften*

Vannmiljøforskriften har hjemmel i vannressursloven, plan- og bygningsloven, naturmangfoldloven og forurensningsloven, og koordineres av Klima. Og miljødepartementet og Miljødirektoratet.

### *Granneloven*

Granneloven, også kalt «naboloven», har som formål å forhindre konflikt mellom naboer. Loven skal hindre at det blir gjort tiltak som kan være til skade eller ulempe for naboer (Lovdata, 2021).

### *Vegloven*

Vegloven §32 gir mulighet til å avlede overvann i veier og gater, da veiarealet kan avsettes som flomvei i plan, dette krever tillatelse etter vegloven §57(Lovdata, 2021).

### *Sivilbeskyttelsesloven*

Sivilbeskyttelsesloven setter krav om en sektorovergripende risiko- og sårbarhetsanalyse, denne skal ligge til grunn for beredskapsarbeid for hver kommune og utarbeides i arealplanleggingen.

### *Eu's vanndirektiv*

EUs vanndirektiv har som mål å sikre en felles Europeisk vannpolitikk med bærekraftig bruk av vannressursene og forvaltning av vann på en helhetlig måte som tar utgangspunkt i økologiske tilstander i grunnvann, ferskvann og kystvann.



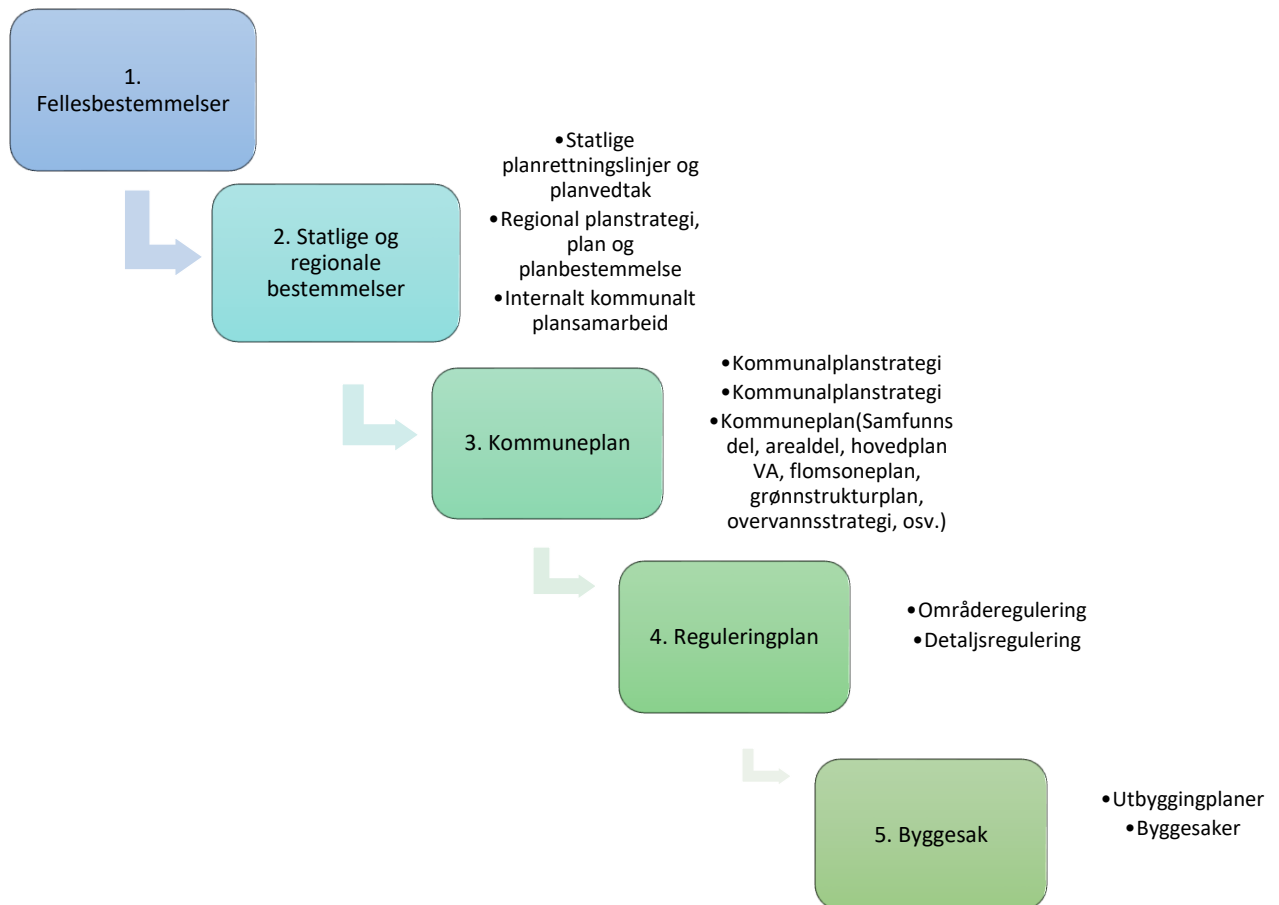
## 2.5 INFILTRASJON GJENNOM PLANFASENE

Målsettingen for enhver kommune bør være å fremme løsninger for håndtering av overvann slik at det ikke oppstår skader på konstruksjoner og bygninger, fare for miljø og helse, og oppnå god vannkvalitet i vassdragene. Flere kommuner har overvannsveiledere som setter tekniske og fysiske krav til håndtering av overvann og krav til dokumentasjon, men veldig få av disse setter klare krav til infiltrasjon.

Samfunnet i dag står ovenfor en rekke utfordringer innen overvannshåndtering og VA-bransjen. Årsakene til disse utfordringene er klimaendringer, befolkningsvekst og fortetting, og et aldrende ledningsnett. Med klimaendringene fryktes økt nedbørintensitet, som følge av dette vil det oppstå økt overflateavrenning, økt andel fremmedvann til renseanleggene, økt vannføring i vassdrag og økt hyppighet av overløp. Med befolkningsvekst og fortetting øker andel tette flater og økt fare for forurensning. Det aldrende ledningsnettet har redusert kapasitet. Konsekvenser av alle disse faktorene er økt risiko for skader som følger av flom over oversvømmelse, unødvendig rensing av fortynnet avløpsvann, forurensning av vassdrag og redusert biologisk mangfold.

### 2.5.1 TRE-TRINNS STRATEGIEN

Norsk Vann sin tre-trinns strategi imiterer naturens evne til å håndtere overvann åpent og lokalt. Trinn en tar hånd om små regn og her skal overvannet fanges opp, renses og infiltreres. I trinn to fordrøyer og forsinker overvannet fra store regn, og trinn tre sikrer trygge flomveier ved ekstreme regnhendelser. Målet med tre-trinns strategien er å avlaste ledningsnettet og sikre grønnstruktur.



Figur 13 Plansystemets oppbygning

I kommuneplanens samfunnsdel kan kommunen gi overordnede føringer for sikker håndtering av overvann.

Føringene som gis i samfunnsdelen konkretiseres i kommuneplanens arealdel. Hensynssoner for vannveier, flom og sikring av arealer for grønnstruktur til overvannshåndtering kan angis på plankartet og planbestemmelser henviser til VA-norm og overvannsveiledere.

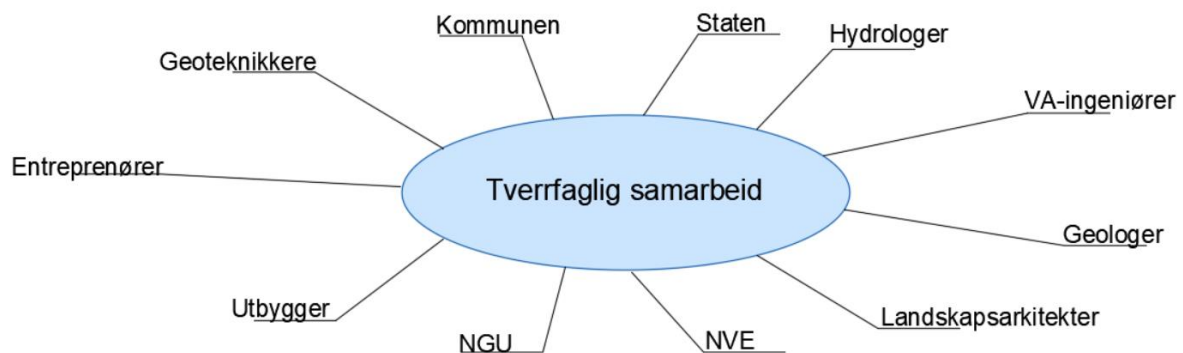
I reguleringsplanen konkretiseres bestemmelser og føringer som er gitt i kommuneplanen. Her skal gjennomførbarhet og hovedprinsipper dokumenteres. Reguleringsplanen kan henviser til teknisk forskrift og vannressursloven, og det kan kreves ROS-analyser.

Saksbehandleren i byggesak skal blant annet påse at alle ansvarsområder og funksjoner er dokumentert for prosjektering og utførelse av overvannshåndtering.

For å ivare ta god overvannshåndtering er det viktig at dette blir tatt hensyn til gjennom hele byggesakshierarkiet, fra overordnet plan til byggesak. Dette krever tverrfaglig samarbeid.

### *Tverrfaglig samarbeid*

I innlegg fra møter i regi av Vannforeningen påpeker Kim H. Paus behovet for et ekstra trinn i den norske tre-trinns strategien; Trinn 0, planlegging. For at tre-trinns strategien skal fungere, er det nødvendig med tverrfaglig planlegging tidlig i planfasen, erfaringsmessig viser det seg at det vil være for sent å finne gode løsninger for overvannshåndtering dersom ikke de riktige forutsetningene er gjort. (Braskerud og Paus, 2018)



Figur 14 Tverrfaglig samarbeid, Iselin Svendsen

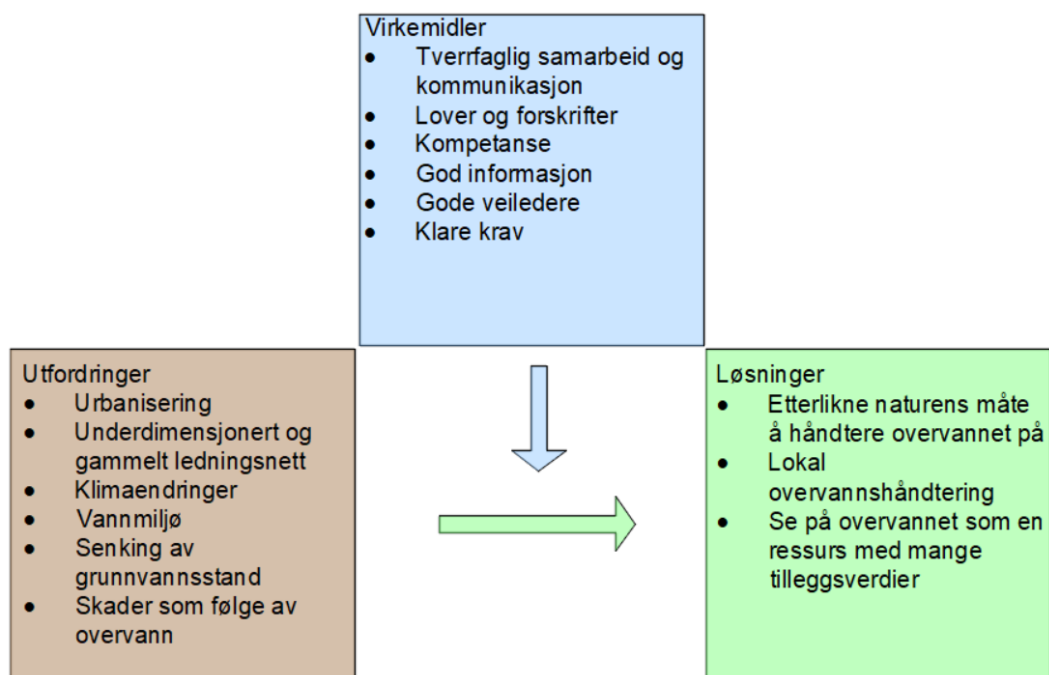
Tverrfaglig samarbeid er en viktig forutsetning for at man skal lykkes med planlegging, prosjektering, utførelse og drift av god overvannshåndtering. Det er viktig med et tverrfaglig samarbeid fra til ulike fagsektorene i kommunen. Krav og forventninger må komme klart frem i lovverk og kommunenes planer. Landskapsarkitekter, VA-ingeniører, hydrologer, geologer, geoteknikere, entreprenører, utbyggere, m.fl. er må kommunisere på tvers av fagfelt og dele sine oppfatninger av gode løsninger for overvannshåndteringen. Kommunikasjonen sørger for kompetanseheving, erfaringsutveksling, spredning av kunnskap og en felles forståelse av det delte ansvaret.

### 2.5.2 HVOR I PLANPROSESSEN BØR HENSYN TIL INFILTRASJON KOMME INN?

Jo før jo bedre. I en VA-utbygging bør det foretas en kartlegging der man ser på mulighetene for å utnytte dreneringsmulighetene slik de eksisterer i dag. Det bør kartlegges om infiltrasjon er en løsning for å bli kvitt overvannet på en sikker måte uten at det oppstår problemer eller skader oppstrøms eller nedstrøms. Dersom forholdene ikke tilsier at infiltrasjon er hensiktsmessig, må man da satse på en fordrøyningsløsning og lede det videre til kommunalt nett. Slike vurderinger bør gjøres tidlig i prosessen for å klargjøre forholdene. Ligger forholdene til rette for infiltrasjon, se på infiltrasjonsløsninger, dersom forholdene ikke ligger til rette for infiltrasjon, må man se på andre typer som løsninger som fordrøyningsløsninger med påslipp til offentlig ledningsnett eller transport til nærmeste resipient.

I et intervju med Inga Potter, seniorarkitekt i plan- og bygningsetaten i Oslo kommune, ble problemstillingen til hvor i planprosessen hensynet til infiltrasjon burde komme inn tatt opp, og Inga Potter kunne svare følgende:

*«Hensyn til infiltrasjon bør komme med en gang, det burde være en av de innledende vurderingene av en stedsanalyse av en hvilken som helst plan. Forurenset grunn og kvikkleire er utledet på overordnet nivå, NGU sine løsmassekart og NVE sine kart viser dette. I urbane områder har ikke NGU gjort grundige undersøkelser, nøyaktigheten mellom overgangen av ulike type løsmassesammensetninger er ikke nøyaktig nok, Oslo består av mye fyllmasser. Saksbehandler har i dag mulighet til å be om infiltrasjonstest før saken behandles, dette er viktig når det kommer til infiltrasjon. Det må settes krav til hvordan de testene skal være og hvilken informasjon man skal ha ut av dem. Dersom infiltrasjonstest skal kreves i planprosessen, må det defineres hva som kreves.»*



Figur 15 Kommunens virkemidler, Iselin Svendsen

For å imøtekomme de forventede utfordringene knyttet til overvann, må tiltak iverksettes. Lovverket må være tilstrekkelig utformet med de nødvendige virkemidlene og med klare beskrivelser. Kommunene har i dag mange muligheter til å påvirke overvannshåndteringen gjennom bestemmelser i plan og bygningsloven, kommuneplanens arealdel, forurensningsloven og vannressursloven, mm.

Den tradisjonelle måten å håndtere overvann på med å lede det fort vekk i tette rør minsker nedbøren sin mulighet for infiltrasjon og endrer det naturlige avrenningsmønsteret. Kombinert med klimaendringer skaper dette flere utfordringer. Fare for setningskader, kapasitetsproblemer i ledningsnett, oversvømmelser, materielle skader og fare for liv, etterslep av fornyelse av ledningsnett, endringer i nedbørsmønstre, høyere temperaturer, et stigende havnivå, ekstremvær og høyere avrenningstopper, er noen av utfordringene vi møter. Løsningene for å imøtekomme disse utfordringene er å etterlikne naturen sin måte å ta hånd om vannet på. Overvannet utnyttes som ressurs for opplevelse og biologisk mangfold og omtales på mange måter som en bærekraftig løsning ettersom dette systemet har fordeler både for det sosiale, økonomiske og økologiske. Som nevnt tidligere kan man si at overvannet blir tatt hånd om som et problem, men blir disponert som en ressurs (NOU, 2015:16). Veien mellom utfordringer og løsninger krever tverrfaglig samarbeid og kommunikasjon, lover og forskrifter med klare krav, god informasjon, økt kompetanse og gode veiledere.

### 3 METODER

For å besvare studiens forskningsspørsmål har jeg benyttet flere metoder. Denne masteravhandlingen er basert på intervjustudier og en gjennomgang av relevant litteratur. Nedenfor beskrives intervjumetoden, metoder for å velge ut egnede overvannstiltak og hvordan jeg har valgt å analysere både planinstrumenter og intervjuer. Valg av kvalitative forskningsmetoder begrunnes med deres egnethet til å finne fram til bakenforliggende temaer og hendelser i et empirisk materiale. Deretter presenteres beregningsmetodikken som er utviklet i denne masteravhandlingen.

#### 3.1 LITTERATURGJENNOMGANG

For å opparbeide kunnskap rundt problemstillingene for oppgaven er gjort en gjennomgang av tilgjengelig faglitteratur fra fagbøker, artikler og nettsider for organisasjoner som Norsk Vann, NIVA, NIBIO, NVE, NGU, mm. I tillegg er det gjort søk blant tidligere masteravhandlinger i Norge. Litteratursøk ble gjennomført fra Oria som er universitetsbibliotekets felles portal til det samlede materialet som finnes ved de fleste norske fag- og forskningsbibliotek. I og med at dette ikke var ment å være et fullstendig litteraturstudium, valgte jeg å konsentrere meg om avhandlinger fra de siste fire år fra NMBUs masteravhandlinger i vann- og miljøteknikk. Dette resulterte i disse fire masteravhandlingene som tar for seg overvannstematikk som er relevant for denne masteroppgaven; Bærekraftig overvannshåndtering for økt klimaresiliens i norske byer og tettsteder (Aanderaa & Bothner, 2017), hydrologisk dimensjonering i små nedbørfelt (Søndenaa, 2017), infiltrasjon for lokal overvannshåndtering (Solheim, 2017) og infiltrasjon av urbant overvann i grøntanlegg (Schmidt, 2018).

#### 3.2 INTERVJUER

Å stille spørsmål er den letteste måten å få informasjon om hvordan personer oppfatter hendelser og situasjoner som vi interesserer oss for. Ulike former for intervjuer gir ulik informasjon. Her har jeg valgt å ha helt åpne intervjuer. Disse kjennetegnes ved at jeg har stilt intervjuobjektene vide og åpne spørsmål som intervjuobjektene fritt kunne utvikle sine resonnementer og tanker rundt. (Lantz, 1993). I de intervjuer som er utført i forbindelse med denne oppgaven har disse tatt form som mer eller mindre uformelle

samtaler, dette har vært en positiv metode for mer utdypende svar på spørsmål relatert til oppgaven og henvisninger til relaterte prosjekter og situasjoner. Selv om intervjuene har vært uformelle i tonen, så har de i motsetning til en tilfeldig samtale vært preget av hensikten som var å styre dialogens utvikling og retning til å få informasjon om muligheten for lokal overvannshåndtering i lys av normer, regler, samarbeidsformer og kunnskap. Jeg ønsker å rette en stor takk til:

- Ole Petter Skallebakke fra Fredrikstad kommune.
- Ingelöv Eriksson, Kommunegeolog i plan- og bygningsetaten i Oslo kommune.
- Inga Potter, seniorarkitekt i plan- og bygningsetaten i Oslo kommune.
- Guri Venvik geolog ved NGU.
- Thomas Skaugen, forsker ved Hydrologisk avdeling, NVE.
- Steinar Taubøll, NMBU.
- Nils Otto Kitterød, NMBU.
- Møller-Pedersen, daglig leder i Storm Aqua.
- Elisabeth Blom Solheim, sivilingeniør, SWECO.
- Ingrid Johanna Verbaan, seriorrådgiver, NVE.
- Gunnhild Storbekkrønning Solli, NMBU.

## 4 PRAKTISKE METODER OG ERFARINGER

### 4.2 VURDERING AV LOKALE FORHOLD

Spørsmålet om hvilke vurderinger som bør gjøres i grunnen før en infiltrasjonsløsning skal etableres, ble stilt til Inga Potter, seniorarkitekt i plan- og bygningsetaten i Oslo kommune;

*Det bør gjøres en ROS-analyse av hva effekten av en infiltrasjonsløsning vil være, steder med kvikkleire og for høy grunnvannstand lar ikke infiltrasjon seg gjøre. Fyllmasser kan være mye forskjellig, som kan gjøre at man får alt for høy infiltrasjon som kan gi vannutslag eller heve grunnvannet lokalt som kan føre til fuktproblemer mot eksisterende bebyggelse. Det er viktig å ha oversikt over grunnvannet, be om prøveborrehull som dokumenterer løsmassesammensetningene dersom dette er nødvendig. Bruk av en peilebrønn for overvåkning av grunnvannet over tid, kan gi nyttig informasjon og kan også brukes til å måle hydraulisk kapasitet som er vesentlig for infiltrasjon.*

#### 4.2.1 INFILTRASJONSKAPASITET I GRUNNEN

For at en infiltrasjonsløsning skal være hensiktsmessig, er en av forutsetningene at grunnen har tilstrekkelig infiltrasjonskapasitet. Løsmassesammensetningen på området bestemmer massenes hydrauliske ledningsevne og permeabilitet. Som nevnt tidligere i oppgaven kan infiltrasjonskapasiteten i grunnen måles med ulike målemetoder i felt og beregninger.

#### 4.2.2 AVSTAND TIL GRUNNVANNET

Det må være tilstrekkelig avstand til grunnvannet. Med dette menes at det må være plass mellom overflaten og grunnvann slik at vannet har plass til å infiltrere ned i grunnen. For høy grunnvannstand vil føre til vannmettede forhold, og en infiltrasjonsløsning vil ikke være hensiktsmessig.

Grunnvannstanden kan variere mye bare i løpet av noen få dager, og dette kan påvirke grunnens infiltrasjonsevne. Ved nedbør stiger grunnvannstanden, og ved nedbørsslutt synker den. Noen steder kan man se at selv om det fortsetter å regne, synker grunnvannstanden, det betyr at det dreneres bort mer enn det fylles på. På høsten med mye nedbør vil grunnvannstanden bygge seg opp og når tørke kommer vil grunnvannet synke.



#### *4.2.3 TRANSPORT/DRENERING AV DET INFILTRERTE OVERVANNET*

Det infiltrerte vannet må transporteres/dreneres vekk. Dersom en infiltrasjonsløsning skal være hensiktsmessig, må det infiltrerte vannet transporteres vekk slik at overvannet ikke blir stående i mettede forhold.

#### *4.2.4 SKADER OPPSTRØM ELLER NEDSTRØMS*

Det må ikke være noe skadepotensiale nedstrøms, oppstrøms i området eller andre nærliggende områder. Det bør gjøres en vurdering om det vil oppstå skader som følge av etablering av en infiltrasjonsløsning. En slik vurdering bør se på fare for skade på infrastruktur, innlekking i overbelastet ledningsnett, innlekking gjennom utett grunnmur i nærliggende område, sinking eller heving av grunnvannstand og liknende.

#### *4.2.5 FORURENSNING AV GRUNNVANNET*

Det må vurderes om det vil oppstå fare for forurensning av grunnvannet ved avrenning fra parkeringsområder, veiarealer, og industri der overvannet kan inneholde giftige stoffer og partikler. Vanddirektivet setter klare krav mot forurensning av grunnvannet.

#### *4.2.6 FARE FOR RAS/SKRED OG EROSIJON*

Blåleire og kvikkleire er stort sett tette masser og har ubetydelig infiltrasjonskapasitet, og vannbalansen bør ikke endres i områder med fare for kvikkleireskred og erosjon. Dersom det finnes usikre løsmasser på området bør det utarbeides en risikovurdering for konsekvenser av å føre overvannet ned i grunnen.

#### *4.2.7 NEDBØRSFELT OG TERRENGUTFORMING*

Størrelsen på nedslagsfeltet og avrenningsmønstrene til et område har stor betydning for hvilke mengder med overvann som vil passere det bestemte området. Utformingen på terrenget spiller en viktig rolle i forhold til hvor vannet samles, hvis helningen er bratt, vil vannet rennet raskere forbi og infiltrasjonsevnen reduseres. Dersom området befinner seg i et lavpunkt i terrenget, vil det være større sannsynlighet for vannmettede forhold.

#### *4.2.8 DRIFT*

Det er viktig at infiltrasjonsløsningene bygges for å fungere i forventet levetid. Overvann som skal infiltreres bør passere gjennom en eller annen form for sandfang, enten naturbasert eller teknisk, dette for å unngå tiltetting av infiltrasjonsløsningen etter kort tid. Der beplantning er aktuelt er det viktig å velge planter som tåler både tørkeperioder og perioder med mye nedbør.

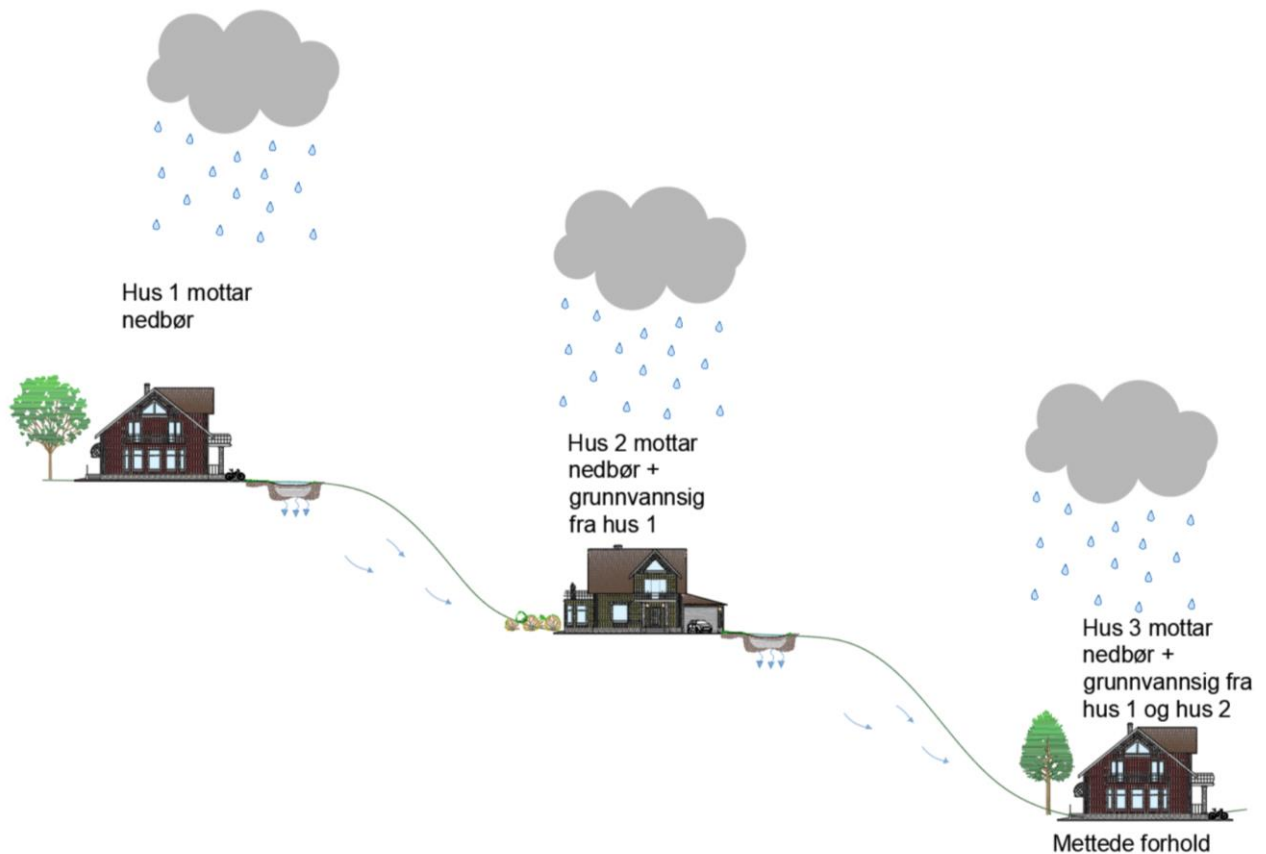
#### *4.2.9 KULDEPERIODER*

Det skal etterstrebes å holde infiltrasjonsoverflaten tørr slik at det ikke dannes is på overflaten under vinterstid.

#### *4.2.10 HVOR TAR DET INFILTRERTE VANNET VEIEN?*

Terrengformene gir et utgangspunkt for hvor vannet beveger seg, men infrastruktur og VA-grøfter er med på å styre hvor det infiltrerte vannet tar veien. I en tettbebygd by bestående av masser som er lite egnet for infiltrasjon vil trolig mye av det infiltrerte overvannet finne veien til VA-grøftene. Via VA-grøftene og annen vil overvannet kunne transporteres ukontrollert til andre steder og muligheten for at overvannet finner veien inn i utette VA-ledninger som ikke er under trykk er stor.

Overflateavrenning og det infiltrerte vannet tar ikke hensyn til teigrenser, og tar derfor den enkleste veien mot resipient eller grunnvann. Dersom man ser på et nedslagsfelt fra toppen og ned, kan måten å se på håndtering av overvann for hver tomt i noen tilfeller virke urettferdig. Et byggverk plassert langt oppe i et nedslagsfelt, må kun håndtere nedbøren som faller på tomten. Neste tomt må håndtere nedbøren som faller på tomten og det infiltrerte vannet som har beveget seg gjennom grunnen og videre nedover i nedslagsfeltet. Videre vil tredje tomt håndtere nedbør som faller på tomten, og det infiltrerte vannet fra begge tomtene over, dette kan hende med mettede forhold i bunn av et nedbørsfelt, der infiltrasjon og gode forføyingsløsninger blir utfordrende.



Figur 16 Nedbørsfeltet sett som helhet, Iselin Svendsen

#### 4.2.11 HVOR SKAL MAN GJØRE INFILTRASJONSTESTEN?

Daglig leder i Storm Aqua, Per Møller-Pedersen forklarte i et intervju at hvor man utfører infiltrasjonsmålinger henger sammen med hvor overvannsløsningen skal plasseres. Storm Aqua AS er et kompetanseselskap for overvann og arbeider innenfor de fire områdene produktutvikling, rådgivning, måling og dokumentasjon og kompetanseheving. For at infiltrasjonstester skal være representative skal de utføres i stedlige masser på et høydenivå som tilsvarer den fremtidige infiltrasjonsflaten.

#### 4.2.12 NÅR SKAL MAN IKKE GJØRE INFILTRASJONSTEST?

Enkelte steder bør det ikke foretas test av infiltrasjonskapasitet, i et intervju med Per Møller-Pedersen kunne han fortelle følgende:

*Hvor infiltrasjonstesten skal gjøres, henger sammen med hvor løsningen skal plasseres. Dette henger også sammen med grunnvannet, står grunnvannsstanden for høyt, vil infiltrasjonskapasiteten være minimal grunnet vannmettede forhold. Det er steder der man ikke trenger infiltrasjonstest som fast*

*eller nedsprenget fjell, blåleire, kvikkleire eller der terrengformene tilsier at det ikke er noen god løsning, for eksempel i nærheten av en mur, grense til nabo og liknende. I bunn av et nedbørsfelt bør man også være forsiktig. Dersom man her etablerer en infiltrasjonsløsning, kan man risikere å lage et sluk for hele nedbørsfeltet som drenerer bort vannet for hele nedbørsfeltet og skaper problemer oppstrøms og nedstrøms.*

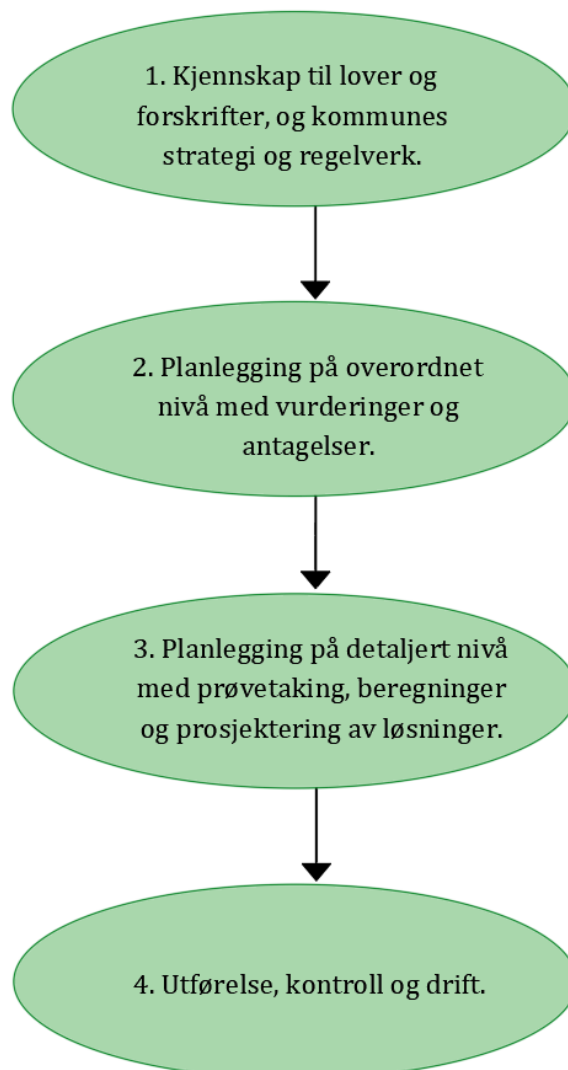
Vannbalansen bør ikke endres i områder med fare for kvikkleireskred og erosjon.

Infiltrasjon i områder hvor det befinner seg alunskifer bør også unngås, da det kan skape konsekvenser for både stabilitet og mobilisering av tungmetaller som finnes i alunskiferen (de Beer, 2016). Et område som har god infiltrasjonskapasitet kan infiltrasjonsløsningen konsentreres til et mindre areal, men dersom infiltrasjonskapasiteten lav kan infiltrasjonsflaten spres utover et større areal.

## 5 RESULTAT OG PRAKTISK VEILEDNING

Infiltrasjon er en viktig del av overvannshåndteringen og er viktig for etterfylling av grunnvann, rensing av forurenset overvann og reduksjon av avrenningsvolum. Hvor stor vannmengde som kan infiltreres avhenger av en rekke faktorer. Det være seg jordens hydrauliske ledningsevne og permeabilitet, samtidig som lokale forhold virker inn.

Første steget mot god planlegging er å kjenne til lover og forskrifter, og strategier og regelverk for den gjeldende kommunen. For områder der det planlegges utbygging bør det gjøres en planlegging på overordnet nivå tidlig i fasen, videre gjøres det nærmere beskrivelser og løsninger på detaljert nivå lenger ut i fasen. Etter planlegging og prosjektering utføres tiltaket, videre utføres en kontroll av utføringen og helt til slutt skal løsningen driftes. Dette kan oppsummeres i disse punktene:



Figur 17 Strategi for god planlegging, Iselin Svendsen

## 5.1 VEILEDNING PÅ OVERORDNET NIVÅ

For å kunne utnytte mulighetene for infiltrasjon, rensing, fordrøyning, bruk av overvann som ressurs, kreves det en helhetstenkning tidlig i fasen av byggeprosjektet. Dersom det tilrettelegges for gode løsninger tidlig i prosessen, er det større sannsynlighet for at det lages gode overvannsløsninger. I reguleringsarbeidet skal alle prinsipper, rammer og funksjoner for overvannshåndtering være vurdert og avklart, og det bør utarbeides en overvannsplan som en del av reguleringsplanen (COWI, 2020). Planer på overordnet nivå skal ta hensyn til nødvendigheten av åpne vannveier, forsvarlig overvannshåndtering og blågrønne strukturer. Naturbaserte løsninger skal vurderes og dersom andre løsninger blir valgt, skal det begrunnes hvorfor de naturbaserte løsningene ble valgt bort. (Lovdata, 2018)

Allerede på overordnet nivå bør det komme frem steds- og funksjonstilpassede løsninger for overvannshåndtering.

Tabell 4 Vurderinger på overordnet nivå

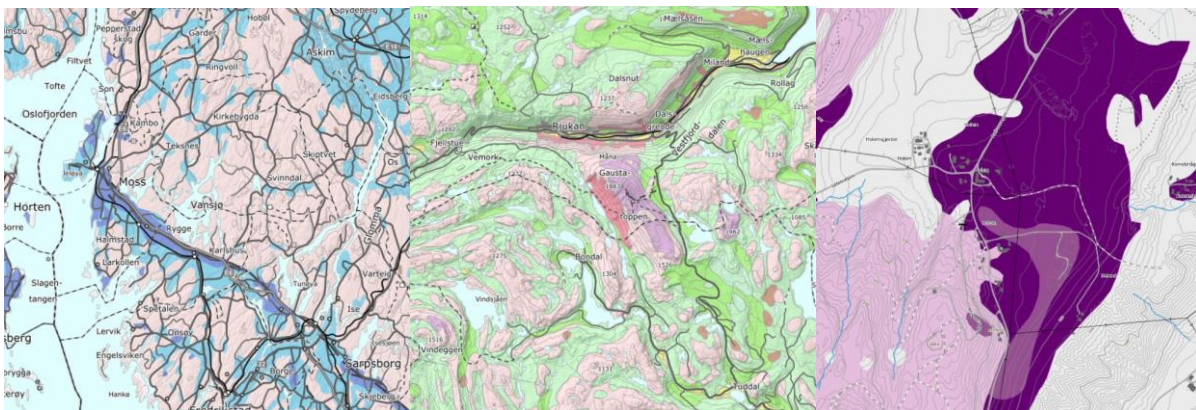
<b>Vurderinger på overordnet nivå:</b>	<b>Vurderinger som bør gjøres:</b>	<b>Henvisning til lovverk og bestemmelser:</b>
<b>Terrenganalyse</b>	Analyse av eksisterende terreng, avrenningsmønstre og lavpunkter.	
<b>Vurdere løsmasseforhold og infiltrasjonsevne for området</b>	NGU sine løsmassekart	
<b>Vurdere fare for ras/erosjon</b>	NVE Egne kommunekart	
<b>Vurdere fare for grunnvannsforurensning</b>	NVE Egne kommunekart	Forurensningsloven Vannressursloven
<b>Vurdere avstanden til grunnvannsstand</b>	NGU Granada	
<b>Nedbørsfelt</b>	Kartlegge om det planlagte området vil motta avrenning fra oppstrøms terreng. Vurdering av skadepotensiale oppstrøms og nedstrøms området.	Granneloven
<b>Stedstilpasning</b>	Løsningen for overvannshåndtering må plasseres der den få tilrenning av overvann og helst bevare det naturlige avrenningsmønsteret. Det skal sikres tilstrekkelig fall vekk fra byggverk. Vurder om overvannsløsningen skal plasseres på bakkeplan, under bakken og/eller på tak.	TEK-17
<b>Funksjonstilpasning</b>	Nedstrøms flombeskyttelse i form av redusert avrenning etter utbygging og trygge flomveier. Redusert påslipp til ledningsnett. Vurdering av hvor mange utløp området vil ha etter utbygging. Vurder funksjonskrav for lokal overvannshåndtering med gjeldende klimafaktor for kommunen, gjentaksintervall og videreført vannmengde.	Egne bestemmelser for kommunen Norsk Vann sin 3-trinns strategi
<b>Arealbehov</b>	Vurdering av overvannsmengder, hvilke arealer og dybder som må avsettes.	

### NGU Løsmassekart

Norges geologiske undersøkelse (NGU) er en statlig etat for forskning og geologisk kartlegging, og har som hovedoppgaver å samle, bearbeide og utgi kunnskap om landets løsmasser, grunnvann, berggrunn og mineralressurser. NGU sitt løsmassekart gir oversikt over ulike løsmassetyper i Norge.

Tabell 5 NGU løsmassekart

Typeoverflate/løsmasse	Klassifisering av infiltrasjonsevne
Morenemateriale	Middels egnet
Tykk morene	Middels egnet
Tynn morene	Lite egnet
Randmorene	Middels egnet
Breelvavsetning	Godt egnet
Breelv-/bresjøvsetning	Godt egnet
Hav-/fjordavsetning	Uegnet
Marin strandavsetning	Middels egnet
Tynn hav-/strandavsetning	Lite egnet
Elve-/bekkeavsetning	Godt egnet
Vindavsetning	Middels egnet
Forvittringsmateriale	Lite egnet
Skredmateriale	Lite egnet
Steinbreavsetning	
Torv og myr	Uegnet
Tynt humus-/torvdekke	Uegnet
Fyllmasse	Ikke klassifisert
Bart fjell/tynt dekke	Uegnet

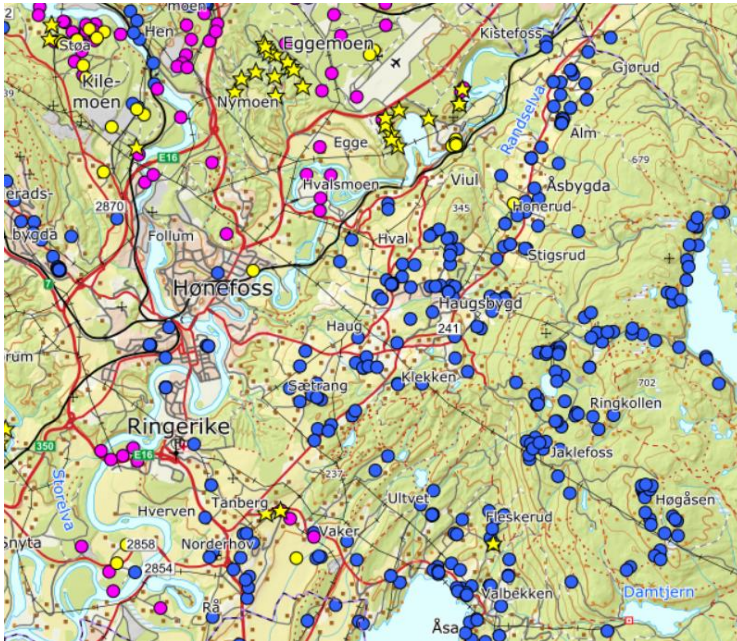


Bilde 5 NGU løsmassekart




## NGU GRANADA

GRANADA er den nasjonale grunnvannsdatabasen av alle brønner som registreres av NGU. GRANADA gir informasjon om grunnvannsressurser og brønner. Brønnskortene gitt av GRANADA kan gi nyttig informasjon om stabil grunnvannsstand, dyp til fjell og vanngiverevne. (NGU, 2015)



PDF generert: 2021-04-04

 NORGES  
GEOLOGISKE  
UNDERSØKELSE  
• NGU •

### GRUNNVANNSDATABASEN

#### Fjellbrønn nr. 29510

NB: [Informasjon om nøyaktighet og tolkning av dataene](#)

LOKALISERING	
Fylke	:Viken
Kommune	:Frogn (3022)
Kartblad (1:50 000)	:Drøbak (1814-2)
UTM sone	:32 V
ØV-koordinater	:592843
NS-koordinater	:6614603
Stedfestningsmetode	:Digitalisert på skjerm fra andre digitale rasterdata
Stedfestingsnøyaktighet	:Ukjent

BRØNNPARAMETERE	
Totalt dyp av brønn	:100.00 m
Dyp til fjell	:2.50 m
Vannføring (før trykking / sprengning)	:240.00 l/time
Vannstand (etter boring målt fra overflaten)	:6.60 m
Boredato	:09.09.1998
Brukstype	:Vannforsyning
Bruk	:Enkelthusholdning
Borediameter	:135 mm
Forings- / brønnrørmateriale	:Plast
Forings- / brønnrørlengde	:3.00 m
Boring	:Loddrrett

ANNEN INFORMASJON	
Borefirma	:UNIVERSAL BRØNNBORING AS
Konsulentfirma	:
Egen brønn-ID	:

## 5.2 VEILEDNING PÅ DETALJNIVÅ

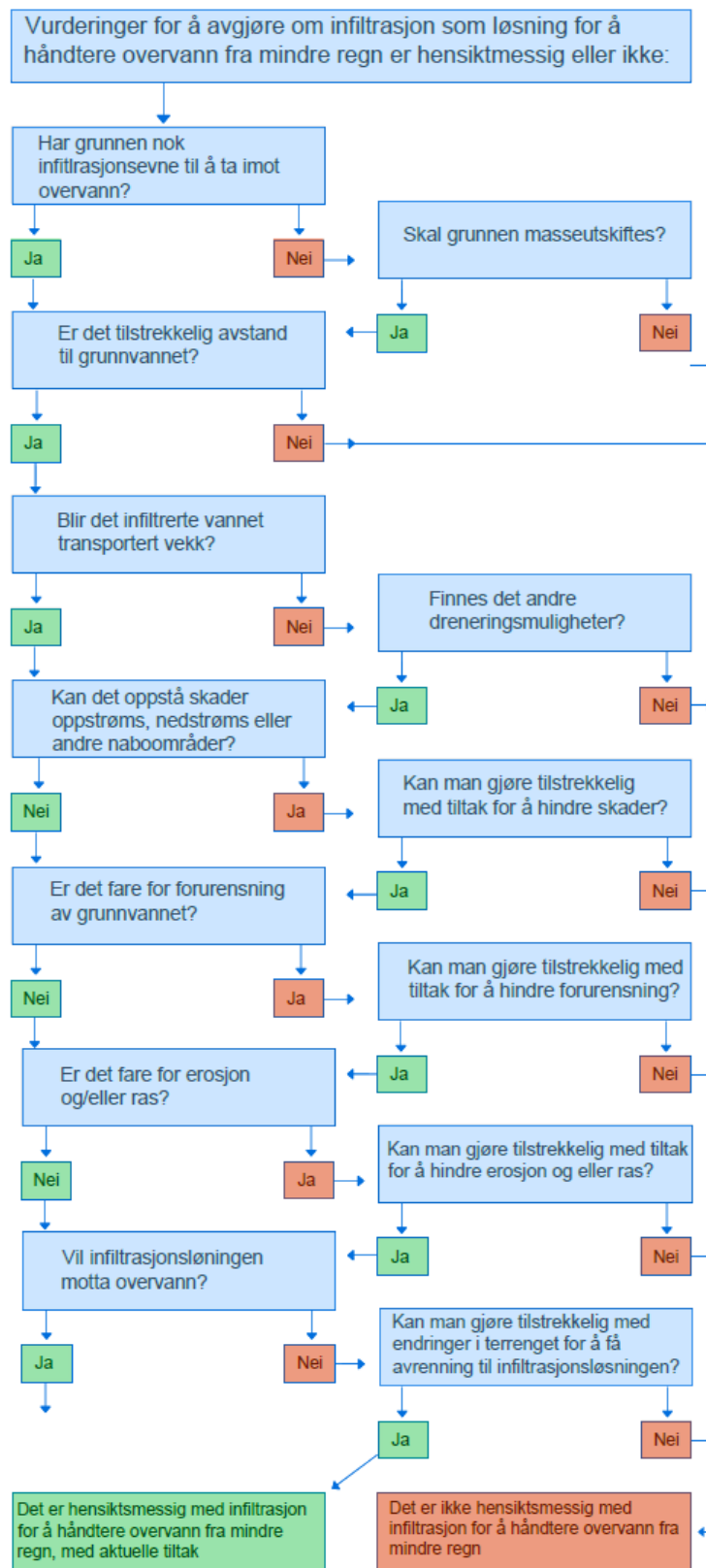
På detaljert nivå skal løsningene bestemmes og prosjekteres. I den forbindelse må det utføres nødvendig med prøvetaking, beregninger og prosjekteringsdokumenter. I byggesak skal funksjoner og ansvarsområder bli belagt med ansvar for prosjektering og utførelse av håndteringen av overvann.

Løsmasseforhold, grunnens infiltrasjonsevne og grunnvannsstand må vurderes, og områdets nedbørsfelt må analyseres. Videre må løsningen stedstilpasses og funksjons tilpasses.

Tabell 6 Vurderinger på detaljert nivå

Vurderinger på detaljnivå:	Vurderinger som bør gjøres:	Henvisning til lovverk og bestemmelser:
<b>Sentral godkjenning for PRO og UTF av overvannshåndtering</b>		Byggesaksforskriften (SAK10) § 13-5
<b>Terrenganalyse</b>	Analyse av eksisterende terreng, avrenningsmønstre og lavpunkter.	
<b>Vurdere løsmasseforhold og infiltrasjonsevne for området</b>	Krav til infiltrasjonstester og kornfordelingsanalyser.	Aktuelle bestemmelser for den gjeldene kommunen.
<b>Dokumentering av grunnvannsstand</b>	Dokumentasjon av avstand til og variasjoner i grunnvannsstand. Prøvegraving, måling av grunnvannsstand.	
<b>Vurdere fare for grunnvannsforurensning</b>	Vurdering av aktuelle tiltak for å forebygge mot forurensning.	
<b>Nedbørsfelt</b>	Kartlegge om det planlagte området vil motta avrenning fra oppstrøms terreng. Vurdering av skadepotensiale oppstrøms og nedstrøms området.	Granneloven
<b>Stedstilpasning</b>	Løsningen for overvannshåndtering må plasseres der den får tilrenning av overvann og helst bevare det naturlige avrenningsmønsteret. Det skal sikres tilstrekkelig fall vekk fra byggverk. Vurder om overvannsløsningen skal plasseres på bakkeplan, under bakken og/eller på tak. Sikring mot ras og erosjon.	TEK-17
<b>Funksjonstilpasning</b>	Nedstrøms flombeskyttelse i form av redusert avrenning etter utbygging og trygge flomveier. Redusert påslipp til ledningsnett. Vurdering av hvor mange utløp området vil ha etter utbygging. Vurdere funksjonskrav for lokal overvannshåndtering med gjeldende klimafaktor for kommunen, gjentaksintervall og videreført vannmengde.	Egne bestemmelser for kommunen Norsk Vann sin 3-trinns strategi
<b>Beregninger av infiltrasjonsareal</b>	Vurdering av overvannsmengder, hvilke arealer og dybder som må avsettes.	
<b>Valg av infiltrasjonsløsning</b>		
<b>Sammenstilling</b>	Sammenstilling av undersøkelser, plassering, dimensjonering og tegninger av valgt infiltrasjonsløsning, og plan på hvordan overvannet ledes til infiltrasjonsområdet	
<b>Drift og vedlikehold</b>	Utarbeide plan for drift- og vedlikehold for å sikre at funksjonen til infiltrasjonsløsningen opprettholdes gjennom hele levetiden.	

5.3 VEILEDER FOR Å AVGJØRE OM INFILTRASJON SOM LØSNING FOR Å HÅNDTERE OVERVANN FRA MINDRE REGN ER HENSIKTSMESSIG ELLER IKKE, MED HENSYN TIL DE LOKALE FORHOLDENE VED ØNSKET BEBYGGELSE?



Figur 18 Flytskjema for vurderinger av infiltrasjon, Iselin Svendsen

## 5.4 PRAKTISKE EKSEMPLER PÅ LØSNINGER OG ANVENDELSER DER INFILTRASJON ER HENSIKTSMESSIG

### 5.4.1 VADI, GRESSKLEDDA VANNVEIER OG ÅPNE GRØFTER



Bilde 6 Vadi med terskler ved NMBU, Iselin Svendsen



Bilde 7 Fredrikstad, Iselin Svendsen

Vadier, gresskledde vannveier og åpne grøfter er byenes grønne vannveier. De utformes som grøfter og dekker alle trinnene i 3-trinns strategien. Overvannet for mulighet til å infiltrere gjennom det grønne dekket, forsenkingen fordrøyer overvannet og ved ekstremnedbør vil de fungere som en trygg flomvei. En vadi kan etableres med og uten terskler. Med terskler vil mer overvann bli fordrøyd enn uten.

Vadier kan tilpasses og utformes etter området og bidrar positivt både biologisk og estetisk til boligområder og langs veier.

(Oslo kommune, 2016)



#### 5.4.2 REGNBED



Bilde 8 NMBU Ås, Iselin Svendsen



Bilde 9 NMBU ÅS, Iselin Svendsen

Regnbед er en beplantet forsinking i terrenget som plasseres der det kan motta overvann. Et regnbед dekker trinn 1 og trinn 2 gjennom infiltrasjon og fordrøyning.

Regnbед har flere fordeler, infiltrasjonsmulighetene bidrar til å opprettholde grunnvannsstanden, forsterker grønnstrukturen og det biologiske mangfoldet og reduserer

flomtoppbelastningen. (Oslo-kommune, Regnbед for lokal flomdemping, 2016). Et regnbед kan utformes og tilpasses lokasjon.



#### 5.4.3 ÅPEN OVERVANNSHÅNTERING AV VEIVANN



Figur 19 Clean water Nashville, 2021

Åpen overvannshåndtering langs veier kan bidra i alle trinnene med infiltrasjon, fordrøyning og flomveier. Dette kan løses med lokale regnbed, vadier, gresskleddede grøfter, kantstein som leder flomvannet, med mer.

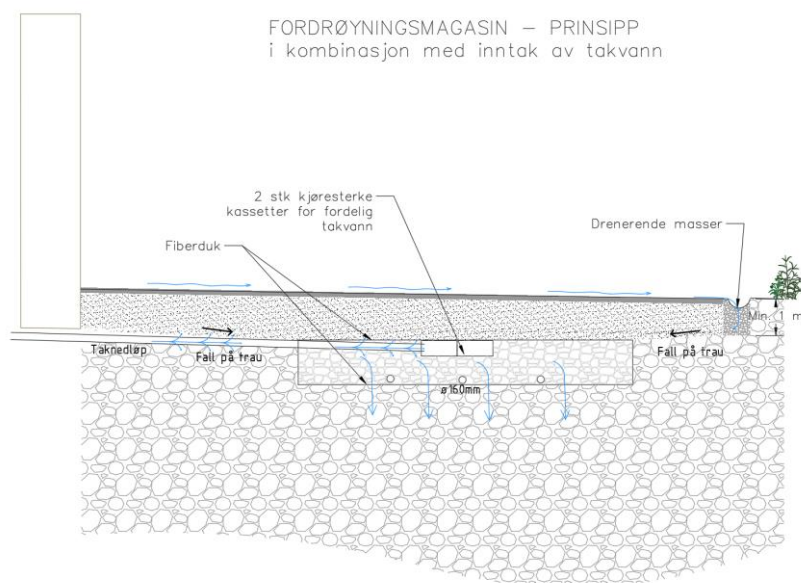
#### 5.4.4 PERMEABELT DEKKE



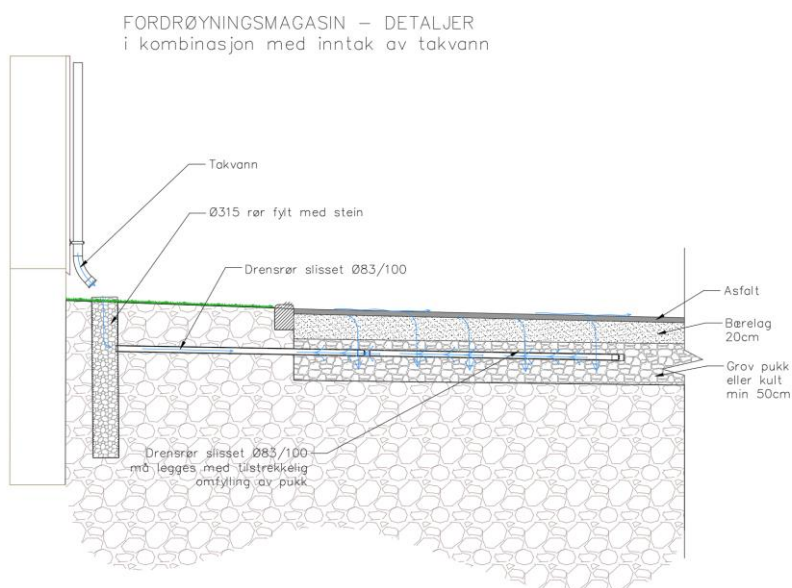
Figur 20 Archiproducts, 2021

Permeable flater lar overvannet trenge ned i grunnen og reduserer overflateavrenningen og avrenningshastigheten. Permeable flater egner seg godt til parkeringsplasser, veier, torg, fortau og liknende med mindre belastning. Oppbygningen av det permeable dekket tilpasset bruksområdet til dekket.

#### 5.4.5 MAGASIN MED INFILTRASJONSMULIGHET



Figur 21 Prinsipptegning infiltrasjonsmagasin innvendig taknedløp, Iselin Svendsen



Figur 22 Prinsipptegning infiltrasjonsmagasin utvendig taknedløp, Iselin Svendsen

Infiltrasjonsmagasin kan utformes og bygges opp på mange ulike måter. Et infiltrasjonsmagasin ivaretar overvannets mulighet til å infiltrere ned i grunnen, avlaster ledningsnett og reduserer overflateavrenning.



#### 5.4.6 FORDØYNINGS/DAM/OVERVANNSDAM



Bilde 10 NMBU ÅS, Iselin Svendsen

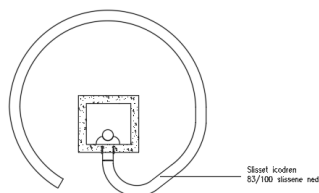
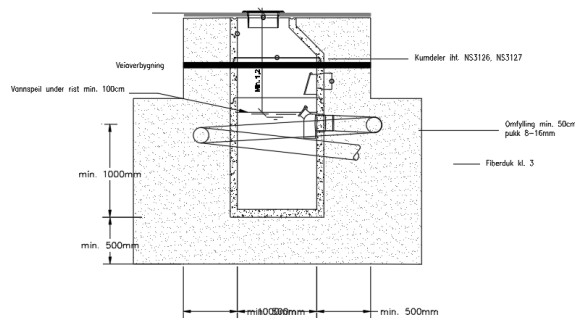


Bilde 11 NMBU ÅS, Iselin Svendsen

En fordrøyningsdam, også kalt overvannsdam, med infiltrasjon til grunnen bidrar til flomdemping, etterfylling av grunnvann og god separasjon av forurensninger som følger med overvannet. Dammer bidrar positivt med estetikk i området den befinner seg i.

#### 5.4.7 INFILTRASJONSKUM

Infiltrasjonkum/sluk m. sandfang



Figur 23 Infiltrasjonkum, Iselin Svendsen

En infiltrasjonskum er en kum utformet for å håndtere overvann og gi overvannet mulighet til å spre seg og infiltrere ned i grunnen. Overvannet føres ned i kummen og infiltreres ned i grunnen lokalt. En infiltrasjonskum kan utformes på ulike måter.

## 5.5 PRAKTISKE EKSEMPLER PÅ LØSNINGER OG ANVENDELSER DER INFILTRASJON IKKE ER HENSIKTMESSIG

### 5.5.1 REGNHØSTNING



Bilde 12 Vida XL, 2021

Regnhøstning i tønner for gjenbruk av overvann til vanning i hager bidrar til et mer bærekraftig vannkretsløp, reduserte mengder overvann til avløpsnettet og redusert bruk av rensset drikkevann til vanning. (Oslo-kommune, Regnhøstning for vanning i hager, 2016)

### 5.5.2 KUNSTIG REGNBED



Bilde 13 Philadelphia water department, (PhiladelphiaWaterDepartment, 2021)

Et kunstig regnbed dekker trinn 2 ved fordrøyning der infiltrasjon ikke lar seg gjøre. Det fordrøyde overvannet ledes videre fra det kunstige regnbedet til terreng, ledningsanlegg eller annen fordrøyningsløsning. Et kunstig regnbed forsterker grønnstrukturen og det biologiske mangfoldet og reduserer flomtoppbelastningen og kan utformes og tilpasses lokasjon.

### 5.5.3 BLÅ TAK



Bilde 14 Protan BlueProof, 2021

Blå tak gjør taket om til en fordrøyningsløsning for overvann. Blå tak tillater overvannet å stå på taket før det gradvis og kontrollert føres videre. Løsningen er trygg, SINTEF-godkjent, bærekraftig og arealbesparende. (Protan, 2021)

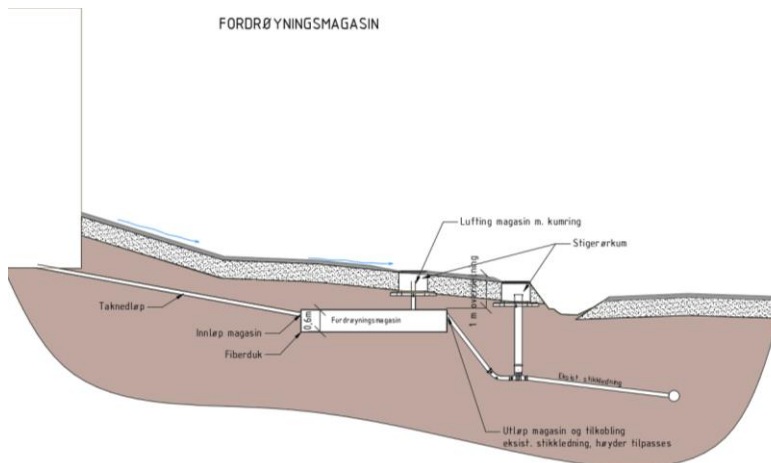
### 5.5.4 GRØNNE TAK



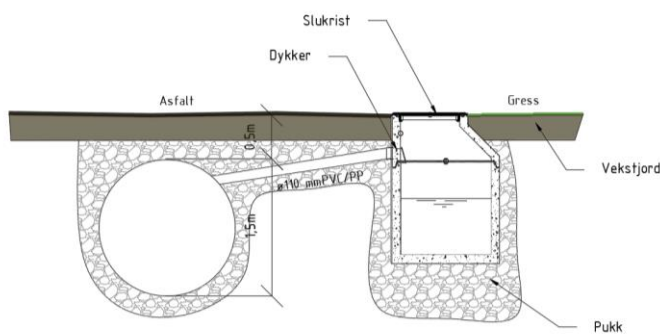
Bilde 15 Bergknapp AS, 2021

Grønne tak er bruk av vegetasjon på takene. Dette vil kunne redusere noe av avrenningen fra nedbøren og gi overvannet mulighet til å fordampe. Grønne tak bidrar også til å øke den grønne strukturen i området. (Oslo-kommune, 2016)

### 5.5.5 LUKKEDE MAGASINER



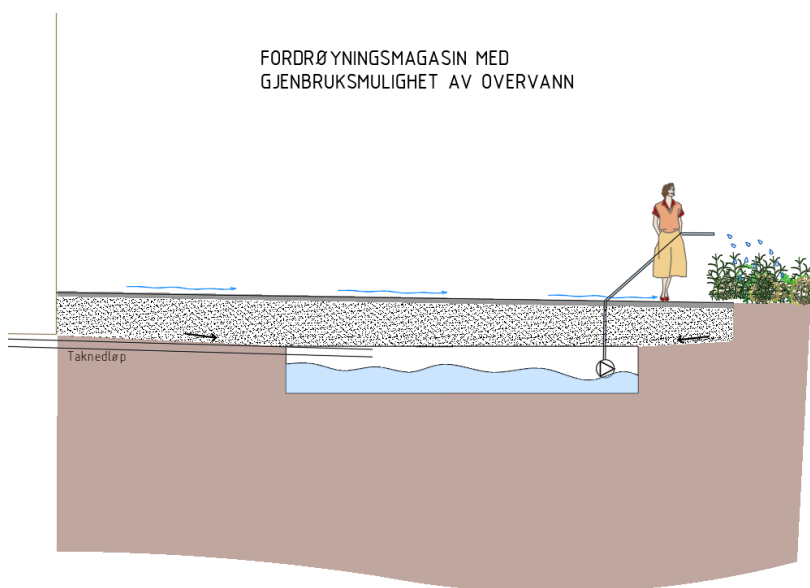
Figur 24 Lukket magasin, Iselin Svendsen



Figur 25 Lukket rørmagasin, Iselin Svendsen

Lukkede fordrøyningsmagasiner benyttes som ekstrapasitet for å avlaste avløpsanlegget. Ved kraftig nedbør fylles magasinet opp og overvannet førdes før det det gradvis og kontrollert føres videre, for eksempel via et strupet utløp eller virvelkammer.

### 5.5.6 LUKKEDE MAGASINER MED GJENBRUKSMULIGHETER



Figur 26 Fordrøyningsmagasin med gjenbruksmulighet av overvann, Iselin Svendsen

Lukkede fordrøyningsmagasiner med gjenbruksmulighet benyttes på samme måte som vanlige lukkede fordrøyningsmagasin som ekstrapasitet for å avlaste avløpsanlegget. Gjenbruksmuligheten



### 5.5.7 TETTE OVERSTRØMNINGSFLATER



Bilde 16 Landskapsarkitet , tumblr 2016

Tette overstrømningsflater vil fungere som en trygg flomvei ved ekstremnedbør.

Overstrømningsflatene kan tilpasses og utformes etter området.

### 5.5.8 FLERBRUKSAREALER UTEN MULIGHET FOR INFILTRASJON

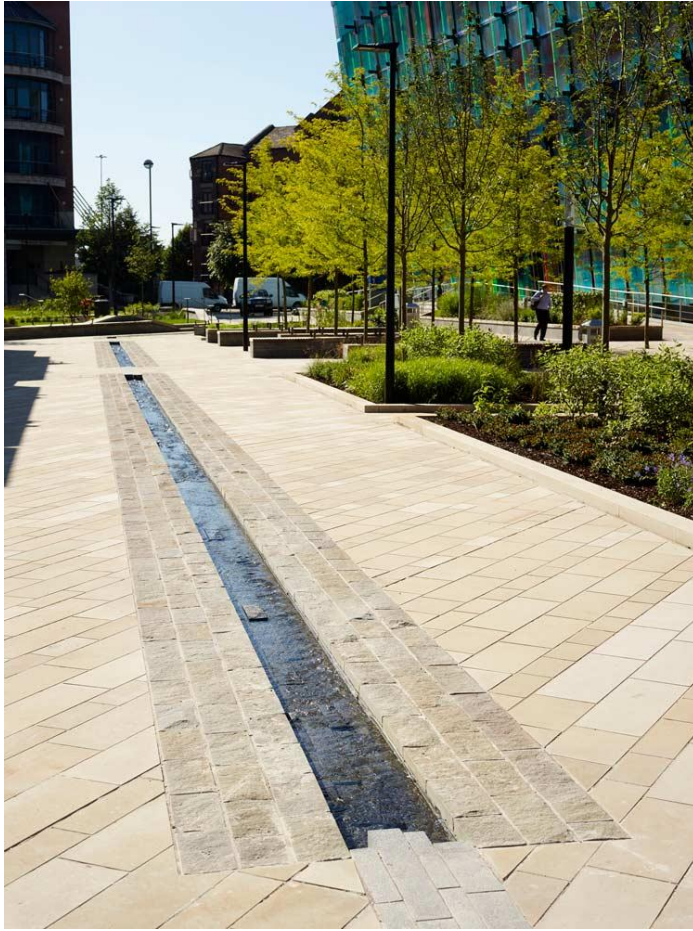


Bilde 17 Rabalder skatepark, F-CE, 2017

Flerbruksarealer kan være områder som gir plass til, idrett, lek, opphold og overvannshåndtering. Arealene tillater at overvannet kan samles opp i perioder, og/eller bli en del av området som for eksempel et bidrag til lek og læring.

Flerbruksarealer som er tilrettelagt for håndtering av overvann tilpasses det bestemte området. (F-CE, 2017)

### 5.5.9 RENNEN SOM LEDER OVERVANNET TIL VEGETASJON



Renner som leder overvannet til vegetasjon kan fungere som trygge flomveier ved ekstremnedbør, og vil fungere som en kontrollert vannvei til fordrøyningsløsningen. Rennene kan tilpasses og utformes etter området.

Bilde 18 Landezine, Sovereign Square ,2016



Bilde 19 NMBU Ås, Iselin Svendsen

## 6 DISKUSJON

Denne delen av masteroppgaven består av diskusjon av metode og resultater.

### 6.1 VEILEDER PÅ OVERORDNET NIVÅ

#### *Feilkilder i antagelser*

Vurderinger som gjøres på overordnet nivå har som hensikt å legge til rette for at mulighetene for infiltrasjon av overvann utnyttes. I reguleringsarbeidet skal prinsipper, rammer og funksjoner for overvannshåndtering være avklart, ettersom arbeidet som gjøres er tidlig i prosessen vil flere av forholdene basere seg på antagelser og overordnede vurderinger. Noen av disse antagelsene kan på detaljnivå vise seg å være gale.

#### *Endringer i situasjon og utomhusplan*

Allerede på overordnet nivå bør det komme frem steds- og funksjonstilpassede løsninger for overvannshåndtering. Situasjonsplaner og utomhusplaner kan endres seg underveis i planleggingen, dette kan føre til endringer for håndteringen av overvann. Det må da gjøres nye vurderinger for steds- og funksjonstilpasning.

#### *NGU og NVE*

NGU sine løsmassekart gir en overordnet oversikt over ulike løsmassetyper i Norge, GRANADA gir overordnet informasjon om grunnvannsressurser og brønner, og NVE sine faresonekart gir viser overordnet faresonekart for kvikkleire, flom og skred i bratt terreng. NGU omtaler ofte løsmassene i urbane områder som fyllmasser uten informasjon om infiltrasjonsevne, ved videre vurderinger på detaljnivå kan det vise seg at disse overordnede vurderingene ikke stemmer med det som finnes på området som skal bygges ut. Det vil derfor bli nødvendig med nye vurderinger og bestemmelser etter at grunnforhold på det bestemte området er undersøkt.

## 6.2 VEILEDER PÅ DETALJNIVÅ

### *Tverrfaglig kommunikasjon*

Tverrfaglig samarbeid er en viktig forutsetning for at man skal lykkes med planlegging, prosjektering, utførelse og drift av god overvannshåndtering. Dersom kommunikasjonen uteblir er det fare for at viktig informasjon og forutsetninger ikke kommer med i alle ledd av prosjektet.

I veilederen på detaljnivå vil også noen av de samme diskusjonspunktene som i veilederen på overordnet nivå være aktuelle. Her kan feilkilder i antagelser gjort på overordnet nivå vise seg, det kan bli gjort endringer i situasjonsplan og utomhusplan og det kan dukke opp nye punkter med vurderinger som må gjøres på området som ikke har kommet frem i de overordnede kartene fra NGU og NVE.



### 6.3 VEILEDER FOR Å AVGJØRE OM INFILTRASJON SOM LØSNING FOR Å HÅNTERE OVERVANN FRA MINDRE REGN ER HENSIKTMESSIG ELLER IKKE, MED HENSYN TIL DE LOKALE FORHOLDENE VED ØNSKET BEBYGGELSE

#### *Ja/nei*

Flytskjemaet danner grunnlaget for en veileder som viser hvilke vurderinger som må gjøres før en infiltrasjonsløsning skal etableres. En svakhet ved skjemaet er at ikke alle spørsmål gir ja eller nei svar ved enhver situasjon. Det kan for eksempel henda at i noen situasjoner skal kun deler av området skal masseutskiftes, da vil det bli vanskelig å svare ja eller nei på spørsmålet.

#### *Infiltrasjonsevne*

Denne oppgaven går ikke inn på hvilke verdier som gjelder for at grunnen skal ha tilstrekkelig infiltrasjonsevne til å ta imot overvann. For å besvare dette spørsmålet kreves mer kunnskap.

#### *Tilstrekkelig avstand til grunnvannet*

Det utdypes ikke hva som er tilstrekkelig avstand til grunnvannet. Grunnvannsstanden må ligge under dybden på aktuelle installasjoner for overvannshåndteringen.

#### *Hvor tar det infiltrerte vannet veien?*

Terrengformene gir et utgangspunkt for hvor vannet beveger seg, men infrastruktur og VA-grøfter er med på å styre hvor det infiltrerte vannet tar veien. Dersom det infiltrerte vannet føres til VA-grøfter, vil faren for innlekking i avløpsledninger bli stor. Det kan være risiko ved å kun basere en overvannsløsning på infiltrasjon, derfor bør det etableres et annet utløp. I mange tilfeller vil dette være påslipp til kommunalt ledningsnett etter at overvannet er håndtert på egen tomt.

### *Vil infiltrasjonsløsningen motta overvann?*

Det er flere vurderinger som må gjøres i forbindelse med stedstilpasning av infiltrasjonsløsningen. Dersom løsningen plasseres et sted der den ikke vil motta avrenning, vil ikke infiltrasjonsløsningen ha noen hensikt. Løsningen må plasseres der den får tilrenning av overvann og helst bevare det naturlige avrenningsmønsteret i området. Det skal sikres tilstrekkelig fall vekk fra byggverk, sikring mot ras og erosjon, vurdering av skadepotensialet i området og om grunnen i området kan inneholde eller få tilført forurensning.

### *Vannmettede forhold*

Dersom perioden før en nedbørshendelse har bestått at tørt vær, vil grunnen som regel være umettet og ha evne til å ta imot vann, men det kan også ta tid før grunnen tar imot vann etter en tørr periode, dette fordi grunnen må bløtes opp før den infiltrerer vannet. Har været vært fuktig i forkant er det større fare for at grunnen er mettet og evnen til å ta imot vann er mindre. Det finnes også andre type forutsetninger, dersom det har vært frost er det også fare for at vannet vil renne av på overflaten. I disse tilfellene vil det være vanskelig å vurdere om grunnen har infiltrasjonsevne til å motta overvann.

## 7 KONKLUSJON OG OPPSUMMERING

### 7.1 OPPSUMMERING

Samfunnet i dag står ovenfor en rekke utfordringer innen overvannshåndtering og VA-bransjen. Årsakene til disse utfordringene er klimaendringer, befolkningsvekst og fortetting, og et aldrende ledningsnett. Med klimaendringene fryktes økt nedbørintensitet, som følge av dette vil det oppstå økt overflateavrenning, økt andel fremmedvann til renseanleggene, økt vannføring i vassdrag og økt hyppighet av overløp. Med befolkningsvekst og fortetting øker andel tette flater og økt fare for forurensning. Det aldrende ledningsnett har redusert kapasitet. Konsekvenser av alle disse faktorene er økt risiko for skader som følger av flom over oversvømmelse, unødvendig rensing av fortynnet avløpsvann, forurensning av vassdrag og redusert biologisk mangfold.

Trinn 1 omhandler alle fysiske, åpne tiltak som fanger opp og infiltrerer normalnedbør, også kalt mindre regn. Normalnedbøren dekker 90 % av årsnedbøren. Løsning for trinn 1 bruker permeable overflater på et terreng som har evne til å infiltrere overvann.

Mitt bidrag med denne masteroppgaven er å innhente kunnskap for å lage grunnlaget for en bransje-veileder for å avgjøre om infiltrasjon som løsning for å håndtere overvann fra mindre regn er hensiktsmessig eller ikke.

For å ivare ta god overvannshåndtering er det viktig at det blir tatt hensyn til gjennom hele byggesakshierarkiet, fra overordnet plan til byggesak. For å kunne avgjøre om en infiltrasjonsløsning er hensiktsmessig kreves planlegging tidlig i prosessen og gode grunnlagsdata, vurderinger og kartlegging av lokale forhold. Dersom det tilrettelegges for infiltrasjon tidlig i planleggingsprosessen, er det større sannsynlighet for at det kan etableres en god infiltrasjonsløsning. Tverrfaglig samarbeid er en viktig forutsetning for at man skal lykkes med planlegging, prosjektering, utførelse og drift av god overvannshåndtering.

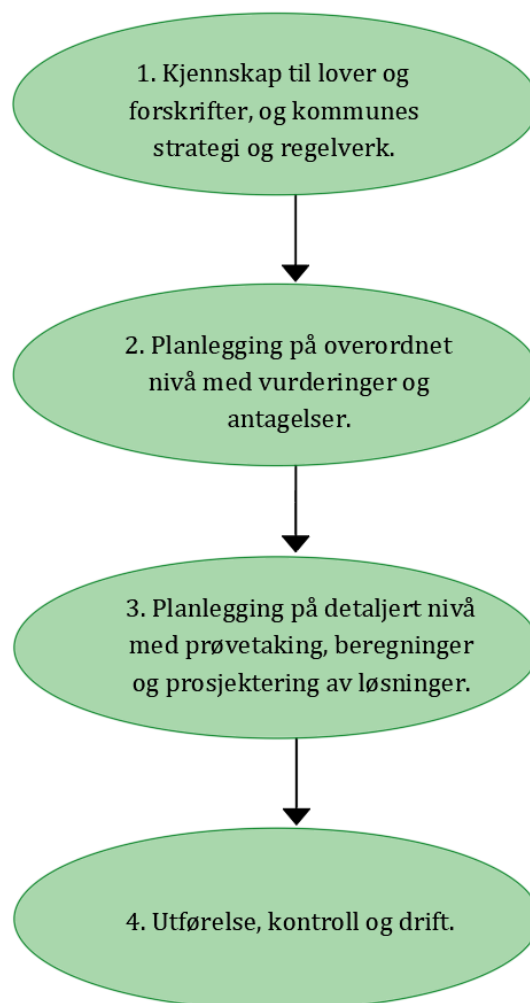
For å imøtekomme de forventede utfordringene knyttet til overvann, må tiltak iverksettes. Lovverket må være tilstrekkelig utformet med de nødvendige virkemidlene og med klare beskrivelser. Kommunene har i dag mange muligheter til å påvirke overvannshåndteringen gjennom bestemmelser i plan og bygningsloven, kommuneplanens arealdel, forurensningsloven og vannressursloven, mm.

## 7.2 KONKLUSJON

*Hvordan avgjøre om infiltrasjon som løsning for å håndtere overvann fra mindre regn er hensiktsmessig eller ikke, med hensyn til de lokale forholdene ved ønsket bebyggelse?*

Masteroppgaven svarer på dette forskningsspørsmålet med fire punkter:

1. Første steget mot god planlegging er å kjenne til lover og forskrifter, og strategier og regelverk for den gjeldende kommunen.
2. For områder der det planlegges utbygging bør det gjøres en planlegging på overordnet nivå tidlig i fasen.
3. Videre gjøres det nærmere beskrivelser og løsninger på detaljert nivå lenger ut i fasen.
4. Etter planlegging og prosjektering utføres tiltaket. Til slutt foretas en kontroll av utføringen og helt til slutt skal løsningen driftes.

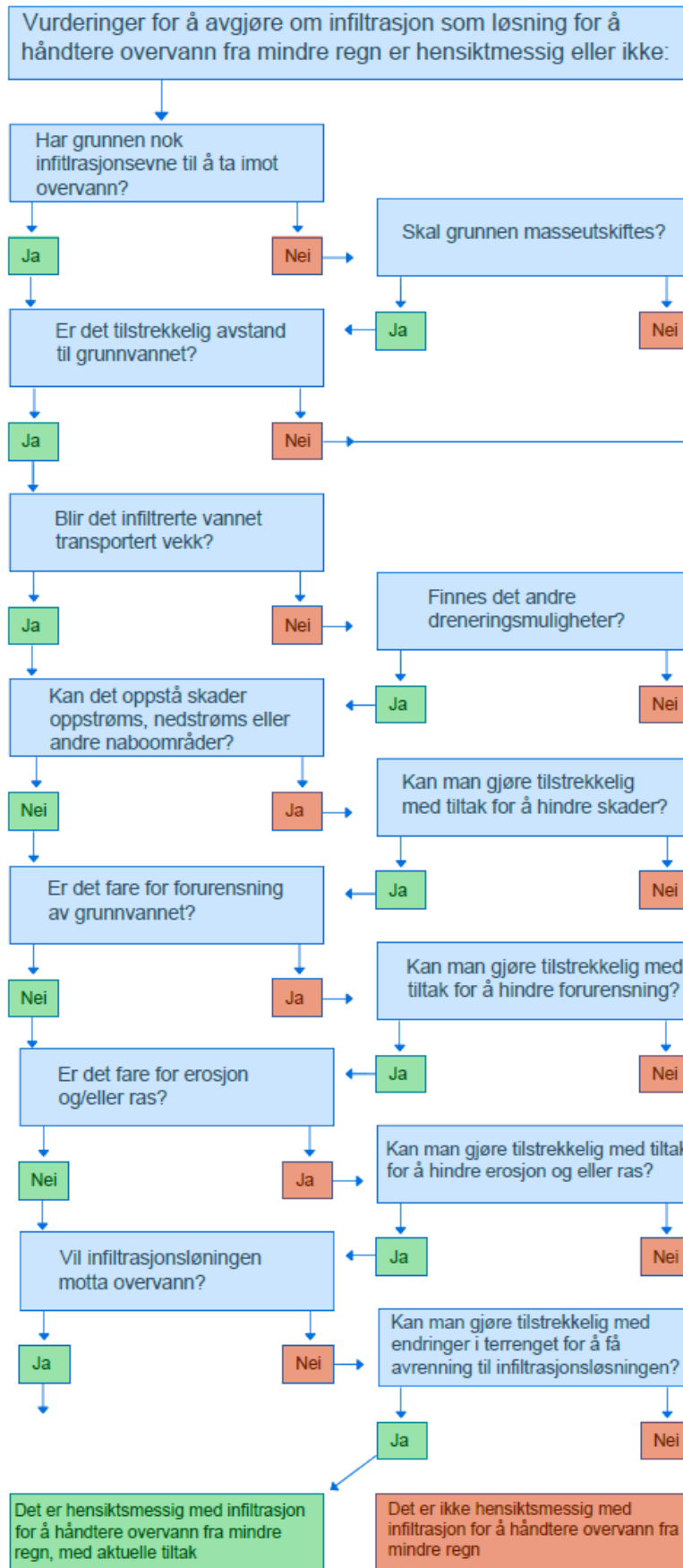


Figur 27 Strategi for god planlegging, Iselin Svendsen

For å kunne utnytte mulighetene for infiltrasjon, rensing, fordrøyning, bruk av overvann som ressurs, kreves det en helhetstenkning tidlig i fasen av byggeprosjektet. Dersom det tilrettelegges for gode løsninger tidlig i prosessen, er det større sannsynlighet for at det lages gode overvannsløsninger. I reguleringsarbeidet skal prinsipper, rammer og funksjoner for overvannshåndtering være avklart, og det bør utarbeides en overvannsplan som en del av reguleringsplanen (COWI, 2020). Planer på overordnet nivå skal ta hensyn til nødvendigheten av åpne vannveier, forsvarlig overvannshåndtering og blågrønne strukturer. Naturbaserte løsninger skal vurderes og dersom andre løsninger blir valgt, skal det begrunnes hvorfor de naturbaserte løsningene ble valgt bort. (Lovdata, 2018) Allerede på overordnet nivå bør det komme frem steds- og funksjonstilpassede løsninger for overvannshåndtering. Det bør foretas en vurdering av mulighetene for å utnytte dreneringsmulighetene slik de eksisterer i dag, vurdere om det infiltrerte overvannet transporteres vekk på en sikker måte uten at det oppstår problemer eller skader oppstrøms eller nedstrøms og om det er tilstrekkelig avstand til grunnvannet.

På detaljert nivå skal løsningene bestemmes og prosjekteres. I den forbindelse må det utføres nødvendig med prøvetaking, beregninger og prosjekteringsdokumenter. I byggesak skal funksjoner og ansvarsområder bli belagt med ansvar for prosjektering og utførelse av håndteringen av overvann. Løsmasseforhold, grunnens infiltrasjonsevne og grunnvannsstand må vurderes, og områdets nedbørsfelt må analyseres. Videre må løsningen stedstilpasses og funksjons tilpasses.

Flytskjema på neste side danner grunnlaget for en veileder for hvilke vurderinger som må gjøres for å avgjøre om infiltrasjon som løsning for å håndtere overvann fra mindre regn er hensiktsmessig eller ikke, med hensyn til de lokale forholdene ved ønsket bebyggelse.



Figur 28 Flytskjema for vurderinger av infiltrasjon, Iselin Svendsen

### 7.3 VIDERE ARBEID

Forslag til videre oppfølging av temaet:

- Redegjøre slik at man har en bedre forståelse av hva som skjer med vannet når det forsvinner under bakken. Hvor det infiltrerte overvannet tar veien.
- Bestemme verdier for infiltrasjon som definerer om grunnen har tilstrekkelig infiltrasjonskapasitet eller ikke.

## REFERANSER

- Ana E. Barbosa, L. M. (2012). *Key issues for sustainable urban stormwater management*. Water Research.
- Andersson, R. (2016). *Dagvattenhantering inom sterkt h rdgjord radhustomt med jord av begrenstede infiltrationsegenskaper*. J nkokping University.
- Archidose. (2015, 08 11). *A daily dose of architecture book*. Hentet fra <https://archidose.blogspot.com/2015/08/a-return-to-parrish-art-museum.html>
- AS, B. (2021). Hentet fra Grønt på taket: <https://www.bergknapp.no/produkter/gr%C3%B8nne-tak>
- B.C. Braskerud, A. C. (2019). *Lyon – overvannstiltak i praksis* .
- Bakken, E. (2016, 06 16). *Landskapsarkitekt*. Hentet fra <https://landskapsarkitekt.tumblr.com/post/145999009928#notes>
- Bakken, E. (u.d.). *Byrom for fysisk aktivitet. støttet av norske spillemidler*.  s: Norges mil -og biovitenskaplige universitet.
- Beer, H. d. (2016). *Overvann og grunnvann – samspill og hvordan bedre utnytte samspillet*. Norsk vannforening.
- Birgitte Gisvold Johannessen, T. M. (2018). *Detention and Retention Behavior of Four Extensive Green Roofs in Three Nordic Climate Zones*.
- Boogaard, G. V. (2020). *Portable XRF Quick-Scan Mapping for Potential Toxic Elements Pollutants in Sustainable Urban Drainage Systems: A Methodological Approach*. MDPI.
- Braskerud, B. C. (2015). *Tilpasning til en våt framtid-Oppsummerte inntrykk fra seminarer om klimatilpasning i praksis*. Vannforeningen.
- Bruaset, S. (2019, Mai 23). *C14 om bærekraftig fornyelse av ledningsnett*. Hentet fra <https://norskvann.no/index.php/12-kompetanse/rapporter/2094-ny-rapport-c14-om-baerekraftig-fornyelse-av-ledningsnett>
- Chin, D. (2013). *Water-Resources Engineering, 3rd edition (International Edition)*.
- CleanwaterNashville. (2021). *Nashville's green infrastruktur*. Hentet fra <https://www.cleanwaternashville.org/content/greeninfrastructure/nashvilles-plan-for-additional-green-infrastructure.html>
- COWI. (2020). *Overvannsveileder for Indre Østfold kommune*. Indre Østfold kommune.
- COWI. (2021). *Veileder for overvannshåndtering-del 4 prøvetaking og dokumentasjon for infiltrasjonsløsninger*. Tønsberg kommune.
- DIBK. (2017). *Byggteknisk forskrift (TEK17)*. Hentet fra Direktoratet for byggkvalitet: <https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/>



- E.B. Solheim, H. F. (2017). *Måling av infiltrasjonsevne fra overflaten fo bruk av åpen LOD i praksis*. Vannforeningen.
- EPA. (2013). *Implementing Stormwater Infiltration Practices at Vacant Parcels and Brownfield Sites*. EPA.
- F-CE. (2017). Hentet fra Rabalder skatepark: <https://foresightdk.com/rabalder-skate-park/>
- Fjeldstad, E. C. (2019). *Kommunens adgang til å stille krav til håndtering av overvann*. Ås: Norges Miljø- og biovitenskaplige universitet.
- Fjeldstad, E. C. (2019). *Kommunens adgang til å stille krav til håndtering av overvann*. Ås: Norges miljø- og biovitenskaplige universitet.
- Fredrikstad-kommune. (2020). *Kommuneplanens arealdel 2020-2032, Planbeskrivelse, Bestemmelser og reningslinjer*. Fredrikstad kommune.
- Guri Venvik, A. B.-K. (2020). *Risk assessment for areas prone to flooding and subsidence: a case study from Bergen, Western Norway*. Hydrology Research.
- Hans Martin Hanslin, I. S. (2018). *Kunnskapsstatus: Plen som tiltak for lokal overvannsdiskonering (LOD)*. NIBIO.
- Hensel, T. M. (2017). *Har infiltrasjonsanlegg i egnede masser lang levetid?* Vannforeningen.
- Ingvild Schmidt, H. F. (2019). *Infiltrasjon av urbant overvann i grøntanlegg*. Norsk Vannforening.
- Joudi, B. (2020). *Årstidsvariasjon i konsentrasjon av sporgrunnstoffer i grunnvann fra norske fjellbrønner*. Ås: Norges miljø- og biovitenskaplige universitet.
- Landezine. (2016). *Sovereign Square*. Hentet fra <http://landezine.com/index.php/2017/09/sovereign-square-by-re-form-landscape-architecture/>
- Lindholm, O. (2012). Fremmedvann i avløpsnettet. *360.no*, (s. 38).
- Lovdata. (1983). *Lov om vern mot forurensninger og om avfall (LOV-1981-03-13-6)*. Hentet fra <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/1981-03-13-6>
- Lovdata. (2009). *Lov om planlegging og byggesaksbehandling, Plan- og bygningsloven (LOV-2008-06-27-71)*. Hentet fra <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2008-06-27-71>
- Lovdata. (2018). Hentet fra Statlige planretningslinjer for klima- og energiplanlegging og klimatilpasning, LOV-2008-06-27-71-§6-2: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2018-09-28-1469>
- Lovdata. (2018). *Lov om vassdrag og grunnvann, Vannressursloven (LOV-2017-06-21-101)*. Hentet fra <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2000-11-24-82>
- Miljødirektoratet (Regissør). (2020). *Klimatilpassning: Hvordan dimensjonere infrastruktur for framtidens nedbørsmengderP* [Film].

- NGU. (2015, 05 28). *Kvartærgeologiske kart(Løsmassekart)*. Hentet fra <https://www.ngu.no/emne/kvart%C3%A6rgeologiske-kart-l%C3%B8smassekart>
- NGU. (2015). *Tegnforklaring:Løsmasser N50/N250*.
- NGU. (2018). Hentet fra Granada: <https://www.ngu.no/prosjekter/granada>
- NGU. (2019). *Setningsskader*. Hentet fra <https://www.ngu.no/emne/setningsskader>
- NGU. (2021). Hentet fra Forurensning: <https://www.ngu.no/grunnvanninorge/alt-om-grunnvann/grunnvannskvalitet/forurensning>
- NOU. (2015). *Overvann i byer og tettsteder*. Oslo.
- Oslo-kommune. (2016). *Grønne tak for flomdemping*.
- Oslo-kommune. (2016). *Regnbed for lokal flomdemping*. Oslo.
- Oslo-kommune. (2016). *Regnhøsting for vanning i hager*. Oslo.
- Osmundsen, M. L. (2018). *Håndtering av overvann i den kommunale planprosessen*. Ås: Norges miljø- og biovitenskaplige universitet.
- Paus, B. C. (2018). *Blågrønn infrastruktur-mer enn håndtering av overvann?* Hentet fra <https://vannforeningen.no/dokumentarkiv/blagrønn-infrastruktur-mer-enn-handtering-av-overvann/>
- Paus, B. C. (2019). *FNs bærekraftsmål og bruk av lokal overvannsdiskonering*.
- Paus, K. H. (2017). *Overordnede strategier*. Norsk vann.
- Paus, K. H. (2018). *Håndtering av overvann i byer og tettsteder*. Statsforvalteren.
- Paus, K. H. (2020). *Forslag til formelverk og sjablongverdier for å anslå areal til naturbaserte overvannstiltak*. Vannforeningen.
- PhiladelphiaWaterDepartment. (2021). *Chapter 4-Storm management practice guidance*. Hentet fra <https://www.pwdplanreview.org/manual/chapter-4/4.1-bioinfiltration-bioretenion>
- Protan. (2021). Hentet fra Protan BlueProof : <https://www.protan.no/tak-og-membraner/blueproof-overvannshandtering/>
- Rappmann, N. C. (2021). *Hantering av dagvatten och skyfall med helhetsperspektiv och riskhänsyn*. Lund University.
- Samuelsen, T. (2017). *Landformer og prosesser i nedbørsfeltet til Årungen*. . Ås: Norges miljø- og biovitenskaplige universitet.
- Solli, G. S. (2020). *Ute av syne, ute av sinn*. Det juridiske fakultet.
- Statens-vegvesen. (2017). *FoU Lokal overvannshåndtering langs veg og gate*. Drammen.

- Tollan, A. (2020). *Det store norske leksikon*. Hentet fra <https://snl.no/grunnvann>
- Ullensaker-kommune. (2015). *Kommuneplan for Ullensaker 2015-2030*. Ullensaker kommune.
- Valle, A. V.-W. (2020). *Grønne tak med magasinerende sjikt – hydrologisk effekt og avrenningsmodellering med DDD-modellen*. Ås: Norgen miljø- og biovitenskaplige universitet.
- Vågen, A. (2019). *Bruk av risiko- og sårbarhetsanalyser i forbindelse med overvanns- og vassdragsflom*. Ås: Norges miljø- og biovitenskaplige universitet.
- Wikipedia. (2020). *Norges geologiske undersøkelse*. Hentet fra [https://no.wikipedia.org/wiki/Norges\\_geologiske\\_unders%C3%B8kelse](https://no.wikipedia.org/wiki/Norges_geologiske_unders%C3%B8kelse)
- Wikipedia. (2021). Hentet fra Richards equation: [https://en.wikipedia.org/wiki/Richards\\_equation](https://en.wikipedia.org/wiki/Richards_equation)
- WSUD. (u.d.). *Infiltration Measures*.

# LISTER

## BILDELISTE

Bilde 1 MPD, Schmidt 2018. ....	36
Bilde 2 Marionette infiltrometer, Solheim, 2017. ....	37
Bilde 3 Grop-infiltrasjon, Solheim, 2017. ....	38
Bilde 4 Infiltrometer, bilde tatt av Storm Aqua.....	39
Bilde 5 NGU løsmassekart.....	63
Bilde 6 Vadi med terskler ved NMBU, Iselin Svendsen .....	68
Bilde 7 Fredrikstad, Iselin Svendsen.....	68
Bilde 8 NMBU Ås, Iselin Svendsen .....	69
Bilde 9 NMBU ÅS, Iselin Svendsen .....	69
Bilde 10 NMBU ÅS, Iselin Svendsen .....	72
Bilde 11 NMBU ÅS, Iselin Svendsen .....	72
Bilde 12 Vida XL, 2021.....	73
Bilde 13 Philadelphia water department, (PhiladelphiaWaterDepartment, 2021).....	73
Bilde 14 Protan BlueProof, 2021.....	74
Bilde 15 Bergknapp AS, 2021 .....	74
Bilde 16 Landskapsarkitet , tumblr 2016.....	76
Bilde 17 Rabalder skatepark, F-CE, 2017 .....	76
Bilde 18 Landezine, Sovereign Square ,2016 .....	77
Bilde 19 NMBU Ås, Iselin Svendsen .....	77

## TABELL LISTE

Tabell 1 Forkortelser .....	9
Tabell 2 Ordforklaringer.....	10
Tabell 3 Åpen overvannshåndtering .....	21
Tabell 4 Vurderinger på overordnet nivå.....	62
Tabell 5 NGU løsmassekart .....	63
Tabell 6 Vurderinger på detaljert nivå .....	66

## FIGURLISTE

Figur 1 Illustrert avrenning, Iselin Svendsen .....	17
Figur 2 Naturens måte å håndtere overvann, Iselin Svendsen .....	18
Figur 3 Overvann som problem, Iselin Svendsen .....	19
Figur 4 Overvann som ressurs, Iselin Svendsen .....	20
Figur 5 Nydannelse av grunnvann(figur inspirert av Wikipedia, Grunnvannsreservoar, 2021) , Iselin Svendsen.....	24
Figur 6 Forutsetninger for infiltrasjon, Iselin Svendsen .....	28
Figur 7 Drenering av byggverk, Iselin Svendsen .....	29
Figur 8 Nydannelse av grunnvann (figur inspirert av Wikipedia, Grunnvannsreservoar, 2021), Iselin Svendsen.....	31
Figur 9 Grunnvann (Figur inspirert av Det store norske leksikon, Vannressurser, 2021), Iselin Svendsen .....	32
Figur 10 Dobbelring, Schmidt, 2018 .....	37
Figur 11 Plansystemets oppbygning, Iselin Svendsen .....	43
Figur 12 Vannets vei gjennom lovene, Iselin Svendsen .....	45
Figur 13 Plansystemets oppbygning .....	49
Figur 14 Tverrfaglig samarbeid, Iselin Svendsen .....	50
Figur 15 Kommunens virkemidler, Iselin Svendsen.....	52
Figur 16 Nedbørsfeltet sett som helhet, Iselin Svendsen .....	58
Figur 17 Strategi for god planlegging, Iselin Svendsen.....	60
Figur 18 Flytskjema for vurderinger av infiltrasjon, Iselin Svendsen .....	67
Figur 19 Clean water Nashville, 2021.....	70
Figur 20 Archiproducts, 2021.....	70
Figur 21 Prinsipptegning infiltrasjonsmagasin innvendig taknedløp, Iselin Svendsen .....	71
Figur 22Prinsipptegning infiltrasjonsmagasin utvendig taknedløp, Iselin Svendsen .....	71
Figur 23 Infiltrasjonskum, Iselin Svendsen .....	72
Figur 24 Lukket magasin, Iselin Svendsen .....	75
Figur 25 Lukket rørmagasin, Iselin Svendsen .....	75
Figur 26 Fordrøyningsmagasin med gjenbruksmulighet av overvann, Iselin Svendsen .....	75
Figur 27 Strategi for god planlegging, Iselin Svendsen.....	83
Figur 28 Flytskjema for vurderinger av infiltrasjon, Iselin Svendsen .....	85



**Norges miljø- og biovitenskapelige universitet**  
Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet  
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003  
NO-1432 Ås  
Norway