Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2017 30 stp.
Fakultet for landskap og samfunn

Før flommen

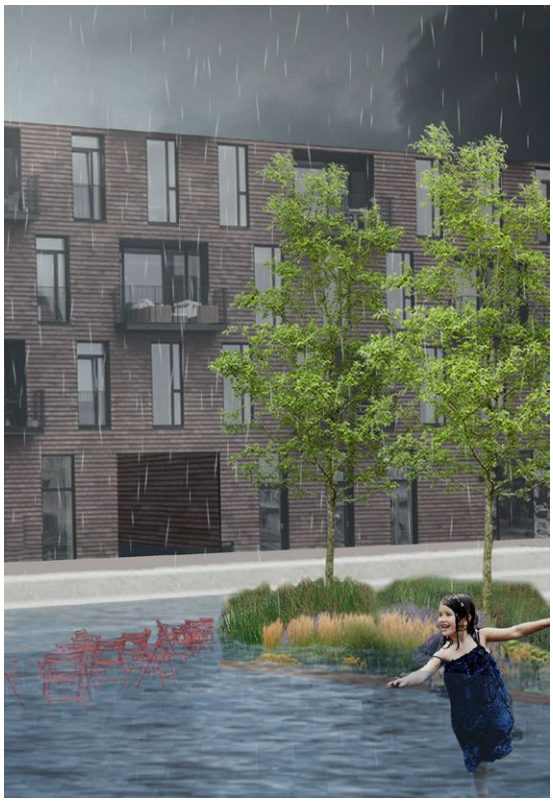
- bærekraftig overvannshåndtering for økt klimaresiliens i norske byer og tettsteder

Before the flood
- sustainable stormwater management for increased climate resilience in Norwegian cities and towns

Vaar Bothner & Taran Aanderaa
Landskapsarkitektur

FØR FLOMMEN

- BÆREKRAFTIG OVERVANNSHÅNDTERING FOR ØKT KLIMARESILIENS I NORSKE BYER OG TETTSTEDER



VAAR BOTHNER OG TARAN AANDERAA

NMBU - Våren 2017

"We shall never achieve harmony with land, any more than we shall achieve absolute justice or liberty for people. In these higher aspirations the important thing is not to achieve, but to strive."

- Aldo Leopold, 1949

Forord

Denne masteroppgaven markerer slutten på et femårig studieløp i landskapsarkitektur ved fakultet for landskap og samfunn, Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU). Valg av tema er basert på vår felles interesse for økologisk design og bærekraftig utvikling. Dette er en sentral del av landskapsarkitekturfaget, og gjennom studiet har vi etterlyst større fokus på hvordan vi kan implementere hensyn til biologisk mangfold i planlegging og prosjektering.

Interessen for økologi og bærekraft brakte oss på utveksling til UC Berkeley i California. Her ble vi presentert for begrepet resiliens som har særlig fokus på menneskers fundamentale avhengighet og tilhørighet til naturlige økosystemer. Gjennom resiliensbegrepet fikk vi større forståelse for de mange tjenestene sunne økosystemer gir oss mennesker, og hva landskapsarkitekter kan gjøre for å styrke og bevare disse.

Klimaendringene fører med seg større nedbørsmengder og intense regnskyll som har gitt skadeflommer i mange norske byer de siste tiårene. Håndtering av overvann er derfor et viktig hensyn for å tilpasse oss et villere og våtere klima. Klimatilpasning og bevaring av biologisk mangfold henger naturlig sammen fordi intakte økosystemer demper mange av de negative effektene av klimaendringene. I oppgaven undersøker vi hvordan norske byer og tettsteder kan bli mindre sårbare i møte med intense nedbørshendelser, men også hvordan åpen overvannshåndtering gir muligheten til å bygge resiliens i møte med andre direkte og indirekte klimautfordringer. Dette kalles klimaresiliens.

Resiliens har fått lite oppmerksomhet i Norge. Vi håper at oppgaven kan rette fokus mot hvordan bevaring av biologisk mangfold og sunne økosystemer er en forutsetning for god klimatilpasning og opprettholdelse av andre økosystemtjenester som er viktige for menneskers liv og helse.

Vi ønsker å rette en stor takk til:

- Veileder Jan Bernigeroth og biveileder Anne-Karine Halvorsen Thorén for gode diskusjoner, innspill og råd gjennom hele arbeidsprosessen.
- Simin Davoudi, Karen O'Brien og Inger- Lise Saglie som har hjulpet oss å få has på det kompliserte resiliens-begrepet.
- Wenche Dramstad ved Nibio, Astrid Skrindo i Statens vegvesen og Anne Breistein fra SABIMA som har bidratt med uvurderlig kunnskap om økosystemer og biologisk mangfold.
- Ingrid Merete Ødegård ved NMBU og Simen Gylseth i Bjørbekk og Lindheim for samtaler om utfordringer, muligheter og kvaliteter ved åpen overvannshåndtering.
- Tharan Fergus, prosjektutvikler i Vann- og avløpsetaten, Oslo, som har foreslått prosjektområde, satt oss i kontakt med de ansvarlige arkitektene og hatt tro på at oppgaven kan tilføre nye og nyttige tanker.
- Ellen Hellsten fra Ghilardi + Hellsten Arkitekter som har satt av tid til å dele tanker og svare på spørsmål rundt utforming av prosjektområdet.
- Ursula Zühlke, ingeniør i Vann- og avløpsetaten, Oslo, for hjelp med beregninger av flommengder på prosjektområdet.
- Gunnar Tenge ved NMBU som har lastet ned nødvendige kartdata.
- Silje Aakre for språklig opprensing og innspill angående oppbygging av en akademisk tekst.

En spesiell takk går også til foreldrene våre som har trigget vår nysgjerrighet, begeistring og forståelse for naturens mangfoldighet.

Vaar Bothner & Taran Aanderaa

Biblioteksside

Tittel
Før flommen - bærekraftig overvannshåndtering for økt klimaresiliens i norske byer og tettsteder

Title
Before the flood - sustainable stormwater management for increased climate resilience in Norwegian cities and towns

Forfattere
Vaar Botner og Taran Aanderaa

Hovedveileder
Jan Bernigeroth, førsteamanuensis, Fakultet for landskap og samfunn, NMBU

Biveileder
Anne-Karine Halvorsen Thoren, professor, Fakultet for landskap og samfunn, NMBU

Sideantall
165

Opplag
10 stk.

Emneord
Åpen overvannshåndtering, klimaendringer, resiliens, klimaresiliens, bærekraft, biologisk mangfold, økosystemtjenester, Økern torg.

Keywords
Open stormwater management, climate change, resilience, climate resilience, sustainability, biodiversity, ecosystem services, Økern torg.

Figurer
Kart, illustrasjoner og visualiseringer uten figurnummer er egenprodusert.

Begrepsliste

Her følger en oversikt over sentrale begreper i oppgaven. Der ikke kilde er oppgitt, beskriver definisjonen hvordan begrepet brukes i denne oppgaven, basert på egne vurderinger. Begrepene er sortert tematisk.

Intens nedbør: Nedbørshendelser som kun inntreffer én gang per år med dagens klima (RegClim, 2002).

Overvann: Vann som renner av på overflaten fra tak, veier og andre tette flater (Lindholm m.fl., 2008, s. 7).

Åpen overvannshåndtering: Systemer som etterlikner naturens egen måte å håndtere vann på. Kjennetegnes ved at løsningene er synlige (Lindholm m.fl., 2008, s. 55).

Bærekraftig overvannshåndtering: De mange fordelene åpen overvannshåndtering gir, sammenliknet med avledning i rør, har gitt betegnelsen bærekraftig overvannshåndtering (Stahre, 2008). I denne oppgaven bruker vi resiliens til å operasjonalisere bærekraft og definererer bærekraftig overvannshåndtering som "åpen overvannshåndtering som ser tekniske, økologiske og sosiale funksjoner i sammenheng for å opprettholde og forsterke den tiltenkte funksjonen over tid."

Infiltrasjon: Prosessen der vann trenger ned i grunnen. Infiltrasjonskapasiteten øker når overflaten har høy gjennomtrengelighet og grunnen består av porøst materiale (Vann- og avløpsetaten, 2015, s. 9).

Fordrøyning: Overvann holdes tilbake i magasiner eller bassenger ved nedbør og slippes videre når nedbøren opphører (Melbø & Steffensen, 2004, s. 6).

Flomvei: Den veien vannet finner gjennom terrenget i en flomsituasjon. Et mål er å planlegge flomveier der vannet gjør liten skade (Lindholm m.fl., 2008, s. 37).

Evaporasjon: Fordampingen fra vannflater, jord og steiner (Berner, 2012).

Transpirasjon: Fordamping gjennom overflaten på levende planter (Berner, 2012).

Evapotranspirasjon: Den samlede fordampingen fra et område. Inkluderer både evaporasjon fra jord og vann i tillegg til transpirasjon fra planter (Berner, 2012).

Naturlig rensing: Å gjenskape de fysiske, kjemiske og biologiske prosessene som sikrer rensing av vann i naturen (Environmental Services Division, Maryland, 2007).

Grønnstruktur: Omfatter nettverket av vegetasjonskledte områder i byen, inkludert elver og bekker, hagemark, parker og naturområder. Begrepet blågrønn struktur brukes for å fremheve betydningen av vann og vannelementer (Thorén & Nyhuus, 1994, s. 7). I oppgaven brukes disse synonymt.

Resiliens: Systemers evne til å opprettholde viktige prosesser og funksjoner i møte med endringer og forstyrrelser (Walker m.fl., 2004, s. 1).

Klimaresiliens: Systemers evne til å absorbere forstyrrelser og vedlikeholde funksjon i møte med eksterne påvirkninger introdusert av klimaendringene (Tyler & Moench, 2012, s. 312). Overvannssystemer som er robuste, fleksible og tilpasningsdyktige i møte med endringer og forstyrrelser gir byer og tettsteder økt klimaresiliens.

Sosio-økologiske systemer: Omfatter alle økosystemer og menneskeskapte strukturer. Fordi mennesker direkte eller indirekte påvirker alle økosystemer, bør sosiale og økologiske forhold alltid behandles i sammenheng (Resilience Alliance, uten år a; Wilkinson, 2011).

Tilpasningsforvaltning: Å bruke forvaltning som et middel til å lære om et systemet. Fremtidige løsninger og vedlikehold justeres i takt med at man tilegner seg kunnskap om systemet (Resilience Alliance, uten år, b).

Biologisk mangfold: Betegnes ofte som naturmangfold eller biomangfold og beskriver variasjonen av økosystemer, arter og gener i naturen (SABIMA, uten år, a).

Habitat: Det naturmiljøet hvor en dyre- eller planteart er best tilpasset, basert på fysiske, kjemiske og biologiske forhold (Norsk Naturarv, uten år).

Økosystem: Et dynamisk kompleks av planter, dyr og mikroorganismer, samt uorganiske komponenter som samhandler i en fungerende enhet (Millennium Ecosystem Assessment, 2005).

Økosystemtjenester: Økosystemenes direkte og indirekte bidrag til menneskers velferd. Begrepet omfatter både fysiske goder og ikke fysiske tjenester vi får fra naturen (NOU 2013:10).

SAMMENDRAG

Resiliens er systemers evne til å opprettholde viktige prosesser og funksjoner i møte med endringer og forstyrrelser (Walker m.fl., 2004, s. 1). Oppgaven tar for seg hvordan resiliens kan brukes som strategi og tankesett når norske byer og tettsteder skal tilpasses et villere, varmere og våtere klima. I Norge utgjør mer intens nedbør og større totalnedbørsmengder den største klimatrusselen. Oppgaven tar derfor utgangspunkt i håndtering av vann, gjennom åpen overvannshåndtering, for å undersøke hvordan landskapsarkitekter kan bidra til å øke norske byer og tettsteders resiliens i møte med klimaendringene. Dette kalles klimaresiliens.

Resiliens gir oss muligheten til å studere åpen overvannshåndtering på en ny måte. De mange fordelene åpen overvannshåndtering gir, sammenliknet med avledning i rør, har ført til betegnelsen bærekraftig overvannshåndtering. I tråd med bærekraftbegrepet ser vi økonomiske (tekniske), økologiske og sosiale forhold i sammenheng, men utnytter resiliensteori til å synliggjøre hvilke funksjoner som bør vektlegges innenfor hver av de tre. Dette er en måte å operasjonalisere bærekraft gjennom resiliens. Samtidig undersøker vi hvordan bærekraftig overvannshåndtering kan være et utgangspunkt for å bygge resiliens i møte med andre indirekte og direkte klimautfordringer.

I referanseprosjektdelen presenteres seks overvannsanlegg som har gitt oss inspirasjon og kunnskap om åpen overvannshåndtering og løsninger for å øke klimaresiliens. Kunnskapen fra teori og referanseprosjekter danner grunnlaget for utvikling av verktøykassa. Denne er en skjematisk fremstilling av resiliensprinsippene, sett i sammenheng med Exfloods liste med overvannstiltak. Verktøykassa er tilpasset prosjekterende landskapsarkitekters arbeid, men kan også brukes som idébank eller kunnskapskilde av planleggere, politikere eller andre som er involvert i utbygging og drift av åpne overvannsanlegg. Gjennom utforming av prosjektområdet, Økern torg, tester vi prinsippene fra verktøykassa.

Ved å studere bærekraftig overvannshåndtering gjennom resiliens, identifiserte vi flere viktige funksjoner som det tidligere har vært lite fokus på. Særlig innenfor økologiske og sosiale funksjoner gir resiliens merverdi sammenliknet med bruk av bærekraft alene. De viktigste funnene er hvordan sunne økosystemer som mennesker har kunnskap om og lærer av, verdsetter og utnytter øker resiliens i møte med en rekke direkte og indirekte klimautfordringer. Samtidig er tilpasningsforvaltning en forutsetning for å opprettholde overvannssystemers funksjon over tid. Verktøykassa gir landskapsarkitekter og planleggere viktig kunnskap som over tid kan øke norske byer og tettsteders klimaresiliens.

Abstract

Resilience refers to a system's ability to retain key processes and functions when exposed to changes and disturbances (Walker et al., 2004, p. 1). This thesis investigates how resilience can be used as an approach when Norwegian cities are to adapt to a wilder, warmer and wetter climate. The biggest climate threat in Norway is heavy rainfalls and greater amount of precipitation. Therefore, this thesis is using open stormwater management as a starting point for investigating how landscape architects can contribute to increasing the resilience of Norwegian cities and towns when exposed to climate change. This is called climate resilience.

Resilience offers the opportunity to study open stormwater management from a new point of view. The term "sustainable stormwater management" is often used to put emphasis on the great amount of advantages associated with open stormwater management compared to conveying of water in drainage systems. In accordance with sustainability, we deal with economical (technical), ecological and social issues collectively, but utilize resilience theory to identify important functions within each of the three. This is a way of operationalizing sustainability through resilience. We are also investigating how sustainable stormwater management can be a starting point for building resilience in the face of other direct and indirect climate threats.

In the reference project part, we present six open stormwater projects that have inspired us and brought knowledge about open stormwater management and solutions for increased climate resilience. The information from theory and reference projects forms the basis for developing the toolbox. This is a schematic presentation of resilience principles, seen in relation with Exflood's list of open stormwater measures. The toolbox is developed in regard to the work of landscape architects, but can also be used as a source of ideas or as a knowledge document by planners, politicians and others involved in building and maintaining open stormwater projects. We are testing the toolbox by designing a project at Økern torg.

By studying sustainable stormwater management through resilience, we identified important functions that previously have received little attention. Resilience brought to light new considerations, especially within ecological and social functions. The most important findings are how healthy ecosystems that humans have knowledge about, care for and utilize, increase resilience in the face of both direct and indirect climate challenges. Adaptive management is the key to sustaining the function of open stormwater systems over time. The toolbox offers landscape architects and planners important knowledge that over time can increase the climate resilience of Norwegian cities and towns.

Innholdsfortegnelse

Forord 3
Bibliotekside 4
Begrepsliste 5
Sammendrag || Abstract 6-7

Del 1 - Bakgrunn

Et klima i endring 12
Urbanisering - en gloabl trend 13
Verdens biomangfold er truet 14
Landskapsarkitekters rolle 15
Hva finnes av kunnskap i Norge? 16
Fokus og avgrensninger 16-17
Problemstilling og mål 17

Del 2 - Metode

Oppgavens oppbygning 20
Kunnskapsinnhenting 21

Del 3 - Teori

Åpen overvannshåndtering 24-25
Bærekraftig utvikling 26
Resiliens, et komplekst begrep 27
Tilpasningssirkelen 28-29
Spesifikk og generell resiliens 30
Klimaresiliens 30
Prinsipper for resiliens - teknisk (fysisk) 31
Prinsipper for resiliens - økologisk 32
Prinsipper for resiliens - sosialt 32-33
Oppsummering 34
Fra omega til alfa - en transformasjon 34
Resiliens - nøkkelen til bærekraft 35
Økosystemtjenester 36-37

Del 4 - Prosjekteksempler

Seattle og Portland (USA) 40-41
Tanner Springs Park - Portland 42
Thornton Creek - Seattle 43
Malmø 44
Augustenborg 44-45
Bo01, Framtidsstaden 46-47
Norge 48
Hølaløkka 48-49
Nansenparken 50-51

Del 5 - Verktøykasse

Tekniske funksjoner 54-55
Økologiske funksjoner 56-58
Sosiale verdier og funksjoner 59-60
Urbane økosystemtjenester 61

Skjematisk fremstilling av verktøykasse 62-65
Grønne tak 66-71
Grønne vegger 72-75
Taknedløp til terreng 76-77
Regnbed 78-79
Permeable flater 80-81
Tørre fordrøyningsmagasiner 82-83
Våte fordrøyningsmagasiner 84-87
Renner og grøfter 88-91
Elver, bekker og kanaler 92-95
Terskler 96-97
Rensedammer 98-99
Våtmark 100-103

Planteliste 104-106

Del 6 - Prosjektering

Analyser av prosjektområdet:
Oslo - en ledende miljøby 110
Hovinbyen 111-112
Prosjektområde Økern torg 113
Planlagt utvikling på Økern 114
Offentlig grønnstruktur 115
Hydrologi 116-117
Biologisk mangfold 118-121
Biologisk mangfold på Økern 122
Planlagt kvartalstruktur 123

Prosjektering:
Eikenga 124-125
Tekniske funksjoner 126-127
Den rasjonelle formelen 128-129
Økologiske funksjoner 130-131
Sosiale funksjoner 132-135
Detaljprosjektering 136-147

Del 7 - Diskusjon

148-156

Litteraturliste 158-161
Figurliste 162-165

Del 1 - Bakgrunn

Hvilken kontekst jobber vi i, og hvorfor har oppgaven relevans?

Denne delen viser bakgrunnen for valg av klimaresiliens og åpen overvannshåndtering som tema. Videre presenteres problemstilling og mål for oppgaven.

Fig. 1.1

Et klima i endring

Konsentrasjonen av drivhusgasser i atmosfæren er i dag høyere enn noensinne, hovedsakelig på grunn av menneskelige utslipp knyttet til fossilt brensel og industri, utbygging og befolkningsvekst (IPCC, 2014). Klimaendringene dette fører med seg har store konsekvenser for naturlige og menneskeskapte systemer, både på kontinenter og i verdenshavene. Endrede nedbørsmønster, økte temperaturer, havnivåstigning og naturkatastrofer gir utfordringer med tanke på matsikkerhet, infrastruktur og helse, og for de naturlige økosystemene som mennesker utnytter og er avhengige av.

Klimaendringer i Norge

Mange variabler og usikkerhetsmomenter gjør at konsekvensene av klimaendringene er vanskelige å forutse, og usikkerheten øker betraktelig når man går fra globale til lokale forhold. RegClim er et prosjekt som har undersøkt effektene av klimaforandringer i Norge. Selv om denne forskningen inneholder mange usikkerhetsmomenter, kan resultatene hjelpe oss med å få en overordnet forståelse av hvilke konsekvenser klimaendringene vil føre med seg her til lands. (Alfsen m.fl., 2013)

En av de største klimautfordringene i Norge blir mer intense nedbørshendelser, noe vi allerede har sett konsekvensene av de siste tiårene. På Vestlandet, indre deler av Trøndelag og på kysten av Troms og Finnmark er risikoen for intens nedbør mer enn doblet, samtidig som de totale nedbørsmengdene forventes å stige med ca. 20%. Intens nedbør er nedbørshendelser som kun inntreffer én gang per år med dagens klima. Også på Østlandet forventes mer intens nedbør selv om økningen i totalnedbør er liten. Her kan også tørke bli et økende problem. (RegClim, 2002; Lindholm m.fl., 2008)

Andre utfordringer vi står ovenfor i møte med klimaendringene er havnivåstigning, stormflo, økt grunnvannstand, ras og erosjon. På grunn av landheving som fortsatt pågår etter istiden vil havnivåstigning påvirke kystbyer svært ulikt, med Bergen, Stavanger, Kristiansand, Ålesund, Sogndal og Mandal som noen de mest utsatte byene (Lindholm m.fl., 2008). Her vil også faren for stormflo øke, et fenomen som oppstår når vinden skyver vann inn mot land på toppen av høyvannstanden og øker havnivået ytterligere.

Fig. 1.2 og 1.3. Intense regnskyll og store variasjoner i nedbørsmønstre ser vi allerede i dag. I august 2016 førte 84,6 mm nedbør på et døgn til flomskader for 200 millioner i Asker og Bærum. Dette er nesten like mye regn som det normalt kommer i hele august. (Knudsen, 2017)

Urbanisering - en global trend

I dag bor over halvparten av jordas befolkning i byer, og det er estimert at tallet vil stige til 80% innen 2050 (Stephenson & Mayhew, 2010). Urbanisering og fortetting forsterker ofte de negative effektene av klimaendringene fordi natur og grøntområder erstattes med bygninger og tette flater. Vegetasjonskledte områder kan i mange tilfeller dempe effektene av stormer, havnivåstigning og ekstremvær og dermed beskytte byer i møte klimaendringer. Et eksempel som illustrerer dette er våtmarkvegetasjon sin evne til å absorbere store vannmengder og dermed beskytte byer mot oversvømmelser og flom. Når våtmarksområder bygges ned, forsvinner også den naturlige flombeskyttelsen som våtmarka gir (South Bay Salt Pond Restoration Project, uten år). Et annet eksempel er hvordan vegetasjon demper ekstreme temperaturer. Temperaturforskjellen mellom harde og vegeterte flater i samme område kan være så mye som 17 grader, og nedbygging av vegetasjonskledte områder gjør dermed byer mer sårbare i møte med økte temperaturer (Urban Greening, 2013).

Norske byer - fortetting og vekst

I Norge bor mer enn 80% av befolkningen i byer og tettsteder og bare i 2015 økte tallet med 57 000 personer (Statistisk Sentralbyrå, 2016). Tilflytning til byene øker behovet for fortetting og legger dermed et enormt press på vegetasjonskledde arealer innenfor byggesonen. Begrepet grønnstruktur, eller blågrønn struktur, beskriver nettverket av vegetasjonskledte områder i byen, inkludert elver og bekker, hagemark, parker og naturområder. Siden tidlig på 1990-tallet har fortetting vært på den politiske agendaen og har bidratt til fragmentering og nedbygging av grønnstrukturen i norske byer. (Thorén & Nyhuus, 1994, s. 7)

For å beskrive bredden av tjenester grønnstrukturen gir oss, brukes begrepet flerfunksjonell grønnstruktur. For mennesker er grønnstrukturen en avgjørende faktor for både fysisk og psykisk helse og har funksjoner knyttet til rekreasjon, aktivitet og som sosial møteplass (Thorén & Saglie, 2015). Tilrettelegging for idrett og lek fremmer sosial likhet og møter på tvers av samfunnsgrupper. Samtidig er grønnstrukturen viktig som habitat, tilfluktsområde og korridorer for dyre- og plantearter i urbane strøk. I møte med et nytt klimaregime får urbane grøntområder enda en sentral funksjon, som vannmagasin, flomvei og infiltrasjonsområde for økte nedbørsmengder i ekstreme værsituasjoner.

Når grøntstrukturen bygges ned, reduseres byenes kapasitet til å håndtere intense regnskyll. Veier, tak og andre tette flater gir mer avrenning på overflaten og faren for oversvømmelser øker (Lindholm m.fl., 2008). Mellom 2008 og 2014 har norske forsikringsselskaper betalt ut mer enn 4 milliarder kroner for skader forårsaket av vanninntrenging og ISP-prosjektet fra 2008 viser blant annet at antall kjelleroversvømmelser vil øke med 50 – 100% det neste århundret basert på forventede klimaendringer (NOU 2015:16; Bjerkholt & Lindholm, 2010).

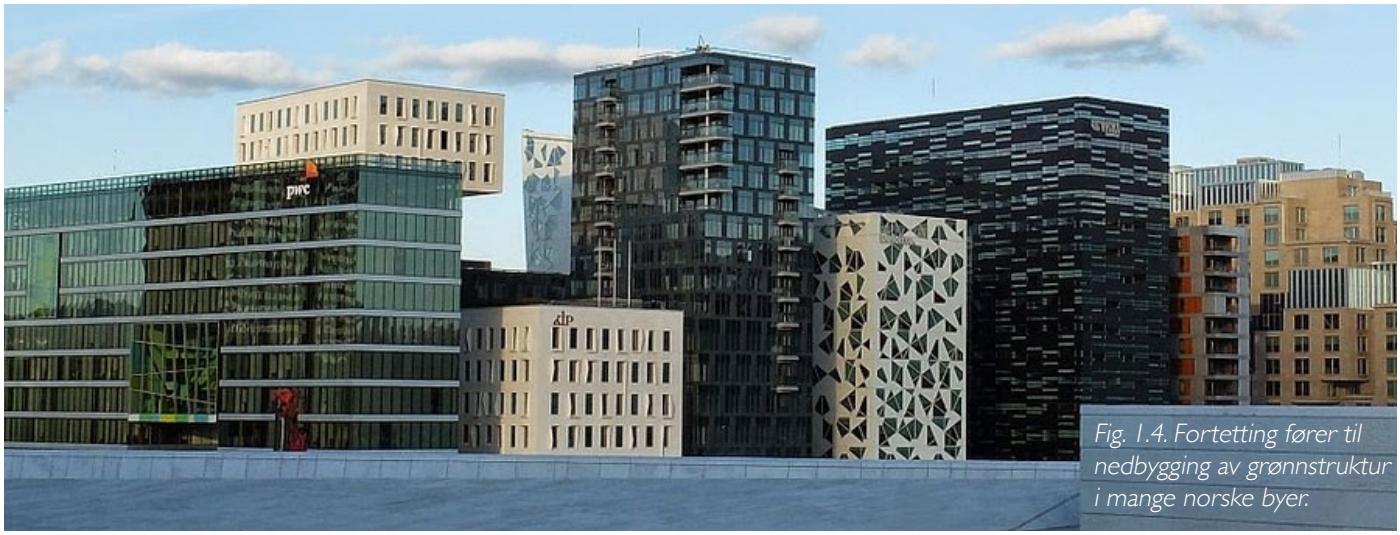


Fig. 1.4. Fortetting fører til nedbygging av grønnstruktur i mange norske byer.

Verdens biomangfold er truet

Klimaendringer og fortetting har store negative konsekvenser for det biologiske mangfoldet. WWFs rapport Living Planet fra 2016 viser at verdens dyrebestander er redusert med 58% mellom 1970 og 2012. Nedgangen er størst i ferskvannssystemene hvor 81% av dyrebestandene i elver, våtmarker og innsjøer har forsvunnet, mens tallet er 36% for bestandene i havet og 38% på land. (WWF, 2016)

Nedgangen i det biologiske mangfoldet skyldes degradering av økosystemer som følge av menneskelig aktivitet. De største truslene er reduksjon og forringelse av habitat, overforbruk av naturressurser, forurensning, klimaendringer samt spredning av fremmede arter og sykdommer. Biologisk mangfold er en forutsetning for menneskers overlevelse på jorda fordi vi er avhengig av tjenester og goder som naturen gir oss. Både direkte goder som mat, rent drikkevann, brensel og byggematerialer og mer indirekte tjenester som naturopplevelser, læring og erosjonssikring er produkter av velfungerende økosystemer (WWF, 2016). Eksempler fra forrige side illustrerer også intakte økosystemers evne til å dempe de negative effektene av klimaendringene ved å beskytte byer mot ekstremvær, havnivåstigning og oversvømmelser.

Status og tendenser i Norge

Også i Norge har menneskelig påvirkning ført til tap av biologisk mangfold. De siste 200 årene har vi mistet 114 arter og det blir stadig færre inngrepsfrie naturområder. Totalt er 4438 arter ført opp på Artsdatabankens rødliste over arter som står i fare for å dø ut. (Henriksen & Hilmo, 2015; SABIMA, uten år a) Dette er et resultat av flere faktorer, inkludert utbygging, ressursutnyttelse, forurensning og klimaendringer.

Urban utvikling har stor negativ effekt på det biologiske mangfoldet fordi det fører til lokal utryddelse av flora og fauna (McKinney, 2002). Dette er også tilfellet i Norge. Fra gammelt av er byene våre lokalisert i områder med åpent lavland i nærhet til sjø, med naturlige forutsetninger for dyrking og nærhet andre viktige naturressurser som vann og elver. Denne typen områder har ofte stor artsrikdom og unik artssammensetning av planter og dyr. Fortetting i byene har derfor en spesielt negativ effekt for det biologiske mangfoldet.

Klimaendringene påvirker også norske økosystemer. Med varmere temperaturer starter vekstsesongen tidligere og varer til lengre ut på høsten og skoggrensen beveger seg høyere i terrenget. En konsekvens av temperaturøkningen er at arter som tidligere ikke trivdes under norske forhold, og derfor ikke har en plass i norske økosystemer, har lettere for å etablere seg.

Andre viktige faktorer er skogdrift og jordbruk som konverterer naturområder til monokulturelle driftsarealer med lav habitatverdi. Siden 1700-tallet er minst 1/3 av de norske myrene drenert til jordbruksformål og utbygging (NOU 2013: 10). Norske elver, vassdrag og innsjøer er også preget av menneskelig påvirkning. I dag er 1/3 av norske innsjøarealer påvirket av vannkraftutbygging samtidig som avrenning fra landbruk, fiskeoppdrett, kommunalt avløp og industri forringer vannkvaliteten. Spredning av fremmede arter og endring i vannføring skader også ferskvannssystemene våre (NOU 2013:10).

Jordbruk, skogbruk, utbygging og gruvedrift fører til fragmentering, degradering og tap av habitat for mange arter.

Overforbruk av ressurser utgjør en direkte eller indirekte trussel mot mange arter, f.eks. gjennom fiske, jakt og høsting.

Forurensning ødelegger habitat for mange arter, blant annet gjennom oljesøl, forspøling og bruk av kjemikalier.

Invasive arter kan konkurrere ut stedegne arter eller introdusere nye sykdommer.

Klimaendringer forstyrrer migrasjonsmønstre, mattilgangen og reproduksjonen hos mange arter.

Fig. 1.5: Trusler for biologisk mangfold. Basert på WWF, 2016, s. 21.

Landskapsarkitekters rolle

Landskapsarkitekter har som oppgave å skape gode omgivelser for mennesker. Estetikk og praktisk utforming av byer og tettsteder er et viktig mål i seg selv, men de siste årene har økologisk design fått økt fokus på grunn av klima- og miljøutfordringene vi står ovenfor. Som planleggere og forvaltere av våre bygde omgivelser, har landskapsarkitekter muligheten til å bidra med å løse disse utfordringene på en god måte.

Landskapsarkitekter kan foreslå tiltak som både reduserer utslipp av CO_2, ivaretar sosiale verdier og hensynet til biologisk mangfold og samtidig gjør omgivelsene våre bedre rustet til å takle et endret klima. Gjenbruk av materialer og bygningsmasse, smart belysning av uterom, bruk av naturlige rense- og flomhåndteringsmetoder, fornybar energi og stedegent plantemateriale gir lavere klimagassutslipp og redusert belastning på naturmiljøet.

Forvaltere av den flerfunksjonelle grønnstrukturen

Landskapsarkitekter har også en sentral rolle i forvaltningen av byenes grønne arealer. Gjennom utdannelsen har vi tilegnet oss kunnskap om den flerfunksjonelle grønnstrukturens verdi og betydning. Når fortetting legger stadig større press på urbane grøntarealer, har landskapsarkitekter derfor et ansvar for å tydeliggjøre viktigheten av en flerfunksjonell grønnstruktur. En viktig oppgave er derfor å forene fagmiljøer for å bringe inn den nødvendige ekspertisen i planlegging, prosjektering og forvaltning av urbane grøntområder.

I 1992 signerte Norge Riokonvensjonen hvor vi forplikter oss til bærekraftig bruk og bevaring av biologisk mangfold (Norsk Naturarv, uten år). Samtidig har naturen egenverdi og nytteverdi som må bevares så vi kan ha glede av den nå og i framtiden. Når fortetting i byene kombinert med utbygging og inngrep i naturområder fører til degradering av det biologiske mangfoldet, bør vi finne løsninger som legger bedre til rette for ivaretakelse av økosystemer og arter, også inne i byene.

Både Stortingsmeldinger, planer og strategiske dokumenter beskriver målsetninger om bedre vilkår for biologisk mangfold på nasjonalt, regionalt og lokalt nivå. Dette gir landskapsarkitekter både et juridisk og etisk ansvar for å bevare biologisk mangfold i prosjektering og planlegging. Kunnskap om økologi, geologi, jordforhold og plantevitenskap er en integrert del av utdannelsen. Vårt inntrykk er likevel at landskapsarkitekters kompetanse i mange tilfeller er for grunn til å inkludere viktige økologiske hensyn, som oppfyller intensjonene om bevaring av biologisk mangfold i tråd med overordnede føringer.

I sin masteroppgave fra 2013 foreslår Eikaas & Roussel konkrete tiltak for å tilrettelegge for biologisk mangfold i byer og tettsteder. Dette er et viktig bidrag som gjør det lettere for landskapsarkitekter å skape økologisk verdifulle prosjekter. Forfatterne slår fast at et tettere samarbeid mellom fagmiljøer er nødvendig for å implementere viktige hensyn til økologi. I oppgaven behandles biologisk mangfold svært generelt. Eikaas og Roussel konkluderer derfor med at det er behov for verktøy som beskriver hensyn for spesifikke arter. (Eikaas & Roussel, 2013)

I møte med klimaendringene, har landskapsarkitekter fått nye utfordringer å ta hensyn til. Skader fra flom og oversvømmelser koster samfunnet mange 100 millioner hvert år (NOU 2015:16), samtidig som andre direkte og indirekte klimatrusler også påvirker landskapsarkitekters arbeid. For å svare på disse utforingene kan landskapsarkitekter designe løsninger for bedre vannhåndtering, og tilrettelegge for en flerfunksjonell grønnstruktur som ivaretar bredden av tjenester i en framtid med mange usikkerhetsmomenter. Løsningene vi skaper i dag, påvirker samfunnets evne til å tilpasse seg klimaendringene på en god måte i fremtiden.

Hva finnes av kunnskap i Norge?

Resiliens - lite kjent i Norge

Resiliens er systemers evne til å opprettholde viktige prosesser og funksjoner i møte med endringer og forstyrrelser (Walker m.fl., 2004, s. 1). I byer verden over har det blitt vanligere å bruke begrepet i planlegging og politikk for å lage strategier for klimatilpasning. Strategier for å øke byers resiliens finnes blant annet for København, flere byer i Sverige og Sørøst-Asia samt Seattle og Portland i USA. Robuste, fleksible og tilpasningsdyktige løsninger er i ferd med å gjøre disse byene mindre sårbare i møte med et villere, varmere og våtere klima. Dette kalles klimaresiliens. Selv om resiliens brukes i planlegging og politikk i andre land og verdensdeler, er begrepet lite kjent i Norge. Vi har funnet to tilfeller der resiliens er behandlet i norsk litteratur og planleggingsarbeid:

I sin master fra 2013 undersøker Gjøse hva resiliens kan bety for byplanlegging. Hun har en helhetlig tilnærming til begrepet, og identifiserer generelle prinsipper for å øke byers resiliens. Gjøse peker ut urbant jordbruk som det viktigste prinsippet, og argumenterer for flere forsynende tjenester i byen. Hun konkluderer med at det kreves store omstillinger hvis resiliens skal kunne implementeres i planleggingsprosesser (Gjøse, 2013).

I Oslos klimatilpasningsstrategi nevnes det at kommunen er med i UNISDR (United Nations International Strategy for Disaster Reduction) sin kampanje «Making Resilient Cities». Her skal Oslo samarbeide med andre byer angående metoder, planverk og forskning rundt klimatilpasning (Bymiljøetaten, 2013). Kampanjen har en spesifikk tilnærming til resiliens, ved kun å se på forstyrrelser introdusert av klimaendringene. Utenom det som står beskrevet i klimatilpasningsstrategien har det vært vanskelig å finne informasjon om hvordan kampanjen påvirker Oslos klimatilpasningsarbeid.

Utover de overnevnte eksemplene, har resiliens fått lite oppmerksomhet i Norge. Dette kan skyldes at det er et komplekst og omfattende begrep som er vanskelig å oversette fra teori til praktiske handlinger, håndterbare problemstillinger og faktiske retningslinjer for planlegging og design.

Åpen overvannshåndtering

I Norge regnes intens nedbør og skadeflom som den største klimautfordringen. Håndtering av vann i åpne løsninger er et viktig tiltak for å redusere flomfaren i byer og tettsteder, og de siste årene har åpen overvannshåndtering har blitt behandlet i flere oppgaver og prosjekter.

Prosjektet Exflood har jobbet med en liste over mulige overvannstiltak for norske forhold (Exflood, 2014, 10.01). I forbindelse med prosjektet er det gjort flere masteroppgaver som tar for seg åpne overvannsløsninger, blant annet av Hovdenak, Vadum og Kilian i 2011 og Dilling og Johansen i 2012. Nødvendigheten og fordelene av åpen overvannshåndtering er også beskrevet blant annet i Norsk Vanns rapport «Veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering», Asplan Viaks «Overvann som ressurs», NOUer og Stortingsmelding 33 «Tilpasning til eit klima i endring». De mange fordelene åpen overvannshåndtering gir, sammenliknet med avledning i rør har ført til betegnelsen bærekraftig overvannshåndtering.

Fokus og avgrensninger

Resiliens gir oss muligheten til å studere bærekraftig overvannshåndtering på en ny måte. I tråd med bærekraftbegrepet ser vi økonomiske (tekniske), økologiske og sosiale forhold i sammenheng, men utnytter resiliensteori til å synliggjøre hvilke funksjoner som bør vektlegges innenfor hver av de tre. Samtidig undersøker vi hvordan bærekraftig overvannshåndtering kan være et utgangspunkt for å bygge resiliens i møte med andre indirekte og direkte klimautfordringer. Basert på dette, ønsker vi å utvikle en verktøykasse som fremmer funksjoner for økt klimaresiliens gjennom bærekraftig overvannshåndtering. Verktøykassa utvikles for prosjekterende landskapsarkitekter.

Menneskers fundamentale avhengighet og tilhørighet til sunne økosystemer er et sentralt punkt innenfor resiliens, og tydeliggjør hvorfor klimatilpasning og bevaring av biologisk mangfold henger naturlig sammen. Gjennom resiliens søker vi å rette fokus mot hvordan bevaring av økosystemer er en forutsetning for god klimatilpasning og opprettholdelse av andre økosystemtjenester.

Ved å konkretisere hvilke arter og økosystemer som er viktige å bevare, kan vi gi landskapsarkitekter bedre forutsetninger for å ivareta biologisk mangfold i prosjektering og byplanlegging.

Oppgaven har en spesifikk tilnærming til resiliens fordi den tar utgangspunkt i et avgrenset tema og foreslår tiltak innefor overvannshåndtering, spesielt tilpasset landskapsarkitekters arbeid. Dette representerer en ny måte å utforske resiliensbegrepet, sammenliknet med tidligere norske arbeider. På denne måten kan resiliens gjøres mer tilgjengelig som begrep for norske planleggere og landskapsarkitekter ved å redusere avstanden mellom teori og praksis.

Avgrensninger

For å kunne gjennomføre oppgaven innenfor den gitte tidsrammen, har vi gjort noen nødvendige avgrensninger.

- Resiliens tar som regel utgangspunkt i et vidt spekter av påvirkningskilder, fra terrorangrep og børskrakk til naturkatastrofer og trafikkulykker. I oppgaven konsentrerer vi oss kun om de påvirkningene et endret klima fører med seg, samlet under begrepet klimaresiliens. Der vi kun bruker resiliens i teksten, refererer det til resiliens i møte med ulike klimautfordringer.

- Utgangspunktet for oppgaven er bærekraftig overvannshåndtering som kan motvirke den største klimautfordringen i Norge, mer intens nedbør. Andre klimatrusler som havnivåstigning, stormflo, ras og erosjon, sterk vind og høye temperaturer blir ikke spesielt omtalt. Her må det utvikles egne strategier. Likevel viser vi hvordan bærekraftig overvannshåndtering kan være et utgangspunkt for å øke resiliens i møte med andre klimautfordringer enn kun intense nedbørshendelser og flom.

- Vi konsentrerer oss hovedsakelig om fysisk utforming som ligger innenfor landskapsarkitekters arbeidsområde. Politiske aspekter er i liten grad beskrevet i oppgaven.

- Avgrensninger med tanke på biologisk mangfold beskrives senere i oppgaven, i verktøykassa.

Problemstilling

Hvordan kan bærekraftig overvannshåndtering bidra til økt klimaresiliens i norske byer og tettsteder?

Underproblemstillinger

- Hvilke prinsipper er viktige for å fremme klimaresiliens med utgangspunkt i bærekraftig overvannshåndtering?

- Hvordan presenteres prinsippene som en verktøykasse, tilpasset landskapsarkitekters arbeid?

- Hvordan anvendes verktøykassa i et prosjekteksempel?

Mål

Øke byer og tettsteders klimaresiliens ved å identifisere viktige funksjoner og foreslå konkrete prinsipper for bærekraftig overvannshåndtering.

Gjøre resiliens mer tilgjengelig som begrep for norske planleggere og landskapsarkitekter ved å redusere avstanden mellom teori og praksis.

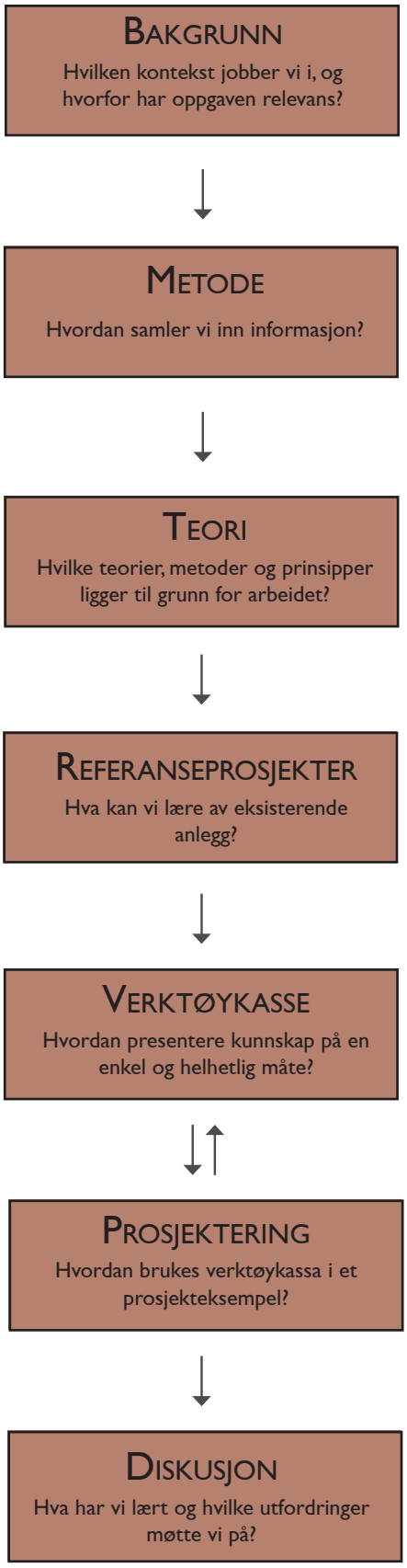
Rette fokus mot hvordan bevaring av biologisk mangfold og sunne økosystemer er en forutsetning for god klimatilpasning og opprettholdelse av andre økosystemtjenester.

Del 2 - Metode

Hvordan samler vi inn informasjon?

I denne delen viser vi hvilke metoder vi har brukt for å svare på problemstillingen og målsetningene våre. Her presenteres også fremgangsmåten og oppgavens oppbygning.

Fig. 2.1. Takrør på Brønnøya, Asker.



OPPGAVENS OPPBYGNING

Oppgaven består av sju deler: bakgrunn, metode, teori, referanseprosjekter, verktøykasse, prosjektering og diskusjon.

I bakgrunnen presenterte vi oppgavens kontekst og relevans og viste hvorfor klimaresiliens i norske byer er et aktuelt og viktig tema. Her formulerte vi også problemstillinger og målsetninger for oppgaven. Hovedproblemstillingen besvares gjennom tre underproblemstillinger som utforskes i hver sin del av oppgaven. For å svare på underproblemstilling 1, identifiserer vi prinsipper i teoridelen, underproblemstilling 2 løses i verktøykassa, og den tredje underproblemstillingen utforskes i prosjekteringsdelen.

Metode viser hvordan vi samler informasjon. Her presenteres også oppgavens oppbygning og forholdet mellom de sju delene.

I *teoridelen* presenteres og diskuteres aktuelle teorier, prinsipper og metoder. Her viser vi hvordan etablerte teorier tolkes og brukes i denne oppgaven og hvordan de veves sammen til en helhet.

I *referanseprosjektdelen* presenteres seks overvannsanlegg som har gitt oss inspirasjon og kunnskap om ulike aspekter ved åpen overvannshåndtering og andre tema relatert til resiliens. Kunnskapen oppsummeres og benyttes i det videre arbeidet.

Verktøykassa er en fremstilling av kunnskapen vi har tilegnet oss gjennom arbeidet med teori og referanseprosjekter. Målet er å lage en enkel og helhetlig verktøykasse for bærekraftig overvannshåndtering, basert på prinsipper for klimaresiliens. Denne skal være tilpasset landskapsarkitekters arbeid.

For å teste verktøykassa vi har laget, bruker vi prinsippene i et *prosjekteksempel* på Økern torg. Økern-området skal utvikles med tett boligstruktur og egner seg derfor til å teste verktøykassa i en svært urban setting. Vi jobber med prosjektering og utforming av verktøykassa parallelt for å luke bort feil og finne mangler underveis.

I *diskusjonen* trekker fram viktige funn og diskuterer hvorvidt det å overføre resiliensteori til praksis var til nytte, samt verktøykassas anvendelighet for prosjekterende landskapsarkitekter. Diskusjonen er strukturert etter de tre underproblemstillingene. Her presenteres også anbefalinger for fremtidige studier.

Kunnskapsinnhenting

Vi bruker en kvalitativ tilnærming for å svare på problemstillingene og målsetningene for oppgaven. Kunnskapsinnhentingen består av litteratur- og dokumentstudie, semistrukturerte intervju, studie av referanseprosjekter og case-studie.

Litteratur- og dokumentstudie

For å få oversikt og kunnskap om teorier og begreper benytter vi litteratur fra fagbøker, artikler og organisasjoner. Både resiliens, bærekraft og økosystemtjenester er begreper som behandles og forståes ulikt i litteraturen, og vi har derfor forsøkt å identifisere sentrale teoretikere og tekster.

Innenfor resiliens og åpen overvannshåndtering har vi forsøkt å kartlegge det som finnes av norsk litteratur. Dette er fordi den kulturelle, klimatiske og politiske konteksten i andre land kan gjøre at metoder og begreper ikke er direkte overførbare. Resiliens har fått lite oppmerksomhet i Norge, og her benytter vi oss utelukkende av utenlandsk litteratur. Mange utenlandske byer har jobbet med åpen overvannshåndtering over flere tiår. Derfor supplerer vi informasjon fra norske kilder med manualer, bøker og artikler fra andre land og verdensdeler.

Dokumentstudiet består av kunnskap fra rapporter, planer, veiledere, overordnede strategier og NOUer. Kommuneplaner og reguleringsplaner gir oss innblikk i hvordan temaene overvann, biologisk mangfold og sosiale verdier behandles i plansystemet. Dette er spesielt relevant for prosjekteringsdelen.

Semistrukturerte intervjuer

Et semistruktuert intervju er når spørsmålene kun er beskrevet i stikkordsform og intervjuet tar form som en mer eller mindre uformell samtale. Fordelen med denne intervjuformen er at intervjuet kan tilpasses hver enkelt person og tillater informanten å utdype spørsmål og trekke inn annen informasjon enn det som direkte spørres om (Dahlum, 2015, 12.05).

I denne oppgaven supplerer intervjuene informasjon fra litteratur- og dokumentstudiet. Samtaler med relevante fagpersoner gir kunnskap om ting som er vanskelig å få svar på i litteraturen. For vår oppgave har det vært særlig relevant å kontakte økologer og biologer, da det finnes lite informasjon om hvordan økologiske hensyn kan integreres i landskapsarkitekturen i Norge. Intervju av fagpersoner med kompetanse og kunnskap om resiliens har også vært aktuelt for å få bedre oversikt over dette kompliserte begrepet.

Studie av referanseprosjekter

Ved å undersøke eksisterende overvannsprosjekter lærer vi mer om hvilke utfordringer og suksessmomenter som kommer til uttrykk over tid. Målet har vært å sanke kunnskap om hva som må til for å planlegge, implementere og vedlikeholde åpne overvannsanlegg på en god måte. Vi har sett til Seattle og Portland i USA fordi disse byene har lang erfaring og en helhetlig tilnærming til åpen overvannshåndtering. Prosjekter i Malmø ligger tettere på den norske konteksten vi jobber i, og eksempler fra Norge viser hvilken rolle åpen overvannshåndtering har her i landet. Befaring og prosjektbeskrivelser danner kunnskapsgrunnlaget i denne delen.

Case-studie

I prosjekteringsdelen tester vi verktøykassa ved å bruke den i utformingen av Økern torg. Dette er en form for case-studie fordi vi forsøker å si noe generelt om verktøykassa ved å teste den i et konkret prosjekt. Case-studiet gir oss indikasjoner på verktøykassas anvendelighet for prosjekterende landskapsarkitekter.

Del 3 - Teori

Hvilke teorier, metoder og prinsipper ligger til grunn for arbeidet?

I denne delen presenterer vi resiliensteori, og diskuterer hvordan det forholder seg til åpen overvannshåndtering, bærekraft og økosystemtjenester. Vi viser hvordan etablerte teorier tolkes og brukes i oppgaven, og hvordan de veves sammen til en helhet.

ARTFUL
RAINWATER
DESIGN
CREATIVE WAYS TO MANAGE STORMWATER
Future City 3

Fig. 3.1

Åpen overvannshåndtering

Tradisjonelt har overvann blitt ledet vekk i rør under bakken, og renset i renseanlegg. Dette systemet gjør at ledningsnettet lett kan få kapasitetsproblemer i en flomsituasjon med oversvømmelser og materielle skader som konsekvens. Fordi kloakk og regnvann i mange tilfeller behandles i samme avløpssystem, kan kapasitetssvikt føre til at forurenset vann renner ut og gjør skade på bebyggelse, vassdrag og i hav (Lindholm m.fl., 2008). Problemene forsterkes av klimaendringer og fortetting som øker belastningen på ledningsnettet. Når overvannet ledes i rør, mistes også viktige økologiske funksjoner som naturlig rensning, næringsopptak, sedimentering og mulig habitat. (Melbø & Steffensen, 2004)

Åpen overvannshåndtering beskriver systemer som etterlikner naturens egen måte å håndtere vann på og kjennetegnes ved at løsningene er synlige (Lindholm m.fl., 2008). Med åpne løsninger kan overvannet utnyttes som en ressurs for rekreasjon, opplevelse og lek samtidig som forholdene for biologisk mangfold forbedres (Asplan Viak, 2016). I mange tilfeller betegnes denne måten å håndtere vann på for bærekraftig overvannshåndtering fordi systemet har både økologiske, sosiale og økonomiske fordeler (Stahre, 2008).

Verdier og funksjoner

Åpen overvannshåndtering gir en rekke fordeler sammenliknet med avledning av vann i rør. Dette kan i sin tur forsterke grønnstrukturens flerfunksjonelle rolle som er viktig i møte med klimaendringer og tap av biologisk mangfold. Senere kommer vi tilbake til hvilke funksjoner som har størst betydning med tanke på klimaresiliens. Fordelene med åpen overvannshåndtering er oppsummert i figur 3.2.

Åpne overvannsløsninger har større kapasitet til å bufre intense nedbørshendelser enn avledning i rør. Dette er fordi vegetasjonen, som en del av disse systemene, både bremser vannet og fører til økt infiltrasjon og transpirasjon. Åpne løsninger har dessuten større fleksibilitet til å ta i mot store vannmengder fordi systemet har restkapasitet i form av fordrøyningsområder og bassenger. Rensing av urbane forurensningsstoffer og overskuddsnæring kan løses gjennom en kombinasjon av naturlige rensetiltak som sedimentasjon, filtrering samt opptak og nedbrytning i planter. Dette utgjør de *tekniske fordelene* ved åpen overvannshåndtering (Asplan Viak, 2016).

Fig. 3.2. Åpne overvannsløsninger bidrar til en flerfunksjoell grønnstruktur. Basert på Stahre, 2008, s. 9.

I mange tilfeller vil overvannsløsninger i dagen være billigere enn avledning i rør, både i anleggelse og drift. Dette gir en *økonomisk verdi* (Asplan Viak, 2016).

Åpne overvannsløsninger gir også *opplevelseskvaliteter* i form av variasjon i landskap og vegetasjon. Rennende, sildrende og dryppende vann kombinert med vannspeil og frodige beplantninger har høy *estetisk verdi*, og økt biologisk mangfold kan gi naturopplevelser og dyremøter (Asplan Viak, 2016).

Når vannet løftes fram og håndteres i dagen har det også en *pedagogisk verdi* fordi mennesker får større forståelse for vannets vei gjennom landskapet, det hydrologiske kretsløp og farene ved flom. Mange norske byer har vokst frem der elver og vann har vært utnyttet som ressurs, både som drikkevannskilde, transportvei for tømmer, industriell produksjon eller utvinning av elektrisitet. Elver og vannveier har dermed en viktig *historisk* og *kulturell verdi* (Klima- og miljødepartementet, 2015).

Fordi åpen overvannshåndtering er basert på naturens eget overvannssystem, gir det bedre vilkår for biologisk mangfold og har dermed en *økologisk verdi.* Rennende vann gir næringsgrunnlag og habitat for mange arter. Infiltrasjon i grunnen bidrar til å opprettholde vannbalansen i grunnvannet, noe som er viktig i tørre områder og perioder. På denne måten ivaretas det naturlige hydrologiske kretsløpet. Vannets kretsløp fra fjell til hav er grunnlaget for økosystemer og habitater for en rekke arter (Asplan Viak, 2016).

Treleddstrategien

Rapporten Norsk Vann beskriver hvordan nedbør kan håndteres ved hjelp av treleddstrategien gjennom infiltrasjon, fordrøyning og trygge flomveier (Lindholm m.fl., 2008). Modellen viser at små regn kan infiltreres på stedet. Større regn bør ledes til fordrøyningsområder hvor vannet forsinkes og eventuelt infiltreres mens ekstremt store regn sendes til flomveier hvor vannet gjør liten skade. Infiltrasjon beskriver vannets inntrengning i grunnen, fordrøyning er når vann holdes midlertidig tilbake i bassenger og magasiner mens en flomvei er en rute vannet kan renne i en flomsituasjon der det ikke rammer bygninger og infrastruktur (Vann- og avløpsetaten, 2015; Melbø & Steffensen, 2004).

Tiltaksliste for åpen overvannshåndtering

ExFlood er et prosjekt som har hatt som mål å identifisere mulig overvannstiltak i henhold til treleddstrategien som kan brukes av planleggere og landskapsarkitekter (ExFlood, 2014). Gjennom dette arbeidet har det blitt jobbet med en liste over ulike tiltak innenfor hvert av trinnene i treleddstrategien: infiltrasjon, fordrøyning og avledning til trygge flomveier. Verktøykassa som presenteres senere i oppgaven er basert på dette arbeidet og bearbeidede versjoner fra Ingrid Ødegård og Asplan Viak (Forelesning av Ødegård, 21.09.16. Tiltaksliste for håndtering av overvann; Asplan Viak, 2016). Der tidligere lister inneholder mellom 30 og 100 små og store tiltak for ulike arealkategorier, har vi valgt å konsentrere oss om de tiltakene som passer i en urban kontekst og samtidig slått sammen noen av tiltakene som har svært lik funksjon. Eksempelvis har vi utelatt tiltakene «skoggrøfting» og «landbruksfaskine», mens «skape permeable flater», «beholde permeable flater», «redusere harde flater» og «permeable dekker» er slått sammen til én kategori.

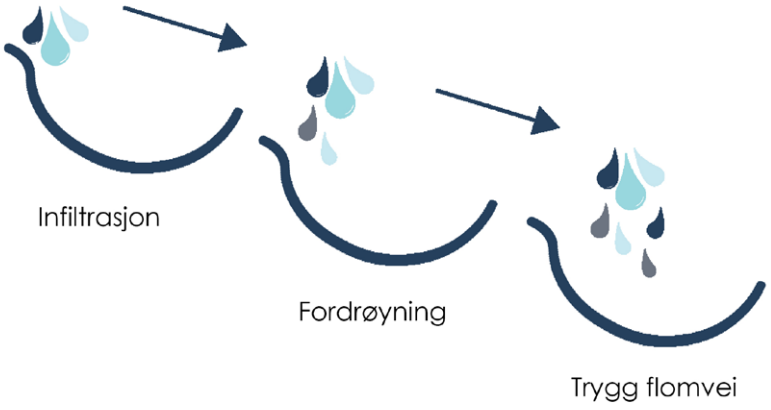


Fig. 3.3. Treleddstrategien. Små nedbørshendelser infiltreres lokalt, større regn kan holdes midlertidig tilbake i fordrøyningsmagasiner og store regn ledes til flomveier hvor vannet ikke gjør skade. Figur gjengitt etter Lindholm m.fl., 2008, s. 8.

Bærekraftig utvikling

"Bærekraftig utvikling er samfunnsutvikling som møter dagens behov, uten å forhindre fremtidige generasjoner å få dekket sine behov" (United Nations, 1987). Begrepet ble for alvor tatt i bruk i kjølvannet av Brundtlandkommisjonens rapport "Vår felles framtid om bærekraftig utvikling" fra 1987. Rapporten understreker at miljø, økonomi og sosiale forhold må ses i sammenheng for å fremme bærekraftig utvikling (se figur 3.4). Dette bidro til å endre synet på miljøarbeid til mer helhetlig samfunnsarbeid. I dag brukes begrepet for å argumentere for at kortsiktige økonomiske hensyn må vike for langsiktige miljøhensyn (International Institute for Sustainable Development, uten år).

Bærekraft kan forståes som det overordnede målet for samfunnet. Å ivareta ressursgrunnlaget vårt for å fremme liv og helse nå og i framtiden er en forutsetning for menneskers fortsatte eksistens. I de 30 årene som har gått siden innføringen av bærekraft-begrepet har befolkningsvekst, økt ressursbruk, menneskeskapte klimaendringer og andre faktorer bidratt til å degradere mange av jordens økosystemer til en tilstand der de ikke lenger produserer tjenester som mennesker er avhengige av for å leve. Tross gode intensjoner og «bærekraftige» initiativer, lever vi i dag mindre bærekraftig enn noensinne (Walker & Salt, 2012).

Forholdet mellom bærekraft og resiliens

Mange resiliensteoretikere kritiserer bærekraftbegrepet for ikke å ta hensyn til systemers iboende endringer og kompleksitet (Walker & Salt, 2012; Holling, 2001). En sentral tanke innenfor bærekraft er at optimalisering og effektiv ressursutnyttelse gir det beste grunnlaget for en fornuftig forvaltning av ressurser. Dette prinsippet blir kritisert innenfor resiliensteori som synliggjør hvordan effektivisering gjør at systemer mister sin fleksibilitet i møte med endringer og forstyrrelser. Alle naturlige og menneskeskapte systemer er i kontinuerlig endring i møte med påvirkninger og forstyrrelser, og systemer som ignorerer dette vil før eller siden bryte sammen. På bakgrunn av dette kan det argumenteres at resiliens er den beste måten å jobbe mot en bærekraftig utvikling (Walker & Salt, 2012). Mens bærekraft representerer det overordnede målet for samfunnsutviklingen, tydeliggjør resiliens hvilke kvaliteter og funksjoner som må vedlikeholdes eller styrkes for å skape bærekraftige systemer som opprettholdes over tid. På denne måten kan bærekraft operasjonaliseres gjennom resiliens.

Bærekraftig overvannshåndtering

De mange fordelene åpen overvannshåndtering gir sammenliknet med avledning i rør har ført til betegnelsen bærekraftig overvannshåndtering (Stahre, 2008). Et bærekraftig system innebærer at det er planlagt og forvaltes på en måte som gjør at den tiltenkte funksjonen opprettholdes over tid. I tråd med bærekraftbegrepet ser vi økonomiske, økologiske og sosiale forhold i sammenheng, men utnytter resiliensteori til å synliggjøre hvilke funksjoner som bør vektlegges innenfor hver av de tre, for at systemet opprettholdes i møte med forstyrrelser og endringer.

Teknisk gode løsninger for håndtering av overvann gir færre skadeflommer og kostbare oversvømmelser og kan derfor erstatte økonomiske hensyn i en overvannssammenheng. For å rette fokus mot menneskers avhengighet av velfungerende økosystemer, erstatter vi miljømessige hensyn med økologiske funksjoner.

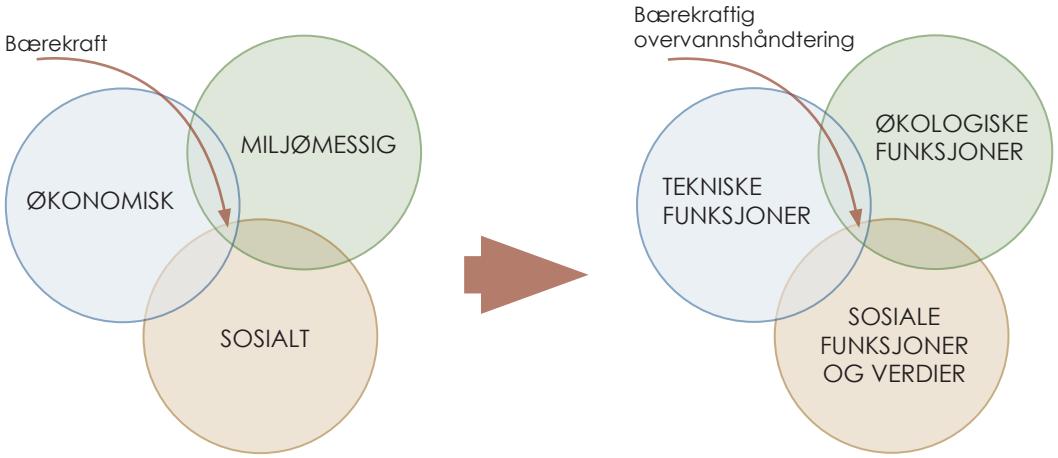


Fig. 3.4. Bærekraft ser økonomiske, økologiske og sosiale hensyn i sammenheng. Også innenfor bærekraftig overvannshåndtering behandles disse tre sammen.

Resiliens, et komplekst begrep

Begrepet resiliens kommer opprinnelig fra latin og betyr «å sprette tilbake» (Davoudi, 2012). Både i politikken og hos planleggere har resiliens fått økt oppmerksomhet de siste årene fordi begrepet gir et godt utgangspunkt for å håndtere overraskelser, endringer og påvirkninger. Innenfor ulike fagmiljøer forståes og defineres resiliens svært ulikt. På grunn av de mange fortolkningene av resiliens, finnes det ikke én universell oppfatning om hvordan begrepet bør defineres og brukes (Davoudi, 2012). Teorien som presenteres her er basert på litteratur fra sentrale resiliensteoretikere, men gitt en vinkling tilpasset oppgavens tematikk og problemstillinger. Noen debatter rundt begrepet er også utelatt for å unngå avsporing.

Økologisk resiliens

Holling var den første til å beskrive resiliens for økologiske systemer. Han definerte resiliens som økosystemers evne til å absorbere forandringer og forstyrrelser uten å endre grunnleggende struktur og funksjon (Holling, 1973, s. 14). I naturen kan et mangfold av arter gjøre økosystemer mindre sårbare i møte med ytre påvirkninger. Dette er fordi flere arter innenfor samme økologiske nisje sikrer stabilitet hvis én art skulle dø ut. Samtidig sørger biologisk mangfold for fleksibilitet i møte med endringer. Ulike forandringer vil være fordelaktig for noen arter, mens andre vil få mindre gunstige forhold. På denne måten kan viktige økologiske funksjoner opprettholdes under små og store påvirkninger. Økologisk resiliens tar utgangspunkt i at systemet alltid vil vende tilbake til den samme eller en ny stabil tilstand, såkalt ekvilibrium, etter en påvirkning (Davoudi, 2012).

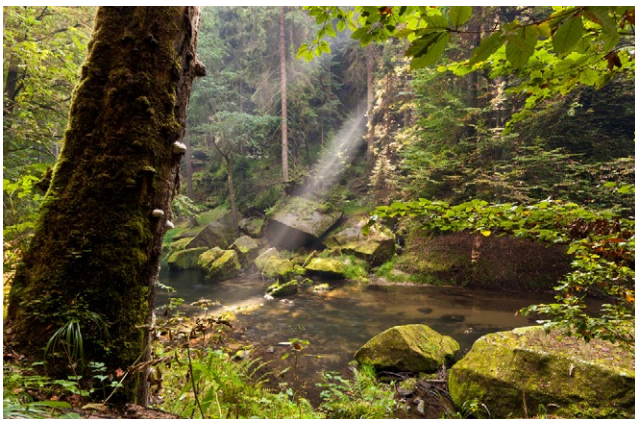


Fig. 3.5. Artsmangfold bygger resiliens i naturlige økosystemer fordi mange av artene har overlappende funksjon. Hvis én art forsvinner kan andre fylle dens rolle så økosystemet ikke kollapser.

Sosio-økologisk resiliens

Fordi Hollings definisjon tar utgangspunkt i naturlige økosystemer, er det ikke helt uproblematisk å overføre resilienstankegangen til planlegging av menneskeskapte strukturer. Byer og tettsteder betegnes som sosio-økologiske systemer, hvor mennesker er en integrert del. Sosio-økologiske systemer er mer innviklede enn økosystemer fordi den gjensidige påvirkningen mellom mennesker og natur gir raske og langsomme endringer som virker parallelt og på ulike skalaer i tid og rom (Programme on Ecosystem Change and Society, 2013; Resilience Alliance, uten år, a). Dette gjør fremtiden kaotisk, kompleks og uforutsigbar.

Sosio-økologisk resiliens legger vekt på menneskers fundamentale tilhørighet og avhengighet til velfungerende økosystemerer for å overleve. Evnen til å opprettholde økosystemtjenester i møte med usikkerheter er derfor et sentralt tema innenfor sosio-økologisk resiliens (Ernstson m.fl., 2010). I dag påvirkes alle økosystemer av menneskelig aktivitet, enten direkte gjennom arealendringer og ressursutnyttelse, eller indirekte gjennom for eksempel menneskeskapte klimaendringer og forurensning. Forskere foreslår nå å døpe den om den geologiske epoken vi er inne i til antropocen – menneskets tidsalder, for å markere menneskets dominans og påvirkning på jorden. På bakgrunn av dette kan man argumentere for at sosio-økologiske systemer omfatter alle økosystemer og menneskeskapte strukturer. Sosiale og økologiske hensyn bør dermed alltid behandles i sammenheng (Wilkinson, 2011; Folke m.fl., 2010; Bryhni, 2015). En integrert forståelse av menneskelige og naturlige systemer ligger til grunn for denne oppgaven.

I motsetning til økologisk resiliens, avviser sosio-økologisk resiliens at det finnes stabile tilstander eller ekvilibrium. I stedet antar man at systemer er i konstant endring, enten som følge av gradvise forandringer eller brå omveltninger. Resiliens for sosio-økologiske systemer defineres derfor av systemets evne til å endre, tilpasse og transformere seg i møte med ytre påvirkninger og endringer samtidig som identitet, prosesser og strukturer bevares (Davoudi, 2012). Både sosial kapital som kunnskap, innovasjon og samarbeidsevne sammen med økologisk funksjon bygger resiliens i sosio-økologiske systemer (Porter & Davoudi, 2012).

Tilpasningssirkelen

Den iboende dynamikken som finnes i både økologiske og sosio-økologiske systemer illustreres med tilpasningssirkelen som beskriver hvordan systemer naturlig vil svinge mellom faser av vekst og nedbrytning. Modellen består av fire faser: vekst (r), bevaring (K), kollaps/ødeleggelse (Ω) og reorganisering (α), se figur 3.6. (Holling, 2001)

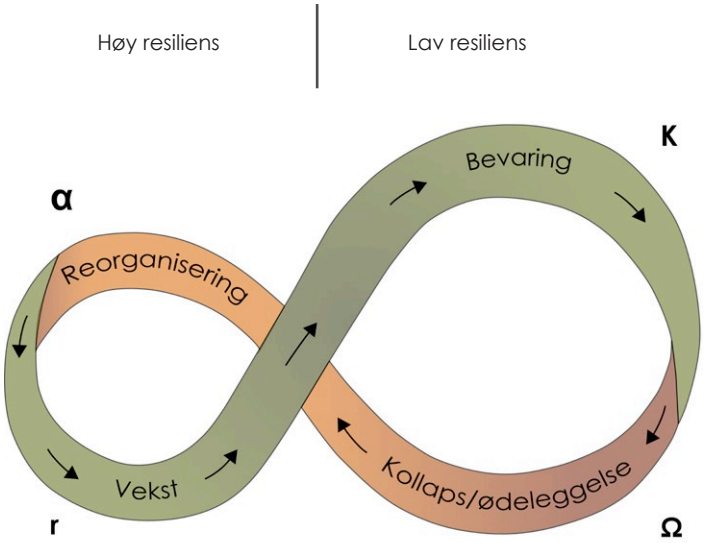


Fig. 3.6. Tilpasningssirkelen viser hvordan økologiske og sosio-økologiske systemer beveger seg gjennom faser av vekst, bevaring, ødeleggelse og reorganisering. Gjengitt etter Holling, 2001, s. 394.

- I *vekstfasen* etableres systemets struktur og funksjoner. Denne fasen karakteriseres av stort mangfold, høy konkurranse og akkumulering av ressurser. Systemet har høy resiliens og fleksibilitet.

- Etter hvert vil veksten gå tregere og systemet beveger seg inn i *bevaringsfasen* som preges av stabilitet og sikkerhet, men lav resiliens og fleksibilitet. Dette gjør systemet mer sårbart for ytre påvirkninger.

- Før eller siden vil systemet nå et vippepunkt som leder til en ny tilstand. Dette kalles *ødeleggelsesfasen* eller Omega-fasen. Dette er et kritisk punkt som innebærer stor usikkerhet og lav resiliens, men også en mulighet til å utnytte en krise til transformasjon og innovasjon.

- Den siste fasen kalles *reorganiseringsfasen* hvor innovasjon og rekonstruksjon legger grunnlaget for et nytt system. Selv om usikkerheten er stor i denne fasen, har systemet igjen høy resiliens. (Davoudi, 2012)

Tilpasningssirkelen er godt egnet til å beskrive sykluser i de fleste naturlige økosystemer. Et eksempel er hvordan suksesjon og konkurranse raskt bygger opp et nytt vegetasjonssamfunn etter en forstyrrelse. På dette stadiet bidrar pionerplanter til å etablere viktige funksjoner som skygge og næringstilgang for andre arter samtidig som biomasse og næringsstoffer akkumuleres i økosystemet. Økosystemet er i vekstfasen.

Etter hvert som vegetasjonen skifter fra pionerplanter til en mer ensartet, voksen skogbestand, beveger økosystemet seg inn i bevaringsfasen. Lavere biologisk mangfold og mye tørr ved gjør skogen mer sårbar for ytre påvirkninger som brann, vind, tørke eller sykdommer.

Ødeleggelsesfasen inntreffer idet en brann eller annen ødeleggelse får systemet til å kollapse. Ofte frigjøres næringsstoffer og legger grunnlaget for at ny vegetasjon kan etablere seg. På denne måten skifter ødeleggelsesfasen raskt over i reorganiseringsfasen ved at frø fra pionerplanter utnytter næring- og lystilgangen til å spire. (Holling, 2001)

Panarchy

Sosio-økologiske systemer er mer komplekse enn naturlige økosystemer, og det er derfor mer nyttig å snakke om et nett av små og store tilpasningssirkler som virker sammen på ulike skalaer, i ulikt tidsperspektiv og med ulik hastighet (se figur 3.7). Denne fremstillingen kalles Panarchy og framhever hvordan de fire fasene r, K, Ω og α ikke nødvendigvis følger hverandre, men kan variere etter hvilke påvirkninger systemet utsettes for (Holling, 2001). Både for økologiske og sosio-økologiske systemer må tilpasningssirkelen forståes som en nyttig metafor for komplekse og sammenvevde systemer, ikke som en direkte, etterprøvbar modell (Carpenter m.fl., 2001).

Tilpasningssirkelen tydeliggjør hvordan resiliens kommer til uttrykk, ikke på tross av forstyrrelser, men på grunn av dem. Svakheter i et system avdekkes i møte med endringer og forstyrrelser, og gjør det mulig å finne mer resiliente løsninger gjennom reorganisering og innovasjon. Et godt eksempel er hvordan vulkanutbruddet fra Eyjafjallajökull i 2010 avdekket et sårbart transportsystem i Europa. Da flyene ble stående som følge av askeskyen fra utbruddet, ble mange forhindret fra å reise. I ettertid har det blitt opprettet mange tog- og bussforbindelser, og resultatet er et mer resilient system (Folke m.fl., 2010). Et annet eksempel er hvordan klimaendringene har trigget en utvikling av nye løsninger innen fornybar energi og tilpasningsstrategier.

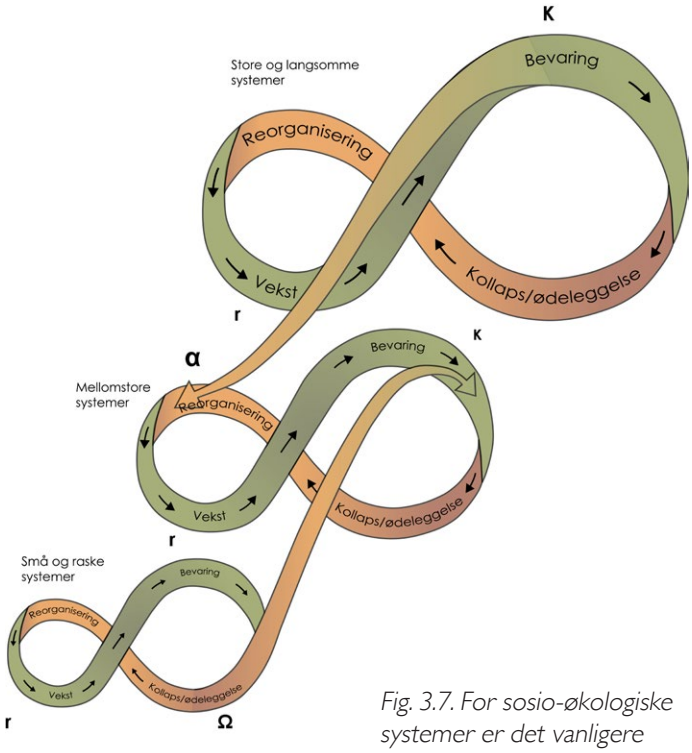


Fig. 3.7. For sosio-økologiske systemer er det vanligere å snakke om en rekke tilpasningssirkler som virker sammen. Gjengitt etter Holling, 2001, s. 398.

Tilpasning

I tillegg beskriver tilpasningssirkelen hvordan resiliens ikke er et fast resultat, men en konstant, skiftende prosess med iboende svingninger og usikkerhetsmomenter. Kontinuerlig justering av systemet er avgjørende for å kunne tilpasse oss både forutsette og uventede endringer (Folke m.fl., 2010). Mennesker kan påvirke sosio-økologiske systemers tilpasningskapasitet, og er således viktige for å bygge resiliens. I denne sammenhengen er *tilpasningsforvaltning* et sentralt begrep. Tilpasningsforvaltning bruker forvaltning som et middel til å lære om systemet. Gjennom eksperimentering og overvåkning kan man finne ut hvilke deler av et system som fungerer godt, og hvilke som fungerer dårlig. Fremtidige løsninger og vedlikehold kan dermed justeres i takt med at man tilegner seg kunnskap om systemet (Resilience Alliance, uten år, b). Dette kommer vi tilbake til på de neste sidene hvor vi definerer hva som skal til for å designe resiliente systemer for håndtering av mer ekstreme nedbørshendelser.

Transformasjon

Transformasjon henger tett sammen med tilpasningskapasitet, og beskriver hvordan systemer kan skifte fra én tilstand til en annen (Folke m.fl., 2010). Mens tilpasning dreier seg om små justeringer i takt med læring og innovasjon, representerer transformasjon en omlegging av grunnleggende strukturer eller funksjon for hele eller deler av systemet. Dette skjer i ødeleggelsesfasen, når ytre eller indre påvirkninger tvinger fram et nytt og mer resilient system. Dette kalles regimeskifte (Folke m.fl., 2010).

Spsifikk og generell resiliens

Folke m.fl. (2010) skiller mellom spesifikk og generell resiliens. Generell resiliens refererer til resiliens mot alle typer påvirkninger og forstyrrelser, fra terrorangrep og børskrakk til naturkatastrofer, trafikkulykker og degradering av økosystemer. Fordi resiliensteori tar utgangspunkt i at fremtiden er kaotisk, uoversiktlig og uforutsigbar, må man ta høyde for en uendelig rekke med tenkelige og utenkelige forstyrrelser.

Spesifikk resiliens derimot tar for seg utvalgte aspekter ved et system og fokuserer på bestemte kilder til forstyrrelser og påvirkninger. Man spør gjerne «Hva blir resilient? Mot hva?» (Carpenter m.fl., 2001). En fare med spesifikk resiliens er at den kan blir for snever og ensporet og dermed ignorer viktige forhold (Folke m.fl., 2010). Hvis man jobber med å øke resiliens bare for bestemte deler av et system, kan det lett føre til redusert resiliens på andre områder.

Vi mener likevel at det vil være hensiktsmessig å konkretisere resiliens med utgangspunkt i et bestemt tema. Resiliensteori kan fremstå som svært kompleks, og for at begrepet skal ha noe praktisk verdi, er man nødt til å snevre det inn til håndterbare formater. En tilnærming til begrepet gjennom et konkret tema kan også være en innfallsport til å jobbe med resiliens på andre områder senere.

Klimaresiliens

I denne oppgaven ser vi spesifikt på forstyrrelser og påvirkninger introdusert av klimaendringene. Dette kalles klimaresiliens og forståes som sosio-økologiske systemers evne til å absorbere forstyrrelser og opprettholde funksjon i møte med eksterne påvirkninger introdusert av klimaendringene (Tyler & Moench, 2012, s. 312). I motsetning til *klimatilpasning* som tar utgangspunkt i å unngå negative påvirkninger fra forventede klimatrusler, fokuserer klimaresiliens på hvordan man kan planlegge for uforutsette og sammensatte utfordringer. Når vi vet at de klimatiske forholdene vil bli stadig mer varierende og uforutsigbare, kan det være problematisk å bruke historiske klimadata til å planlegge løsninger for framtiden. Klimaresiliens tar derfor utgangspunkt i klimaframskrivninger for å identifisere mulige utfordringer, men anerkjenner at vi ikke kan forberede oss på alt. I stedet utnyttes forstyrrelser til å lære mer om svakheter ved systemet, og finne oppdaterte løsninger som fostrer læring og fleksibilitet. (Tyler & Moench, 2012)

I Norge utgjør intens nedbør og større totalnedbørsmengder den største klimatrusselen. Vi tar derfor utgangspunkt i håndtering av vann, gjennom åpen overvannshåndtering for å øke klimaresiliens i norske byer og tettsteder. På de neste sidene identifiserer vi funksjoner som er viktige for å øke klimaresiliens, både spesifikt for åpne overvannssystemer, men også hvordan håndtering av vann i dagen er et utgangspunkt til å bygge resiliens i møte med andre direkte og indirekte konsekvenser av klimaendringene. I diskusjonen kommer vi også tilbake til hvordan dette relaterer seg til en mer generell forståelse av klimaresiliens, og om prinsippene er overførbare med tanke på andre klimautfordringer. I tråd med bærekraftig overvannshåndtering foreslår vi prinsipper innenfor fysiske (tekniske), økologiske og sosiale funksjoner.

Prinsipper for resiliens - teknisk (fysisk)

I sitt «framework for urban climate resilience» foreslår Tyler og Moench tre prinsipper for å øke systemers resiliens rent fysisk. De tre er fleksibilitet og mangfold, restkapasitet og kontrollert svikt (Tyler & Moench, 2012). Flere andre resiliensteoretikere trekker også frem disse tre som essensielle prinsipper for å bygge resiliens (Ernstson m.fl., 2010; Leichenko, 2011).

Prinsippene nedenfor er i stor grad ivaretatt gjennom treleddstrategien for åpen overvannshåndtering og Exfloods tiltaksliste. Ved å bruke prinsippene, tydeliggjør vi hvorfor åpen overvannshåndtering er en mer resilient løsning enn avledning i rør og hvilke funksjoner som er særlig viktige for å øke klimaresiliens.

Fleksibilitet og mangfold

Fleksibilitet og mangfold refererer til systemets evne til å levere tjenester under skiftende forhold (Tyler & Moench, 2012). Økosystemer med stort artsmangfold er naturlig fleksible fordi en rekke arter fyller samme økologiske nisje. Hvis en art forsvinner er det fremdeles andre arter igjen til å opprettholde viktige prosesser og funksjoner i økosystemet. Mangfold er også fordelaktig under skiftende forhold, fordi det øker sannsynligheten for at det finnes en art som drar fordel av endringen og viderefører systemets prosesser og funksjoner. Hvis komponentene i et system er spredt over et større geografisk område, reduseres også sjansen for at en forstyrrelse påvirker flere eller alle delene av systemet. (Tyler & Moench, 2012)

Menneskeskapte systemer som ulike typer infrastruktur er ikke naturlig fleksible eller mangfoldige, men må planlegges på en måte som øker fleksibiliteten. Prinsippet om fleksibilitet og mangfold viser tydelig hvorfor åpen overvannshåndtering er en mer resilient løsning enn avledning i rør. Når det anvendes et større mangfold av tiltak fra renner og grøfter, grønne tak, regnbed og oversvømmingsarealer, øker sjansen for at systemet kan håndtere ulike nedbørsmengder, regnintensiteter og forurensningsstoffer i tillegg til uforutsette utfordringer. Dette er i tråd med treleddstrategien og tiltakslista fra Exflood. Større fleksibilitet oppnås også ved å spre tiltakene over hele prosjektområdet, eller implementere tiltak flere steder i nedbørsfeltet.

Restkapasitet

Restkapasitet refererer til et systems evne til å takle økt press eller etterspørsel i en beredskapssituasjon (Tyler & Moench, 2012). Dette betyr f.eks. at det må planlegges for flere mulige veier til samme destinasjon eller flere kilder for tilgang til samme vare. Prinsippet om restkapasitet legger også vekt på at et ekstraopplag av ressurser eller forsyninger kan fungere som en buffer i møte med uventede utfordringer (Tyler & Moench, 2012).

Med åpne overvannsløsninger har man større mulighet til å planlegge for restkapasitet enn for systemer bestående av rør under bakken. Rør har en gitt dimensjon og kan lett overbelastes i en flomsituasjon. Fordi ledningsnettet ligger nedgravet er det kostbart og ressurskrevende å oppgradere dimensjonen på rørene i takt med at klimaendringene bringer stadig mer intense regnskyll. Åpne overvannsløsninger bør designes så de kan håndtere store vannmengder, og ha restkapasitet i form av fordrøyningsmagasiner som kun utnyttes i flomsituasjoner. For at de enkelte tiltakene ikke skal framstå som overdimensjonerte bør det planlegges for en rekke fordrøynings- og infiltrasjonsområder fordelt over hele nedbørsfeltet. Dette henger tett sammen med prinsippet om fleksibilitet og mangfold. Prinsippet om restkapasitet er ivaretatt gjennom det andre leddet i treleddsstrategien: fordrøyning av store regnmengder.

Kontrollert svikt

Kontrollert svikt betyr at deler av et system kan overbelastes eller kollapse uten at det får konsekvenser for relaterte systemer eller andre deler av samme system. Ved forstyrrelser som overstiger systemets kapasitet må skadene minimeres og menneskers sikkerhet ivaretas. (Tyler & Moench, 2012)

For overvannssystemer innebærer prinsippet om kontrollert svikt at flomvann ledes til planlagte flomveier der det ikke rammer mennesker, bygninger eller infrastruktur. Kapasitetssvikt på avløpsnettet fører gjerne til store ødeleggelser fordi vannet strømmer tilbake gjennom rørene og rammer bebyggelsen. Særlig der kloakk og vann går i fellesledning blir konsekvensene av svikt store. Med åpne løsninger er det lettere å kontrollere hvor vannet renner når systemet overbelastes, og vannet kan ledes utenom viktige bygninger og infrastruktur. Dette prinsippet sikres i det tredje leddet i treleddstrategien: sikring av trygge flomveier.

Prinsipper for resiliens - økologisk

Menneskers fundamentale tilhørighet og avhengighet av økosystemer er et sentralt punkt innenfor sosio-økologisk resiliens. Et overordnet mål for å øke resiliens er derfor å ivareta sunne økosystemer (Ernstson m.fl., 2010). Eksempler fra byer verden over viser hvordan restaurering, bevaring og innføring av naturelementer demper de negative effektene av klimaendringene. I Sydney anslår myndighetene at temperaturen i byen kan senkes med to grader ved hjelp av 50% flere bytrær, og rundt San Fransisco Bay restaureres store våtmarksområder for å beskytte bygninger og infrastruktur mot havnivåstigning og kraftigere stormer (Connolly, 2017; South Bay Salt Pond Restoration Project, uten år). Utenfor New York benyttes østers til å skape en levende undervannsvegg som hindrer erosjon, renser vann og bidrar til å beskytte byen mot stormer, mens reetablering av mangroveskog har en liknende effekt for kystbyer i Asia (Coren, 2013; Spalding m.fl., 2014). Dette er bare noen av en rekke eksempler som illustrerer naturlige økosystemers betydning for klimaresiliens.

Økologiske funksjoner har stor betydning for åpne overvannsystemers resiliens i møte med ulike forstyrrelser. Bevaring og styrking av biologisk mangfold er essensielt for å ivareta arter som har en viktig rolle i overvannssystemet. Ulike planter har ulik kapasitet til å bremse og transpirere vann, rense forurensningsstoffer og forhindre erosjon. Et mangfold av arter sikrer dermed større fleksibilitet i møte med uforutsette utfordringer som utslipp av kjemikalier, sur nedbør, store nedbørshendelser eller unaturlig lange tørkeperioder. Biologisk mangfold er dermed nøkkelen til å opprettholde overvannsystemers funksjon over tid.

Eksemplene ovenfor viser at sunne økosystemer er viktig også i møte med andre klimautfordringer, som havnivåstigning, stormer og ekstreme temperaturer. Bevaring av arter som ikke har noen direkte funksjon i det åpne overvannssystemet, er dermed et sentralt mål for å øke byers klimaresiliens. På denne måten opprettholder vi også et bredt spekter av andre økosystemtjenester som mennesker er avhengige av.

Prinsipper for resileins - sosialt

Sosio-økologisk resiliens avhenger ikke bare av robuste og fleksible strukturer og økosystemer, men også av menneskene og institusjonene som påvirker og utnytter systemet. Sosial kapital, læring, innovasjon, samhold og samarbeid er viktige elementer som sørger for at systemets tilpasningskapasitet ivaretas og forbedres over tid. Kunnskap og læring gjør også mennesker mindre sårbare for klimarelaterte utfordringer fordi de kjenner farene og kan respondere raskere i en ekstrem situasjon (Tyler & Moench, 2012; Tompkins & Adger, 2004).

I denne oppgaven har vi identifisert to viktige sosiale funksjoner som bidrar til økt klimaresiliens. Den første er *tilpasningsforvaltning* som har som mål å fange opp og forbedre svakheter ved åpne overvannssystemer, mens den andre er *å forsterke forholdet mellom mennesker og økosystemene som omgir dem*. Tilpasningsforvaltning har hovedsakelig med overvannssystemers funksjon å gjøre, mens det siste også relaterer seg til andre direkte og indirekte konsekvenser av klimaendringene.

Tilpasningsforvaltning

Tilpasningssirkelen synliggjør hvordan resiliens ikke er et bestemt, fiksert resultat men en konstant tilpasningsprosess (Folke m.fl., 2010). Endringer, påvirkninger og forstyrrelser vil til enhver tid avdekke svakheter ved et system og bidrar i sin tur til utvikling av nye og mer resiliente løsninger. Menneskers evne til læring og innovasjon avgjør ofte sosio-økologiske systemers tilpasningskapasitet i møte med ulike påvirkninger (Tyler & Moench, 2012).

I oppgaven brukes tilpasningsforvaltning for å sørge for at overvannssystemers funksjon vedlikeholdes og forsterkes over tid. Dette innebærer et samarbeid mellom prosjekterende landskapsarkitekt og de som har ansvaret for skjøtsel og drift av overvannsanleggene. Lokale organisasjoner, skoler, barnehager og innbyggere bør også involveres i forvaltningen. Vedlikeholdsarbeidet vil avdekke hvilke overvannstiltak som er godt tilpasset ulike utfordringer, og hvilke som bør erstattes eller utformes annerledes. På denne måten kan man bruke eksisterende anlegg til å «forske på» løsninger som fremmer klimaresiliens. Kunnskapen kan bidra både til å oppdatere løsningene i det aktuelle anlegget, men også videreutvikle verktøykassa (del 5) så kunnskapen blir med videre til andre prosjekter. Dette kommer vi tilbake til i verktøykassa.

Forsterke forholdet mellom mennesker og økosystemer

Sosio-økologisk resiliens legger særlig vekt på menneskers fundamentale tilhørighet og avhengighet av naturlige økosystemer (Ernstson m.fl., 2010). I Norge utnytter vi mange økosystemer som vi ikke har noe forhold eller kjennskap til. F.eks. dyrkes mye av maten vi spiser i andre land og verdensdeler, klær og elektronikk produseres hovedsakelig i Asia og de tilhørende miljøbelastningene rammer økosystemer vi ikke kan se. Stor grad av import gjør oss svært sårbare for forstyrrelser som rammer transport eller produksjon av varer i andre land. I framtiden kan vi forvente flere klimarelaterte forstyrrelser som tørke, flom og ekstremvær som hindrer import av essensielle goder. Et eksempel er hvordan oversvømmelse i Bangkok i 2011 førte til at prisen på harddisker gikk opp med 100% og Thailand som er en verdensledende risprodusent mistet en fjerdedel av den årlige produksjonen (Georama TV Productions, 2015). Dette relaterer seg mest til de indirekte effektene av klimaendringer.

For å øke resiliens i møte med klimarelaterte utfordringer, søker vi derfor å trekke fram og forsterke menneskers forhold til økosystemene som omgir dem. Basert på dette tar vi sikte på å tilrettelegge for økosystemer som mennesker *lærer av, verdsetter* og *utnytter*.

I denne sammenhengen innebærer *læring* at mennesker tilegner seg kunnskap om farene ved oversvømmelser og flom. På denne måten blir innbyggerne mindre sårbare i møte med oversvømmelser fordi de vet hvordan de kan unngå skade på eiendeler og eiendom (Tyler & Moench, 2012). Læring om det hydrologiske kretsløpet, grøntområders flomdempende effekt og historiske flomhendelser bidrar til denne forståelsen. Andre ideer som kan kommuniseres er planters rensende effekt, vanlige og sjeldne arter, vann som ressurs eller grøntstrukturens flerfunksjonelle rolle. Dette øker forståelsen av økosystemers betydning for menneskers liv og helse. Begrepet økosystemtjenester brukes for å fremheve menneskers avhengighet til sunne økosystemer. Vi kommer tilbake til dette senere i teoridelen.

Verdsetting kan bidra ytterligere til å styrke båndet mellom mennesker og økosystemene som omgir dem og relaterer seg til estetikk, opplevelser og rekreasjon. I sin artikkel «Sustaining Beauty» beskriver Meyer hvordan design kan gjøre mennesker klar over hvilken effekt de har på miljøet og påvirke dem til å gjøre endringer. Når mennesker samhandler med omgivelsene sine i større grad, fører det til økt forståelse, respekt og interesse for naturlige systemer, og kan dermed bidra til at folk tar mer miljøbevisste hverdagsvalg. På denne måten kan åpne overvannsløsninger ha effekter som er mye større enn den umiddelbare påvirkningen på det lokale økosystemet eller nedbørsfeltet (Meyer, 2008).

På bakgrunn av dette utforsker vi hvordan det kan legges til rette for opplevelser, estetikk og rekreasjon tilknyttet åpne overvannsanlegg. Dette kan i sin tur gjøre at mennesker i større grad verdsetter åpne overvannssystemer som nyttige og viktige.

Utnytting innebærer at mennesker benytter seg av de omkringliggende økosystemene til å skaffe essensielle tjenester som mat og rent vann. Dette kan øke forståelsen og fokuset på de mange tjenestene vi får av grøntområder og natur. Utnytting av de lokale økosystemene til for eksempel matproduksjon øker også resiliens fordi vi blir mindre sårbare for klimarelaterte forstyrrelser som rammer import og transport (Tyler & Moench, 2012).

Fig. 3.8. Urban dyrking styrker forholdet mellom mennesker og økosystemer. Her fra Losæter i Oslo.

Oppsummering

Bærekraftig overvannshåndtering avhenger både av tekniske (fysiske), økologiske og sosiale faktorer. Vi har brukt resiliens til å identifisere prinsipper innenfor hver av de tre. Sammen med Exfloods tiltaksliste for håndtering av overvann, er prinsippene grunnlaget for utvikling av verktøykassa i del 5. Oppsummert er disse prinsippene avgjørende for økt klimaresiliens med utgangspunkt i bærekraftig overvannshåndtering:

Teknisk (fysisk)

- Mange ulike overvannstiltak spredt over et større geografisk område, både på prosjektområdet og i nedbørsfeltet.
- Overvannstiltakene har kapasitet til å ta av for store flommengder, også hvis enkelte av tiltakene rammes av kapasitetssvikt.
- Når overvannssystemet overbelastes ledes vannet til trygge flomveier der det gjør minst mulig skade på bygninger og infrastruktur.

Disse prinsippene sikres i stor grad ved bruk av treleddstrategien og Exfloods tiltaksliste.

Økologisk

- Bevaring og styrking av biologisk mangfold. Dette gjelder arter som direkte gjør åpne overvannssystemer mer fleksible, men også arter som ikke har noen direkte funksjon i overvannssystemet. Disse øker resiliens i møte med andre og ukjente utfordringer.

Sosialt

- Konstant oppdatering av prinsipper i verktøykasse og løsninger i anlegg i takt med forstyrrelser, endringer og påvirkninger gjennom tilpasningsforvaltning. Dette innebærer at lokale organisasjoner, skoler, barnehager og innbyggere involveres i forvaltningen.
- Styrke forholdet mellom mennesker og økosystemene som omgir dem for å tydeliggjøre og forsterke vår fundamentale avhengighet av sunne økosystemer.

Fra omega til alfa - en transformasjon

Ødeleggelsesfasen (Ω) i tilpasningssirkelen representerer en mulighet til å endre grunnleggende struktur eller funksjon til et nytt og mer resilient system (Folke m.fl., 2010). Med tanke på systemer for overvannshåndtering kan man på mange måter si at vi befinner oss i Ω-fasen. Etter hvert som flere bekker har blitt lagt i rør og klimaendringene har gitt større regnhendelser, har systemet beveget seg fra r til K og gradvis blitt mindre resilient. Effektene ser vi i form av oversvømmelser og skadeflommer som koster samfunnet mange 100 millioner hvert år (NOU 2015:16). I møte med disse utfordringene er det avgjørende at vi finner mer resiliente løsninger for håndtering av overvann.

Prinsippene ovenfor tydeliggjør hvorfor åpen overvannshåndtering er et mer resilient system enn avledning i rør. Ved å bruke resiliensprinsippene til å utvikle fleksible, robuste og tilpasningsdyktige overvannssystemer som styrker det biologiske mangfoldet og som mennesker lærer av, verdsetter og utnytter, kan vi gjøre norske byer og tettsteder mindre sårbare i møte med intens nedbør og andre klimautfordringer. En transformasjon fra avledning i rør til åpen overvannshåndtering basert på resiliensprinsipper sikrer at fremtidige forstyrrelser og endringer ikke dytter systemet ut av balanse. Med kontinuerlige justeringer, oppdateres verktøykassa i takt med at nye endringer og påvirkninger avdekker svakheter ved løsningene. Etter hvert som man lærer hvilke deler som fungerer godt og ikke, kan man utvikle nye versjoner og løsninger. Vi tror at et mer resilient overvannssystem kan redusere «fallhøyden» i tilpasningssirkelen så vi får en modell som ser mer ut som figuren under.

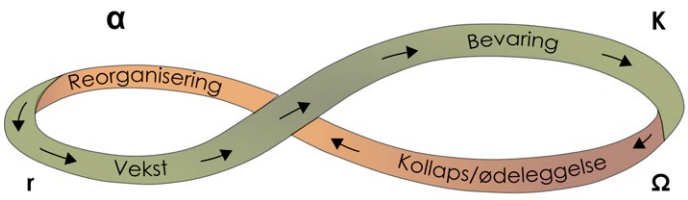


Fig. 3.9. Den nye tilpasningssirkelen har slakere buer fordi transformasjon til et mer resilient system forhindrer fremtidige omveltninger.

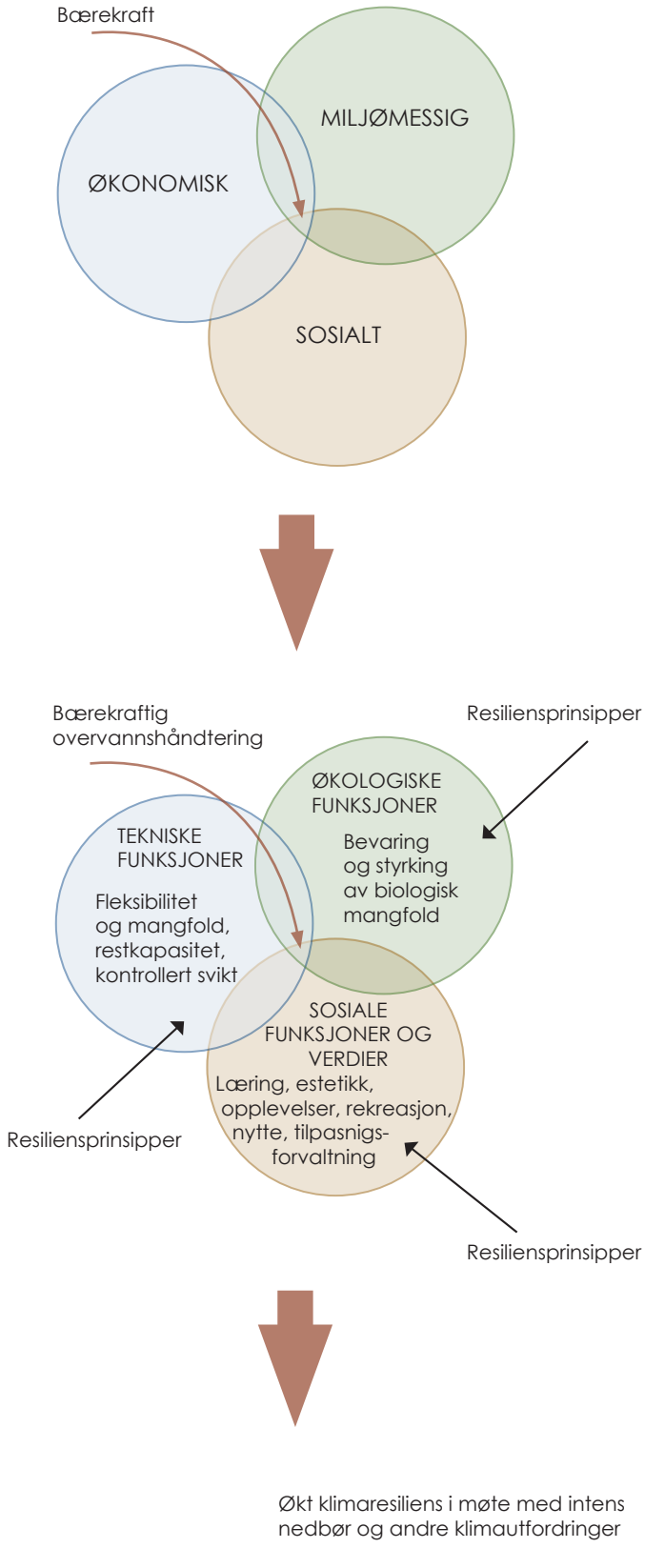
Resiliens - nøkkelen til bærekraft

Ved hjelp av resiliensteori har vi kommet fram til prinsipper for økt klimaresiliens med utgangspunkt i bærekraftig overvannshåndtering. Dette bidrar i sin tur til å fylle de tre bærekraft-sirklene med mening og utvikle et verktøy som fremmer bærekraftig overvannshåndtering, i den forstand at systemet opprettholder den tiltenkte funksjonen over tid. Dette er en måte å operasjonalisere bærekraft gjennom resiliens. Resultatet er økt klimaresiliens, se figur 3.10.

Resiliens synliggjør behovet for sunne økosystemer som mennesker lærer av, verdsetter og utnytter. Samtidig tilføres en ny dimensjon gjennom tilpasningsforvaltning. Denne prosesstenkingen gjør at det konstant må jobbes for å finne nye og bedre løsninger. Tilpasningsforvaltning krever også større grad av samarbeid mellom profesjoner og med menneskene som oppholder seg i og utnytter anleggene til daglig. I et komplekst sosio-økologisk system fører nye endringer og forstyrrelser til en konstant og evigvarende tilpasningsprosess.

Noen av de beskrevne prinsippene øker ikke resiliens kun i møte med intense nedbørshendelser og flom. Bevaring og styrking av biologisk mangfold, og styrking av forholdet mellom mennesker og økosystemer er prinsipper som øker byer og tettsteders klimaresiliens på et mer overordnet nivå. Eksempelvis kan bevaring av biologisk mangfold redusere faren for ras, erosjon og ekstreme temperaturer som er direkte konsekvenser av klimaendringene. Når mennesker har kunnskap om og utnytter lokale økosystemer er de også mindre sårbare for indirekte effekter av klimaendringene, som transport- og importrelaterte forstyrrelser.

Gjennom klimaresiliens, blir norske byer og tettsteder mindre sårbare i møte med ulike klimautfordringer. Dette viser hvordan resiliens er prosessen som gjør det mulig å ivareta systemers funksjon i møte med ulike endringer og forstyrrelser som kommer til uttrykk over tid. Dette er grunnlaget for å ivareta ressurser vi mennesker er avhengig av, i en tid preget av mange usikkerhetsmomenter. Resiliens er dermed nøkkelen til en bærekraftig utvikling.



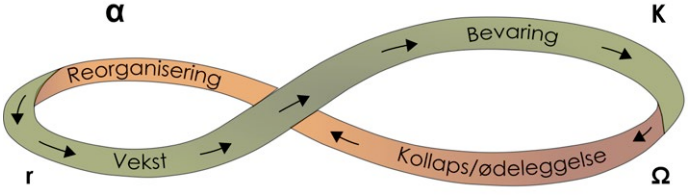


Fig. 3.10. Bærekraftig overvannshåndtering er basert på prinsipper for resiliens. Dette gir økt klimaresiliens i møte med intens nedbør og andre klimautfordringer.

ØKOSYSTEMTJENESTER

«Et økosystem er et dynamisk kompleks av planter, dyr og mikroorganismer, samt uorganiske komponenter som samhandler i en fungerende enhet» (Millennium Ecosystem Assessment, 2005). Økosystemer produserer tjenester som vi mennesker er avhengige av. Dette kalles økosystemtjenester og appellerer til hvordan økosystemer fremmer goder for mennesker og samfunn. Noen tjenester er enkle å forholde seg til, som for eksempel matproduksjon og byggematerialer, mens andre tjenester som rensing av vann og luft, er mer abstrakte. Opprettholdelse av økosystemtjenester i møte med endringer og påvirkninger er et mål både innenfor bærekraft og resiliens (Ernstson m.fl., 2010). I møte med klimaendringene har økosystemenes evne til å dempe flom og ekstreme temperaturer fått økt betydning, men like viktig er det å ivareta andre tjenester som ren luft og vann, karbonlagring og pollinering.

Fig. 3.11. Tjenestene vi får fra økosystemer deles i fire kategorier.

I FNs rapport fra 2005 «Ecosystems and human well-being» deles økosystemtjenestene inn i fire kategorier: *forsynende tjenester*, *regulerende tjenester*, *kulturelle tjenester* og *støttende tjenester*. Disse kategoriene har senere blitt videreutviklet, omformulert og diskutert, men er i dag anerkjente innen mange ulike fagfelt. I byutviklingsstrategier og planprosesser brukes begrepet som en alternativ måte å presentere grønnstrukturens verdier og funksjoner på. Et eksempel på dette er Malmø kommune hvor økosystemtjenester brukes som en strategi i byutviklingen (Forelesning av Lidgren, 18.01.17. MEST-MalmøEkoSystemTjenester).

Forsynende tjenester er konkrete goder som kan brukes direkte. Eksempler er mat, medisiner og tømmer.

Regulerende tjenester viser til nytten vi har av økosystemers regulerende prosesser. Eksempler på dette er flomdemping, rensing av luft og vann, erosjonssikring og pollinering.

Kulturelle tjenester viser til hvordan naturen spiller en viktig rolle for menneskers opplevelser, læring og tilhørighet.

Støttende tjenester er de grunnleggende funksjonene i økosystemene som er nødvendige for andre økosystemtjenester. Eksempler på dette er jorddannelse, resirkulering av næringsstoffer og primærproduksjon

Fig. 3.12 - 3.15.

(Millennium Ecosystem Assessment, 2005; NOU 2013:10).

Muligheter og utfordringer

Begrepet økosystemtjenester har blitt kritisert for kun å vektlegge naturens økonomiske verdi. Dette fremstiller økosystemtjenester som en vare som kan kjøpes og selges på det frie markedet, og neglisjerer naturens egenverdi (NOU 2013:10).

Om man anerkjenner at naturen har verdi i seg selv, kan økosystemtjenester brukes som begrep for å fremheve menneskers avhengighet av sunne økosystemer. I denne oppgaven brukes økosystemtjenester som et tilleggsargument for å vise fram den blågrønne strukturens betydning og funksjon i byen. Et fokus på de konkrete og uerstattelige tjenestene grøntområder byr på kan føre til bedre miljøforvaltning og større vilje til å bevare og forbedre byens grønne lunger (NOU 2013:10).

Fig. 3.16. Økosystemtjenester kan være et vanskelig begrep. Hvilken prislapp setter vi på fuglesang eller møter med ville dyr?

Del 4 - Referanseprosjekter

Hva kan vi lære av eksisterende anlegg?

I denne delen studerer vi eksisterende overvannsprosjekter for å lære av utfordringer og suksessmomenter. De prosjektene som presenteres her er et utvalg av en rekke eksempler på anlegg som har inspirert oss på ulike måter. Vi har valgt å gå i dybden på seks prosjekter i inn- og utland for å undersøke grundigere hva som må til for å planlegge, implementere og vedlikeholde åpne overvannsanlegg. Anleggene har også gitt oss mer kunnskap og forståelse for andre aspekter relatert til klimaresiliens, som bevaring og styrking av biologisk mangfold samt læring og opplevelser knyttet til overvannselementene. Vi har sett til Seattle og Portland i USA fordi disse byene har lang erfaring og en helhetlig tilnærming til åpen overvannshåndtering. Prosjekter i Malmø ligger tettere på den norske konteksten vi jobber i, og eksempler fra Norge viser hvilken rolle åpen overvannshåndtering har her i landet.

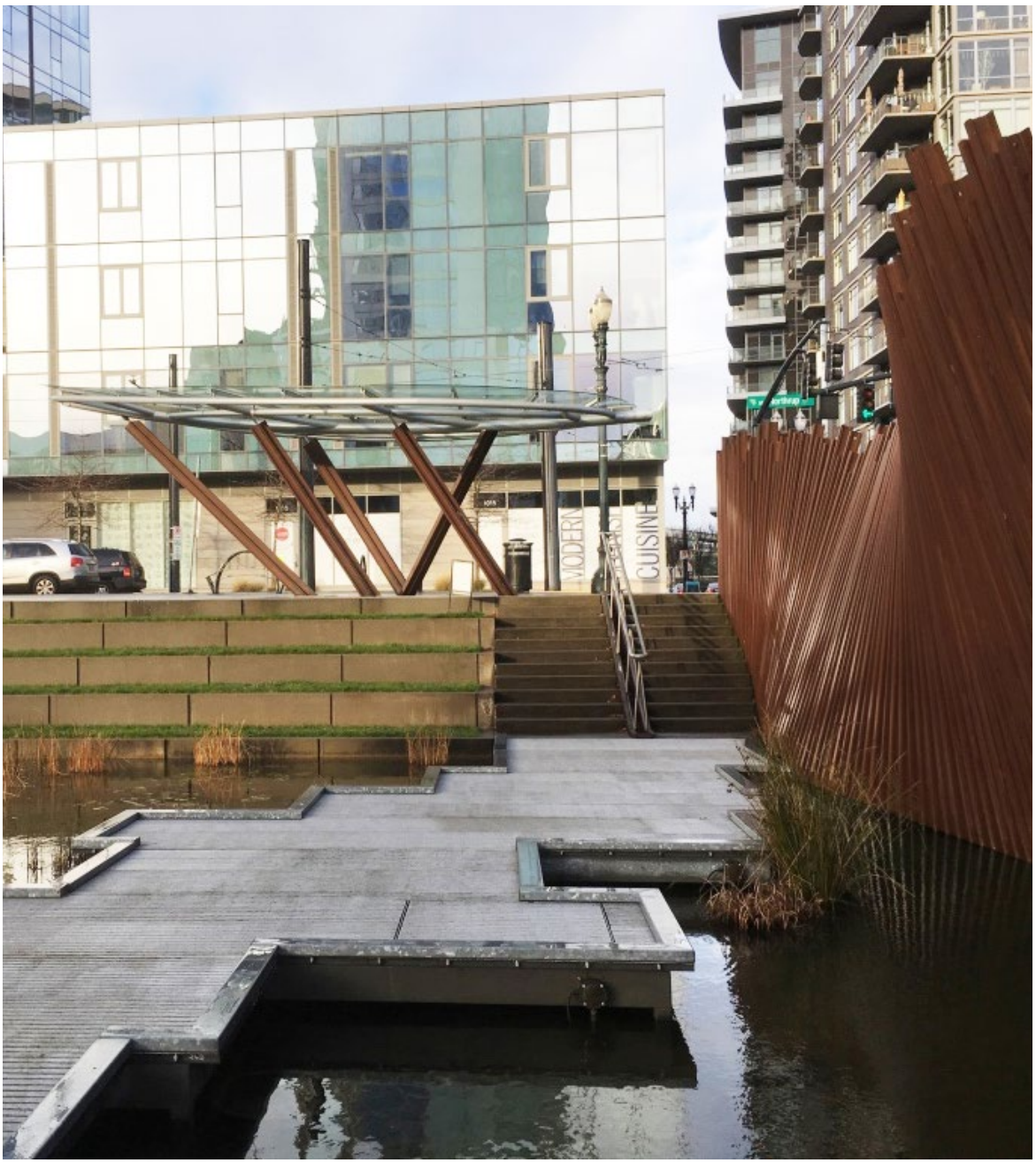


Fig. 4.1. Tanner Springs Park, Portland.

Seattle og Portland (USA)

Byene Seattle (WA) og Portland (OR) ligger i de nordlige statene langs USAs vestkyst. Området er kjent for mye nedbør, og byene har hatt et stort fokus på overvannshåndtering siden tidlig på 1990-tallet. Utvikling av et helhetlig overvannsystem har gjort gatene i byen grønnere, og det har samtidig vært et sterkt fokus på å bruke stedegne arter og naturtyper i denne utviklingen. Det finnes derfor mange eksempler på store og små prosjekter der overvannshåndtering brukes som en ressurs i lokalsamfunnet.

Portland

I Portland har kommunen laget en egen manual for overvannshåndtering, "Stormwater Management Manual" (City of Portland, 2016). Manualen gir veiledning om overvannshåndtering for større prosjekter i offentlig sektor som parkområder, vassdrag, elvemunninger og våtmarker, men også overvannstiltak og designprinsipper for prosjekter i mindre skala. Det stilles krav til at alle utviklings-, utbyggings -og reguleringsarbeid må forholde seg til manualen både i privat og offentlig sektor. Kravet om overvannshåndtering på et overordnet nivå har gjort at en rekke nytenkende prosjekter med fokus på overvannshåndtering har vokst frem i byen. Flere private prosjekter med grønne tak, vegger, regnbed og frakopling av takrenner viser nye, spennende måter å utforme omgivelsene på, med vann som et sentralt tema.

Fig. 4.2. Flere forretninger i Portland utnytter takvann til å skape små hager og frodige beplantninger rundt inngangpartier og på vegger.

«Grønn gate» er et prosjekt som har som mål å håndtere regnvann der det faller. Dette har gitt en rekke grønne innslag i gatene i Portland. (City of Portland, Environmental Services, 2017) Overvann fra veier og gater ledes til vegeterte forsenkninger hvor våtmarksvegetasjon filtrerer og holder vannet tilbake. Forsenkningene gir effektiv overvannshåndtering og bidrar i tillegg som estetisk element og til å forsterke forbindelser i grønnstrukturen. Andre fordeler av «grønn gate»-prosjektet inkluderer tryggere gang- og sykkelforbindelser, redusert belastning på avløpsnettet, forbedret mikroklima og bedre gatemiljø som gagner næring og kafeer på gateplan.

Årsnedbøren i Portland (940 mm) er omtrent den samme som normalen for mange norske byer, inkludert Oslo, Stavanger, Trondheim, Bodø og Tromsø (City of Portland, Environmental Services, 2004; Statistisk sentralbyrå, 2013). Dette viser at vi kan utarbeide liknende strategier for å håndtere overvann i mange norske byer. Tiltak spredt over hele nedbørsfeltet der man tar i bruk naturlig rensing, infiltrasjon og fordrøyning er viktige stikkord.

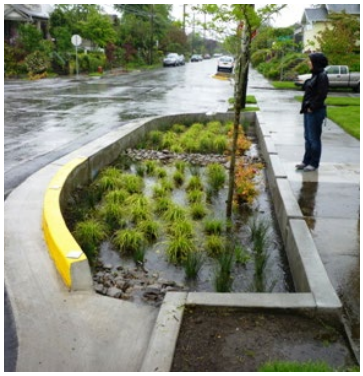


Fig. 4.3 og 4.4. Gjennom "Grønn gate"-prosjektet har mange gater og plasser i Portland fått nedsenkede vegetasjonsfelt, der våtmarksvegetasjon er etablert for å håntere overvannet i området.

Seattle

I Seattle har flere boligområder rustet opp uteområdene sine ved hjelp av åpen overvannshåndtering. I hager og parker er det etablert regnbed med stor variasjon i arter og sjikting, og vegeterte grøfter er anlagt mellom boliger og vei (Rottle & Yocom, 2010). Disse nye fordrøyningsområdene samler, infiltrer og renser vann fra veier og harde flater og bidrar samtidig til bedre gatemiljø og som spredningskorridor og habitat for biologisk mangfold.

Nabolaget «High Point» er et eksempel på et boligområde som har innført en helhetlig tilnærming til åpen overvannshåndtering. Frakopling av takrenner fra avløpsnettet har gitt grunnlag for regnbed i mange privathager og langs alle veier er det etablert vegeterte grøfter. I de offentlige parkene finnes nedsenkede områder med en variasjon i sjikting og arter. (Rottle & Yocom, 2010)

Også i Seattle er bevaring og styrking av biologisk mangfold et viktig fokus. Gjennom transformasjonen av havnefronten fra industri til park- og rekreasjonsområde er det planlagt for en rekke prosjekter der økologi og stedegne naturtyper er et sentralt tema. Dette er fokuset for Olympic Sculpture Park som ligger sentralt i byen. De fire naturtypene våtmark, løvskog, blomstereng og strandvegetasjon gir ulike opplevelser og inntrykk for besøkende, og skaper samtidig leveområder for lokalt tilhørende arter. (Rottle & Yocom, 2010)

I Seattle Olympic Sculpture Park lager de rette linjene en fin kontrast til den naturlike vegetasjonen. Denne typen anlegg er likevel avhengig av mye skjøtsel for at ikke vegetasjonen skal oppfattes som overgrodd og utrygg.

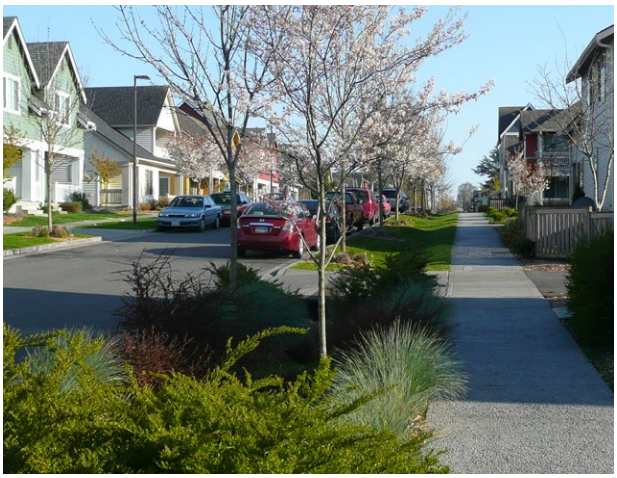


Fig. 4.5. Vegerterte grøfter i nabolanget "High Point".

Fig. 4.6. På stranden i "Olympic Sculpture Park" er det etablert vegetasjon i vannet for å skape leveområder for laks, og gamle trestokker er bevart og plassert ut som insektshabitat.

Fig. 4.7. ↑Olympic Sculpture går fra havnefronten, over togskinner og bilvei og videre inn mot sentrum. På denne måten tilgjeneliggjøres havna for publikum.

Fig. 4.8. →Skulpturer er plassert sammen med naturtypene i parken.

Tanner Springs Park - Portland

Tanner Springs Park ligger i hjertet av Portland sentrum. Den nedsenkede parken fordrøyer vann fra de omkringliggende områdene og fungerer som en grønn lunge i et ellers svært urbant område.

Parken ligger i et tidligere våtmarksområde langs elven Columbia River. Prosjektets mål har vært å restaurere historisk habitat, med fokus på våtmarksplanter og stedegen engvegetasjon. Dette for å tilrettelegge for økt biologisk mangfold, men samtidig formidle stedets historiske kontekst. Andre viktige elementer i parken er gjenbruk av materialer fra området. Tidligere gikk jernbanen gjennom området, og i den sørlige delen av parken finnes en stålkonstruksjon som er sammensatt av gamle jernbaneskinner. (Personlig kommunikasjon m/ Kristina Hill, 10.2015)

I tillegg til å være habitat for stedegne arter, har våtmarksvegetasjonen en viktig renseeffekt på overvannet som ledes hit. En kombinasjon av vegetasjon og mikroorganismer i jorda renser vannet i selve parken før det pumpes gjennom et UV-filter under bakken (Landscape Architecture Network, 2015). Videre pumpes vannet tilbake i parken og ledes gjennom systemet igjen. På denne måten blir vannet behandlet flere ganger.

Tanner Springs Park viser at rensing av overvann kan forenes med rekreasjon og bevaring av biologisk mangfold, selv i en svært urban kontekst. Gjennom forklarende skilt og gangveier har publikum muligheten til å lære om våtmarkas historiske tilhørighet til området og de naturlige renseprosessene som de kan komme tett på og observere. (Rottle & Yocom, 2010; Personlig kommunikasjon m/ Kristina Hill, 10.2015)

Den gode vannkvaliteten i Tanner Springs park skyldes bruk av pumpe med UV-filter som dreper mikroorganismer i vannet. Dette kan tyde på at naturlige rensemetoder ikke er tilstrekkelig for å rense overvann i noen urbane settinger. Vi stiller oss kritiske til bruken av UV-filter. Mikroorganismer er viktige i naturlige renseprosesser, og når disse fjernes reduseres sjansene for at det naturlige rensesystemet kan ta opp og fjerne forurensningsstoffer.

Fig. 4.9 - 4.11. I Tanner Springs Park er det etablert våtmark i en svært urban kontekst. Besøkende inviteres til å bevege seg gjennom vegetasjonen og lære om våtmarkas flomdempende og rensende effekt.

Thornton Creek - Seattle

Thornton Creek er et anlegg nord i Seattle hvor en tidligere parkeringsplass har blitt transformert til boligområde. Prosjektet gjorde det mulig å åpne en eksisterende bekk som i dag renner gjennom området i en dyp forsenkning. Bekken har svært varierende vannføring gjennom årstidene, med lite vann i sommerhalvåret, og stor vannføring gjennom vinteren. Stedegen vegetasjon er plantet på ulike nivåer basert på artenes tåleevne. (Personlig kommunikasjon m/ Kristina Hill, 10.2015).

Fordi bekken renner i en forsenking sammenliknet med områdene rundt, kan anlegget fordrøye store vannmengder i en flomsituasjon. Prosjektet har også hatt som mål både å bruke og å vise fram naturlige rensemetoder. (Personlig kommunikasjon m/ Kristina Hill, 10.2015). Avrenning fra området ledes gjennom flere sedimentasjonsbassenger som er demmet opp ved hjelp av terskler. Tersklene og vegetasjonen bidrar til å senke tempoet på vannet så sedimenter får tid til å synke til bunns i bassengene samtidig som plantene tar opp og bryter ned forurensning -og næringsstoffer.

Thornton creek har blitt et populært turområde for folk i nabolaget. Flere skilt gir informasjon om naturlig rensing og tips til hvordan enkeltpersoner kan anlegge egne overvannstiltak eller redusere forurensende utslipp. På denne måten får anlegget en større betydning enn de umiddelbare renseeffektene på stedet. Dette viser at selv små tiltak kan ha en større effekt ved å påvirke folks vaner og forståelse for de naturlige systemene som omgir dem (Rottle & Yocom, 2010; Personlig kommunikasjon m/ Kristina Hill, 10.2015)

Når vannet håndteres i en forsenkning som i Thornton Creek, kan søppel og andre gjenstander lett samle seg på bunnen. Denne typen anlegg krever stor grad av skjøtsel for å opprettholde det frodige og innbydende uttrykket.

Fig. 4.12 - 4.13. Skilt langs bekken gir informasjon om forurensing og de naturlige renseprosessene i Thornton Creek.

Kunnskap vi tar med oss fra Seattle og Portland

- Strategier for overvanntiltak der det offentlige og private samarbeider gir gode forutsetninger for en helhetlig overvannshåndtering. Krav og løsninger kan beskrives i overordnede føringer eller manualer.
- Selv svært små områder kan ha stor betydning for overvannshåndtering, rensing, biologisk mangfold og mennesker i den tette byen.
- Komplekse naturlige renseprosesser kan anlegges selv i en urban kontekst med lite vann.
- Hvordan man presenterer våtmarksvegetasjon og rensegrøfter har mye å si for menneskers opplevelse av stedet. Forklarende skilt, tydelig design og kunstneriske innslag viser at det "rufsete" vegetasjonsuttrykket er en del av en økologisk viktig prosess.
- Åpen overvannshåndtering kan gi boligområder en helhetlig og styrket identitet.
- Restaurering av stedegne naturtyper har kulturell verdi fordi det formidler stedets historiske kontekst. Samtidig skapes habitat for truede arter.
- Stier og gangveier gjennom, langs og på tvers av forskjellig vegetasjon gir varierte opplevelser.

Malmø

I Malmø har de lang erfaring med åpen overvannshåndtering. De første tiltakene ble implementert allerede på 80-tallet, og i dag bidrar et nettverk av fordrøynings- og rensedammer, grøfter, renner og infiltrasjonsarealer til et helhetlig og velfungerende system for håndtering av overvann (Stahre, 2008). En bærekraftig tilnærming gjør at sosiale, økologiske og tekniske forhold behandles parallelt i prosjektene, noe som har vist seg å være avgjørende for en vellykket transformasjon fra rør til åpne løsninger. Gjennom 30 års arbeid med åpen overvannshåndtering har Malmø kunnet lære om utfordringer og muligheter med vedlikehold, implementering og ulike tiltak. I løpet av denne perioden har teknikken utviklet seg fra enkelttiltak som lommevåtmark og fordrøyningsdammer til helhetlige og flerfunksjonelle «økokorridorer» som i større grad integrerer ulike hensyn (Stahre, 2008).

Vi har valgt å studere to prosjekter i Malmø for å gå i dybden på suksessfaktorer og utfordringer. Fordi Malmø har liknende klima og kultur som mange norske byer, er kunnskapen i stor grad overførbar. Vi ser også til Malmø på grunn av byens integrerte tilnærming til sosiale, økologiske og tekniske forhold kombinert med lang erfaring innen åpen overvannshåndtering.

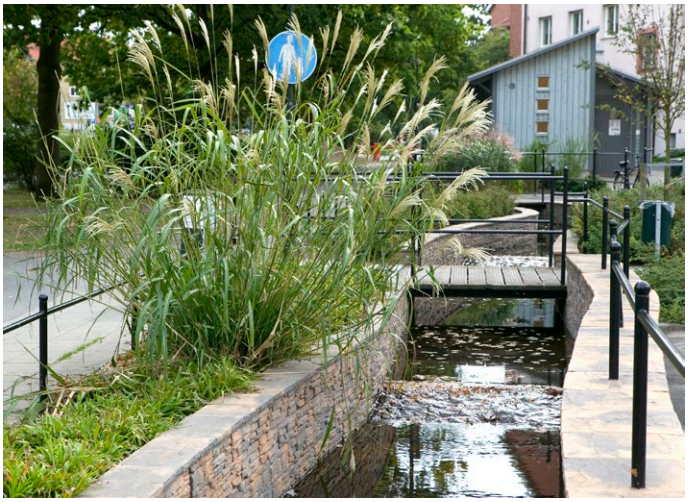


Fig. 4.14 og 4.15. En rekke ulike overvannstiltak gir høy estetisk kvalitet og bidrar til å bygge Augustenborgs identitet som økoby.

Augustenborg

Augustenborg er et boligområde i Malmø fra 1950-tallet bestående av lavblokker på tre til seks etasjer. Området er på ca. 20 hektar med rundt 3000 innbyggere, skole og offentlig park. En mer moderne livsstil på 1970-tallet gjorde at folk flyttet fra Augustenborg samtidig som kapasitetssvikt på avløpsnettet ga kjelleroversvømmelser og kloakkutslipp. Som respons på problemene, utviklet boligselskapet MKB og Malmø by konseptet «Ecostaden Augustenborg». Fokuset var å transformere Augustenborg til et økonomisk, økologisk og sosialt bærekraftig område, med et helhetlig system for åpen overvannshåndtering som en sentral del av løsningen (Stahre, 2008).

I prosjektet presenteres og brukes infiltrasjon, fordrøyning og flomveier på samme måte som i treleddstrategien, men uten at man kaller metoden noe spesielt. Grønne tak, permeable dekker på parkeringsplasser og flere vegetasjonskledte områder gir bedre infiltrasjon, mens en rekke dammer og nedsenkede områder har ekstra fordrøyningsvolum i en flomsituasjon. Kanaler, grøfter og forsenkninger leder vannet gjennom området både i tørrvær og flom. Dette gir både fleksibilitet og restkapasitet i møte med intense nedbørshendelser og andre forstyrrelser.

En del av prosjektet er en botanisk takhage hvor man viser fram teknikker for grønne tak i Skandinavia. Samtidig brukes det 9500 m^2 store taket til å forske på hvordan ulike helninger, jordsmonn og plantesamfunn fungerer på tak, også i kombinasjon med solceller, fuglekasser og insektliv. Scandinavian Green Roof Institute driver forskningen som har som mål å stimulere til økt bruk av grønne tak i Skandinavia. Kunnskapen deles på hjemmesiden deres og gjennom turer, seminarer og workshoper. Dette gir besøkende økt forståelse for grønne taks betydning, både som flomtiltak og habitatområde for fugl og insekter. Gjennomsnittlig holdes 50% av regnvannet tilbake på taket, men kapasiteten varierer med sesongene (Stahre, 2008).

En rekke kanaler og naturlig utseende bekker leder vannet gjennom området. Der eksisterende bebyggelse gir lite rom til overvannsløsninger, føres vannet i rette kanaler, mens meandrering og infiltrasjon i naturlige forsenkninger benyttes som løsning der det er bedre plass. Meandrering og vegetasjon i bekkeløpet gir en større renseeffekt og forsinkning sammenliknet med rette kanaler. Kunst og lekeelementer har både en teknisk funksjon ved å gi vannet varierende strømføring, men har også bidratt til at overvannssystemet lettere har fått aksept blant innbyggerne. Kunstneriske elementer gjør at overvannselementene har høy estetisk og pedagogisk verdi, også i tørrværssituasjon (Stahre, 2008).

De største utfordringene i Augustenborg var å få innbyggerne med seg på prosjektet og å holde vannkvaliteten på et ønsket nivå. Særlig i de største fordrøyningsdammene er det et problem med algevekst på grunn av lang gjennomstrømningstid. Flere tiltak er implementert, inkludert løsninger for å pumpe mer oksygen inn i vannet med en fontene og et lite fossefall. En pumpe har blitt installert for å sirkulere vannet mellom to av dammene. Dette gir bedre vannkvalitet fordi gjennomstrømningen øker. I tillegg brukes våtmarksplanter for å ta opp næringsstoffer og forurensning.

Som respons på innbyggernes ønsker ble et våtmarksområde omgjort til en dam på grunn av algevekst, og en av beboerne fikk i oppdrag å designe en renne som brukes i hele boligområdet. Dette viser hvor avgjørende den sosiale dimensjonen er i omleggingen fra rør til åpne løsninger. I dag er det åpne systemet akseptert og verdsatt av innbyggerne. Den store variasjonen i løsninger og vannelementer gir Augustenborg en helhetlig og tydelig identitet med stor opplevelsesverdi og estetisk kvalitet.

Fig. 4.16 og 4.17. Scandinavian Green Roof Institute har delt opp taket i parseller hvor de forsker på dyreliv, solceller, jordsmonn, helning og plantesamfunn på grønne tak.

Bo01, Framtidsstaden

Bo01 ligger i et gammelt havneområde i Malmø og ble bygget i 2001 som en del av Europas første bomesse. Bærekraft står i fokus for prosjektet, med særlig fokus på den økologiske dimensjonen. (Dalman m.fl., 2001)

Åpen overvannshåndtering er viktig i denne sammenhengen, og løsningen ble å vise fram vannets vei i åpne kanaler, dammer og rensedammer. For å få til dette ble man nødt til å heve terrenget mellom to og tre meter så vannet kan følge gravitasjonen fra det høyeste nivået og ned i sjøen i vest eller en konstruert saltvannskanal i øst. Vann pumpes kontinuerlig fra oppsamlingspunkter ved kanalen til fem utspring som er lokalisert høyere i terrenget. Disse såkalte "aqua points" er utformet som frodige oaser med innslag av våtmarksplanter, dammer og kunst. Gjennomstrømningen blir større når vannet pumpes flere ganger gjennom systemet. På denne måten reduseres algevekst, og innbyggerne kan glede seg over vannet både i tørre perioder og i regnvær. I en flomsituasjon slippes vannet rett i sjøen i stedet for å sirkulere i det åpne systemet (Stahre, 2008).

Både besøkende og beboere er positive til de åpne løsningene i Bo01. Mange fremhever hvordan det åpne overvannssystemet gir området en unik karakter. Særlig bidrar belysning, vegetasjon og granittelementer til særpreg og variasjon som innbyggerne setter stor pris på. Konseptet med "aqua points" gjør at folk finner rom for ettertanke og hvile. Her kan man nyte lyden av sildrende vann og refleksjonen i vannspeilene (Stahre, 2008). Dette er eksempler på tiltak som kan gjøre at publikum verdsetter anleggene i større grad.

Fig. 4.18

Fig. 4.19

Fig. 4.20

Fig. 4.18 - 4.20. Kanalene og vannelementene bidrar til å skape en sterk identitet i Bo01. Figur 4.19 viser lokaliseringen med sjøen i vest og den konstruerte saltvannskanalen i øst. Figur 4.20 viser et av fem "aqua points" hvor vannet sirkuleres til ved hjelp av et pumpesystem.

I Bo01 oppdateres skjøtselen av de blågrønne elementene kontinuerlig etter hvert som man tilegner seg nye erfaringer og kunnskap om systemet. Denne tankegangen er gjennomgående for overvannshåndteringen i Malmø. Ved å dra nytte av erfaringene fra hvert nye prosjekt, oppdateres løsningene og metoden for åpen overvannshåndtering. Dette gjør at det mulig å luke bort feil og bygge videre på suksess, samtidig som vedlikeholdet av eksisterende anlegg tilpasses etter hvert som man lærer. Også på Scandinavian Green Roof Institute i Augustenborg bruker man en forskende tilnærming hvor utprøving av stadig nye konsepter for grønne tak gjør at man finner løsninger som er tilpasset ulike situasjoner. Dette er et godt eksempel på tilpasningsforvaltning som har vist seg å gi svært gode resultater i de prosjektene vi har studert i Malmø.

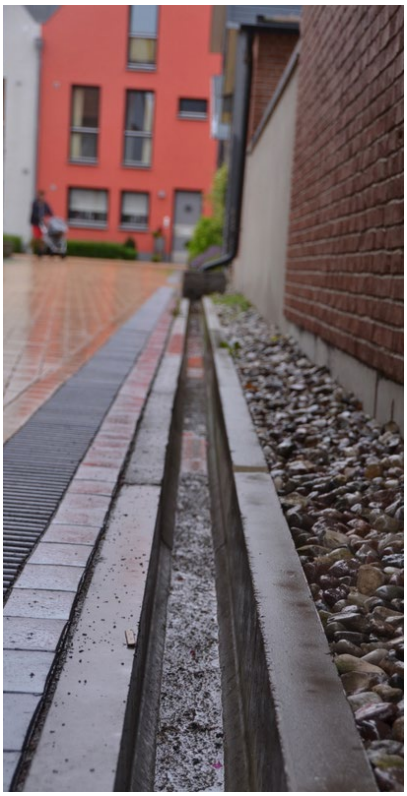


Fig. 4.21. Betongrennene gir boligområdet et helhetlig utrykk. Svak helning vekk fra husene hindrer oversvømmelser i en flomsituasjon.

Kunnskap vi tar med oss fra Malmø

- Tilpasningsforvaltning er at man kontinuerlig oppdaterer vedlikehold og metoder etter hvert som man tilegner seg nye erfaringer og kunnskap. Denne tilnærmingen til åpen overvannshåndtering har gitt gode resultater i Malmø.
- Den sosiale dimensjonen er viktig for å få til vellykkede prosjekter.
- Åpen overvannshåndtering kan gi boligområder en helhetlig og sterk identitet.
- Åpne overvannsløsninger kan implementeres både i eksisterende og nye områder.
- Design og terrengform kan gi vannelementer stor estetisk verdi også i tørrværssituasjon.
- En variasjon av tiltak gir estetisk verdi ved at vannet vises fram på ulike måter.
- Kunst og belysning kan integreres for å øke opplevelsesverdien.
- Meandrering gir økt rensing, infiltrasjon, variasjon og forsinkning sammenliknet med en rett kanal.
- En pumpe kan benyttes for å sirkulere vannet innad i overvannssystemet. Dette gir bedre vannkvalitet fordi gjennomstrømningshastigheten øker og estetisk verdi fordi folk kan glede seg over vannet i en lenger periode.
- Vedlikehold er en utfordring. Både i Augustenborg og Bo01 er forsøpling og alger et stort problem.

Norge

Både internasjonale og nasjonale lover, forskrifter og stortingsmeldinger legger føringer for håndtering av overvann i Norge.

Norge har forpliktet seg til å følge EUs vanndirektiv som har som mål å sikre en bærekraftig bruk av vannressurser. Vanndirektivet stiller blant annet krav til en helhetlig forvaltning av vann og vassdrag og samarbeid på tvers av plannivåer og myndigheter. Landet vårt er delt inn i 11 vannregioner, 105 vannområder og 17 000 store og små vannforekomster. Mellom 2016 og 2021 skal det godkjennes forvaltningsplaner for alle vannområdene, basert på de enkelte vannforekomstenes miljøtilstand, påvirkninger og risiko. (Asplan Viak, 2016)

Norske lover og forskrifter som legger føringer for overvannshåndtering inkluderer forurensningsloven, naturmangfoldloven, plan- og bygningsloven, vannforskriften, forskrift om konsekvensutredning og vannressursloven (Asplan Viak, 2016). Her fastsettes tydelige miljømål og krav til regionale forvaltningsplaner for vann. Tilhørende tiltaksprogrammer skal sikre at målene nås.

NOU 2010:10, NOU2013:10, NOU2015:16 og Stortingsmelding 33 (2012-2013) er dokumenter som tydeliggjør behovet for helhetlige overvannsstrategier i møte med klimaendringene (Asplan Viak, 2016).

NOU 2013:10 «Naturens goder – om verdier av økosystemtjenester» trekker fram grøntstrukturens betydning for flomhåndtering i norske byer, og viser til de mange tjenestene de urbane økosystemene gir oss. Stortingsmelding 33 «Klimatilpasning i Norge» pålegger kommunene et ansvar for håndtering av overvann. I flere kommuner, blant annet Oslo, Bergen, Stavanger, Fredrikstad og Trondheim, videreføres de nasjonale føringene i kommuneplanene. Det settes krav til åpen overvannshåndtering der det er mulig i nye prosjekter og kommunene har laget bestemmelser knyttet til at bekker og elver ikke tillates å lukkes (Asplan Viak, 2016).

Selv om krav og målsetninger om overvannshåndtering er godt beskrevet i nasjonale og kommunale dokumenter, finnes det per i dag relativt få åpne overvannsanlegg i Norge (Asplan Viak, 2016). De anleggene som finnes har vist seg å ha en stor positiv effekt, både rent hydrologisk, men også for mennesker og biologisk mangfold. Vi tror flere anlegg vil vokse fram etter hvert som de mange fordelene viser seg over tid og man kan høste erfaringer fra allerede bygde anlegg. Her presenteres to tidlige overvannsprosjekter fra Osloområdet, Hølaløkka som er et elveåpningsprosjekt, og Nansenparken som kun utnytter overvann i anlegget.

Fig. 4.22. Oversiktskart over Hølaløkka. Fra det naturhermende elvestrekket nord i planområdet renner Alna videre til vannspeilet i parken og deretter ut i våtmarka i sør. Her går vannet foreløpig tilbake i kulvert.

Hølaløkka

Hølaløkka ble ferdigstilt i 2004 og er det første elveåpningsprosjektet i en større restaureringsplan for Alnavassdraget. Store deler av elvestrekningen ble lagt i rør på 1970-tallet, i likhet med en rekke andre bekker og elver i Oslo. Hølaløkka er på mange måter et pilotprosjekt i norsk sammenheng på grunn av det tydelige økologiske fokuset i elveåpningen (Asplan Viak, 2016).

Målet med prosjektet var å forbedre vannkvaliteten i det sterkt forurensede vassdraget, og å legge til rette for biologisk mangfold. Dette ble løst ved hjelp av stedegen våtmarksvegetasjon og sedimentasjonsbasseng som gir naturlig rensing av vannet. Samtidig bedres forholdene for vannlevende organismer og andre arter tilknyttet vassdrag og våtmark. Plantemateriale ble hentet fra lokaliteter lenger opp i vassdraget og plantet punktvis for å tilrettelegge for

naturlig spredning. Slåtteeng i bratte partier er estetisk innbydende, men også viktig for truede pollinatorer som er tilpasset et variert kulturlandskap med rike blomsterenger (Asplan Viak, 2016).

Sentralt i parken er vannet demmet opp til en større dam ved hjelp av overløpsterskel. Dammen har restkapasitet til å holde tilbake vann i en flomsituasjon, og gir samtidig rekreasjonsmuligheter i form av bading, soling og opphold. Sitteplasser, brygge og pergola gjør dette til et attraktivt område som er mye brukt. Vannet vises også fram i form av små styrk. (Jørgensen & Stabel, 2010)

Hølaløkka viser hvordan et lite prosjekt kan være del av en større vassdragsrestaurering. For Alnavassdraget finnes en egen kommunedelplan som har som mål å ta vare på og forsterke rekreasjonsmulighetene samt de historiske og økologiske verdiene langs elva. Mange bydeler og steder har sitt navn og historie knyttet til Alnaelva, og disse skal fremheves i elveåpningsprosjektene. Eksempler på steder som har vokst fram langs Alna er Kværner hvor det var kvern og etter hvert også industriproduksjon og Bryn (Bruvin) som betyr bru og eng. I Brynsfossen var det industrivirksomhet i form av lin- og bomullsfabrikk. Elvene har vært grunnlaget for menneskelig aktivitet og bosetning siden tidenes morgen, og restaureringsprosjekter kan fremheve de kulturelle, historiske og økologiske funksjonene rennende vann gir (Tønnessen, 2010).

Fig. 4.23. Elva har fått et naturlikt preg i den øvre delen av parken.

Fig. 4.24. Fra den største dammen renner vannet videre ned mot våtmarksområdet i sør. I en flomsituasjon kan vannet strømme fritt over terskelen. Fig. 4.25. Terskelen nedstrøms våtmarka har en mer naturlig utforming.

Nansenparken

Nansenparken er anlagt på det tidligere flyplassområdet på Fornebu i Bærum og sto ferdig i 2007/2008 (Jørgensen & Stabel, 2010). Lokal massebalanse og gjenbruk av materialer fra flyplassen sammen med åpen overvannshåndtering gir prosjektet et tydelig miljøfokus. Parken grenser til de to naturreservatene Storøykilen og Koksabukta med et unikt fugleliv, og området med sin kalkholdige grunn er i seg selv grunnlag for en helt spesielle artssamfunn som bare finnes i Oslofjordområdet (Jørgensen & Stabel, 2010).

Vann fra selve parken og områdene rundt ledes til en sentral dam (Sentraldammen). For å fremheve vannet som estetisk element, er systemet bygget opp med membran i den øvre delen av løpet og fra Sentraldammen pumpes vannet tilbake til utgangspunktet i nord. Ved å gjenbruke vannet på denne måten kan det anlegges større vannspeil som har høy estetisk verdi for mennesker.

Nedstrøms Sentraldammen har vannet en mer naturlig karakter. Her brukes ikke membran, og plantestrategien har vært naturlig revegetering. Dette gir større grad av infiltrasjon som er et mål i mange overvannsprosjekter. Anlegget inneholder en rekke elementer som inviterer til interaksjon og opphold ved vannet, som hoppesteiner, brygger og plasser. Kunstnerisk utformede terskler, fossefall, fontener og renner løfter fram vannets estetiske kvaliteter.

Forurenset veivann ledes gjennom et sandfilter hvor det renses og deretter sendes videre i det åpne systemet. En naturlig utseende våtmark har også en renseeffekt på vannet. (Personlig kommunikasjon m/Simen Gylseth, 28.02.17)

Bruk av membran og gjenbruk av vannet ved hjelp av pumping er en forutsetning for å lage estetisk rike vannelementer på Fornebu. Dette er fordi nedbørsfeltet er såpass lite og det ikke finnes noen naturlig bekk eller rørsystem som kan løftes fram i dagen. Samtidig reduseres infiltrasjonsevnen og fordrøyningskapasiteten kraftig ved bruk av membran. På Fornebu har systemet restkapasitet og fleksibilitet i form av de store grøntområdene, og oversvømmelse utgjør dermed ikke noe problem. Dette tydeliggjør likevel konflikten mellom estetiske hensyn og effektiv overvannshåndtering som er mer aktuell i større nedbørsfelt og i tettere bebygde områder.

I Asplan Viaks rapport «Overvann som ressurs» får Nansenparken full score innenfor økologiske kriterier. Bakgrunnen for evalueringen er at parken binder sammen eksisterende grøntområder og at flere arter sammenliknet med tiden da området var en flyplass gir økt biologisk mangfold (Asplan Viak, 2016). Ser man derimot anlegget fra et økologisk ståsted, bidrar ikke parken til å ivareta livsbetingelsene for viktige og sjeldne arter som hører

Fig. 4.26

hjemme i området (Sollund, 2016). Flisdekke i plantefeltene og bruk av plantejord har gitt en gjødslingseffekt som har ødelagt mulighetene for at truede arter tilhørende naturtypen kalktørreng kan etablere seg her. Bruk av fremmede arter som buffer mot naturreservatene har også blitt skarpt kritisert fordi disse lett kan spre seg og ødelegge de økologiske forholdene i verneområdene (Sollund, 2016).

De ulike oppfatningene og evalueringene av Nansenparkens økologiske verdi tydeliggjør behovet for bedre verktøy og evalueringskriterier for økologi i grøntanlegg. Sammenhengende grønnstruktur, naturlikt preg, økt vannkvalitet og mer vegetasjon er ikke tilstrekkelig for å skape økologisk verdifulle prosjekter som bidrar til styrking og bevaring av biologisk mangfold. Vi tror større grad av samarbeid mellom profesjoner sammen med verktøy som tydeliggjør hvordan økologiske hensyn kan integreres er nødvendig for å ivareta målsetninger beskrevet i overordnede planer.

Fig. 4.26 og 4.27. Mange kunsteriske elementer inviterer til interaksjon og opphold ved vannet.

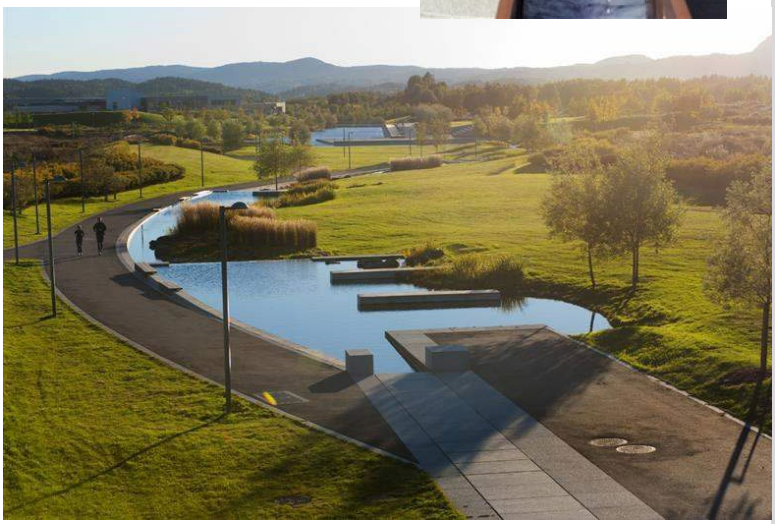


Fig. 4.28. De geometriske linjene som stammer fra flyplassen gir en fin kontrast til de buede linjene inspirert av kulturlandskapet.

Kunnskap vi tar med oss fra Norge

- Sammenhengende grønnstruktur, naturlikt preg, økt vannkvalitet og mer vegetasjon brukes som evalueringskriterier for å vurdere økologisk verdi i overvannsprosjekter. For å oppfylle intensjonene om bevaring av biologisk mangfold som beskrevet i overordnede føringer, kreves bedre evalueringskriterier, nye verktøy og samarbeid mellom profesjoner.

- Bruk av naturlig tilhørende arter kan sikre at anleggene ikke får en utilsiktet, negativ konsekvens økologisk. Særlig i nærheten av viktige naturområder er dette en god forhåndsregel.

- I restaureringsprosjekter kan stedegent plantemateriale sankes på lokaliteter langs det samme eller nærliggende vassdrag.

- Mange norske byer er anlagt i elvedeltaer eller der man kunne utnytte vannet til transport, industri eller kraftproduksjon. Restaureringsprosjekter forsterker elver og bekkers historiske betydning.

- Bruk av membran gir mer vann og dermed grunnlag for større estetisk verdi. Dette reduserer fordrøyningseffekten og infiltrasjonskapasiteten og representerer konkurrerende hensyn i urbane områder.

- Veivann kan renses ved hjelp av sandfilter.

- Oppdemming av vann med terskel kan gi rekreasjonsverdier i form av bademuligheter og opphold ved vannet.

Del 5 - Verktøykasse

Hvordan presentere kunnskapen på en enkel og brukervennlig måte, tilpasset landskapsarkitekters arbeid?

Kunnskapsgrunnlaget som presenteres i teori og referanseprosjekt-delen er utgangspunkt for utvikling av verktøykassa. Dette er en skjematisk fremstilling hvor tiltak fra Exfloods liste settes i sammenheng med prinsipper for økt klimaresiliens. Noen av resiliensprinsippene presenteres som overordnede hensyn, mens andre vises fram som egne kolonner i verktøykassa. Vi bruker også økosystemtjenester for å synliggjøre åpne overvannsløsningers betydning for den flerfunksjonelle grønnstrukturen. Målet er å lage en enkelt og brukervennlig verktøykasse, tilpasset landskapsarkitekters arbeid. Dette kan være et viktig hjelpemiddel og kunnskapsbank for prosjekterende landskapsarkitekter, men også planleggere, politikere og etater som jobber med åpne overvannsløsninger. Prinsippene i verktøykassa er overførbare til ulike prosjekter, skalaer og kontekster i Norge.

Fig. 5.1

Tekniske funksjoner

I verktøykassa presenteres 12 tiltak for åpen overvannshåndtering basert på Exfloods tiltaksliste (se teori s. 25). Disse sees i sammenheng med andre hensyn som er viktige for å fremme klimaresiliens i norske byer og tettsteder. Vi benytter også Exfloods system for å tydeliggjøre hvilken del av treleddstrategien tiltaket tilhører og hvilken retensjonsprosess tiltaket fremmer. Dette presenteres i rubrikkene «Nummer i treleddsstrategien» og «Prosess».

I teoridelen identifiserte vi resiliensprinsipper for å gjøre åpne overvannssystemer mindre sårbare i møte med ulike nedbørshendelser og andre utfordringer. Åpne overvannssystemers resiliens avhenger blant annet av de fysiske funksjonene og bør planlegges ut fra prinsippene om fleksibilitet og mangfold, restakapasitet og kontrollert svikt.

Fleksibilitet og mangfold

I verktøykassa vil enkelte av tiltakene tilsynelatende ha en viktigere rolle enn andre. Noen tiltak har vesentlig større kapasitet til å fordrøye vann, mens andre har en flerfunksjonell rolle ved at både tekniske, økologiske og sosiale hensyn ivaretas innen samme tiltak. Selv om noen av tiltakene har større fordrøyningskapasitet eller ivaretar flere funksjoner, vil et mangfold av tiltak fra hvert av leddene i treleddstrategien, sikre størst fleksibilitet i møte med ulike forstyrrelser. For eksempel kan grønne tak være avgjørende for å sikre tilstrekkelig pollen og nektar til et mangfold av pollinatorer, som igjen er avgjørende for at de andre tiltakenes funksjon opprettholdes over tid. Større fleksibilitet sikres også ved å spre tiltakene over hele prosjektområdet. I store nedbørsfelt bør det identifiseres fordrøyningsområder andre steder i feltet som supplerer tiltakene i prosjektet.

Restkapasitet

Av de tiltakene vi foreslår er det tørre fordrøyningsmagasiner og våtmark som potensielt har størst restkapasitet. Disse to tiltakene er derfor spesielt viktige for å sikre tilstrekkelig fordrøyning i ekstreme flomsituasjoner. Andre tiltak som har en viktig fordrøyningseffekt er terskler med strupt utløp samt bekker og kanaler som er planlagt med ekstra fordrøyningsvolum. I tråd med prinsippet om fleksibilitet og mangfold bør likevel flest mulig tiltak inkluderes for å sikre størst mulig fleksibilitet og robusthet i møte med forstyrrelser. Overvannstiltak som ikke primært har stor fordrøyningskapasitet har en viktig effekt i mindre ekstreme situasjoner eller i møte med andre typer forstyrrelser som for eksempel forurensende utslipp, små regnhendelser eller lange tørkeperioder.

Kontrollert svikt

Det siste prinsippet, kontrollert svikt, avhenger ikke direkte av hvilke tiltak man bruker og hvordan de utformes, men hva som skjer hvis kapasiteten på anlegget overstiges og hvordan vannet ledes videre. Trygge flomveier er det tredje leddet i treleddstrategien og innebærer at vannet ledes til en rute hvor det ikke skader mennesker, bygninger og infrastruktur.

Prinsippene om fleksibilitet og mangfold, restkapasitet og kontrollert svikt vises ikke direkte under hvert tiltak i verktøykassa, men er overordnede hensyn som gir retningslinjer for utvalg, sammensetning og lokalisering av tiltak.

Rensing av vann

Med dagens system for overvannshåndtering renses vann i kommunale anlegg. I åpne overvannssystemer er naturlig rensing en integrert del, og bør derfor planlegges på en måte som ivaretar og styrker de naturlige rensefunksjonene. Med økte og mer intense nedbørshendelser vil større mengder forurensede sedimenter og avfall fra harde flater ende i overvannssystemene. Disse må derfor designes for å kunne takle større belastning og mer forurensningsstoffer. Kolonnen «Rense vann» viser hvilke prosesser som utnyttes for hvert av tiltakene i den skjematiske fremstillingen av verktøykassa.

I naturbaserte rensesystemer bidrar en rekke ulike prosesser til nedbrytning, opptak og sedimentasjon av ulike forurensninger. Både jord, vegetasjon og mikrober er en del av disse prosessene som gjerne betegnes som «bioremediering» (eng. bioretention). Målet er å gjenskape de fysiske, kjemiske og biologiske prosessene som sikrer rensing av vann i naturen. Mangfoldet av renseprosesser gir større fleksibilitet i møte med ulike forurensningsstoffer, og er et viktig argument for omlegging fra systemer i rør til åpen overvannshåndtering.

Nedenfor beskrives sentrale prosesser innenfor naturlige rensemetoder. Informasjonen er basert på rapporten «Bioretention Manual» fra Environmental Services Division, Maryland (2009, s. 5-6) og «Dammer i kulturlandskapet» (Vedum m.fl, 2004).

Sedimentasjon er når partikler synker til bunns og holdes tilbake i naturlige eller planlagte bassenger. Det etableres gjerne egne sedimentasjonsbassenger ved innløpet til et naturlig renseanlegg for å filtrere ut de største partiklene av jord og avfall. Jord og vegetasjon *filtrerer* vannet og *tar opp* mindre næringsstoffer og kjemikalier. Næringsstoffer som fosfor og nitrogen tas direkte opp i plantene, mens mange kjemikalier og organiske partikler *brytes ned* av mikroorganismer og sopp i jorda. Enkelte planter kan også ta opp og omdanne kjemiske stoffer gjennom en energikrevende stoffskifteprosess. Metaller og nitrater *bindes til humus*, mens biofilm som består av alger og bakterier på plantedeler under vann har evnen til å *omdanne nitrogen til gass*. Planterøtter *skiller ut oksygen* som øker nedbrytningen av organisk materiale og omdanning av nitrogen.

Et mangfold av plantearter og humusrik jord er viktig for å oppnå god renseeffekt. Planter har ulike egenskaper knyttet til opptak og nedbrytning av forurensningsstoffer, og plantevalget bør derfor baseres på kjente forurensningskilder i et område. Et mangfold av arter sikrer samtidig at anleggets renseevne opprettholdes over tid og i møte med nye forurensninger. Planteliste på side 106 beskriver arter med ulike renseegenskaper, tilpasset fuktige forhold.

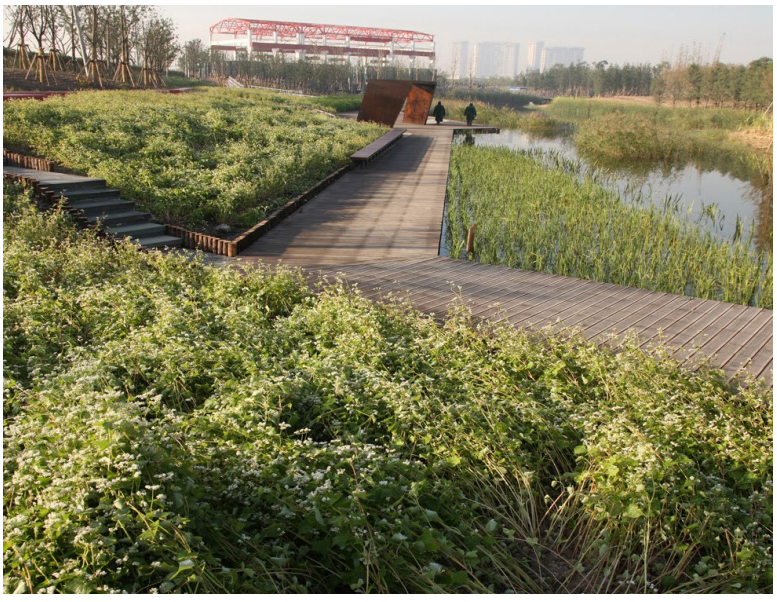


Fig. 5.2 og 5.3. Naturlige rensesystemer for overvann kan anlegges over store områder i offentlige parker eller som miljøskapende element i private hager.

ØKOLOGISKE FUNKSJONER

I teoridelen identifiserte vi bevaring og styrking av biologisk mangfold som det viktigste målet innenfor økologiske funksjoner. Dette er fordi et mangfold av arter gjør åpne overvannssystemer mer fleksible og robuste i møte med forstyrrelser, men også fordi bevaring av biologisk mangfold sikrer sunne økosystemer som vi mennesker er fundamentalt avhengige av (Ernstson m.fl, 2010).

I verktøykassa er vi dermed opptatt av å tilrettelegge for et mangfold av arter som har en direkte rolle i det åpne overvannssystemet ved å rense, bremse eller transpirere vann. I tillegg er bevaring av biologisk mangfold et overordnet mål innenfor klimaresiliens på grunn av natur- og grøntområders kapasitet til å dempe de negative effektene av klimaendringene. Tilrettelegging for og bevaring av arter som ikke har noen direkte betydning for overvannshåndteringen er derfor et like viktig fokus. Tiltak for å tilrettelegge for arter og naturtyper presenteres i en egen kolonne i den skjematiske fremstillingen av verktøykassa, mens landskapsøkologi må analyseres på et overordnet nivå.

DEN URBANE NATUREN

Grønnstrukturen i byer, bestående av naturområder, hager, parker, elver, gatetrær og restområder har et variert dyre- og planteliv. Bare i Oslo finnes 45 av Norges ca. 80 pattedyrarter og halvparten av landets 400 fuglearter. Dette skyldes at byene ofte er lokalisert i områder som er rike på naturressurser og har stor artsrikdom. I tillegg finnes en rekke planter, fugler og pattedyr som har tilpasset seg en urban livsstil. Et eksempel er tårnseiler og byduer som utnytter bygninger som hvile- og hekkested. Disse fuglene hører opprinnelig hjemme i klipper og skrenter. (Miljølære, uten år, a)

Artsrikdommen i byer og tettsteder skyldes også et høyt antall innførte arter. I bykjernen er lokalklimaet gjerne varmere enn ellers i området og gir grunnlag for at arter som opprinnelig ikke hører hjemme i Norge kan etablere seg. Mesteparten av buskene og trærne i bykjernen er plantet og innførte arter utgjør derfor en stor prosent. Med et varmere klima og lengre vekstsesong som følge av klimaendringene, kan vi forvente at flere av disse artene sprer seg til naturområder utenfor byen. I mange tilfeller vil dette gi en negativ påvirkning på norske økosystemer. Et eksempel er platanlønn som med sin kraftige vekst kan utkonkurrere norske løvtrær. (Miljølære, uten år, b)

Mange av dyrene og fuglene i indre by er såkalte generalister, som kan tilpasse seg ulike livsbetingelser og miljøer. I byen utnytter de avfall, smuler og matrester og danner gjerne store populasjoner. Eksempler på generalistarter som er vanlige å finne i byen er brunrotte, kråke, gråspurv, rev og grevling. (Miljølære, uten år, a)

De mange miljøbelastningene, inkludert stor trafikk, forurensning, mangel på hvile- og overnattingssteder og predasjon fra blant annet katter og hunder gjør at mange arter vil ha problemer med å etablere livskraftige bestander i byen (Miljølære, uten år, a). Grøntområdene som finnes her kan likevel ha en avgjørende rolle for å ivareta deler av naturmangfoldet når store naturområder bygges ut og påvirkes av menneskelig aktivitet.
Særlig områder i utkanten av byen er viktige. Her er miljøbelastningene færre og grøntområdene gjerne større og mer sammenhengende. Gjennom bevisst planlegging for ønskede arter og naturtyper kan vi få en mer økologisk verdifull grønnstruktur som i større grad bidrar til bevaring og styrking av biologisk mangfold.

Fig. 5.4. Duer er generalister som lever godt av smuler og avfall i byen.

Fig. 5.5. Vandrefalk observert på rådhuset i Oslo.

Det finnes trolig ca. 60 000 arter i Norge, inkludert sopp, moser, lav, insekter, fugler, planter og pattedyr. Verktøykassa kan ikke fange opp habitatkravene til det enorme spekteret av livsformer, og vi har valgt å konsentrere oss om enkelte arter og naturtyper som vi tror kan ha en positiv effekt med tanke på bevaring av biologisk mangfold. Avgrensningene består i:

- Arter og artssamfunn som har potensiale til å overleve i tettbebygde strøk.
- Paraplyarter eller arter og og naturtyper på rødlista.
- Arter og naturtyper som kan knyttes til et eller flere av tiltakene for åpen overvannshåndtering.

Naturtype/artssamfunn

Mange av de truede naturtypene i Norge er tilknyttet ferskvannssystemer og våtmark. En rekke fugler, amfibier og andre arter som har sitt naturlige leveområde her er også på tilbakegang som følge av fragmentering, utbygging og endring av våtmark, utretting av elveløp og forurensning av ferskvannsystemer. 758 truede arter lever i eller i tilknytning til innsjøer, elver, bekker, ferskvann, våtmarker eller flomsoner (Klima- og miljødepartementet, 2015). Håndtering av vann i dagen gir grunnlag for å skape habitat for flere av disse artene.

Flere naturtyper og arter knyttet til kulturlandskapet og tradisjonelle driftsmetoder er også på tilbakegang. Eksempler på dette er pollinatorer og planter som finnes i slåtteeng, fugler tilknyttet et variert jordbrukslandskap og salamander som har hatt viktig habitat i gårdsdammer. Disse artene har potensiale til å trives godt i byen fordi de er tilpasset menneskers bruk og bearbeiding av landskapet over lang tid.

Fig. 5.6. Storsalamanderen er avhengig av tjern og dammer for å formere seg.

Arter

En paraplyart er en art som har store eller omfattende krav til habitat. Ved å bevare eller tilrettelegge for paraplyarter kan man samtidig ivareta habitat for en rekke andre arter som er en del av samme økosystem eller naturtype. Vi bruker paraplyarter i verktøykassa for å kunne foreslå konkrete tiltak som igjen skaper habitat for andre arter. Der det er vanskelig å identifisere paraplyarter har vi konsentrert oss om arter i de tre øverste kategoriene på den norske rødlista. Hvis vi klarer å ta vare på de artene som er særegne for Norge, bidrar det til bevaring av biologisk mangfold globalt. Truede arter er et godt utgangspunkt for å ivareta viktig, norsk natur.

Fokus på enkeltarter gjør at det lettere å måle prosjektets suksess økologisk. Er det for eksempel planlagt for hekkende vipe på taket, er målet nådd når vipe etablerer seg og oppfostrer unger her. Oppfølging og overvåkning gjennom tilpasningsforvaltning kan gjøre at det oppdages andre viktige arter som kan trives i samme system. Dermed kan det legges bedre til rette for disse i neste steg.

Landskapsøkologi

Når man tilrettelegger for biologisk mangfold i byen er det viktig å se det overordnede bildet eller landskapsmosaikken. Landskapsøkologi brukes for å studere sammenhenger mellom romlige mønster og distribusjon av arter (Clark, 2010). Vi foreslår å studere landskapet med utgangspunktet i artene og naturtypene som beskrives i verktøykassa. På denne måten kan man foreslå tiltak som får betydning for lokale arter og økosystemer.

Ved hjelp av landskapsøkologi kan prosjektområdet studeres i sammenheng med eksisterende grønnstruktur. Finnes det viktige naturområder i nærheten, eller er området en del av en korridor? Elever og bekker utgjør alltid viktig habitat og korridorer som kan forsterkes med kantvegetasjon. Bekkeåpning er derfor alltid et mål for å skape forbindelser som planter og dyr kan forflytte seg langs. Små grøntarealer i byen kan også være hoppesteiner mellom større naturområder utenfor byen. På neste side presenteres viktige landskapsøkologiske prinsipper.

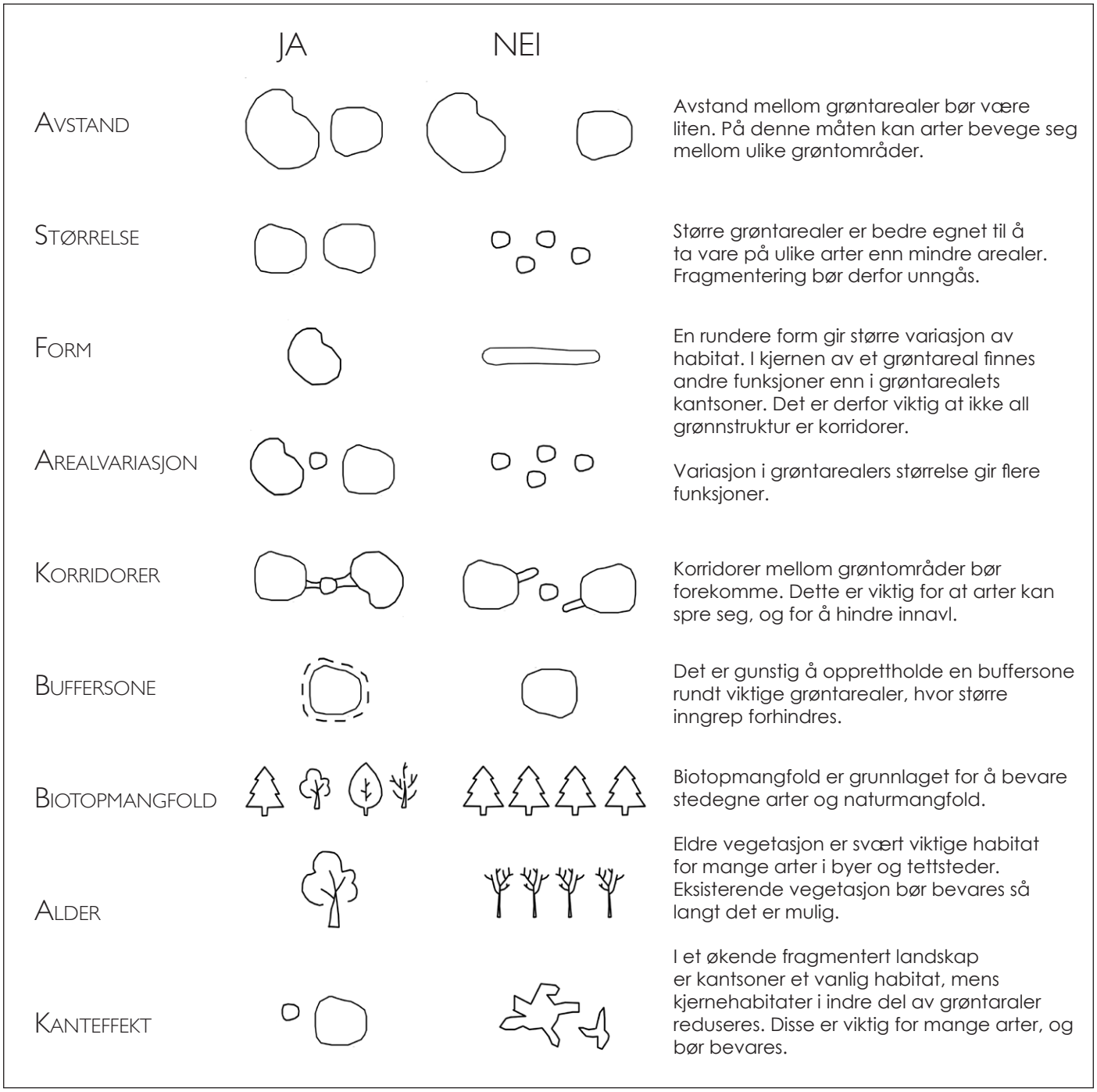


Fig. 5.7. Gjengitt etter Thorén & Nyhuus, 1994, s. 18-19.

ULIKE KORRIDORER

1. Lineære korridorer: Lange striper med vegetasjon mellom ulike habitat. Eksempler er striper med skog, en trerekke eller en bekk.

2. Hoppesteinkorridor: En serie mindre habitat skaper forbindelser mellom to kjernehabitat. De henger ikke sammen, men er innefor en radius som utvalgte artene kan bevege seg. Her finner de mat, hvile- og hjemmesteder.

3. Landskapskorridor: Består av varierte, men uavbrutte landskapselementer som gir arter beskyttelse når de forflytter seg fra et kjernehabitat til et annet. (SICIREC, 2009)

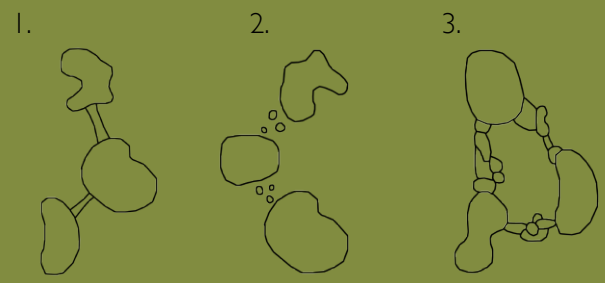


Fig. 5.8.

Sosiale verdier og funksjoner

I teoridelen pekte vi ut to viktige sosiale funksjoner for å øke klimaresiliens: tilpasningsforvaltning og å forsterke forholdet mellom mennesker og økosystemene som omgir dem.

Tilpasningsforvaltning

Tilpasningsforvaltning er en gunstig måte å ivareta og forsterke overvannssystemers funksjon over tid (Folke m.fl., 2010). Dette krever et samarbeid mellom prosjekterende landskapsarkitekt og de som har ansvar for skjøtsel og drift av overvannsanleggene. Gjennom skjøtsel avdekkes gjerne hvilke overvannstiltak som er godt tilpasset ulike utfordringer og hvilke tiltak som ikke oppfyller den tiltenkte funksjonen over tid. Basert på dette kan verktøykassa videreutvikles så kunnskapen blir med videre til andre prosjekter. Allerede bygde overvannsanlegg kan også oppdateres i takt med at forvaltningen avdekker svakheter ved eksisterende løsninger.

Fordi åpen overvannshåndtering er et relativt nytt konsept i Norge, er det mye vi fortsatt ikke vet om plantevalg, utforming og dimensjonering. Mye av kunnskapen som presenteres i verktøykassa er hentet fra utenlandske referanseprosjekter og litteratur. Tilpasningsforvaltning kan således utnyttes til å lære mer om hvordan tiltakene kan tilpasses en norsk kontekst. Verktøykassa er med andre ord ikke et endelig produkt, men ment som en begynnelse på et dokument som utvikles og forbedres over tid.

Tilpasningsforvaltning involverer også kontrollerte eksperimenter som en del av forvaltningsstrategien. Et godt eksempel på denne tilnærmingen er forskningsfeltene i den botaniske takhagen på «Green Roof Institute» i Augustenborg. Utprøving av stadig nye artssammensetninger, jordsmonn og kombinasjoner av solceller og vegetasjon avdekker gode og dårlige løsninger for grønne tak. På denne måten kan man aktivt teste hypoteser og raskere komme fram til gode alternativer.

Overvannstiltakene i verktøykassa legger til rette for eksperimentering og evaluering. Det kan prøves ut nye planter eller plantesamfunn eller se på effekten av habitattiltak for spesielle arter. Eksempelvis foreslår vi skråstilte solceller som skjulested for hekkende vipe og andre fugler på grønne tak. For å finne ut om tiltaket har den ønskede effekten, må det prøves ut og følges opp med jevnlige kontroller.

Ikke bare fagpersoner har en rolle i denne typen eksperimenter. Skoleklasser, barnehager og beboere kan med fordel involveres. Ikke bare gir det en viktig læringseffekt for de som inkluderes i prosjektet, men det er ressurssparende og nyttig å samarbeide med de som jevnlig bruker og besøker anlegget.

For å få til tilpasningsforvaltning på en hensiktsmessig måte, foreslår vi disse veiledende prinsippene for store åpne overvannsanlegg:

- Jevnlige møter mellom prosjekterende landskapsarkitekt og ansvarlig anleggsgartner. Møtene sikrer at de opprinnelige målene og visjonene for anlegget ivaretas i vedlikeholdet samtidig som landskapsarkitekten får sjansen til å lære om utfordringer og kvaliteter ved eget design. Forslag til tema som evalueres av anleggsgartner er dimensjonering og utforming av anlegg, plantevalg og driftsvennlighet samt problemer knyttet til erosjon og forsøpling.

- Prosjekterende landskapsarkitekt besøker anlegget for selv å evaluere om designet fungerer som planlagt. Besøket kan f.eks. finne sted etter første vekstsesong eller umiddelbart etter en intens nedbørshendelse.

- Befaringer av økolog/biolog for registrering av hvilke arter som utnytter området. Flere befaringer bør planlegges i løpet av samme vekstsesong for å fange opp arter som bruker anlegget til ulike tider av året. Hvilke arter som etablerer seg er med å avgjøre anleggets økologiske suksess.

- Planlegging og oppfølging av kontrollerte eksperimenter.

- Involvering av skoler, barnehager, beboere eller organisasjoner i området. Disse kan f.eks. gjøre målinger av vannkvalitet, registrere dyre- og plantearter, være med å slå og hesje eventuell slåttemark eller fjerne fremmede plantearter.

Forsterke forholdet mellom mennesker og økosystemer

Et mål for å øke resiliens i møte med klimarelaterte utfordringer er å tilrettelegge for økosystemer som mennesker lærer av, verdsetter og utnytter. Dette bidrar til å forsterke forholdet mellom mennesker og økosystemene som omgir dem og er et viktig prinsipp for økt klimaresiliens.

Åpne overvannsløsninger kan ha en rekke funksjoner og verdier knyttet til menneskers læring, opplevelse og nytte. Når mennesker har en mer aktiv rolle i økosystemene som omgir dem, kan det gi større respekt, forståelse og interesse for de mange godene naturen gir oss. Dette kan i sin tur påvirke mennesker til å ta mer miljøbevisste hverdagsvalg. Åpne overvannsløsninger får dermed en effekt som er mye større enn de positive virkningene for det lokale økosystemet eller nedslagsfeltet (Meyer, 2008). For å implementere viktige sosiale funksjoner og verdier i overvannsprosjekter, foreslår vi prinsipper innenfor kategoriene læring, estetikk/opplevelsesverdi, rekreasjon og høsting/nytte. Disse presenteres som egne kolonner i verktøykassas skjematiske fremstilling.

Læring:
Overvannsløsninger kan kommunisere ulike ideer, og fungere som et klasserom hvor man kan lære om det hydrologiske kretsløpet, farer ved flom, naturlige rensemetoder, lokal flora og fauna, forurensning eller vannets betydning for mennesker og økosystemer. Dette øker forståelsen for økosystemers betydning for menneskers liv og helse. Overvannsløsningene i seg selv kan utformes på måter som forteller vannets historie, mens skilt, rundturer og liknende kan forsterke budskapet ytterligere (Echols & Pennypacker, 2015).

Estetikk/opplevelsesverdi:
Landskap som nytes og verdsettes, bidrar ytterligere til å styrke båndet mellom mennesker og de økosystemene som omgir dem. Estetikk og opplevelser er en viktig faktor for å få til dette. Variasjon i farger, teksturer, materialer, former og lyder kan gi ulike kvaliteter som gjør området interessant og spennende å bevege seg i. Vann kan fremstilles på en rekke måter som gir en variasjon av impulser og sanseinntrykk. Fra glitrende vannspeil til sildrende, trommende, dryppende og tordnende vann (Echols & Pennypacker, 2015). Naturopplevelser og dyremøter kommer også i denne kategorien og henger sammen med målene om å bevare biologisk mangfold.

Rekreasjon:
Et mål med åpne overvannsløsninger er at de skal legge til rette for interaksjon med overvannselementene på en måte som er avslappende, underholdende og forfriskende. For å få til dette må stedet forbindes med omkringliggende områder ved hjelp av stier og veier samtidig som det er gode forbindelser innad. Destinasjoner, utsiktspunkt og sittemuligheter inviterer til opphold, mens muligheten for å røre ved vannet legger til rette for utforskning og lek (Echols & Pennypacker, 2015).

Høsting/nytte:
Åpne overvannsløsninger gir flere muligheter for høsting og nytte. Dette kan gi mennesker økt forståelse av økosystemene de er en del av, og hvilke grunnleggende tjenester grønnstrukturen gir oss. Ved å implementere løsninger for magasinering og oppsamling, kan vannet utnyttes som en ressurs til vanning av dyrkingsareal, eller reservelager i tørre perioder. Flere overvannstiltak gjør det også mulig å dyrke matplanter og nyttevekster på steder som tradisjonelt ikke har vært brukt til dette. Grønne vegger og tak er gode eksempler. Småskala matproduksjon i byen kan være viktig for å gjøre byer og tettsteder mindre sårbare i møte med indirekte konsekvenser av klimaendringene.

Fig. 5.9. Utnyttelse av takvann gir muligheten til å dyrke egne grønnsaker i byen.

Urbane økosystemtjenester

I verktøykassa benyttes økosystemtjenester for å synliggjøre hvordan åpne overvannsløsninger forsterker grønnstrukturens flerfunksjonelle rolle. I tillegg til å håndtere overvann og flom, gir åpne overvannsløsninger en rekke andre fordeler, som fremheves ved bruk av økosystemtjenester. Noen av disse, som erosjonssikring og høsting/nytte er direkte relatert til klimaresiliens. Andre, som pollinering og rensing av vann støtter opp under de andre tjenestene og er relatert mer indirekte til klimaresiliens.

Nedenfor er de mest relevante økosystemtjenestene i urbane områder kort beskrevet. Oversikten er basert på rapporten «Urbane økosystemtjenester i Norge» (Lindhjem & Sørheim, 2012, s. 6). I den skjematiske fremstillingen av verktøykassa, vil økosystemtjenestene presenteres i en egen kolonne, gjennom symbolene på denne siden.

Lokal klimaregulering: Skygge, evapotranspirasjon, isolasjon for vind og flomdemping. Dette er en regulerende tjeneste.

Forbedret luftkvalitet: Vegetasjon renser luft ved å fiksere svevestøv. Dette er en regulerende tjeneste.

Opptak og lagring av CO_2: Vegetasjon omdanner CO_2 til biomasse gjennom fotosyntese. Dette er en støttende tjeneste.

Biologisk mangfold: Et rikt plante- og dyreliv må bevares. Sjeldne/ truede arter kan være viktige for fremtidige generasjoner. Dette er en støttende tjeneste.

Erosjonssikring: Vegetason med store rotsystemer er med på å stabilisere jordoverflater. Dette er en regulerende tjeneste.

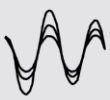
Pollinering og frøspredning: Pollinatorer er elementære i økosystemer, de bestøver mange arter, og er viktige ledd i matproduksjon. Frøspredning er også essensielt for planters utbredelse. Dette er en regulerende tjeneste.

Rense vann: Jord, vegetasjon og mikroorganismer fungerer sammen som et naturlig rensesystem. Dette er en regulerende tjeneste.

Høsting/nytte: Omdannelse av energi og næring til spiselige vekster ved fotosyntese. Dette er en forsynende tjeneste.

Rekreasjon samt mental og fysisk helse: Parker, større grøntområder og korridorer gir mulighet for rekreasjon. Dette er en kulturell tjeneste.

Utdanning og kognitiv utvikling: Naturelementer gir grunnlag for utdanning og kognitiv utvikling. Dette er en kulturell tjeneste.

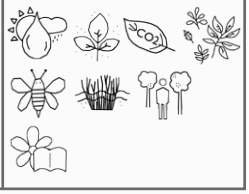


Støyreduksjon: Vegetasjon og vann absorberer lydbølger. Dette er en regulerende tjeneste.

Kulturarv: Elver og naturelementer er kultur -og identitetsskapende. Dette er en kulturell tjeneste.

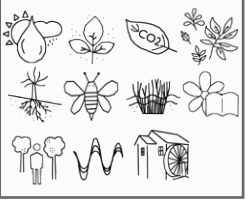
Fig. 5.10.

Tekniske funksjoner				Økologiske funksjoner
Tiltak	Nummer i treleddstrategien	Prosess	Rensing av vann	Biologisk mangfold
GRØNNE TAK	1 (og 2)	Infiltrasjon, evapotranspirasjon, (fordrøyning)	Evapotranspirasjon reduserer vannmengdene som ender i avløpssystemet.	Grønne tak kan planlegges for vipe og andre bakkehekkende fugl. Slåttemark på tak er habitat for pollinerende insekter.
GRØNNE VEGGER	1 (og 2)	Transpirasjon, (fordrøyning)	Evapotranspirasjon reduserer vannmengdene som ender i avløpssystemet. Grønne vegger kan rense avløpsvann.	Flaggermus og fugl kan utnytte grønne vegger for skjul, hvile og oppfostring av unger.
TAKNEDLØP TIL TERRENG	1	Infiltrasjon		
REGNBED	1 og 2	Infiltrasjon, evapotranspirasjon, fordrøyning	Rensing gjennom opptak og nedbrytning i jord og planter samt oppsamling av sedimenter.	Blomster med tilstrekkelig tilgang til nektar og pollen gjennom hele sesongen gjør regnbed til gode habitater for pollinerende insekter som bier, blomsterfluer, biller og sommerfugler.
PERMEABLE FLATER	1	Infiltrasjon		
TØRRE FORDRØNINGS-MAGASINER	2	Fordrøyning, (infiltrasjon)		Generelle hensyn inkluderer: Bruk av stedegne arter, variasjoner, blomstrende og fruktbærende planter, ikke overgjødsling og sprøytemidler, la løvfall og gamle trær bli liggende, kasser for fugl, flaggermus og insekter.
VÅTE FORDRØNINGS-MAGASINER	2	Fordrøyning	Vegetasjon tar opp næringsstoffer og kjemikalier. Dammer kan anlegges med sedimentasjons-kammer oppstrøms.	Dammer kan tilrettelegges for storsalamander og andre amfibier, svarthvit fluesnapper og andre insektsetende fugler i tillegg til horndykker og andre dykkende fugler.
RENNER OG GRØFTER	(1, 2 og) 3	Flomvei, (infiltrasjon, evapotranspirasjon)	Renner med hardt dekker har ingen renseeffekt. Planter og jord renser vannet i vegeterte grøfter.	Vegetasjon langs og i renner/ grøfter forsterker disse som korridor for insekter, amfibier, fugler og flaggermus. Trær og blomstrende planter øker habitatverdien.

Sosiale verdier og funksjoner				Anleggelse, vedlikehold og sikkerhet	Økosystem-tjeneste
Læring	Estetetikk/ opplevelsesverdi	Rekreasjon	Høsting/nytte		
Kunnskap om dyrking, klimatilpasning og fornybar energi.		Oppholdsplasser med utsikt og gode solforhold.	Urbant jordbruk, birøkt.		
Grønne vegger kan formidle vannets vei fra tak til terreng.	Variasjon i farge, tekstur, lukt og artssammensetning samt samarbeid med kunstnere gir økt estetisk verdi.		Vertikal dyrking kan gjennomføres for privatpersoner og firmaer.		
Frakopling av takrenner gir forståelse for vann som ressurs og betydningen av enkelttiltak.	Lyden av rennende vann og ulike visuelle fremstillinger gir spennende uttrykk.	Møller, oppsamlingskar, renner og andre lekeelementer legger til rette for interaksjon med takvannet.	Oppsamling i sisterne eller tønne til bruk i tørre perioder.	Infiltrasjonsareal, jordsmonn og avstand til bygg må vurderes.	
	Variasjon i plantestruktur, farger, høyder og grupperinger gir et rikere visuelt uttrykk.		Blomsterrike beplantninger er et godt grunnlag for birøkt.	Helning mot regnbed bør være maksimalt 5%. Overløp kan brukes for å slippe vann videre i en flomsituasjon.	
Permeable dekker kan markere vannets vei gjennom et område.	Variasjon, kontraster, strukturering av rom og ganglinjer ved hjelp av ulike dekker.	Sand gir muligheten til å påvirke vannets vei i leken. Grusplasser har flere bruksområder enn harde dekker.		Dreneringslag er viktig for infiltrasjonen. Permeable dekker kan tettes igien av løse sedimenter.	
Plakater med informasjon om fordrøyning, rensing og infiltrasjon.		Nedsenkede idrettsplasser, torg og parker kombinerer flomhåndtering med hensyn til rekreasjon.			
Plaktater kan gi informasjon om dyre- og planteliv i dammen.	Vannkvalitet, soner med vegetasjon og lokalisering av dammen høyt i terrenget er viktige hensyn for estetikk og opplevelse.	Brygger, broer og hoppesteiner tilgjengeliggjør vannet.		Elementer som fører oksygen inn i vannet gir mindre algevekst. Vurder drukningsfaren i dype dammer.	
Renner og grøfter kan formidle vannets vei gjennom landskapet og gi større forståelse for det hydrologiske kretsløpet.	Designet må fungere også i tørrværssituasjon. Renner/grøfter kan markeres med vegetasjon eller kontraster i dekket.	Gangveier langs renne/ grøft fra vannets opprinnelsessted til destinasjon.		Renner bør kunne krysses med rullestol og sykkel. Erosjonssikring bør vurderes for grøfter med tidvis stor vannføring.	

Fortsetter på neste side.

Tekniske funksjoner				Økologiske funksjoner
Tiltak	Nummer i treleddstrategien	Prosess	Rensing av vann	Biologisk mangfold
ELVER, BEKKER OG KANALER	(1, 2 og) 3	Flomvei, (infiltrasjon, evapotranspirasjon)	Sedimentasjon, oksygentilførsel, opptak og nedbrytning i jord og planter gir en kontinuerlig renseeffekt.	Habitattiltak for ørret, gagner også andre arter i elvesystemet. Bekker og kanaler kan være viktige korridor for amfibier, pattedyr, insekter, fugler og flaggermus hvis de planlegges med variert vegetasjon.
TERSKLER	2	Fordrøyning	Sedimentasjon og tilførsel av oksygen.	Oppdemming av dammer og våtmark er gunstig for mange arter. I elver bør ikke tersklene være høyere enn 30 cm som er maksimal spranghøyde for ørret.
RENSEDAMMER	(1 og) 2	Rensing, fordrøyning, evapotranspirasjon, (infiltrasjon)	Sedimentasjon, opptak og nedbrytning av kjemikalier og næringsstoffer, samt tilførsel av oksygen.	Rensedammer med våtmarksvegetasjon tilrettelegger for et rikt liv av insekter, amfibier og fugler.
VÅTMARK	(1 og) 2	Fordrøyning, rensing evapotranspirasjon, (infiltrasjon)	Sedimentasjon, opptak og nedbrytning av kjemikalier og næringsstoffer, samt tilførsel av oksygen.	En variert overflate på våtmarka gir bedre habitat for vipe og andre vadefugler. Partier med grunt vann og bortgjemte hekkeområder tilrettelegger for krikkand og andre gressender.

Sosiale verdier og funksjoner				Anleggelse, vedlikehold og sikkerhet	Økosystem-tjeneste
Læring	Estetetikk/ opplevelsesverdi	Rekreasjon	Høsting/nytte		
Kulturhistoriske elementer og informasjons-plakater gir læring om elver og bekkers betydning gjennom historien.	God vannkvalitet, variasjon i uttrykket og frodig vegetasjon gir høy estetisk verdi.	Turveier, oppholdsplasser og benker langs vannet øker rekreasjonsverdien.	Fiske kan tillates i elver med en levedyktig bestand av av ørret, laks eller sjørøye. Dette er også en rekreativ aktivitet.		
Utformingen av terskelen kan formidle elva eller bekkens rolle som flomvei.	Frodige beplantninger og "fossefall" nedstrøms terskler gir varierte vannforløp.	Terskler kan utformes som krysningspunkter, eller med tanke på plasking, hopping og balansering.		Ved terskler som er tilgjengelige for besøkende, bør ikke dybden på vannet være mer enn 20 cm.	
Plakater kan gi informasjon om naturlige rensesystemer og de ulike sonenes funksjon.	Blomstrende planter gir økt estetisk verdi.			Det må planlegges for ankomst for tømming av sedimentasjons-kammer. Drukningsfaren må også vurderes.	
Plakater kan gi informasjon om truede naturtyper og arter samt våtmarkas evne til karbonlagring.	Kontraster mellom frodig vegetasjon og menneskeskapte former, blomstrende planter og dyreliv gir økt opplevelsesverdi.	Borganger og brygger tilgjengeliggjør våtmarka for ferdsel, fugletårn gir en opplevelse av dyrelivet på avstand.		Gjerder reduserer drukningsfaren.	

Tekniske funksjoner				Økologiske funksjoner
Tiltak	Nummer i treleddstrategien	Prosess	Rensing av vann	Biologisk mangfold
GRØNNE TAK	1 (og 2)	Infiltrasjon, evapotranspirasjon, (fordrøyning)	Evapotranspirasjon reduserer vannmengdene som ender i avløpssystemet.	Grønne tak kan planlegges for vipe og andre bakkehekkende fugl. Slåttemark på tak er habitat for pollinerende insekter.

GRØNNE TAK

BESKRIVELSE

Grønne tak er ikke et nytt fenomen i Norge hvor taktekking med gress og torv er en gammel tradisjon. I moderne tid har imidlertid grønne tak fått økt oppmerksomhet i forbindelse med overvannshåndtering fordi vegetasjon på taket kan dempe avrenningen etter små og store regnhendelser. Grønne tak kan i gjennomsnitt holde tilbake 50% av årsnedbøren, selv om kapasiteten varierer gjennom året. Generelt øker flomdempingskapasiteten med tykkelsen på vekstmediet. Vegetasjonskledte tak bidrar også med å regulere inneklimaet i bygget, beskytte taket mot stråling og intens varme, fange svevestøv og dempe støy (Braskerud & Ødegård, 2014). Etterhvert som fortetting legger stadig større press på grøntarealer på bakken, får «den femte fasaden» økt oppmerksomhet som rekreasjonsområde, dyrkingsareal og habitat for fugler og insekter. Grønne tak deles i tre grupper:

Ekstensive tak har bare et tynt lag jord og ofte tørketålende arter som trenger lite skjøtsel. Det vanligste er å bruke arter fra bergknappfamilien som tåler disse forholdene godt. Vekten varierer fra 50 – 130 kg/m^2 i vannmettet tilstand, og dermed kan ekstensive tak ofte implementeres på eksisterende bygg.

Intensive tak kalles også for takhager og kan i prinsippet utformes på samme måte som en hage på bakken. Elementer som trær og busker gjør dette til et tyngre system enn ekstensive tak, og kan dermed kun anlegges på nybygg som en dimensjonert for det.

Semi-intensive tak er en hybrid mellom ekstensive og intensive grønne tak. Vekstmediet er gjerne mellom 10 og 20 cm, noe som tillater et større artsmangfold enn for ekstensive tak. Torvtak er et eksempel på denne taktypen (Braskerud & Ødegård, 2014).

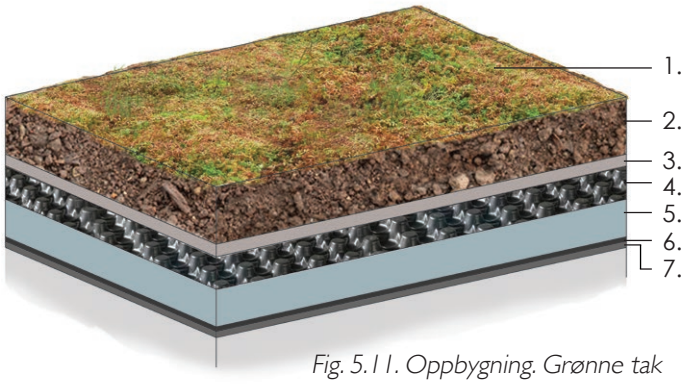


Fig. 5.11. Oppbygning. Grønne tak består av 1. vegetasjon, 2. vekstmedium, 3. filterlag, 4. dreneringslag, 5. Isolasjon, 6. rotbarriere og 7. membran over takkonstruksjonen. Figur basert på Hydrotech, 2012.

Fig. 5.12. Hus med gress på taket fra Heidal i Oppland. Fig. 5.13. Taket på rådhuset i Chicago har blitt en attraksjon i byen. Dette er eksempler på semi-intensive tak.

Sosiale verdier og funksjoner				Anleggelse, vedlikehold og sikkerhet	Økosystem-tjeneste
Læring	Estetetikk/ opplevelsesverdi	Rekreasjon	Høsting/nytte		
Kunnskap om dyrking, klimatilpasning og fornybar energi.		Oppholdsplasser med utsikt og gode solforhold.	Urbant jordbruk, birøkt.		

RENSING AV VANN

Grønne tak har en indirekte effekt på vannkvaliteten ved at tiltaket reduserer vannmengdene som ender opp i avløpsnettet. Dette reduserer også mengdene forurenset substrat som havner her. I stedet føres vannet tilbake til atmosfæren gjennom evapotranspirasjon i planter og jord. Tiltaket bidrar dermed til å opprettholde det hydrologiske kretsløpet.

BIOLOGISK MANGFOLD

Grønne tak gir habitatmuligheter for mange planter, insekter og fugler. Undersøkelser fra Sveits viser at flere rødlistede arter har funnet et fristed på grønne tak etter hvert som habitatområder på bakken forringes eller ødelegges. Bare på ett tak ble det funnet 79 ulike biller og 40 edderkopper, mange av dem sjeldne eller truede arter (Brenneisen, 2006). Miljøbelastninger som trafikk, forurensning og støy som påvirker urbane grøntarealer på bakken er mindre fremtredende på tak. Grønne tak kan dermed supplere annen grønnstruktur ved å tilby hekke- og hvilesteder for fugl eller arealer for truede naturtyper og artssamfunn.

Ekstensive tak som hovedsakelig består av bergknapparter har lavere habitatverdi enn semi-intensive og intensive grønne tak. Mangel på skjulesteder på den åpne flata gjør hekkende fugl og fugleunder svært utsatt, og tilgangen på insekter er liten i et det monokulturelle plantesamfunnet. Mange bergknapparter blomstrer sent i sesongen og gir dermed ingen næringstilgang til nyklekkede fugleunger som er avhengige av rik tilgang på insekter fra tidlig om våren (Brenneisen, 2006).

Selv om ekstensive tak er dårlig egnet som habitat for hekkende fugl, utnyttes denne taktypen av arter som linerle, gråspurv og svartrødstjert som spiser insekter her senere i sesongen (Baumann, 2006).

Semi-intensive og intensive tak gir mange muligheter for å tilrettelegge for biologisk mangfold. Fordi substratet er dypere enn på ekstensive tak, gir det grunnlag for et rikere jordliv og større variasjon av plantearter. Vi tar utgangspunkt i vipe som paraplyart for å beskrive habitattiltak for bakkehekkende fugler på tak og slåtteeng som er en truet naturtype.

Fig. 5.14. og 5.15. Det grønne taket i Wollishofen, Sveits er anlagt i 1914 og er habitat for planter og insekter som opprinnelig finnes i fuktige enger. Bruk av stedegne masser har sikret at frø og jorddyr følger med jorda. På taket finnes 175 ulike plantearter, inkludert flere sjeldne orkideer som narrmarihånd (fig. 5.14) og johannesnøkler (Brenneisen, 2006)

PARAPLYART: VIPE

Vipe er en vadefugl som opprinnelig hører hjemme i våtmarksområder og strandenger. Arten hekker på bakken på steder med kortvokst gress eller våtmark, men også i åkre og beitearealer i kulturlandskapet. Moderne jordbruksmetoder med intensiv drift, motoriserte redskaper og mindre variasjon i landskapet har ført til ødeleggelse av reir og leveområder for vipa og andre bakkehekkende fugler (Vedum m.fl., 2004). Flere steder, både i Norge og andre steder i Europa, har vipa tatt i bruk grønne tak som hekkeplass, men ungene vokser sjelden opp til voksene fugler. Hvis grønne tak skal kunne utnyttes som habitat for vipe, kreves bevisste habitatforbedrende tiltak for å sikre skjulesteder og næringstilgang for ungene (Baumann, 2006). Gode hekkemuligheter på tak kan også utnyttes av andre bakkehekkende fugler som rødstilk, enkeltbekkasin, storspove, brushane, tjeld, dverglo, løvsanger, hagesanger og sanglerke. Flere av disse har i likhet med vipa hatt stor bestandsreduksjon i takt med modernisering av jordbruket (Vedum m.fl., 2004).

Brenneisen (2006) viser hvordan en variasjon i substrattykkelse og plantesammensetninger skaper en mosaikk av mikrohabitater. Dette gir grunnlag for en rik insektfauna og dermed bedre næringsgrunnlag for vipe. Blomstring gjennom hele hekkesesongen fra mars til juni øker sjansene for at vipekyllingene finner nok insekter den første tiden.

Før vipeungene er flyvedyktige er de svært utsatt for predasjon fra rovfugler. Skjulmuligheter i form av steiner eller partier med høyt gress gjør at ungene kan lettere kan gjemme seg bort. På Scandinavian Green Roof Institute i Augustenborg tester de grønne tak i kombinasjon med solcellepaneler. De har funnet ut at skråstilte solceller gir skjulmuligheter for fugler og større variasjon i fukt- og skyggeforhold. På baksiden av panelene beholdes fuktigheten i jorda over en lengere periode, noe som kan være avgjørende for å sikre vanntilgangen for fugleunger. Grønne tak i kombinasjon med solceller øker også strømproduksjonen fordi vegetasjonen på taket har en kjølende effekt på solcellene. På denne måten blir ikke solcellene overopphetet og kan således produsere strøm selv på ekstremt varme dager (Personlig kommunikasjon m/ Jon Block, 15.03.17). Eksempelet fra Åsane i Bergen illustrerer hvordan habitattiltak som skjulmuligheter og næringstilgang er avgjørende for suksessfull vipehekking på tak, se figur 5.16 og 5.17.

Fig. 5.16. og 5.17. Siden 2014 har vipe hekket på det ekstensive taket på IKEA i Åsane. Mangel på skjulmuligheter og næring førte til at ingen unger vokste opp før i 2016. Utlegging av paller for skjul og kasser med mark gjorde at en av ungene klarte seg. Tjeld og rødstilk hekker også på taket (Gangstøe, 2016).

Fig. 5.18. Solceller i kombinasjon med grønne tak gir skjulmuligheter for fugl og varierte mikrohabitat. Samtidig øker solcellenes produksjonsevne (Personlig kommunikasjon m/ Jon Block, 15.03.17).

NATURTYPE: SLÅTTEMARK

Slåttemark (inkludert lauveng og slåttemyr) er klassifisert som utvalgt naturtype i Norge. Hele 24% av de truede rødlisteartene i Norge holder til i de gamle kulturmarkene som er avhengig av slått for å opprettholde den store artsrikdommen (Miljødirektoratet, 2016). Intensivering av jordbruket sammen med innførsel av kunstgjødsel i etterkrigstiden førte til at slåttemarker ble dyrket opp eller grodde igjen. I dag er det få og små slåttemarker tilbake, og mange arter står i fare for å dø ut. I tillegg til truede plantearter er en rekke insekter spesialtilpasset livet i slåttemarka, og det eksisterer mange symbiotiske forhold mellom planter og insekter (Miljødirektoratet, 2016). Vegetasjonen i slåttemark består av lystolerante og tørketålende arter som har gode forutsetninger for å kunne overleve under skiftende forhold på grønne tak.

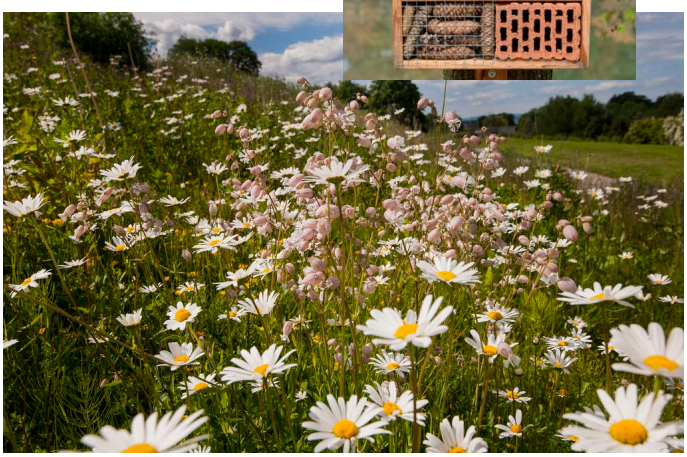
Vellykket anleggelse av slåttemark på tak avhenger av flere faktorer. Bruk av stedlige masser kan gi gode vekstbetingelser for lokalt tilhørende arter, men jorda må ikke være for næringsrik. På taket til Fornebu S ble det brukt knuste masser fra nærområdet. Dette ga grunnlag for å restaurere den stedegne og sjeldne naturtypen kalktørreng som avhenger nettopp av den kalkholdige grunnen som er typisk for Oslo-regionen (Blakstad, 2014).

Frø kan samles i eksisterende slåttemarker i nærheten eller området kan såes til ved å legge ut slåtten fra en annen slåttemark. Bruk av frø fra nærområdet øker sjansene for at lokale og sjeldne arter etablerer seg. (Danielsen, 2015)

Slåttemarka må slås én gang i løpet av sesongen, og slåtten bør ligge i 2-4 dager så plantene får tid til å slippe frøene. Etterpå fjernes plantematerialet. Den lave næringstilgangen er grunnlaget for de rike artssamfunnene i slåttemarker, og det må derfor aldri gjødsles. (Miljødirektoratet, 2016)

Anleggelse av blomsterrik slåttemark på tak kan utgjøre viktig habitat for truede pollinatorer som humler, sommerfugler og villbier. Utleggelse av død ved eller insekthotell med hulrom i ulike størrelser gir også insekter flere steder å legge eggene sine (Personlig kommunikasjon m/ Jon Block, 15.03.17). Basert på undersøkelsene til Baumann (2006) og Brenneisen (2006) anbefaler vi en kombinasjon av slåttemark og ekstensive tak. Dette gir både varierte og artsrike habitater samtidig som det sikrer god næringstilgang og skjulmuligheter for bakkehekkende fugl. På side 108 finnes en oversikt over vanlige planter i slåttemark.

Fig. 5.19. ↓ Slåttemark er en svært artsrik naturtype med spesialiserte forhold mellom planter og insekter.
Fig. 5.20. → Insekthotell gir bedre forhold for arter som legger eggene sine i hulrom.



LÆRING

Grønne tak gir muligheten til å lære om dyrking, klimatilpasning, produksjon av fornybar energi samt truede naturtyper og arter. På semi-intensive tak som planlegges for bakkehekkende fugl kan det settes opp viltkameraer som fanger opp aktiviteten på taket. På denne måten kan man følge med i hekkeprosessen uten å forstyrre fuglene. På taket til IKEA i Åsane har de fulgt hekkingen hos tjeld og vipe ved hjelp av viltkamera (Gangstøe, 2016). I New York har flere skoler etablert grønne tak der elevene dyrker mat, måler nedbørsmengder og observerer plante- og dyreliv. På takene undervises det i temaer relatert til klimatilpasning og produksjon av fornybar energi (Neje, 2016). Når grønne tak tas i bruk på denne måten har det en stor læringseffekt.

REKREASJON

Intensive og semi-intensive tak gir flere muligheter for å tilrettelegge for opphold og aktivitet. Gode solforhold og utsikt er viktige kvaliteter på tak som kan utnyttes til å designe oppholdssteder og sittemuligheter.

Fig. 5.21. Birøkt i Bjørvika, Oslo.

Fig. 5.22. Grønne tak kan utnyttes både til birøkt og grønnsakshage. På flere offentlige skoler i New York er dyrking, plantestudier, klimaendringer og fornybar energi en del av skolehverdagen. Undervisningen finner sted på taket. (Neje, 2016)

HØSTING/NYTTE

Urbant jordbruk har blitt vanlig de siste årene, og i den tette byen tilbyr takflater uutnyttede arealer som kan brukes til dyrking. Variasjonen er stor, fra små naboinitiativer og skoleprosjekter til større, kommersielle produksjonsarealer som Brooklyn Grange (figur 5.24) og Lufa Farmes på flere dekar. I praksis kan de fleste grønnsaker dyrkes på tak. På City Farm i Tokyo produseres både ris, aubergine og soya, mens det på Brooklyn Grange hovedsakelig dyrkes frukt og grønnsaker (Boer, 2012). For å sikre dyrkingsmuligheter på tak, må bygningen konstrueres så den tåler belastningen av jord og planter, også i vannmettet tilstand. Dette må planlegges for og beskrives tidlig i prosjektfasen, så kravene ivaretas i konstruksjon av bygget (Forelesning av Wells, 11.10.16. Ny Norsk Standard for grønne tak, NS 3840).

Også birøkt i byen har blitt vanligere. Birøkterlaget ByBi har som mål å gi Oslos pollinerende insekter bedre forhold gjennom birøkt, kurs og aktiviteter (ByBi, uten år). I tillegg til de direkte godene dyrking og birøkt gir, øker det kunnskapen om planter og økosystemer som mennesker kan utnytte for matproduksjon. Dette henger sammen med prinsippet om læring.

Undersøkelser fra Sverige viser at honningbier fortrenger ville humler og bier hvis det er knapt med nektar. Birøkt på tak bør derfor alltid vurderes utfra tilgjengeligheten til nektar for begge biegruppene. Næringstilgangen for villbier avhenger også av stedegne, ville blomster (Jakobsen, 2016). For å sikre tilstrekkelig nektar og pollen for både honningbier og ville arter, foreslår vi grønne tak med birøkt i kombinasjon med blomsterrike regnbed på bakken og arealer med slåttemark, enten på taket eller på bakken. Blomstring gjennom hele sesongen er viktig for å sikre stabil tilgang til nektar og pollen (Jakobsen, 2016). Selje, krokus og hestehov er eksempler på gode planter for humler som blomstrer allerede i mars-april når humledronningene våkner opp etter vinteren (Bengtson, 2013).

Fordi grønne tak er godt egnet både som habitat for fugler og insekter, som rekreasjonsområde og som dyrkingsareal, kan det oppstå konflikt om arealbruken på tak. Vi anbefaler å implementere habitattiltak for bakkehekkende fugl på takene til store næringsbygg som kjøpesentre, lagerhaller, kulturbygg, skoler, barnehager og treningssentre, mens takene på boliger er attraktive som uteområde og dyrkingsplass og bør brukes til dette. En blanding av habitattiltak for pollinerende insekter og dyrking er alltid gunstig fordi det sikrer pollinering av matplantene.

Fig. 5.23. Takhage på Baltimore Convention Center. Intensive grønne tak kan i prinsippet utformes på samme måte som grøntarealer på bakken. Med tilstrekkelig jorddybde kan det anlegges parker med både trær og busker.

Fig. 5.24. På Brooklyn Grange produseres grønnsaker og frukt på det 2 dekar store taket. Hønsehold og birøkt er også en del av prosjektet (Boer, 2012).

Fig. 5.25. Det grønne taket på California Academy of Science i San Francsisco er etablert med stedegne planter. Taket fungerer som et klasserom hvor besøkende kan lære om naturlig tilhørende naturtyper. En rekke truede arter utnytter også taket som habitat.

Tekniske funksjoner				Økologiske funksjoner
Tiltak	Nummer i treleddstrategien	Prosess	Rensing av vann	Biologisk mangfold
GRØNNE VEGGER	1 (og 2)	Transpirasjon, (fordrøyning)	Evapotranspirasjon reduserer vannmengdene som ender i avløpssystemet. Grønne vegger kan rense avløpsvann.	Flaggermus og fugl kan utnytte grønne vegger for skjul, hvile og oppfostring av unger.

GRØNNE VEGGER

BESKRIVELSE

Begrepet grønne vegger omfatter alle typer vertikale strukturer som er dekket med vegetasjon. På samme måte som med grønne tak, beskytter vegetasjonskledte vegger bygningen mot UV-stråling og sur nedbør, og gir samtidig god klimaregulering inne i bygget (Urban Greening, 2013). Transpirasjon i plantene bidrar til å redusere vannmengdene som ender opp i avløpsnettet og systemer med moduler for oppsamling av vann har i tillegg en fordrøyende effekt. Andre fordeler inkluderer reduksjon av støv, partikler og CO_2 i lufta, temperaturregulering, støyreduksjon, muligheter for urbant jordbruk, estetiske kvaliteter og fordeler for insekter og fugler (Urban Greening, 2013). Grønne vegger deles gjerne i to hovedkategorier, *grønne fasader* og *levende vegger*.

Grønne fasader omfatter klatreplanter som enten vokser direkte på veggen (fig. 5.26) eller ved hjelp av vaier, espalier eller andre former for bæresystemer (fig. 5.27). Felles for grønne vegger er at plantene har røttene i bakken ved foten av bygget. På svært høye bygninger kan klatreplanter suppleres med vegetasjon som vokser fra taket og henger nedover veggen (Hjerpaasen, 2014).

Levende vegger konstrueres gjerne med vegetasjon i moduler som festes til en ramme på fasaden. Vekstmediet består enten av jord eller såkalt hydroponisk vekstmedium hvor plantene får de nødvendige mineralene gjennom vanningssystemet. Dette er et levende veggsystem som gir grunnlag for mer variert plantebruk enn grønne fasader (Urban Greening, 2013). Levende vegger omfatter også spontan vegetasjon som etablerer seg selv i sprekker på fasaden, landskapsvegger som blir brukt til å stabilisere bratte skråninger og kunstig veggvegetasjon som anlegges med porøs betong og vekstjord så planter kan etablere seg direkte på fasaden (Hjerpaasen, 2014). Variasjonen av løsninger gjør at både grønne fasader og levende vegger kan inkorporeres på gamle og nye bygg.

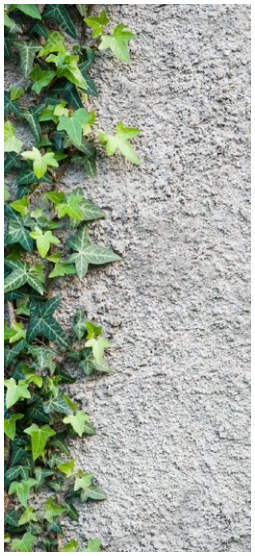
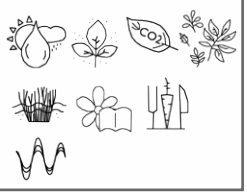


Fig. 5.26-5.28. Grønne vegger deles i grønne fasader som består av klatreplanter med bakkekontakt (fig. 5.26 og 5.27) og levende vegger hvor vegetasjonen festes direkte på fasaden (fig 5.28).

Fig. 5.26

Fig. 5.27

Fig. 5.28

Sosiale verdier og funksjoner				Anleggelse, vedlikehold og sikkerhet	Økosystem-tjeneste
Læring	Estetetikk/ opplevelsesverdi	Rekreasjon	Høsting/nytte		
Grønne vegger kan formidle vannets vei fra tak til terreng.	Variasjon i farge, tekstur, lukt og artssammensetning samt samarbeid med kunstnere gir økt estetisk verdi.		Vertikal dyrking kan gjennomføres for privatpersoner og firmaer.		

RENSING AV VANN

I likhet med grønne tak har grønne vegger en indirekte renseeffekt ved at tiltaket reduserer vannmengdene og dermed mengden forurenset substrat som ender opp i avløpssystemet (Urban Greening, 2013). Eksempler fra Singapore og USA viser også hvordan avløpsvann kan pumpes gjennom levende veggsystemer for å filtrere ut overflødige næringsstoffer. På denne måten kan vannet gjenbrukes, for eksempel til vanningsformål (Kennen & Kirkwood, 2015).

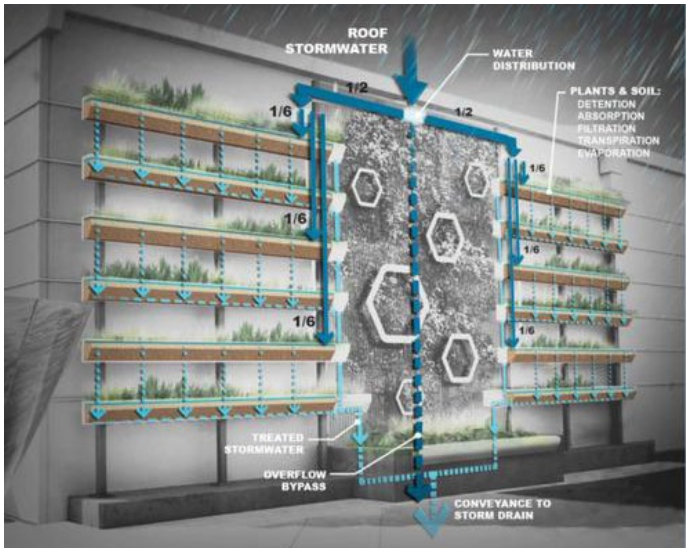


Fig. 5.29. På Portland Expo Center er det konstruert en grønn vegg med spesielt fokus på overvannshåndtering. En serie med vegeterte kasetter gir høy evapotranspirasjon og renseeffekt. Samtidig er veggen et kunstnerisk innslag som lar publikum lære om håndtering av vann (Metro News, 2014).

BIOLOGISK MANGFOLD

Åpen overvannshåndtering gir grunnlag for et rikt insektsliv. For å sikre balansen mellom bestanden av insekter og insektsetende predatorer bør det derfor tilrettelegges for områder der fugler og flaggermus kan hvile, søke skjul og oppfostre ungene sine. Grønne vegger gir muligheten til å planlegge for denne typen habitatområder. Her blir flaggermus og fugl i liten grad utsatt for predasjon fra bakkelevende rovdyr, samtidig som vegetasjonen utgjør gode hvilesteder (Michaelsen & van der Kooij, 2013; Chiquet m.fl., 2013).

I en undersøkelse fra England fant man at både vanlige og sjeldne fuglearter tok i bruk grønne vegger til hvile- og skjulested, matkilde og i noen tilfeller hekkeplass (Chiquet m.fl., 2013). Bruk av enkelte vintergrønne planter, øker veggens habitatverdi fordi det gir bedre ly for fugler gjennom vinteren. Generelt er variasjon i plantesammensetningen en viktig faktor for å fremme ulike habitater (Urban Greening, 2013).

Mangel på egnede reirområder er ofte en begrensende faktor for fugler i tettbebygde områder (Chiquet m.fl., 2013). Grønne vegger tilbyr beskyttede steder der de kan finne gode hekkeplasser. Oppsett av fuglekasser med ulik hulldiameter sikrer gode reirplasser for hullrugende fugler som svarthvit fluesnapper, kjøttmeis, pilfink, spettmeis, svartmeis, stær eller toppmeis og anleggelse av tverrbjelker eller andre horisontale strukturer oppunder taket på bygninger kan lette reirbygginga for tak- og låvesvale. Disse bygger reiret sitt av leire og strå og er avhengige av rik insekttilgang for å fostre opp ungene. Tilrettelagte reirplasser i nærheten av våtmark eller dammer med sivvegetasjon og stående vann er derfor ideelt for svalene (Hanssen m.fl., 1996).

PARAPLYART: FLAGGERMUS

I Norge kjenner vi til 12 arter av flaggermus. Vi behandler her flaggermus som én artsgruppe, selv om ulike arter har forskjellig livssyklus og til dels ulike habitatkrav. De prinsippene som beskrives her er imidlertid såpass generelle at de kan gjelde for de fleste av de norske flaggermusartene.

I dag er mange flaggermusarter på tilbakegang, både i Norge og Europa, og fem av de norske artene er truet. Ødeleggelse av habitatområder i hule trær og gamle bygninger, drenering av vassdragsnatur som gir redusert insekttilgang og økt bruk av miljøgifter utgjør de største truslene (Norsk Zoologisk Forening, uten år). Åpen overvannshåndtering gir rik insektstilgang og er derfor et godt utgangspunkt for å restaurere gode flaggermushabitater. Én flaggermus kan spise som mye som 3000 insekter på en natt. Tilretteleggelse for flaggermus kan derfor effektivt begrense bestandene av insekter assosiert med åpne overvannstiltak.

Etter dvaleperioden som varer fra september til mai, etablerer flaggermusa seg i kolonier i nærheten av jaktområder hvor de oppfostrer ungene i løpet av sommeren. Koloniene legges gjerne i hulrom som hule trær eller sprekker i bygninger, murer og broer. Denne typen kolonisteder er sjeldnere i dagens landskap hvor intensive skogbruksteknikker og moderne arkitektur reduserer andelen gamle trær og egnede bygninger (Norsk Zoologisk Forening, uten år). Bruk av flaggermuskasser sikrer trygge plasser hvor flaggermusa kan oppfostre ungene sine og sove på dagen. Disse bør plasseres høyt på veggen, med god soltilgang. Når kassene plasseres minst tre meter over bakken reduseres sjansene for predasjon fra bakkelevende rovdyr. Bevaring av gamle trær på prosjektområdet er også et viktig tiltak for å sikre kolonisteder for flaggermus. (Michaelsen & van der Kooij, 2013)

Generelt er vegetasjon og stående vann avgjørende for å sikre tilstrekkelig insektstilgang for flaggermusa gjennom hele sesongen. Rekker av trær er også viktig for å sikre forflytningskorridorer i åpne landskap. (Norsk Zoologisk Forening, uten år) Tiltak for å tilrettelegge for pollinerende insekter beskrives under grønne tak og regnbed.

Fig. 5.30. og 5.31. Flaggermus- og fuglekasser gir trygge steder for oppfostring av unger. Grønne vegger er et godt utgangspunkt for å planlegge habitater for disse artsgruppene.

Fig. 5.32. Planter med blomster tiltrekker pollinerende insekter. Eføy med bier på grønn vegg.

Fig. 5.33. Vann drypper mellom de ulike etasjene i den grønne veggen på Portland Expo Center.

Fig. 5.34. Musée du Quai Branly har 170 plantearter på fasaden.

Fig. 5.35. Tilgjengelighet for høsting og stell kan være en begrensede faktor for vertikal dyrking. Det finnes flere systermer som gir privatpersoner og firmaer muligheten til å dyrke på deler av en fasade.

LÆRING

Grønne vegger gir muligheten til å vise fram vannets vei fra taket og ned til terrenget. Prosjektet på Expo Center i Portland (fig. 5.29 og 5.33) har som formål nettopp at besøkende skal få større forståelse for grønne veggers betydning for overvannshåndteringen. Fra taket ledes vannet gjennom etasjer av planter og jord som gir større evaporasjon og fordrøyning sammenliknet med andre typer grønne vegger. Mellomrommet mellom etasjene gjør at besøkende kan følge med på vannets vei gjennom systemet og reflektere over prosessene som finner sted. (Metro News, 2014)

ESTETIKK/OPPLEVELSESVERDI

En variasjon av planter med ulik farge, tekstur og lukt gir grønne vegger høy estetisk verdi. Patrick Blanc er kjent for sine kreative veggbeplantninger og regnes av mange som grunnleggeren av moderne grønne vegger (Urban Greening, 2013). I hvert prosjekt bruker han en ny plantemiks basert på de klimatiske forholdene og stedskvalitetene. Bare på den grønne veggen på Musée du Quai Branly i Paris brukte Blanc ca. 170 ulike arter (Beatley, 2009). Flere prosjekter engasjerer også kunstnere i planleggingen av grønne vegger. Kombinasjoner av kunst, installasjoner og vegetasjon gir spennende uttrykk.

HØSTING/NYTTE

Tilgjengelighet har mye å si for at grønne vegger effektivt kan utnyttes til dyrking. Tilgang for stell og høsting av matplanter kan sette begrensninger for høyden og størrelsen på veggen (Urban Greening, 2013). På markedet finnes flere systemer som lar privatpersoner og firmaer dyrke opp deler av en fasade, se figur 5.35 (Green Living Technologies International, 2016; Bright Agrotech, 2017). Denne typen systemer kan enkelt implementeres i nye og gamle boligområder for gi innbyggerne større muligheter for å utnytte omgivelsene sine til småskala matproduksjon.

Tekniske funksjoner				Økologiske funksjoner
Tiltak	Nummer i treleddstrategien	Prosess	Rensing av vann	Biologisk mangfold
TAKNEDLØP TIL TERRENG	1	Infiltrasjon		

TAKNEDLØP TIL TERRENG

BESKRIVELSE

Ved å kople takrenner fra ledningsnettet og lede vannet ut i terrenget, øker infiltrasjonen og evapotranspirasjonen. På denne måten avlastes rørsystemet i en flomsituasjon, og vannet kan brukes som estetisk element lokalt. Takvann regnes som rent og kan dermed brukes direkte i vannspeil eller til vanning uten å renses. Tiltaket er relativt kostnadseffektivt sammenliknet med andre overvanntiltak og kan enkelt utføres av huseier. (NOU 2015:16; Braskerud & Skallebakke, 2013)

LÆRING

Taknedløp til terreng gir grunnlag for større forståelse av vann som ressurs og hvordan enkelttiltak kan redusere faren for kapasitetssvikt på avløpsnettet. Erfaringer fra Augustenborg i Malmø og Fredrikstad viser at huseiere som opplevde problemer med oversvømmelse og kloakk i kjellerne etter styrtregn hadde stor forståelse for at frakopling av takrenner kunne bidra med å løse problemet. I begge tilfellene ga tiltaket umiddelbart færre kjelleroversvømmelser. Budskapet kan forsterkes ytterligere ved å lede vannet i åpne løsninger og bruke det som en ressurs i lokalsamfunnet (Stahre, 2008; Braskerud & Skallebakke, 2013).

ESTETIKK/OPPLEVELSESVERDI

Taknedløp gir muligheten til å fremstille rennende vann på en rekke måter. Løsninger kan innebære ulike former for «fossefall» som gir spennende lyder og visuelle inntrykk, materialer med hard overflate som forsterker lyden eller kunstnerisk utforming av selve utløpet. I terrenget kan takvannet ledes til fuktighetstålende beplantninger, regnbed eller føres videre i åpen renne eller grøft. Dette kan gi hagen eller uteområdet ytterligere estetiske kvaliteter i form av frodige planter og visuelt attraktive renner eller grøfter (Echols & Pennypacker, 2015).

Fig. 5.36 og 5.37. Taknedløp byr på muligheter til interaksjon og lek med vannet. Elementer som møller, renner og oppsamlingskar inviterer til lek.

REKREASJON

Barn er fasinert av vann i alle dets former. Taknedløp gir grunnlag for interaksjon med vannet i form av lek og bearbeiding av vannets videre løp (se fig. 5.36). Møller, oppsamlingskar, renner og andre lekeelementer legger til rette for bruk av takvann i leken. Sand drenerer godt og er lett å bearbeide. Lekeområder kan derfor anlegges på sand der bygging av demninger og ulike flommønster er mulig.

Sosiale verdier og funksjoner				Anleggelse, vedlikehold og sikkerhet	Økosystem-tjeneste
Læring	Estetetikk/ opplevelsesverdi	Rekreasjon	Høsting/nytte		
Frakopling av takrenner gir forståelse for vann som ressurs og betydningen av enkelttiltak.	Lyden av rennende vann og ulike visuelle fremstillinger gir spennende uttrykk.	Møller, oppsamlingskar, renner og andre lekeelementer legger til rette for interaksjon med takvannet.	Oppsamling i sisterne eller tønne til bruk i tørre perioder.	Infiltrasjonsareal, jordsmonn og avstand til bygg må vurderes.	

Fig. 5.38

Fig. 5.39

Fig. 5.38 - 5.41. Steiner ved utløpet reduserer erosjonsfaren og kan styrke det visuelle inntrykket. Ulik utforming på taknedløpet gir variasjon i opplevelsen av rennende vann, både visuelt og i lydbildet.

HØSTING/NYTTE

Takvann er i utgangspunktet ikke forurenset, og kan derfor samles opp og brukes til vanning av nytteplanter og park/ hageanlegg i tørre perioder. Bruk av sisterne eller tønne gir god kapasitet og kan fungere som estetisk element

ANLEGGELSE, VEDLIKEHOLD OG SIKKERHET

Som en tommelfingerregel bør infiltrasjonsarealet på bakken være minst 10% av takflaten. Jordsmonn med mye leire reduserer infiltrasjonskapasiteten, og det kreves derfor et større areal for behandling av vannet. Dette kan løses ved hjelp av regnbed eller systemer for oppsamling. Store nedbørsmengder kan ikke infiltreres lokalt og det er derfor nødvendig å legge til rette for at vannet kan ledes videre i åpen løsning. (Braskerud & Skallebakke, 2013)

Ved frakopling av takrenner må overvannet ledes vekk fra bygninger. En regel er to meter fra bygg med kjeller og en meter for andre bygninger. En helle eller stein kan brukes for å dempe kraften på vannet ved utløpet for å hindre erosjon. (Braskerud & Skallebakke, 2013)

Fig. 5.40

Fig. 5.41

Tekniske funksjoner				Økologiske funksjoner
Tiltak	Nummer i treleddstrategien	Prosess	Rensing av vann	Biologisk mangfold
REGNBED	1 og 2	Infiltrasjon, evapotranspirasjon, fordrøyning	Rensing gjennom opptak og nedbrytning i jord og planter samt oppsamling av sedimenter.	Blomster med tilstrekkelig tilgang til nektar og pollen gjennom hele sesongen gjør regnbed til gode habitater for pollinerende insekter som bier, blomsterfluer, biller og sommerfugler.

Fig. 5.42 og 5.43. Regnbed med en variasjon av arter har høy estetisk verdi. Blomstrende planter gir god næringstilgang for pollinerende insekter.

REGNBED

BESKRIVELSE

Regnbed er en forsenkning i terrenget med fuktighetstålende planter. Tiltaket anlegges med drenerende masser for å sikre god infiltrasjon i grunnen, og vannet ledes hit ved hjelp av hellende terreng eller gjennom renner og grøfter. Regnbed har ikke permanent vannspeil og krever derfor arter som kan tåle en fluktuasjon mellom fuktige og tørre forhold. Variasjon i plantestruktur og artssammensetning gir estetiske kvaliteter og kan fungere som habitat for nytteinsekter. (Braskerud & Paus, 2013)

RENSING AV VANN

Forurenset overvann renses i regnbed ved hjelp av opptak og nedbrytning i planter, nedbrytning i jorda eller binding til jordpartikler. Fordi regnbed er nedsenket i forhold til terrenget rundt vil tiltaket også samle opp sedimenter og søppel. Etter store regnhendelser bør derfor bedene renses for søppel, mens det i områder med stor partikkelavrenning kan anlegges sedimentasjonskammer oppstrøms regnbedene. (City of Portland, Environmental Services, 2004)

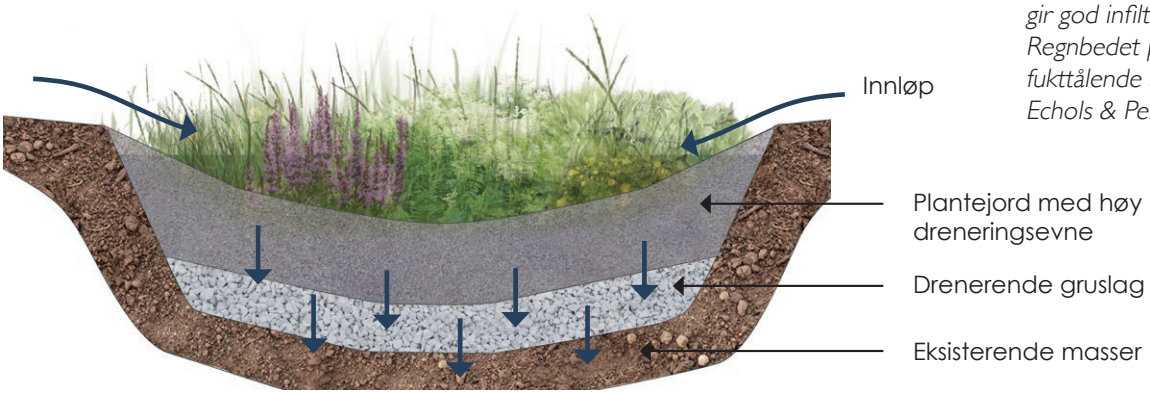


Fig. 5.44. Oppbygning av regnbed. Vekstjord og dreneringslag av grus gir god infiltrasjon til grunnen. Regnbedet plantes til med fukttålende arter. Figur basert på Echols & Pennypacker, 2015, s. 126.

Sosiale verdier og funksjoner				Anleggelse, vedlikehold og sikkerhet	Økosystem-tjeneste
Læring	Estetetikk/ opplevelsesverdi	Rekreasjon	Høsting/nytte		
	Variasjon i plantestruktur, farger, høyder og grupperinger gir et rikere visuelt uttrykk.		Blomsterrike beplantninger er et godt grunnlag for birøkt.	Helning mot regnbed bør være maksimalt 5%. Overløp kan brukes for å slippe vann videre i en flomsituasjon.	

BIOLOGISK MANGFOLD

Mer enn 75% av de viktigste matplantene i verden er helt eller delvis avhengig av insektpollinering. I tillegg til bier og humler er sommerfugler, biller og blomsterfluer viktige pollinatorer (Miljødirektoratet, 2016; SABIMA, uten år, b). Intensivering i jordbruket og gjengroing av slåttemark har ført til at mange pollinatorhabitater har forsvunnet. I dag er en tredjedel av biene i Norge truet, både som følge av tap av leveområder, men også på grunn av faktorer som klimaendringer, sprøytemidler og fremmede biearter (SABIMA, uten år, b). Restaurering av habitatområder er nødvendig for å sikre overlevelsen av ville pollinatorer så de kan fortsette å utføre den viktige pollineringsjobben sin i landbruket.

Regnbed kan planlegges med tanke på blomstrende arter som gir gode livsbetingelser for pollinatorer. Særlig der det drives birøkt er det viktig å sikre rikelig med pollen og nektar så ikke ville bier og humler konkurreres ut (Jakobsen, 2016). Blomstring gjennom hele sesonger gir god næringstilgang, både for tambier og ville insekter. De første humledronningene våkner allerede i mars og er avhengig av tilgjengelig pollen og nektar for å bygge opp en ny koloni (Bengtson, 2013). Regnbedet bør derfor inneholde noen tidligblomstrende arter, eller det kan plantes løkblomster og trær som selje og hassel i nærheten. Stedegne planter favoriseres av villbier og kan dermed redusere konkurransen mellom de to gruppene. Under plantelista for fuktige forhold (side 104) er forslag til blomstrende arter som egner seg for regnbed. Flere habitattiltak for insekter beskrives under grønne tak.

ESTETIKK/OPPLEVELSESVERDI

En variasjon i plantestruktur, farger, høyder og grupperinger gjør beplantningene interessante gjennom sesongen (Oudolf & Kingsbury, 2013). Definerte grupperinger egner seg godt i urbane situasjoner, mens et mer naturlig uttrykk hvor plantegruppene glir over i hverandre passer for regnbed i parkområder. Kontraster mellom stamme uttrykk og engliknende beplantninger kan gi høy estetisk verdi.

HØSTING/NYTTE

Blomsterrike regnbed med mye nektar og pollen gir grunnlag for å anlegge bikuber enten på grønne tak eller på bakken. Produksjon av honning har både direkte verdi fordi det er en forsynende tjeneste, men styrker også båndet mellom mennesker og økosystemene som omgir dem.

ANLEGGELSE, VEDLIKEHOLD OG SIKKERHET

For å hindre erosjon bør helningene mot regnbed ikke være mer enn 5%. I områder med stor vanntilførsel kan det anlegges overløp som slipper vann ut igjen av bedet før det fyller seg helt opp (Echols & Pennypacker, 2015).

Fig. 5.45. Regnbed kan anlegges som estetisk element på offentlige plasser.

Fig. 5.46. Piet Oudolfs staudebeplantninger har stor variasjon i plantestruktur, farger, høyder og grupperinger som gir høy estetisk verdi.

Tekniske funksjoner				Økologiske funksjoner
Tiltak	Nummer i treleddstrategien	Prosess	Rensing av vann	Biologisk mangfold
PERMEABLE FLATER	1	Infiltrasjon		

PERMEABLE FLATER

BESKRIVELSE

Permeable flater er overflater som tillater at vann kan trenge ned i bakken. Ved å erstatte tette flater med permeable dekker øker infiltrasjonen og bidrar til å opprettholde grunnvannstanden (City of Portland, Environmental Services, 2004). Harde flater på kjøreområder, plasser og gangarealer i byene kan i mange tilfeller erstattes med grus eller semipermeable dekker som for eksempel heller med mellomrom eller «permeabel asfalt». Områder med plen og vegetasjon bidrar også til økt permeabilitet og kan erstatte tette flater utenom gang- og kjøreforbindelser. I tillegg gir vegetasjon en ruere overflate som bidrar til å bremse vannet i en flomsituasjon. Portlands overvannshåndbok deler permeable dekker i tre hovedgrupper:

Heller utformet med mellomrom tåler stor belastning og kan brukes på fortau, veier eller parkeringsplasser. Mellomrommene mellom hellene fylles med grus eller sand som drenerer godt, mens størrelsen på mellomrommene avgjør infiltrasjonskapasiteten.

Permeabel asfalt og betong er sammensatt på samme måte som vanlig asfalt eller betong, men har større porevolum som tillater vannet å strømme gjennom. Man legger gjerne et tykkere lag for å sikre at dekket tåler samme belastning som vanlig asfalt eller betong. Infiltrasjonskapasiteten forsterkes med et dreneringslag av grov grus eller pukk på undersiden. De store porevolumene gjør dette dekket mindre utsatt for skader fra frost og tining.

Grid med gress består av plastikk- eller betongceller fylt med jord og plantet til med gress. Tiltaket egner seg best i områder med liten trafikk og belastning som private oppkjørsler, uteplasser eller veiskuldre. For å øke infiltrasjonen kan man også her bruke et dreneringslag av grus eller pukk på undersiden.

Fig. 5.47

Fig. 5.48

Fig. 5.47 - 5.49. Permeable dekker kommer i mange varianter. Figur 5.47 viser heller med mellomrom, mens figur 5.48 og 5.49 illustrerer hvordan stort porevolum tillater vann å trenge gjennom permeabel betong og asfalt.

Fig. 5.49

I tillegg til de overnevnte dekkene kan man benytte seg av grus på stier og plasser, bark eller sand som erstatning for tette gummidekker eller plen og vegetasjon i parker og oppholdsarealer (City of Portland, Environmental Services, 2004).

Sosiale verdier og funksjoner				Anleggelse, vedlikehold og sikkerhet	Økosystem-tjeneste
Læring	Estetetikk/ opplevelsesverdi	Rekreasjon	Høsting/nytte		
Permeable dekker kan markere vannets vei gjennom et område.	Variasjon, kontraster, strukturering av rom og ganglinjer ved hjelp av ulike dekker.	Sand gir muligheten til å påvirke vannets vei i leken. Grusplasser har flere bruksområder enn harde dekker.		Dreneringslag er viktig for infiltrasjonen. Permeable dekker kan tettes igjen av løse sedimenter.	

LÆRING

Variasjon i dekket kan kommunisere vannets vei gjennom et område. For eksempel kan lavpunktet på en plass markeres med et permeabelt dekke eller vannets retning vises fram med striper på tvers av en overflate (Echols & Pennypacker, 2015).

ESTETIKK/OPPLEVELSESVERDI

Som beskrivelsen ovenfor illustrerer, kommer permeable dekker i en rekke varianter. En kombinasjon av ulike typer dekker kan gi spennende uttrykk, særlig ved bruk av kontraster mellom harde og vegetasjonskledte flater. En variasjon av ulike permeable dekker kan også dele opp og strukturere store, åpne plasser, eller lede mennesker langs planlagte ganglinjer.

REKREASJON

Permeable dekker legger i mange tilfeller bedre til rette for lek og aktivitet enn harde overflater. Sand gir muligheten til å påvirke vannets vei på en lekeplass, mens en gruslagt plass har en rekke bruksområder fra fotballøkke eller hundetreningsbane til torg og sirkusplass.

ANLEGGELSE, VEDLIKEHOLD OG SIKKERHET

For å oppnå størst infiltrasjonseffekt, bør permeable dekker anlegges over et dreneringslag av grus eller pukk. Sandholdig jord drenerer også godt. Både for permeabel asfalt og betong og heller med mellomrom, er det fare for at dekket tettes igjen. Disse tiltakene bør derfor ikke brukes i områder med mye løse sedimenter. Permeabel asfalt og betong kan «støvsuges» og vaskes for å fjerne støv og opprettholde permeabiliteten (City of Portland, Environmental Services, 2004). Pakking, særlig av leirholdig grunn, hemmer infiltrasjon, og reduserer dermed effekten av permeable dekker. Frossen eller vannmettet grunn gir også redusert infiltrasjon (Lindholm, et al., 2008).

Fig. 5.50 - 5.51. Variasjon i dekket kan gi spennende uttrykk og formidle ganglinjer eller vannets vei.

Tekniske funksjoner				Økologiske funksjoner
Tiltak	Nummer i treleddstrategien	Prosess	Rensing av vann	Biologisk mangfold
TØRRE FORDRØNINGS-MAGASINER	2	Fordrøyning, (infiltrasjon)		Generelle hensyn inkluderer: Bruk av stedegne arter, variasjoner, blomstrende og fruktbærende planter, ikke overgjødsling og sprøytemidler, la løvfall og gamle trær bli liggende, kasser for fugl, flaggermus og insekter.

TØRRE FORDRØYNINGSMAGASINER

BESKRIVELSE

Fordrøyning er når overvann holdes midlertidig tilbake i magasiner eller bassenger. På denne måten forsinkes vannet og flomtoppene reduseres. Fordrøyning i tørre bassenger er en arealmessig gunstig løsning som kan ta av for store regnskyll. Bassengene vil være tørre mesteparten av tiden og kan utformes som torg, ballbaner, lekeplasser eller parkareal som har funksjon også utenom flomhendelsene (Melbø & Steffensen, 2004).

BIOLOGISK MANGFOLD

Tørre fordrøyningsmagasiner gir mange utformingsmuligheter. For å kunne foreslå tiltak for biologisk mangfold tar vi utgangspunkt i fordrøyning i vegetasjonskledte forsenkninger som fordrøyningsmagasinet på Tåsinge Plads i København (figur 5.52). Prinsippene nedenfor er i stor grad basert på masteroppgaven til Eikaas og Roussel (2013) der de identifiserer generelle tiltak for å legge til rette for biologisk mangfold i urbane grøntområder. Der det refereres til andre publikasjoner har vi supplert med andre kilder.

- Bruk hovedsakelig stedegne arter i stedet for fremmede arter. I sin bok «Bringing Nature Home» viser forfatteren hvordan de fleste insekter som lever av planteføde kun kan spise plantearter de har utviklet seg parallelt med (Tallamy, 2016). Ekstensiv bruk av fremmede plantearter vil således ha liten verdi for norske insekter og en reduksjon i insektbestanden vil igjen gå utover fugler og flaggermus. Bruk av stedegne arter reduserer også sjansene for å innføre planter som er skadelige for natur ved å spre seg kraftig eller endre økologien i et område.
- Variasjon i plantestruktur, sjikting, arter, sol- og skyggeforhold, fuktighetssoner og terreng gir habitat for flere arter (Brenneisen, 2006).

- Blomstrende og fruktbærende arter gir god næringstilgang for fugler og insekter. Planlegg blomstring gjennom hele sesongen. Forslag til planter med stor verdi for biologisk mangfold finnes på side 105-106.
- Overgjødsling og bruk av sprøytemidler bør unngås. Næringsstoffer på avveie gir ubalanse i økosystemer, og sprøytemidler tar liv av mye mer enn ugresset.
- La løvfall bli liggende og gamle trær få stå. Nedbrytningsprosessen er viktig for mange arter sopp og insekter. Løvhauger er overvintringsplass for blant annet piggsvin.
- Fuglekasser, insekthotell og flaggermuskasser gir beskyttelse og leveområder.
- La busker og trær vokse fritt og la naturlig vegetasjon etablere seg enkelte steder.

Sosiale verdier og funksjoner				Anleggelse, vedlikehold og sikkerhet	Økosystem-tjeneste
Læring	Estetetikk/ opplevelsesverdi	Rekreasjon	Høsting/nytte		
Plakater med informasjon om fordrøyning, rensing og infiltrasjon.		Nedsenkede idrettsplasser, torg og parker kombinerer flomhåndtering med hensyn til rekreasjon.			

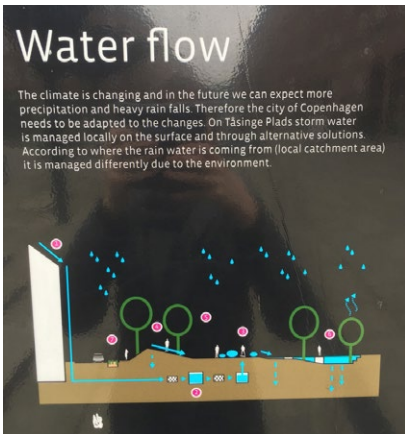


Fig. 5.52 og 5.53. Tåsinge Plads i København har to vegeterte fordrøyningsmagasiner for lagring av flomvann. På informasjonsplakater kan besøkende lære både om naturlig rensing, fordrøyning og infiltrasjon.

LÆRING

Ved hjelp av informasjonsplakater kan besøkende lære hvordan fordrøynings- og infiltrasjonsområder gjør byen mindre sårbar i møte med store nedbørshendelser. På Tåsinge Plads i København beskrives fordrøyningsprosessen og hvordan de ulike elementene virker sammen for å dempe flom (fig. 5.53).

REKREASJON

Benthemplein Water Plaza i Rotterdam er et godt eksempel på et prosjekt som integrerer tørr fordrøyning med rekreasjonsformål. De nedsenkede idrettsområdene kan holde tilbake vann i en flomsituasjon og beskytter dermed byen for oversvømmelser. Nedsenkede parker kan også planlegges med tanke på rekreativ verdi med sitteplasser og oppholdsarealer.

Fig. 5.54 og 5.55. Benthemplein Water Plaza i Rotterdam er utformet med nedsenkede idrettsområder som kan oppbevare vann i en flomsituasjon.

Tekniske funksjoner				Økologiske funksjoner
Tiltak	Nummer i treleddstrategien	Prosess	Rensing av vann	Biologisk mangfold
Våte fordrønings-magasiner	2	Fordrøyning	Vegetasjon tar opp næringsstoffer og kjemikalier. Dammer kan anlegges med sedimentasjons-kammer oppstrøms.	Dammer kan tilrettelegges for storsalamander og andre amfibier, svarthvit fluesnapper og andre insektsetende fugler i tillegg til horndykker og andre dykkende fugler.

VÅTE FORDRØYNINGSMAGASINER

BESKRIVELSE

Våte fordrøyningsmagasiner er dammer med permanent vannspeil som har restkapasitet til å fordrøye vann fra mindre regnhendelser (Melbø & Steffensen, 2004). Dammene må ofte anlegges med membran for å sikre et konstant vannspeil, noe som går på bekostning av infiltrasjon til grunnen. Estetikk i form av vannspeil versus god flomhåndtering gjennom infiltrasjon representerer konkurrerende hensyn som må vurderes fra anlegg til anlegg. Basert på prosjekteksemplene vi har studert, konkluderer vi med at enn kombinasjon av de to sikrer hensynene både til funksjon og estetikk (Melbø & Steffensen, 2004).

RENSING AV VANN

Kjemikalier og næringsstoffer tas opp og brytes ned i jord og planter i våte fordrøyningsmagasiner. Særlig kraftigvoksende vegetasjon kan ta opp mye nitrogen og fosfor, men dette frigjøres igjen når plantene visner og brytes ned. Er det stor tilførsel av næringsstoffer kan man fjerne død vegetasjon etter vekstsesongen.

Opprenskningen bør begrense seg til under halvparten av dammen per gang, og gjerne med flere års mellomrom av hensyn til plante- og dyrelivet. For å unngå at dammen fylles opp av partikler bør det anlegges sedimentasjonskammer eller rensedam oppstrøms (Vedum m.fl., 2004). Dette er forklart i større detalj under rensedam.

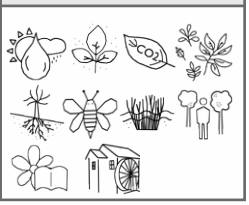
BIOLOGISK MANGFOLD

I løpet av 1700- og 1800-tallet ble det gravd ut en rekke dammer på norske gårder for å sikre vanntilgang for dyr og som forsikring mot brann. Dette la grunnlaget for et rikt liv av vannplanter, insekter, amfibier og fugler (Vedum m.fl., 2004). Samfunnsutviklingen, sammen med modernisering av jordbruket reduserte behovet for gårdsdammer, samtidig som innførsel av brønnloven i 1957 påla grunneier ansvaret for å sikre dammer mot drukningsulykker. En rekke dammer ble derfor gjenfylt rundt midten av 1900-tallet, og mange arter som har sitt habitat i tilknytning til dammer har hatt sterk tilbakegang (Personlig kommunikasjon m/ Wenche Dramstad, 18.01.2017).

Fig. 5.56

Fig. 5.57

Fig. 5.56. Dammer i kulturlandskapet er viktig for mange arter. Her fra en gård i Hedmark.
Fig. 5.57. Storsalamander har, i likhet med andre amfibier, hatt en stor tilbakegang i Norge de siste årene.

Sosiale verdier og funksjoner				Anleggelse, vedlikehold og sikkerhet	Økosystem-tjeneste
Læring	Estetetikk/ opplevelsesverdi	Rekreasjon	Høsting/nytte		
Plaktater kan gi informasjon om dyre- og planteliv i dammen.	Vannkvalitet, soner med vegetasjon og lokalisering av dammen høyt i terrenget er viktige hensyn for estetikk og opplevelse.	Brygger, broer og hoppesteiner tilgjengeliggjør vannet.		Elementer som fører oksygen inn i vannet gir mindre algevekst. Vurder drukningsfaren i dype dammer.	

PARAPLYART: STORSALAMANDER

Storsalamander har, i likhet med mange andre amfibiearter, hatt en sterk tilbakegang i Norge de siste tiårene (Vedum m.fl., 2004). Mange amfibiearter har sammenfallende habitatkrav, og vi bruker derfor storsalamander som paraplyart for også å ivareta livsbetingelsene for andre amfibier som padde, frosker og småsalamander.

Storsalamanderen er avhengig både av dammer og habitat på land i sin livssyklus. Parring, egglegging og utvikling av larvene foregår i vann, mens voksne storsalamandre er avhengig av arealer og hvilesteder på land. Overvintring skjer i steinrøyser eller rasmark tett på dammen. Tiltak for å øke bestanden av storsalamander innebærer å planlegge grunne områder i dammen med direkte solinnstråling. Her skapes gode forhold for egglegging, mens dypere partier er viktige for jakting og lek. Steiner på bunnen kan utgjøre viktige skjulesteder. Variasjon er et viktig stikkord som sikrer gunstige forhold under de ulike livsstadiene. (Vedum m.fl., 2004)

Soleksponerte steiner på land er gode oppholdssteder på dagen. For overvintring kan det bygges egne «salamanderhotell». Dette har gitt gode resultater i Lier, der over 500 salamandre har overvintret i løpet av en treårsperiode (Busterud, 2016). Utforming beskrives i figuren nedenfor.

Storsalamanderen kan spre seg til andre dammer som ligger innenfor en radius på 50 – 500 meter (Vedum m.fl., 2004). Identifisering av eksisterende dammer og mulige arealer for anleggelse av nye er derfor relevant for å sikre at dammen koloniseres. Eventuell utsetting av storsalamander kan vurderes dersom de ikke tar i bruk dammen for egen maskin.

Fisk har en negativ effekt på storsalamander og andre amfibier fordi den grumser til vannet og er en effektiv predator på salamanderlarver og rumpetroll (Vedum m.fl., 2004). Vi foreslår derfor å tilrettelegge for amfibier og ulike fugler i tilknytning til dammer, våtmark, små bekker og renner, mens elveåpningsprosjekter og større bekker bør planlegges for fisk. På denne måten sikres et rikere artsmangfold totalt sett.

Fig. 5.58. Salamanderhotell er et billig men effektivt tiltak for å sikre overvintring, både av storsalamander og småsalamander. Kjernen består av steiner på mellom 2 og 30 cm, som er dekket til med en permeabel duk. Oppå kommer et 0,6 - 1,5 meter tykt jordlag som gir god isolasjon. Hotellene kan anlegges i terrenget, eller som frittstående hauger. Fra kjernen bør det anlegges 3-4 dreneringsrør på ca. 12 cm. Figur og tekst er hentet fra Dervo, uten år.

PARAPLYART: SVARTHVIT FLUESNAPPER

Det rike insektlivet som gjerne oppstår i dammer gir gode livsbetingelser for fugler og flaggermus som baserer kosten sin på insekter. Vi bruker *svarthvit fluesnapper* som paraplyart for å beskrive habitattiltak som også gagner andre insektetende fugler som låvesvale, taksvale, sandsvale og tårnseiler.

Vegetasjon og trær langs dammer gir gode vilkår for den svarthvite fluesnapperen. Her kan den finne hvile-, skjul- og hekkeplasser. Bruk av tidligblomstrende arter som selje og hegg øker andelen insekter. Svarthvit fluesnapper hekker i hule trær, men tar gjerne i bruk fuglekasser. Disse bør ha en hulldiameter på 30-32 mm, og henges forholdsvis høyt for å unngå predasjon av røyskatt og snømus (Lifjeld, 1994). Kasser med ulik hulldiameter sikrer reirplasser for andre fugler. I tillegg til fluesnapperen vil en rekke fugler kunne dra nytte av trær og annen vegetasjon langs dammen. Bær og frø supplerer dietten for fugler som ikke utelukkende spiser insekter.

PARAPLYART: HORNDYKKER

Kvinand, toppand, sothøne, sivhøne og horndykker representerer fugler som finner næring under damoverflaten og gjerne krever større dammer og tett vegetasjon for å trives. Vi bruker *horndykker* som paraplyart for å beskrive habitatkravene som gjelder for mange av de dykkende fuglene.

Horndykker livnærer seg på insekter, bløtdyr og krepsdyr som den fanger under vann (Vedum m.fl., 2004). Grunne partier i dammen er derfor viktig for å sikre god mattilgang. Anleggelse av øyer eller sittesteiner i dammer gir trygge hvilesteder for horndykker og annen fugl. I store dammer kan øyene tilrettelegges for hekking med sivvegetasjon eller små busker.

For hekking krever horndykkeren tett kantvegetasjon hvor reiret plasseres flytende i sivet. Tilstrekkelig skjerming og plass kan være en utfordring i urbane situasjoner hvor hensyn til andre arter og menneskers preferanser også er avgjørende faktorer. Vi foreslår derfor å tilrettelegge for horndykker og andre dykkende fugler i dammer som er større enn 2 dekar. Her får de tilstrekkelig plass til hekking og matsøk (Vedum m.fl., 2004). I mindre dammer vil det viktigste fokuset være å sikre habitat for amfibier og insektsetende fugler samt hensyn til estetikk, opplevelser og rekreasjon.

Fig. 5.59. Svarthvit fluesnapper kan nyte godt at et rikt insektliv i våte fordrøyningsmagasiner. Arten hekker gjerne i kasser.

Fig. 5.60. Mange elementer i Nansenparken legger til rette for lek og interaksjon med vannet. Her fra Sentraldammen.

LÆRING

Informasjonsplakater kan informere om dyre- og planteartene i dammen, deres habitatkrav, livssyklus og rolle i økosystemet. Dette kan øke forståelsen for nødvendigheten av å ta vare på truede arter som salamander og horndykker og viktigheten av habitattiltak som salamanderhotell og skjermede områder langs dammen.

ESTETIKK/OPPLEVELSESVERDI

For å fremheve de estetiske kvalitetene ved vannspeil, bør dammer lokaliseres relativt høyt i terrenget. Vegetasjon og andre elementer som speiler seg i vannet er positivt, men reduserer samtidig sikten. For opplevelsens skyld bør derfor høy eller tett vegetasjon konsentreres til noen soner, mens andre holdes åpne for fri sikt. Dette er også gunstig med tanke på biologisk mangfold. Vegetasjonsfrie partier bør anlegges i sør for å sikre tilstrekkelig solinnstråling for storsalamander. God vannkvalitet er også avgjørende for estetikk og opplevelse (Melbø & Steffensen, 2004).

REKREASJON

Slake kanter eller terrassering ned mot fordrøyningsbassenget gir mulighet for interaksjon og opphold ved vannet. Der vannkvaliteten tillater det kan det legges til rette for bading, men dette er vanskelig å oppnå i små dammer. Brygger, sitteelementer, broer og hoppesteiner inviterer til opphold og aktivitet.

Fig. 5.61. Borgang tilgjengeliggjør dammer og våtmark, uten store naturinngrep.

ANLEGGELSE, VEDLIKEHOLD OG SIKKERHET

Algevekst og vannkvalitet kan være en utfordring i våte fordrøyningsmagasiner. Dette gjelder særlig der gjennomstrømningstiden er lang, og i tørrværssituasjon på sommeren når lite friskt vann tilføres dammen. Fôring av fisk og fugl kan også gi redusert vannkvalitet fordi disse lever av dyreplankton som igjen livnærer seg ved å spise planteplankton. En ubalanse i forholdet mellom dyre- og planteplankton kan gi oppblomstring av alger og ukontrollert plantevekst. (Melbø & Steffensen, 2004)

Ved å anlegge rensedam og sedimentasjonskammer oppstrøms, kan forurensningsstoffer, overflødig næring og sedimenter fanges opp før de når dammen. Rotfestet vegetasjon i selve dammen konkurrerer også med alger og gir bedre vannkvalitet. Et annet tiltak er å installere løsninger som sirkulerer vannet og bringer inn mer oksygen. Dette kan være fontener, små stryk og fossefall og sirkulering ved hjelp av pumpe. I tillegg til å gi bedre gjennomstrømning, vil bruk av pumpe holde vannet i systemet over en lenger periode til glede for mennesker og biologisk mangfold. (Stahre, 2008)

Dybden bør ikke være mer enn 1,5 meter for å hindre algeoppblomstring og få best effekt av vindlufting. Langstrakte dammer gir også større gjennomstrømning og dermed bedre vannkvalitet. (Melbø & Steffensen, 2004)

Algeveksten er gjerne størst de første årene etter anleggelse med mye tilgjengelig næring og liten konkurranse fra planter. Etter hvert som andre planter etablerer seg i dammen og konkurrerer med algene, blir problemet som regel mindre. (Vedum m.fl., 2004)

For å ha god fordrøyningseffekt, må våte bassenger ha ekstra kapasitet til å holde igjen vann i en flomsituasjon. Av sikkerhetsårsaker anbefales det slake kanter ned mot dammen og ikke mer enn maksimalt 20 – 30 cm variasjon i vannstanden. Dette reduserer faren for drukning. (Melbø & Steffensen, 2004)

Generelt bør dybden i åpent, tilgjengelig vann ikke være mer enn 20 cm. Grunt vann reduserer drukningsfaren der mennesker kommer inntil dammen, mens dybden kan økes gradvis lenger ut. (Melbø & Steffensen, 2004)

Tekniske funksjoner				Økologiske funksjoner
Tiltak	Nummer i treleddstrategien	Prosess	Rensing av vann	Biologisk mangfold
RENNER OG GRØFTER	(1, 2 og) 3	Flomvei, (infiltrasjon, evapotranspirasjon)	Renner med hardt dekker har ingen renseeffekt. Planter og jord renser vannet i vegeterte grøfter.	Vegetasjon langs og i renner/ grøfter forsterker disse som korridor for insekter, amfibier, fugler og flaggermus. Trær og blomstrende planter øker habitatverdien.

RENNER OG GRØFTER

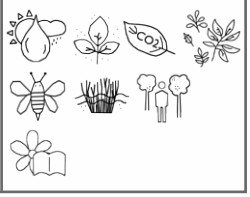
BESKRIVELSE

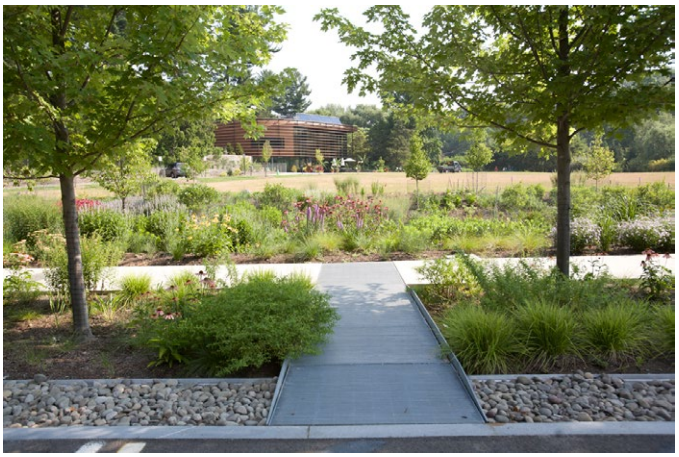
Renner og grøfter benyttes for transport og oppsamling av regnvann og kan utformes som vegeterte forsenkninger eller med belegning i betong eller stein (Melbø & Steffensen, 2004). I begge tilfellene vil tiltaket gi trygge flomveier ved store nedbørshendelser og lede vann til større fordrøyning- eller infiltrasjonsområder. Grøfter utformet som vegeterte forsenkninger som både gir infiltrasjon i grunnen og en viss fordrøyningseffekt. Disse omtales gjerne som «bioswales» og varierer fra små forsenkninger i terrenget til brede vegetasjonsfelt som både leder og fordrøyer vann. Grøfter har mye til felles med regnbed, men her er hovedfunksjonen leding av vann, mens regnbed hovedsakelig er et fordrøyningstiltak. Renner har i utgangspunktet ingen andre funksjoner enn leding av vann, men materialer med ru overflate gir en liten fordrøyningseffekt. Renner og grøfter brukes gjerne i kombinasjon med frakopling av takrenner fra avløpsnettet. (LeLand, 2013)

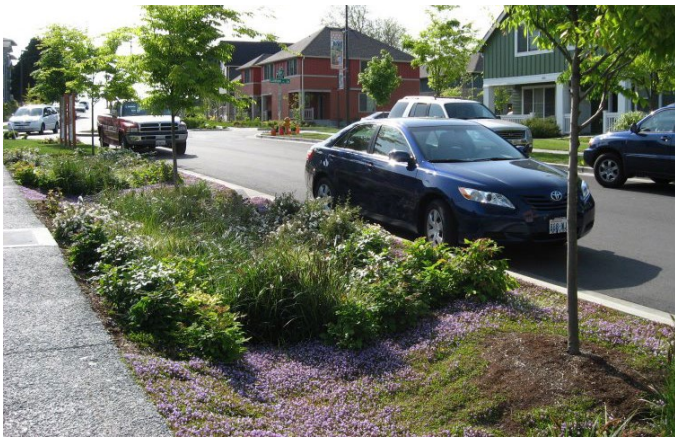
Fig. 5.62 og 5.63 Renner og grøfter kan ha ulike utforminger, fra smale renner med hardt belegg til brede, vegeterte grøfter.

RENSING AV VANN

Renner med hardt belegg har ingen rensefunksjon, mens renseeffekten for vegeterte grøfter avgjøres av størrelse, vegetasjonsdekke og plantevalg. Både mikroorganismer som sopp og bakterier i jorda sammen med filtrering og opptak i planter bidrar til økt vannkvalitet. Effekten er størst ved små regnhendelser når vannføringen er liten og gjennomstrømningshastigheten lav. Da får det naturlige rensesystemet lengre tid til å behandle vannet. I områder med stor avrenning av partikler og forurenset overvann bør det anlegges brede grøfter med planter som har ulike rensefunksjoner. Vegetasjonen øverst bør være tett og lav for å filtrere ut partikler, mens plantene i midten av grøfta velges med tanke på hvilke forurensningsstoffer de kan behandle. Når vann ledes til grøfta fra flere punkter gir det også en større renseeffekt enn hvis alt vannet ledes til systemet på samme sted. (Echols & Pennypacker, 2015)

Sosiale verdier og funksjoner				Anleggelse, vedlikehold og sikkerhet	Økosystem-tjeneste
Læring	Estetetikk/ opplevelsesverdi	Rekreasjon	Høsting/nytte		
Renner og grøfter kan formidle vannets vei gjennom landskapet og gi større forståelse for det hydrologiske kretsløpet.	Designet må fungere også i tørrværssituasjon. Renner/grøfter kan markeres med vegetasjon eller kontraster i dekket.	Gangveier langs renne/ grøft fra vannets opprinnelsessted til destinasjon.		Renner bør kunne krysses med rullestol og sykkel. Erosjonssikring bør vurderes for grøfter med tidvis stor vannføring.	





BIOLOGISK MANGFOLD

Grøfter kan fungere som habitat og spredningskorridorer for mindre pattedyr, amfibier og insekter. Blomstrende planter som kattehale, stråleiris og bekkeblom er viktige for pollinatorer og øker grøfters verdi som habitat og korridor for disse. Vegeterte grøfter kan også sikre forbindelser i landskapet for amfibier, flaggermus og fugler. De to sistnevnte er avhengig av trær for å kunne forflytte seg trygt langs den grønne korridoren en grøft skaper (Threlfall m.fl., 2016). Flere tiltak for flaggermus finnes under grønne vegger, og hensyn til insektetende fugler beskrives under dammer.

LÆRING

Renner og grøfter er godt egnet til å beskrive vannets vei og det hydrologiske kretsløp. Ved å markere renner tydelig i dekket eller vise fram grøfter ved hjelp av vegetasjon og steiner, blir folk klar over vannets vei gjennom landskapet. Kunstnerisk utforming og forklarende skilt kan forsterke budskapet om hvor vannet kommer fra, hvor det renner hen og hvordan det er en ressurs for mennesker og natur (Echols & Pennypacker, 2015).

Tydelig markering av vannets opphav og destinasjon, for eksempel fra taknedløpet på en bygning til et regnbed eller dam, øker forståelsen for vannets bevegelse gjennom landskapet. Der man er nødt til å lede vannet i grunnen, kan markering i dekket brukes for å beskrive vannets vei videre. Vannelementer eller vannrelaterte motiver i dekket tydeliggjør hvor vannet ledes under overflaten, se figur 5.67 - 5.69 på neste side (Echols & Pennypacker, 2015).

Fig. 5.64 - 5.66. Vegeterte grøfter kan utgjøre viktige korridorer for insekter, amfibier, fugler og flaggermus. Blomstrende planter øker habitatverdien for pollinatorer, mens trær er viktig for fugler og flaggermus.

ESTETIKK/OPPLEVELSESVERDI

Renner og grøfter leder vann bare en kort periode av gangen, og bør derfor utformes på en måte som gir estetisk verdi også i tørrværssituasjon. Kontrast til belegget rundt eller kunstnerisk utforming kan gjøre renner mer spennende, mens vegeterte grøfter kan markeres med planter eller avrundede steiner i løpet. Blomstrende planter gir grøfter økt estetisk verdi (Echols & Pennypacker, 2015). I store nedbørsfelt kan vannet ledes i renner eller grøfter på begge sider av en gangforbindelse. I tillegg til å øke systemets fleksibilitet gir det en rikere opplevelse av vannet, se figur 5.64.

REKREASJON

Stier og gangveier kan anlegges parallelt med grøfter og renner for å bringe mennesker tettere på overvannssystemet. På denne måten kan publikum følge vannet fra opprinnelsesstedet til destinasjonen (Echols & Pennypacker, 2015). Broer eller andre former for krysningspunkter over vegeterte grøfter forsterker opplevelsen av å bevege seg gjennom og i vegetasjonen (se figur 5.66). I tørrværssituasjon forsterker broer budskapet om grøfta eller rennas funksjon som flomvei som kan lede store vannmengder.

ANLEGGELSE, VEDLIKEHOLD OG SIKKERHET

Renner bør utformes med et grunt tverrsnitt så de er lette å krysse med sykkel, rullestol og barnevogn. I noen tilfeller kan det være aktuelt å bedre fremkommeligheten ved å dekke renner med rist, men dette gjør vedlikeholdsarbeidet vanskeligere. Blir rennene for grunne kan de lett tettes av is, søppel eller sedimenter. Et bredt, grunt tverrsnitt gir størst forsinkning og letter vedlikeholdsarbeidet. Å anlegge renner parallelt med gangveier gjør at de kan vedlikeholdes i forbindelse med gatevedlikeholdet. (Melbø & Steffensen, 2004)

I vegeterte grøfter bidrar meandrering til forsinking av vannet. Erosjonssikring ved hjelp av stein eller andre forsterkende elementer i yttersving kan være aktuelt i store nedbørsfelt der det tidvis renner mye vann (Stahre, 2008).

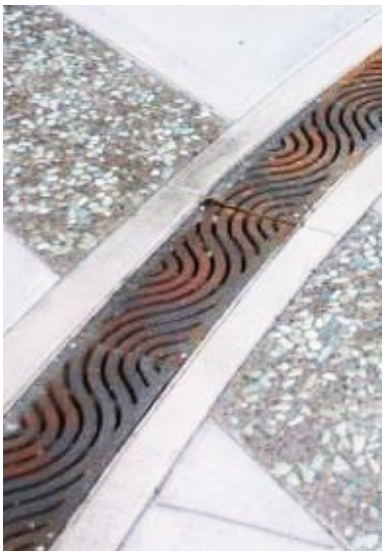


Fig. 5.67 - 5.69. Der vannet ledes i grunnen, kan vannets vei beskrives ved hjelp av vannelementer eller tydelig markering i dekket. Vannrelaterte motiver som fisk eller bølgebevegelser forsterker budskapet.

Fig. 5.70. I Augustenborg forsterkes yttersvingene i den meandrerende grøfta med betongelementer. Dette reduserer erosjonsfaren.

Fig. 5.71 og 5.72. I tørrværssituasjon kan vannets vei beskrives ved hjelp av steiner i løpet. Dette gir også god erosjonssikring.

Fig. 5.73. En variasjon mellom vegetasjonskledte grøfter og overdekte renner gir fin rytme og stor funksjonalitet.

Tekniske funksjoner				Økologiske funksjoner
Tiltak	Nummer i treleddstrategien	Prosess	Rensing av vann	Biologisk mangfold
ELVER, BEKKER OG KANALER	(1, 2 og) 3	Flomvei, (infiltrasjon, evapotranspirasjon)	Sedimentasjon, oksygentilførsel, opptak og nedbrytning i jord og planter gir en kontinuerlig renseeffekt.	Habitattiltak for ørret, gagner også andre arter i elvesystemet. Bekker og kanaler kan være viktige korridor for amfibier, pattedyr, insekter, fugler og flaggermus hvis de planlegges med variert vegetasjon.

ELVER, BEKKER OG KANALER

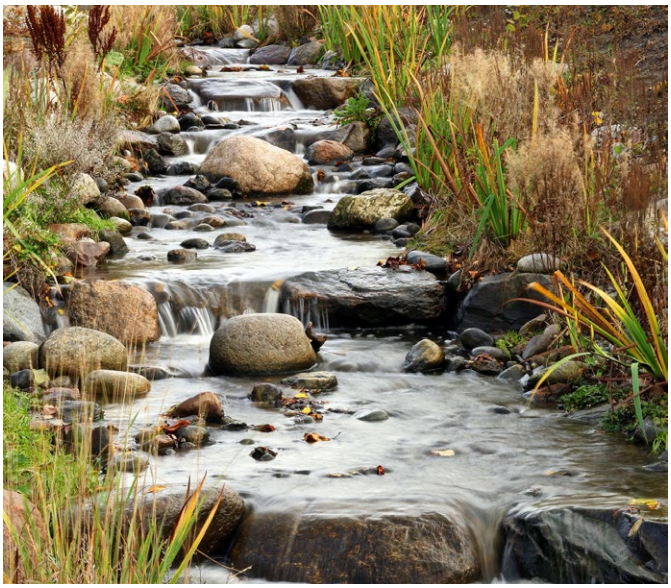


Fig. 5.74 og 5.75 Bekkedrag med konstant vannføring kan utformes som naturlige bekker eller urbane kanaler.

BESKRIVELSE

Elver, bekker og kanaler er åpne vannveier med permanent vanngjennomstrømning. Disse kan utformes som urbane kanaler eller mer naturlige bekker/elver. De tre beskrives sammen i verktøykassa fordi de gir tilnærmet de samme mulighetene for å implementere ulike funksjoner og hensyn. Et naturlig uttrykk med kantvegetasjon, meandrering og permeabel bunn gir bedre vilkår for biologisk mangfold, mens rettvinklede kanaler kan være et positivt innslag i mer urbane strøk eller der det er liten plass. En kombinasjon av de ulike uttrykkene gir gjerne god tilgjengelighet, estetikk og opplevelsesverdi samtidig som hensyn til biologisk mangfold ivaretas (Melbø & Steffensen, 2004; Stahre, 2008).

I oppgaven skiller vi mellom bekk og elv. Bekker er små vannstrømmer som oppstår naturlig i forsenkninger i terrenget eller dannes som følge av planlagt oppsamling og leding av overvann. Overvannssystemet i Nansenparken er et godt eksempel på det siste. Elver er større vannstrømmer som dannes der flere bekker renner sammen, og kan ikke anlegges på samme måte som en bekk eller kanal. På grunn av vannmengden gir elver andre muligheter for å tilrettelegge for biologisk mangfold.

RENSING AV VANN

Bekke- og elveåpningsprosjekter vil alltid gi en rensende effekt ettersom oksygentilførsel, sedimentering samt opptak og nedbrytning i jord og planter renser vannet langs hele bekke- eller elveløpet. De varierte prosessene og den kontinuerlige renseeffekten gjør bekker og elver til effektive, naturlige rensesystemer (Vedum m.fl., 2004). Ved anleggelse av bekker og kanaler kan disse naturlige renseegenskapene utnyttes og planlegges for.

Sosiale verdier og funksjoner				Anleggelse, vedlikehold og sikkerhet	Økosystem-tjeneste
Læring	Estetetikk/ opplevelsesverdi	Rekreasjon	Høsting/nytte		
Kulturhistoriske elementer og informasjons-plakater gir læring om elver og bekkers betydning gjennom historien.	God vannkvalitet, variasjon i uttrykket og frodig vegetasjon gir høy estetisk verdi.	Turveier, oppholdsplasser og benker langs vannet øker rekreasjonsverdien.	Fiske kan tillates i elver med en levedyktig bestand av av ørret, laks eller sjørøye. Dette er også en rekreativ aktivitet.		

En bred kantsone langs bekken hindrer erosjon langs bredden og reduserer avrenningen fra områder rundt. Særlig i jordbruksområder er dette et nyttig tiltak. Undersøkelser gjennomført av Jordforsk viser at en 10 meter bred vegetasjonssone kan fange opp 70% av partiklene, 50% av fosforet og 30% av nitrogenet som ellers ville havnet i vannsystemet (Vedum m.fl., 2004).

Vegetasjonen i kantsonen bremser vannet så sedimentene avsettes og næringsstoffene kan tas opp.
I urbane områder er ikke avrenningen av partikler og næringsstoffer like stor, men en vegetert kantsone langs bekker eller kanaler kan likevel redusere tilførsel av partikler, kjemikalier og næringsstoffer til vannet. God vannkvalitet er viktig for menneskers opplevelse av vannet og bedrer samtidig dyr og planters leveforhold.

Meandrering av elve- eller bekkeløpet gir også en rensende effekt. Dette er fordi vannets vei forlenges og gir de naturlige reneseprosessene tid til å virke. I tillegg fører meandrering til at sedimenter felles ut og avsettes i innersvingene. For å unngå at vannet graver ut masser i yttersvingene kan disse forsterkes med stein eller andre konstruksjoner (Stahre, 2008). I kanaler er ikke sedimentering et mål fordi disse vedlikeholdes og renses i større grad enn bekker og elver. Kanaler bør derfor utformes med rensedam eller sedimentasjonsbasseng oppstrøms for å filtrere ut partikler og næringsstoffer.

Vegetasjon i vannet kan planlegges med tanke på ulike forurensningsstoffer som finnes i området. For eksempel kan sverdlilje brukes der man forventer avrenning som inneholder sprøytemidler, mens sjøsivaks kan benyttes i bekker og kanaler i nærheten av veier. De to plantene renser henholdsvis atrazin og olje, fenol og bensin. For flere planter, se planteliste for fuktige forhold på side 104.

I elver med god vannkvalitet kan elvemuslingen etablere seg. Denne renser opptil 50 liter vann i døgnet, men er var for giftige utslipp, tilslamming, kanalisering og vassdragsreguleringer. Ved å innføre andre rensetiltak øker sannsynligheten for at elvemusling etablerer seg. Når man får en stor bestand av elvemusling er dette en betydningsfull miljøfaktor (Klima- og miljødepartementet, 2015). Under biologisk mangfold kommer til tilbake til elvemuslingen og hvilke tiltak som kan fremme gode habitater i elva.

Fig. 5.76 og 5.77. Sverdlilje tar opp atrazin som er vanlig i sprøytemidler. Langs bekken på Oregon Convention Center brukes sverdlilje i kombinasjon med andre arter.

BIOLOGISK MANGFOLD

I løpet av 1800-tallet ble en rekke elver og bekker senket, rettet ut eller lagt i rør for å øke arealene med dyrka mark. Bare i Østfold ble 80% av bekkene lagt i rør mellom 1790 og 1980 (Vedum m.fl., 2004). Arbeidet med bekkelukking fikk et nytt oppsving etter 1959 da det ble innført statstilskudd til bekkelukkingsprosjekter. I Østfold er mer enn 150 mil med grøfter og bekker lukket siden 1960 (Miljølære, uten år, c). Dette førte til at mange arter tilknyttet rennende vann gikk tilbake i antall. Elve- og bekkeåpningsprosjekter kan gjenskape habitat for mange arter, og bruk av overvann i kanaler og kunstig anlagte bekker skaper viktige forbindelser i landskapet.

Forurensning og andre påvirkninger har ført til at mange fiskebestander som er avhengig elver i sin livssyklus, er utryddet eller skadet (Miljølære, uten år, c). Elve-åpningsprosjekter gir muligheten til å restaurere egnet habitat. Vi bruker *ørret* som paraplyart for å beskrive habitattiltak som gagner både laks og sjørøye, i tillegg til andre arter som finnes i elvesystemene våre.

PARAPLYART: ØRRET

Flere tiltak kan gjennomføres for å tilrettelegge for ørret i elver. Kantvegetasjon er viktig, både for å opprettholde god vannkvalitet som ørreten er avhengig av, men også fordi røtter og greiner gir skjul og skygge samt næringstilførsel i form av bladfall og insekter. Ørreten livnærer seg i hovedsak på insekter som lever direkte eller indirekte av dødt plantemateriale. (Vedum m.fl., 2004)

Utplassering av steiner i varierte grupper gir skjulmuligheter for både for yngel og større fisk (Karlsen, 2012). Stokker i vannet som plasseres ut eller velter inn fra kantsona gir også fine skjulplasser og øker samtidig mengden organisk materiale i vannet. Vårfluelarver, steinfluelarver, døgnfluelarver, billelarver og mose som finnes på den døde veden er viktig næring for ørreten. Skjulmuligheter i elva er også viktig for andre arter som den sterkt truede edelkrepsen.

For å gyte er ørreten avhengig av grunne områder i elva med grus i størrelsen 10 – 50 mm (Karlsen, 2012). Anleggelse av kulper er viktig for å sikre overlevelsen av større fisk. Særlig gjennom vinteren kan ørreten oppholde seg her. Kulper kan graves ut eller demmes opp med terskler, men bør ikke være høyere enn 30 cm så fisken lett kan forsere hinderet (SWECO, 2012). Lave terskler ivaretar også smådyrs vandringsmuligheter. Forbi større hinder som fosser eller menneskeskapte demninger kan det anlegges fisketrapp med trinn på 30 cm. Bak hver terskel bør det anlegges en kulp hvor ørreten kan ta sats til neste trinn.

En levedyktig bestand av ørret og annen fisk øker også sjansene for at elvemuslingen kan etablere seg i elva. Det første året lever elvemuslingen som larve på gjellene til laks eller ørret før den slipper seg ned i grusen. Rent vann og rikelig med vertsfisk er avgjørende for elvemuslingens overlevelse ettersom larvene dør etter få dager hvis de ikke finner en vertsfisk (Klima- og miljødepartementet, 2015).

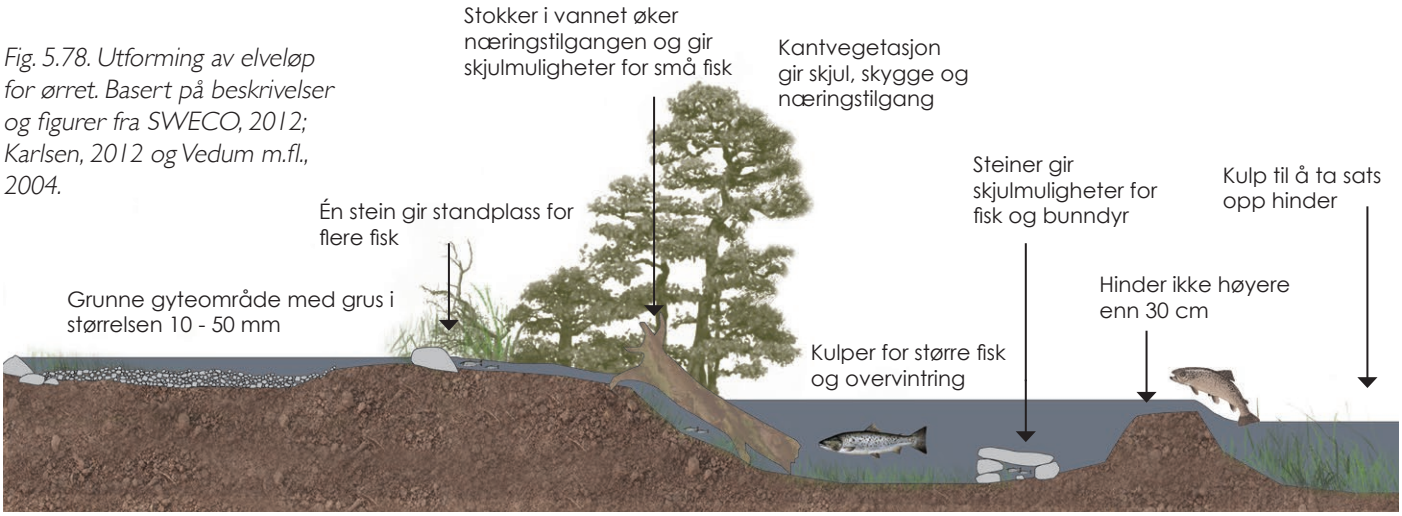


Fig. 5.78. Utforming av elveløp for ørret. Basert på beskrivelser og figurer fra SWECO, 2012; Karlsen, 2012 og Vedum m.fl., 2004.

Små bekker og kanaler som ikke er egnet som gyte- og oppvekststed for ørret, har likevel en viktig funksjon for biologisk mangfold. Amfibier søker langs fuktige grøfter og bekker for å finne fram til nye dammer (Vedum m.fl., 2004). Vegetasjon langs bekken sikrer tilgang til insekter som amfibier livnærer seg på. Stor variasjon av plantearter vil gi habitat for et rikt insektliv. Under våte fordrøyningsmagasiner beskrives andre tiltak for å sikre habitat for amfibier.

Bekker og kanaler er også spredningskorridor og habitat for pattedyr som hare, rev og grevling samt fugler og flaggermus som utnytter den rike insektstilgangen. Sammenhengende vegetasjonssoner langs bekken eller kanalen gir denne større verdi som habitat og korridor i landskapet (Vedum m.fl., 2004). Der løpet er utformet som en kanal kan vegetasjonssonen bestå av trær langs kanten, mens vegetasjon i selve løpet er mer aktuelt for naturlig utformede bekker. Under våte fordrøyningsmagasiner beskrives tiltak som kan legge til rette for svarthvit fluesnapper og andre insektetende fugler, mens tiltak for flaggermus beskrives under grønne vegger.

Læring

Mange norske byer har vokst frem rundt elver og vassdrag, og de rike naturressursene her var grunnlaget for de tidligste bosetningene. Senere ble elvene utnyttet som transportåre, til industriproduksjon og etterhvert også utvinning av vannkraft (Klima- og miljødepartementet, 2015). Kulturhistoriske elementer som møller, broer, sluser og gamle industribygg sammen med informasjonsplakater, kan gi læring om elver og bekkers betydning oppgjennom historien.

Estetikk/opplevelsesverdi

Elver, bekker og kanaler har høy estetisk verdi både med et tydelig design og mer naturlig preg. I begge tilfeller har vannkvalitet stor betydning for opplevelsen, og veivann bør derfor renses for partikler og forurensningsstoffer før det slippes videre.

Terskler og trapper kan gi variasjon i opplevelsen av vann og kraftigvoksende planter gir et frodig uttrykk (Echols & Pennypacker, 2015). Anlegg med stabil vannføring har høy estetisk verdi. Ved å samle opp og pumpe vannet flere ganger gjennom systemet får man glede av det over en lengre periode. Dette kan gi grunnlag for vannelementer som ellers ikke hadde vært mulig. Eksempler fra både Bo01 og Nansenparken viser hvilke kvaliteter som kan oppnås ved kun å utnytte overvann og pumpe.

Rekreasjon

På samme måte som elver, bekker og kanaler utgjør økologiske korridorer, kan disse fungere som korridorer for mennesker. Anleggelse av turveier langs vann gir tydelige grønne forbindelser med stor rekreasjonsverdi. Oppholdsplasser, broer og benker underveis er også viktige elementer.

Høsting/nytte

I elver med en stabil fiskebestand enten av ørret, laks eller sjørøye kan det tillates fisking. Dette er en rekreativ aktivitet som øker fokuset på tjenestene sunne økosystemer tilbyr oss.

Fig. 5.79 og 5.80. Rennende vann gir mange muligheter for interaksjon som hever rekreasjonsverdien. Fra Hammarby Sjöstad, Sverige og Freiburg, Tyskland.

Tekniske funksjoner				Økologiske funksjoner
Tiltak	Nummer i treleddstrategien	Prosess	Rensing av vann	Biologisk mangfold
TERSKLER	2	Fordrøyning	Sedimentasjon og tilførsel av oksygen.	Oppdemming av dammer og våtmark er gunstig for mange arter. I elver bør ikke tersklene være høyere enn 30 cm som er maksimal spranghøyde for ørret.

TERSKLER

BESKRIVELSE

I elver, bekker, kanaler, grøfter og renner kan terskler brukes for å demme opp vannet til permanente vannspeil eller våtmarksområder. Tiltaket har fordrøyningseffekt fordi det gir muligheten til å holde tilbake vann ved store regnhendelser (Melbø & Steffensen, 2004). Figur 5.81 beskriver to løsninger for utløp over terskler. Et strupet utløp gir muligheten til å holde tilbake vann i en flomsituasjon, mens et nedtrappet eller v-formet utløp gir økt vannføring etter hvert som vanntilførselen øker (Endresen, 2008, gjengitt av Hovdenak, 2011).

RENSING AV VANN

På nedsiden av terskler oppstår små fosser som blander oksygen inn i vannet. Større oksygentilgang øker nedbrytningen av organisk materiale og har således en rensende effekt (Vedum m.fl., 2004). Terskler kan også planlegges som sedimentfeller ved at partikler felles ut og sedimenteres oppstrøms terskelen. I områder med stor avrenning av partikler må sedimentene fjernes med traktorgraver eller gravemaskin etter et par år.

BIOLOGISK MANGFOLD

Bruk av terskler til oppdemming av dammer og våtmark har en positiv effekt for mange vannlevende arter. Under våte fordrøyningsmagasiner og våtmark beskrives tiltak for å legge til rette for biologisk mangfold her. Anleggelse av tersker gir også større habitatvariasjon med kulper, gruntvannsområder og små stryk. I elver og store bekker bør tersklene ikke overskride 30 cm, som er maksimal spranghøyde for ørret. For at fisken skal kunne ta sats opp terskelen bør det anlegges en kulp med dybde 40 – 50 cm nedstrøms. Lave terskler er også en fordel i mindre bekker og kanaler fordi det ivaretar smådyrs vandringsmuligheter (Karlsen, 2012).

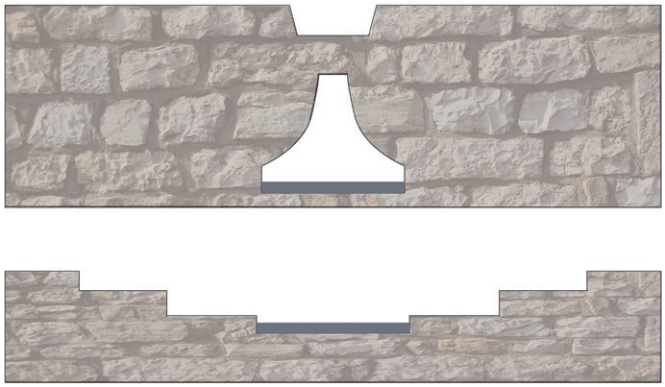


Fig 5.81. Strupet utløp (øverst) gir muligheten til å kontrollere vannføringen videre i anlegget. Hvor mye vann som kan holdes tilbake avgjøres av avstanden mellom det nederste utløpet og overløpet. Størrelsen på det nederste utløpet avgjør vannføringen videre.
Et nedtrappet utløp (nederst) gir en konsentrert vannstrøm over terskelen. Ved økt vannføring kan vannet renne over flere av trinnene. Denne typen utløp kan også utformes som en V, med jevne sider. Et nedtrappet eller V-formet utløp har ingen fordrøyningseffekt. Figur basert på Endresen, 2008 (gjengitt av Hovdenak, 2011) og forelesning m/ Ødegård, 21.09.16.

Fig. 5.82 og 5.83. Terskelen nedstrøms vannspeilet på Hølaløkka har en fordrøyende effekt. I Bjerkedalen park benyttes en nedtrappet terskel.

Sosiale verdier og funksjoner				Anleggelse, vedlikehold og sikkerhet	Økosystem-tjeneste
Læring	Estetetikk/ opplevelsesverdi	Rekreasjon	Høsting/nytte		
Utformingen av terskelen kan formidle elva eller bekkens rolle som flomvei.	Frodige beplantninger og "fossefall" nedstrøms terskler gir varierte vannforløp.	Terskler kan utformes som krysningspunkter, eller med tanke på plasking, hopping og balansering.		Ved terskler som er tilgjengelige for besøkende, bør ikke dybden på vannet være mer enn 20 cm.	

Fig. 5.84 og 5.85. Brede terskler kan brukes som krysningspunkt og inviterer mennesker til å komme tett på vannet.

LÆRING

Utforming av utløpet over en terskel kan formidle elva eller bekkens rolle som flomvei. Et nedtrappet utløp der vannet kun strømmer over det nederste trinnet vitner om ekstra kapasitet ved intense nedbørshendelser. På denne måten kan publikum gjøres oppmerksomme på hvordan variasjon i nedbørsmengder påvirker vannføringen i elva eller bekken. Strupte utløps fordrøyende effekt kan beskrives på informasjonsplakater.

ESTETIKK/OPPLEVELSESVERDI

Oppdemming ved hjelp av terskler kan gi vannspeil og vannforløp med høy estetisk verdi. Avhengig av vannmengder kan det anlegges små fordrøyningsbasseng eller større dammer. I situasjoner med lite vann, kan oppdemmede platåer plantes til med frodige planter som fremhever vannets vei og livgivende effekt. Dammer og våtmarker er habitat for et rikt dyreliv og gir muligheter for naturopplevelser knyttet til dette. Høyde og utforming på terskelen bestemmer uttrykket på «fossefallet» nedenfor (Echols & Pennypacker, 2015).

REKREASJON

Terskler kan utformes som broer eller krysningspunkter over elver, bekker eller kanaler. Dette øker tilgjengeligheten og gir besøkende muligheten til å komme helt tett på vannet. Utforming av terskler kan også invitere til balansering, plasking og hopping ved å inkludere smale og brede partier, mellomrom og grunne områder inntil terskelen.

ANLEGGELSE, VEDLIKEHOLD OG SIKKERHET

På grunn av drukningsfare bør ikke vannet være dypere enn maksimalt 20 cm opp- og nedstrøms tersker som er tilgjengelige for publikum (Melbø & Steffensen, 2004). Drukningsfare versus hoppekulper for ørret representerer konkurrerende hensyn i elver og store bekker. Her anbefaler vi å ivareta hensynet til ørret. Dype kulper kan gjøres utilgjengelig for besøkende ved hjelp av gjerder eller tett vegetasjon.

Tekniske funksjoner				Økologiske funksjoner
Tiltak	Nummer i treleddstrategien	Prosess	Rensing av vann	Biologisk mangfold
RENSEDAMMER	(1 og) 2	Rensing, fordrøyning, evapotranspirasjon, (infiltrasjon)	Sedimentasjon, opptak og nedbrytning av kjemikalier og næringsstoffer, samt tilførsel av oksygen.	Rensedammer med våtmarksvegetasjon tilrettelegger for et rikt liv av insekter, amfibier og fugler.

RENSEDAMMER

BESKRIVELSE

Rensedammer anlegges i tilknytning til elver eller bekker der det er relativt konstant tilførsel av vann og sedimenter. I grøntanlegg kan tiltaket lokaliseres oppstrøms vannspeil eller våtmark for å fjerne forurensningsstoffer før overvannet utnyttes for rekreasjonsformål. Størrelse og utforming bestemmes ut fra hvilken type forurensning dammen planlegges for. Aktuelle renseprosesser inkluderer sedimentasjon, opptak og nedbrytning i planer, nedbrytning i jord, tilførsel av oksygen og omdanning av nitrogen. Selv om utformingen kan variere, bør en rensedam bestå av sedimentasjonskammer, våtmarksfilter, overrislingssone og utløpsdam adskilt med terskler, se figur 5.87. (Vedum m.fl., 2004)

RENSING AV VANN

Flere faktorer påvirker rensedammens evne til å redusere innholdet av partikler, kjemikalier og næringsstoffer. Nærhet til forurensningskilden, liten dybde, stort areal og vegetasjonsdekke avgjør i stor grad renseeffekten. Som tommelfingerregel bør tiltaket være minst 0,1% av størrelsen på nedbørsfeltet (Vedum m.fl., 2004). Anleggelse av flere mindre rensedammer eller en sekvens av rensedammer langs et bekkedrag kan også gi god renseeffekt.

Fig 5.86. I Qunli Wetland Park i Kina renses vann fra urbane områder i rensedammer før det ledes ut i våtmarksområdet.

I urbane områder utgjør sprøytemidler og overskuddsnæring fra gjødsling av grøntanlegg samt kjemikalier og miljøgifter fra industri, anlegg og biltrafikk de største forurensningskildene. Urbane rensedammer bør dermed utformes med tanke på disse forurensningene. Egnede planter finnes i plantelista på side 104.

Som vist i figur 5.87, renner vannet først inn i et *sedimentasjonskammer*. Her felles større partikler ut og sedimenteres på bunnen av kammeret. Størrelsen og dybden bestemmes ut fra partikkelinnholdet i vannet og hvor ofte kammeret skal tømmes. I jordbruksområder er det stor avrenning av grove partikler, mens rensedammer i urbane områder kan anlegges med mindre sedimentasjonskammer. Vanlig dybde er 1 - 2 meter, og sedimenterte partikler fjernes jevnlig med gravemaskin eller traktorgraver. (Vedum m.fl., 2004)

Fig. 5.87. Gjengitt etter Vedum m.fl., 2004.

Sosiale verdier og funksjoner				Anleggelse, vedlikehold og sikkerhet	Økosystem-tjeneste
Læring	Estetetikk/ opplevelsesverdi	Rekreasjon	Høsting/nytte		
Plakater kan gi informasjon om naturlige rensesystemer og de ulike sonenes funksjon.	Blomstrende planter gir økt estetisk verdi.			Det må planlegges for ankomst for tømming av sedimentasjons-kammer. Drukningsfaren må også vurderes.	

Fra sedimentasjonskammeret renner vannet over i et *våtmarksfilter* bestående av et grunt basseng med vannlevende planter. Dybden bør være mellom 0,2 og 0,5 meter, og plantes eller sås til med ulike planter på tvers av vannretningen. Planterader på tvers reduserer vannhastigheten og sprer vannet over et større område. I våtmarksfilteret utnytter plantene nitrogen og fosfor til å bygge biomasse, samtidig som mikrober i jorda og biofilm av alger og bakterier på plantene også utnytter og bryter ned næringsstoffer. Plantevekst fører til produksjon av oksygen som øker omsetningen av næringsstoffer. Andre viktige prosesser i våtmarksfilteret er omdanning av nitrogen til gass samt opptak og nedbrytning av kjemikalier. Direkte solinnstråling gir bedre nitrogenopptak og en variasjon av ulike våtmarksplanter sikrer god renseeffekt i møte med ulike forurensninger. (Vedum m.fl., 2004)

Overrislingssonen er konstruert som et hellende, grunt basseng hvor oksygen blandes inn i vannet. For å forhindre erosjon bør overrislingssona steinsettes. Dette er spesielt viktig i store nedbørsfelt der vannhastigheten er høy. Videre renner vannet over i en *utløpsdam* som har til hensikt å fange opp eroderte partikler fra overrislingssonen. Denne kan også plantes til med våtmarksplanter eller det kan anlegges flere våtmarksfiltre enn det som vises i figur 5.87. (Vedum m.fl., 2004)

Fig 5.88. Thornton creek i Seattle er utformet med sedimentasjonskamre og våtmarksfiltre.

BIOLOGISK MANGFOLD

Rensedammer gir grunnlag for et rikt dyreliv av insekter, amfibier og fugler. Dette beskrives i større detalj under «våtmark» som utformes med de samme plantene som våtmarksfilteret i rensedammer. På grunn av hensynet til renseeffekt, legges det ikke spesielt til rette for dyreliv i rensedammer, men vann og vegetasjon er likevel habitat for en rekke arter.

LÆRING

Både i Tanner Springs Park og Thornton Creek brukes forklarende skilt for å informere besøkende om anleggenes funksjoner. Dette kan gi økt forståelse for de mange tjenestene en variert blågrønn struktur tilbyr.

ESTETIKK/OPPLEVELSESVERDI

Bruk av blomstrende planter som kattehale og sverdlilje gir rensedammer høy estetisk verdi. Godt vedlikehold, inkludert fjerning av søppel og tømming av sedimentasjonsbasseng er også viktig for uttrykket. Ved rensing av svært skittent vann, kan luktproblemer og algeoppblomstring oppstå og rensedammen bør lokaliseres på et mer bortgjemt sted (Melbø & Steffensen, 2004). Økt vannkvalitet i resten av anlegget gjør likevel at tiltaket bidrar til økt estetikk og opplevelsesverdi.

ANLEGGELSE, VEDLIKEHOLD OG SIKKERHET

Små rensedammer vanskeliggjør vedlikeholdet, og 400 m^2 settes gjerne som nedre grense. Sedimentasjonskammeret bør tømmes før det fylles helt opp, omtrent hvert 5. til 10. år med moderat partikkeltilførsel. Ved stor tilførsel av partikler kan det også være aktuelt å grave ut våtmarksfilteret med jevne mellomrom. Adkomst for traktorgraver eller gravemaskin må inkluderes i utformingen. Rensedammer bør også planlegges med slake kanter for å hindre drukningsulykker. (Vedum m.fl., 2004)

Tekniske funksjoner				Økologiske funksjoner
Tiltak	Nummer i treleddstrategien	Prosess	Rensing av vann	Biologisk mangfold
våtmark	(1 og) 2	Fordrøyning, rensing evapotranspirasjon, (infiltrasjon)	Sedimentasjon, opptak og nedbrytning av kjemikalier og næringsstoffer, samt tilførsel av oksygen.	En variert overflate på våtmarka gir bedre habitat for vipe og andre vadefugler. Partier med grunt vann og bortgjemte hekkeområder tilrettelegger for krikkand og andre gressender.

VÅTMARK

BESKRIVELSE

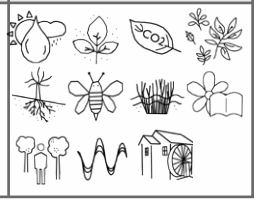
Våtmark er områder der vannstanden enten ligger rett under eller i jordoverflaten. Dette skiller seg fra regnbed som oversvømmes sporadisk og gjerne planlegges med flere blomstrende planter. I overvannssammenheng brukes våtmark for å holde tilbake og rense store vannmengder. Samtidig lagres karbon i de begravde planterestene (Stahre, 2008). I Norge er 16 typer våtmark på Norsk rødliste for naturtyper som står i fare for å forsvinne fra norsk natur og mange rødlistede dyrearter har sitt habitat tilknyttet våtmark. De gode fordrøynings- og renseegenskapene, evnen til å lagre karbon og betydningen for mange arter utgjør gode argumenter for å bruke våtmark som flomhåndteringsstrategi. Ved liten vannføring kan det demmes opp små våtmarksområder ved hjelp av terskler. Slike små våtmarker i bebygde områder betegnes gjerne som lommevåtmark. Større våtmarksområder kan ha en viktig fordrøyningseffekt utenfor bebyggelsen (Lindholm m.fl., 2008).

RENSING AV VANN

På samme måte som for våtmarksfilteret i en rensedam, har våtmark evnen til å håndtere en rekke forurensningsstoffer gjennom opptak og nedbrytning i planter og ved hjelp av mikrober, alger og bakterier. Vegetasjonen bremser vannet og fører til utfelling av sedimenter, mens plantene fjerner overskuddsnæring og forurensninger. For å hindre tilslamming av sedimenter kan lommevåtmarker anlegges med sedimentasjonskammer i områder med mye løse partikler (Vedum m.fl., 2004). Forslag til planter med ulike rensefunksjoner finnes på side 104.

Fig. 5.89. Fra midten av 1800-tallet ble mange norske våtmarker drenert for jordbruksformål. Nedbygging og drenering av våtmark pågår også i dag og har ført til at 16 typer våtmark er på rødlista over truede naturtyper i Norge.

Fig. 5.90. Mange storbyer bruker våtmarksrestaurering som strategi for å dempe de negative effektene av havnivåstigning og flom. Her fra Quinly Wetland Park i Kina.

Sosiale verdier og funksjoner				Anleggelse, vedlikehold og sikkerhet	Økosystem-tjeneste
Læring	Estetetikk/ opplevelsesverdi	Rekreasjon	Høsting/nytte		
Plakater kan gi informasjon om truede naturtyper og arter samt våtmarkas evne til karbonlagring.	Kontraster mellom frodig vegetasjon og menneskeskapte former, blomstrende planter og dyreliv gir økt opplevelsesverdi.	Borganger og brygger tilgjengeliggjør våtmarka for ferdsel, fugletårn gir en opplevelse av dyrelivet på avstand.		Gjerder reduserer drukningsfaren.	

BIOLOGISK MANGFOLD

Mange rødlistede dyrearter har sitt habitat knyttet til våtmark. Fugler finner raskt fram til nye dammer og våtmarksområder og kan utnytte disse som rasteplass under trekket, beiteområde gjennom sommerhalvåret eller som hekkeplass. Lommevåtmark i byen kan dermed supplere større våtmarkkomplekser og deltaområder. Flere tiltak kan gjennomføres for å legge til rette for ulike ender, dykkere og vadefugler i urbane våtmarksområder.

Fig. 5.91. Krikkanda utnytter våtmark og grunne dammer til å jakte på smådyr og vannplanter.

PARAPLYART: VIPE

Vipe er en vadefugl som har tilpasset seg det varierte kulturlandskapet med eng og beitearealer i tilknytning til myrer og sumplandskap. I våtmarka livnærer den seg på bløtdyr, insekter, frø og plantedeler. En variert overflate i våtmarka legger til rette for insekter og bløtdyr som vipa spiser. Våte partier gir gode forhold for insekter, mens tørrere områder er levested for bløtdyr som snegler og mark.

I urbane områder er det stor sannsynlighet for at reir på bakken blir forstyrret av mennesker eller ødelagt av rovdyr som kråker, hunder eller rev. Tilrettelegging for hekking på grønne tak kan derfor bidra med å bevare bestanden. Tiltak for hekkeplasser beskrives under «grønne tak».

Mange vadefugler har liknende habitatkrav som vipe og kan utnytte bløtdyr og insekter i våtmarksområder som næringsgrunnlag. Tilrettelegging for vipe kan således sikre livsbetingelsene for andre vadefugler som rødstilk, tjeld, brushane, enkeltbekkasin, skogsnipe og storspove.

PARAPLYART: KRIKKAND

Krikkand tilhører gruppen gressender og representerer en annen artsgruppe som kan utnytte varierte lommevåtmarker som habitat. Krikkanda stikker hodet under vann eller dykker ned til 20 – 30 centimeters dyp for å jakte etter vannplanter eller småkryp som rumpetroll, vårfluelarver og småfrosk. Ungene spiser insekter på vannoverflaten. Grunne dammer eller våtmarker med oversvømte, grunne partier er derfor egnet habitat.

Arten hekker gjerne på bortgjemte steder mellom busker og steiner, og tilrettelegging for skjermede reirplasser kan redusere farene for at reirene forstyrres eller ødelegges. Krikkanda kan gjerne velge reirplass et stykke fra vannet, men søker tilbake til våtmark, dammer og tjern for å beite straks ungene er flyvedyktige. Tilrettelagte reirplasser behøver dermed ikke ligge i direkte tilknytning til våtmark eller dammer, men gjerne innenfor prosjektområdet så ungene ikke må forflyttes på tvers av barrierer som trafikkerte veier og tett bebygde områder. Hekkeplassen kan tilpasses ved å plassere ut store steiner som krikkanda kan gjemme seg mellom (Vedum m.fl., 2004).

Andre gressender som stokkand, brunnakke, snadderand, stjertand, knekkand og skjeand har liknende habitatkrav som krikkand og kan få gode livsbetingelser hvis det tilrettelegges for denne.

LÆRING

Informasjon om prosessene i en våtmark, artene som trives der og våtmarkers betydning for overvannshåndteringen kan formidles ved hjelp av informasjonsplakater. Dette kan øke bevisstheten om mange våtmarkers status som truet naturtype, dens funksjon som karbonlager og hva enkeltpersoner kan gjøre for å hindre tap av våtmark i naturen. Kjøp av torvfri jord reduserer behovet for drenering av nye myrområder til jordproduksjon. Samtidig er det andre og viktigere grunner til at våtmark dreneres i Norge. Utbygging av vei og bolig gir store inngrep som er vanskeligere for privatpersoner å påvirke (SABIMA, uten år, c).

ESTETIKK/OPPLEVELSESVERDI

Etablering av lommevåtmark i urbane områder kan gi en spennende kontrast mellom den kraftige og frodige våtmarkvegetasjonen og menneskeskapte former. Denne kontrasten kan forsterkes ved hjelp av tydelig formspråk og rette linjer som skjærer gjennom det naturlige vegetasjonsuttrykket. Blomstrende arter og variasjoner i tekstur, høyder og farger gir økt estetisk verdi, mens tilrettelegging for dyreliv byr på opplevelseskvaliteter. Tanner Springs Park er et godt eksempel på et anlegg der kontrasten mellom det menneskeskapte og naturlige utnyttes i uttrykket (se figur 5.93).

REKREASJON

Borganger og brygger kan anlegges på tvers av våtmarka uten at vegetasjonen skades i betydelig grad. Sitteplasser og ferdselsårer gir økt rekreasjonsverdi fordi det inviterer publikum tett på de naturlige prosessene og dyrelivet som finnes her. Dette legger også til rette for at skoleklasser og barnehager kan bruke området til undervisning og utferder. I enkelte soner bør ferdsel og opphold begrenses for hekking og hvileplass for fugl. I større våtmarksområder kan det tilrettelegges for ferdsel i én del, mens noen områder skjermes for menneskelig aktivitet. Fugletårn kan utnyttes for å gi publikum en opplevelse av dyrelivet på avstand.

ANLEGGELSE, VEDLIKEHOLD OG SIKKERHET

Våtmarksområder som er dypere enn 20 cm må sikres med gjerde for å redusere faren for drukning. Bruk av gjerde eller tett vegetasjon forhindrer også uønsket ferdsel i våtmarka (Echols & Pennypacker, 2015).

Fig. 5.92

Fig. 5.93

Fig. 5.92. og 5.93. I Tanner Springs Park er det satt opp informasjonstavler hvor publikum kan lære om våtmarkas renseeffekt og betydning for stedegne plante- og dyrearter.

Fig. 5.94

Fig. 5.94. og 5.95. Borganger og brygger legger til rette for ferdsel og opphold i våtmarksvegetasjonen. De høye takrørene danner avgrensede rom i Hammarby Sjöstad.

Fig. 9.95

Fig. 5.96. - 5.98. Tilrettelegging for vipe kan gi gode livsbetingelser for andre vadefugler som storspove, brushane og rødstilk.

Fig. 5.96

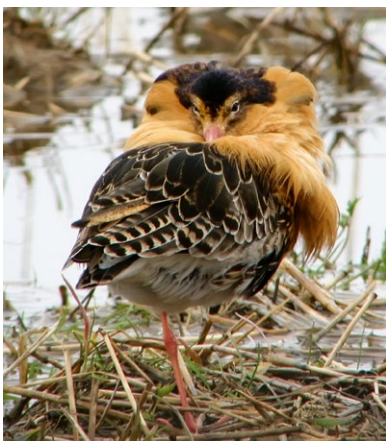


Fig. 5.97

Fig. 5.98

PLANTER FOR FUKTIGE FORHOLD

Plantene i den øverste lista er egnet for dam, rensedam og våtmark der vegetasjonen blir stående i vann over lengre perioder. Ulike planter har også ulike funksjoner knyttet til opptak og rensing. Disse står oppgitt i kolonnen lengst til høyre. For å få maksimalt utbytte av plantenes renseegenskaper bør beplantningene planlegges etter hvilke forurensningsstoffer som finnes på stedet.

I listen for regnbed/våtmark finnes enkelte av de samme artene som for våtmark, dam og rensedam fordi disse også håndterer tidvis fuktige forhold. Et regnbed bør planlegges utfra hensyn til estetikk og pollinatorer, og listen inneholder derfor blomstrende arter med høy estetisk verdi og rik produksjon av nektar og pollen. Plantene har også vist seg å tåle urbane omgivelser.

Botanisk navn	**Norsk navn**	**Høyde**	**Blomstring**	**Viktige funksjoner**
Dam / rensedam / våtmark				
Acorus calamus	Kalmusrot	60 - 150 cm		Viktige norske arter, renseeffekt ukjent, bør testes
Alisma plantago-aquatica	Vassgro	15 - 30 cm	juni-august	Viktige norske arter, renseeffekt ukjent, bør testes
Carex pseudocyperus	Dronningstarr	30 - 70 cm		Viktige norske arter, renseeffekt ukjent, bør testes
Carex rostráta	Flaskestarr	30 - 80 cm		Viktige norske arter, renseeffekt ukjent, bør testes
Festuca ssp.	Svingel			Renser kjemikalier (tph, pah, btex)
Filipendula vulgaris	Knollmjødurt	50 - 100 cm	juni-juli	Viktig for pollinatorer
Iris pseudocarus	Sverdlilje	40 - 100 cm	juni-juli	Renser kjemikalier (Atrazin) / viktig for pollinatorer
Lythrum salicaria	Kattehale	150 cm	august-september	Renser kjemikalier (Atrazin) / viktig for pollinatorer
Myriophyllum alterniflorum	Tusenblad	40 - 80 cm		Renser kjemikalier (Malathion, ruelene, atrazin, trifluralin, terbutryn, cycloxidin, Trinitrotoluen)
Phragmites australis	Takrør	100 - 300 cm		Renser kjemikalier (Benzen, bifenyler, etylbenzen, toluen, xylen, tph (hydrokarboner i råolje), mtbe)
Potamogeton friesii	Broddtjernaks	30 - 60 cm		Renser kjemikalier (Heksogen)
Scirpus lacuster	Sjøsivaks	30 - 100 cm		Renser kjemikalier (Fenol, olje, bensin)
Spargánium eréctum	Kjempepiggknopp	50 - 150 cm		
Typha latifólia	Bred dunkjevle	200 cm		Renser kjemikalier (Atrazin, alkohol ethoxylate, sulfonat, klorid)
Regnbed / våtmark				
Acorus calamus	Kalmusrot	60 - 150 cm		
Iris pseudocarus	Sverdlilje	40 - 100 cm	juni-juli	Viktig for pollinatorer/renser kjemikalier
Lythrum salicaria	Kattehale	150 cm	august-september	Viktig for pollinatorer/renser kjemikalier
Butomus umbellatus	Brudelys	50 - 100 cm	juni-august	Viktig for pollinatorer
Caltha palustris 'Alba	Bekkeblom	30 - 60 cm	mai	
Carex pseudocyperus	Dronningstarr	30 - 70 cm		
Carex muskingumensis	Skråningstarr	60 - 100 cm		
Carex pendula	Hengestarr	110 cm		
Filipendula rubra	Mjødurt	150 cm	juli-august	Viktig for pollinatorer
Filipendula vulgaris	Knollmjødurt	40 cm	juni-juli	Viktig for pollinatorer
Geranium macrorrhizum	Rosenstorkenebb	30 cm	juni-juli	Viktig for pollinatorer
Geum rivale	Enghumleblom	40 cm	mai–juli	Viktig for pollinatorer
Matteuccia strutiopteris	Strutseving	100 - 150 cm		
Mentha aquatica	Vassmynte	30 - 60 cm	juli-september	Viktig for pollinatorer
Iris chrysographes	Stråleiris	50 cm	juni	Viktig for pollinatorer
Potentilla palustris	Potentilla	20 - 40 cm	juni-august	

Arter hentet fra: Braskerud m.fl., 2013; Vedum m.fl, 2004; Kennen & Kirkwood, 2015.

PLANTER FOR ØKT BIOLOGISK MANGFOLD

Staudene i denne plantelisten er spesielt anbefalt for pollinatorer fordi de er rike på nektar og pollen. Beplantningene bør planlegges med variert blomstring så pollinatorene kan hente nektar og pollen hele sesongen gjennom. Trær og busker er viktige skjuleplasser for fugl og pattedyr i byen. Artene er valgt ut med tanke på blomstring og fordi de bærer frukt og nøtter som kan utnyttes av insekter, fugler og pattedyr.

Botanisk navn	Norsk navn	Høyde	Blomstring	
Stauder - pollinatorarter				
Achillea sp.	Ryllik	15 - 50 cm	juli-oktober	
Ajuga pyramidalis	Jonsokkoll	10 - 25 cm	mai-juni	
Armeria maritima	Fjærekoll	10 - 25 cm	mai-september	
Aster sp.	Aster	30 cm	juni-september	
Calamagrostis acutiflora	Hagerørkvein	200 cm		
Campanula sp.	Campanulaer	60 - 120 cm	juli-september	
Echinacea purpurea	Purpursolhatt	80 - 100 cm	juli-oktober	
Eryngium spp.	Alpestikle	60 - 70 cm	juli-september	
Eupatorium cannabinum	Hjortetrøst	70 - 130 cm	juli-september	
Geranium spp.	Storkenebb	20 cm	juni-juli	
Iris pseudocarus	Sverdlilje	40 - 100 cm	juni-juli	
Lavandula angustifolia	Lavendel	20 - 60 cm	juli-september	
Lythrum salicaria	Kattehale	150 cm	august-september	
Melica nutans	Hengeaks	60 cm		
Nepeta sp.	Kattemynte	40 - 100 cm	juli-september	
Origanum vulgare	Bergmynte	30 - 60 cm	juli-august	
Panicum virgatum	Staudehirse	60 - 100 cm		
Phacelia tanacetifolia	Honningurt	20 - 60 cm	mai–juni	
Polemonium caeruleum	Fjellflokk	25 - 50 cm	juni-juli	
Rudbeckia laciniata	Gjerdesolhatt	150 - 250 cm	juli-august	
Salvia nemrosa	Salvie	50 - 70 cm	juni-juli	
Sedum spp.	Bergknapp	10 - 20 cm	juni-august	
Thymus praecox	Kryptimian	5 cm	juni-juli	
Veronicastrum virginicum	Kransveronika	100 - 150 cm	juli-september	
Trær				
Acer platanoides	Spisslønn	20 m	mai	Viktig for pollinatorer / habitat for insekter
Malus	Eple (ulike arter)		mai	Viktig for pollinatorer / fugler
Prunus	Kirsebær (ulike arter)		mai	Viktig for pollinatorer / fugler
Quercus robur	Sommerik	30 m		Viktig for pollinatorer / fugler / habitat for insekter
Salix caprea	Selje	12 m	april-mai	Viktig for pollinatorer / fugler / habitat for insekter
Sorbus aucuparia	Rogn	8-10 m	juni	Viktig for pollinatorer / fugler / habitat for insekter
Tilia cordata	Småbladlind	25 m	juli	Viktig for pollinatorer / habitat for insekter
Busker				
Corylus avellana	Hassel	3 - 5 m	mars-april	Viktig for pollinatorer / fugler / habitat for insekter
Cotoneaster	Mispel (ulike arter)			Viktig for pollinatorer / fugler
Lonicera periclymenum	Vivendel	5 - 6 meter	juli-august	Viktig for pollinatorer
Prunus padus	Hegg	18 m	mai-juni	Viktig for pollinatorer / fugler / habitat for insekter
Rubus idaeus	Bringebær	1 m	juni	Viktig for pollinatorer / fugler / habitat for insekter
Salix	Vier (ulike arter)			Viktig for pollinatorer / habitat for insekter

Arter hentet fra: Eikaas & Roussel, 2013; Søyland, 2014.

SLÅTTEMARK

Slåttemark har et stort mangfold av planter tilpasset et skrint jordsmonn, og artssammensetningen varierer etter fuktforhold, næringstilgang, skjøtselregime og landsdel. Stedegne planter eller frø fra nærområdet er derfor å foretrekke ved anleggelse av slåttemark (Danielsen, 2015).

Frøblandinger som tar hensyn til lokale variasjoner kan være vanskelig å få tak i (Høgskulen i Sogn og Fjordane, 2013). Den beste metoden for anleggelse av ny slåttemark er derfor å sanke frø fra slåttemarker i nærheten eller legge ut slåtten fra disse på området som skal sås til. Plantene slipper frøene etter et par dager, og slåtten bør deretter fjernes for å unngå en uønsket gjødslingseffekt (Miljødirektoratet, 2016).
Nedenfor er et utvalg av vanlige plantearter som finnes i slåttemark.

Botanisk navn	Norsk navn	Høyde	Blomstring
Ajuga pyramidalis	Jonsokkoll	10 - 25 cm	mai-juni
Androsace septentrionalis	Smånøkkel	5 - 25 cm	mai-juni
Arnica montana	Solblom	20 - 60 cm	mai-august
Campanula rotundifolia	Blåklokke	10 - 40 cm	juli-september
Centaurea jacea	Engknoppurt	30 - 70 cm	juli-september
Hypericum maculatum	Firkantperikum	40 - 75 cm	juli-september
Hypochaeris maculata	Flekkgrisøre	20 - 60 cm	juni–juli
Knautia arvensis	Rødknapp	30 - 80 cm	juni-august
Leucanthemum vulgare	Prestekrage	20 - 70 cm	juni-august
Lotus corniculatus	Tiriltunge	5 - 20 cm	juni-august
Primula veris	Marianøkleblom	10 - 40 cm	
Succisa pratensis	Blåknapp	25 - 60 cm	juli-august

Arter hentet fra: Høgskulen i Sogn og Fjordane, 2013

Del 6 - Prosjektering

Hvordan brukes verktøykassa i et prosjekteksempel?

For å teste verktøykassa vi har laget, bruker vi prinsippene i utformingen av et konkret prosjekteksempel på Økern torg i Hovinbyen. Valg av prosjektområde er tatt i samarbeid med Vann- og avløpsetaten i Oslo kommune, ved Tharan Fergus. Kommunen ønsker at Økern torg skal bli et pilotprosjekt innenfor åpen overvannshåndtering og klimatilpasning. Vi har forsøkt å utvikle et realistisk, men nytenkende prosjektet i tråd med overordnede planer. Prosjekteringsdelen består av analyser og utformingsforslag.

Fig. 6.1.

Analyser av prosjektområdet

Oslo - en ledende miljøby

Oslo har som mål å bli en verdensledende miljøby. Visjonen beskrives både i *kommuneplanen* «Oslo mot 2030 - Smart, trygg og grønn» fra 2015 og *Byøkologisk program 2011 – 2026.* Viktige satsningsområder er blant annet reduserte klimagassutslipp, et miljøeffektivt transportsystem, miljøvennlige bygg, kretsløpsbasert avfallshåndtering og styrking av blågrønne strukturer. (Oslo kommune, 2015; Oslo kommune, 2011)

Klimatilpasning og åpen overvannshåndtering i overordnede planer

Oslo kommune har også egen klimatilpasningsstrategi. For Oslo er de største klimautfordringene knyttet til mer intens nedbør, og tilpasning gjennom overvannshåndtering fremheves som det viktigste temaet i klimatilpasningsstrategien (Bymiljøetaten, 2013). Her beskrives også indirekte konsekvenser av klimaendringene som større usikkerhet forbundet med import av mat fra andre land og verdensdeler, klimaflyktninger, spredning av fremmede arter og helseutfordringer knyttet til et varmere klima. For å svare på utfordringene har Oslo blant annet satt i gang prosjekter knyttet til grønne tak, åpen overvannshåndtering og bekkeåpninger. Kommunen er også med i UNISDR (United Nations International Strategy for Disaster Reduction) sin kampanje «Making Resilient Cities». Gjennom kampanjen kan Oslo dele erfaringer med andre byer angående metoder, planverk og forskning. (Bymiljøetaten, 2013).

Biologisk mangfold i overordnede planer

Oslo har som mål å bevare byens unike biologiske mangfold, med særlig fokus på truede arter og naturtyper (Plan- og bygningsetaten, 2010). I Grøntplanen fremheves bevaring av biologisk mangfold som et viktig tiltak i klimatilpasningsarbeidet. Bruk av landskapsøkologiske prinsipper i planleggingen, kartlegging av viktige artsområder og etablering av naturhermende vegetasjon beskrives som sentrale tiltak for å bevare arter og naturtyper. Grøntplanen viser også til bekker og elvers betydning for mange arter, men tar ikke for seg hvordan biologisk mangfold i seg selv er en forutsetning for naturlig rensing, effektiv fordrøyning og infiltrasjon.

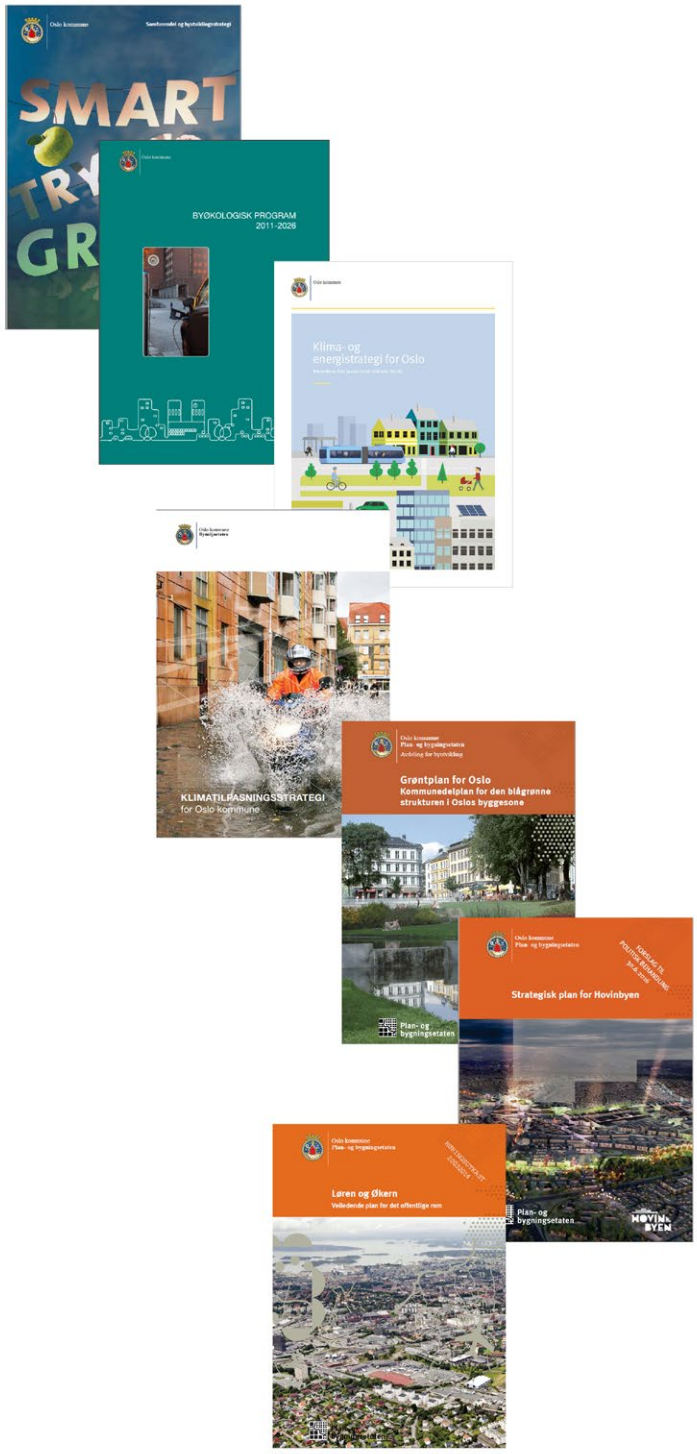


Fig. 6.2. Oslo kommune har en helhetlig tilnærming til grønnstruktur og klimatilpasning.

Sosiale aspekter i overordnede planer

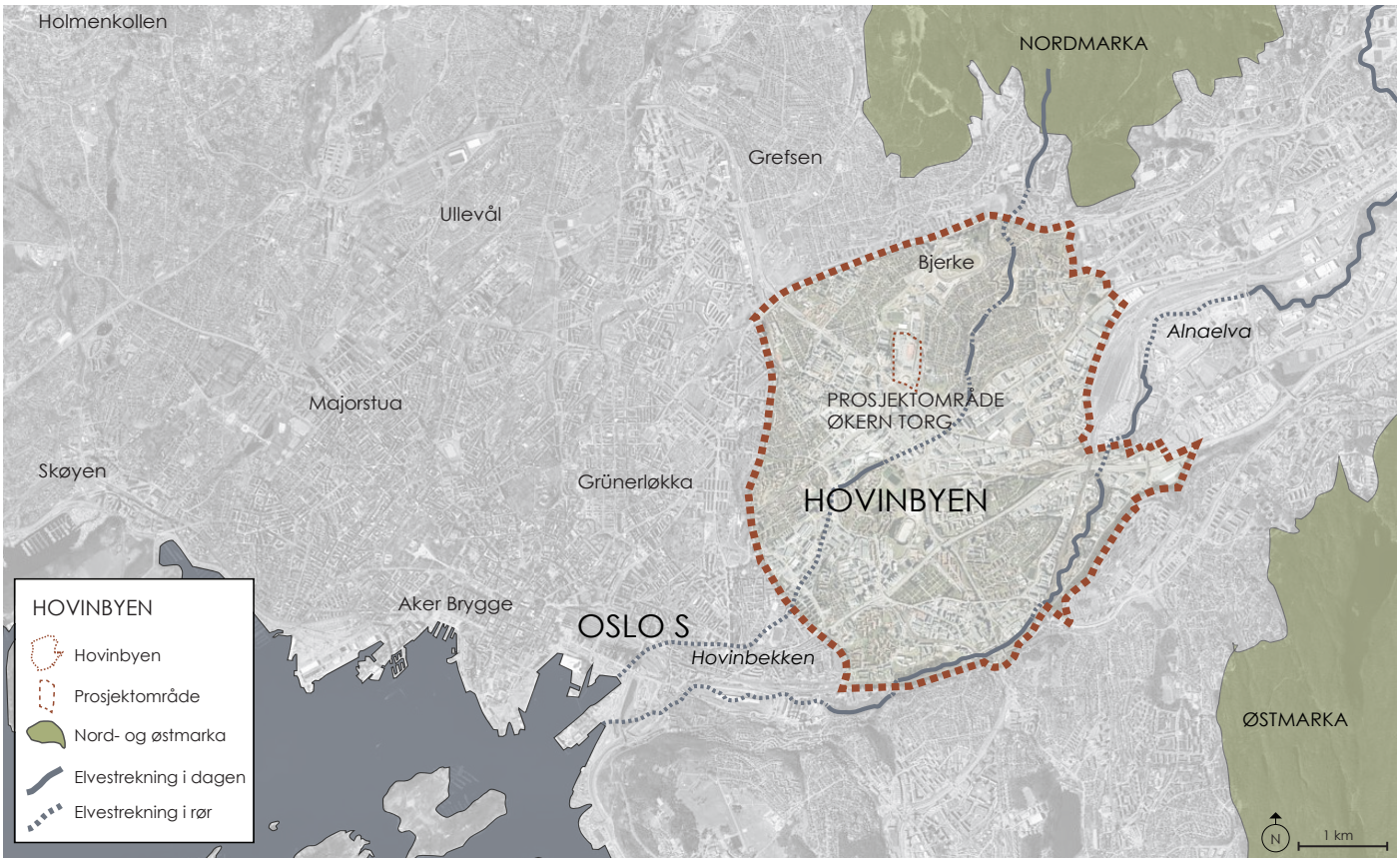
Oslos grøntplan vektlegger grøntstrukturens betydning for menneskers opplevelser og rekreasjonsmuligheter. Et viktig punkt er hvordan sammenhengende grøntdrag gir turmuligheter på tvers av byggesonen og samtidig deler byen inn i mindre enheter. Hovedturveiene skal i stor grad følge bekker og elver mellom fjorden og marka. (Plan- og bygningsetaten, 2010). Grøntstrukturens betydning for læring og høsting behandles i mindre grad i overordnede planer. Dette er viktige funksjoner for å øke byer og tettsteders klimaresiliens.

De overordnede planene viser at klimatilpasning, bevaring av biologisk mangfold og sosiale funksjoner knyttet til grønnstruktuen er sentrale tema for Oslos videre utvikling. Tiltakene foreslått i verktøykassa representerer en konkretisering av noen av kommunens målsetninger innenfor klima- og miljø. Utvikling av prosjektområdet med utgangspunkt i denne er dermed i tråd med overordnede planer.

Hovinbyen

De overordnede visjonene for Oslo videreføres i «Strategisk plan for Hovinbyen» hvor vi finner vårt prosjektområde. Målet er at bydelen skal transformeres fra et område preget av tungtrafikk og industriarealer til et foregangsområde innen bærekraftig utvikling. En variert bebyggelsesstruktur skal huse opptil 80 000 nye innbyggere og 100 000 nye arbeidsplasser. Hovinbyens sentrale beliggenhet tett på indre by gjør dette til et attraktivt utviklingsområde. Et styrket kollektivtilbud skal fremme miljøvennlige transportformer og redusert bilbruk, mens solceller og vannbåren varme skal sikre at Hovinbyen blir en klimanøytral bydel. (Plan- og bygningsetaten, 2016).

Fig. 6.3. Hovinbyen ligger sentralt i Oslo mellom marka og indre by. Hovinbekken og Alnaelva er forbindelser som danner grunnlag for rekreasjon og forflytning av arter.



Klimatilpasning og åpen overvannshåndtering i Hovinbyen

Åpen overvannshåndtering står sentralt i planene for Hovinbyen. Grønne tak skal etableres på alle nye bygninger, samtidig som nye grøntområder og bekkeåpningsprosjekter skal bidra til lokal fordrøyning og infiltrasjon (Plan- og bygningsetaten, 2016). Hovinbekken er tenkt som flomvei ved ekstreme nedbørshendelser. Åpning av Refstadbekken og deler av Hovinbekken vil øke områdets kapasitet til å håndtere store regnskyll.

Biologisk mangfold i Hovinbyen

Strategisk plan for Hovinbyen har fokus på sammenhenger i grønnstrukturen som det viktigste tiltaket for bevaring av biologisk mangfold. Grønne forbindelser skal anlegges langs med Hovinbekken og Alnaelva og grøntområder av varierende størrelse skal sikre habitat for ulike arter (Plan- og bygningsetaten, 2016). Biotopmangfold og bevaring av eksisterende naturområder er viktige hensyn som ikke nevnes i planene for Hovinbyen.

Sosiale aspekter i Hovinbyen

Strategisk plan for Hovinbyen har et tydelig fokus på grøntstrukturens rekreative verdi. I Hovinbyen satser kommunen på sammenhengende grøntområder som skal sikre hensyn til idrett, fysisk aktivitet og rekreasjon. Alnaelva og Hovinbekken representerer gjennomgående blågrønne strukturer som forsterkes gjennom bekkeåpningsprosjekter og turveier. I tillegg planlegges en grønn ringforbindelse som skal binde sammen de viktigste parkene i Hovinbyen (se figur 6.4). «Den grønne ringen» er hovedsakelig tenkt som ferdselsåre for gående og syklende, men representerer også en viktig spredningskorridor for mindre dyrearter som insekter, fugler, flaggermus og små pattedyr. Det legges opp til urban dyrking og aktiviteter som fremmer læring om energi og avfallshåndtering. (Plan- og bygningsetaten, 2016)

Fortetting kontra bevaring av grøntområder representerer konkurrerende hensyn i byutviklingen. Denne arealkonflikten blir satt på spissen i Hovinbyen der det er særlig fokus på å bygge høyt og tett. For å skape en klimaresilient bydel er det derfor viktig at tiltak knyttet til bærekraftig overvannshåndtering, som biologisk mangfold og sosiale hensyn implementeres i utbyggingsprosjektene. Prosjektområdet på Økern torg representerer en mulighet til å teste verktøykassa i en svært urban setting. Hvis de beskrevne tiltakene kan gjennomføres på en god måte her, er det sannsynlig at verktøykassa også kan benyttes i andre tettbygde områder.

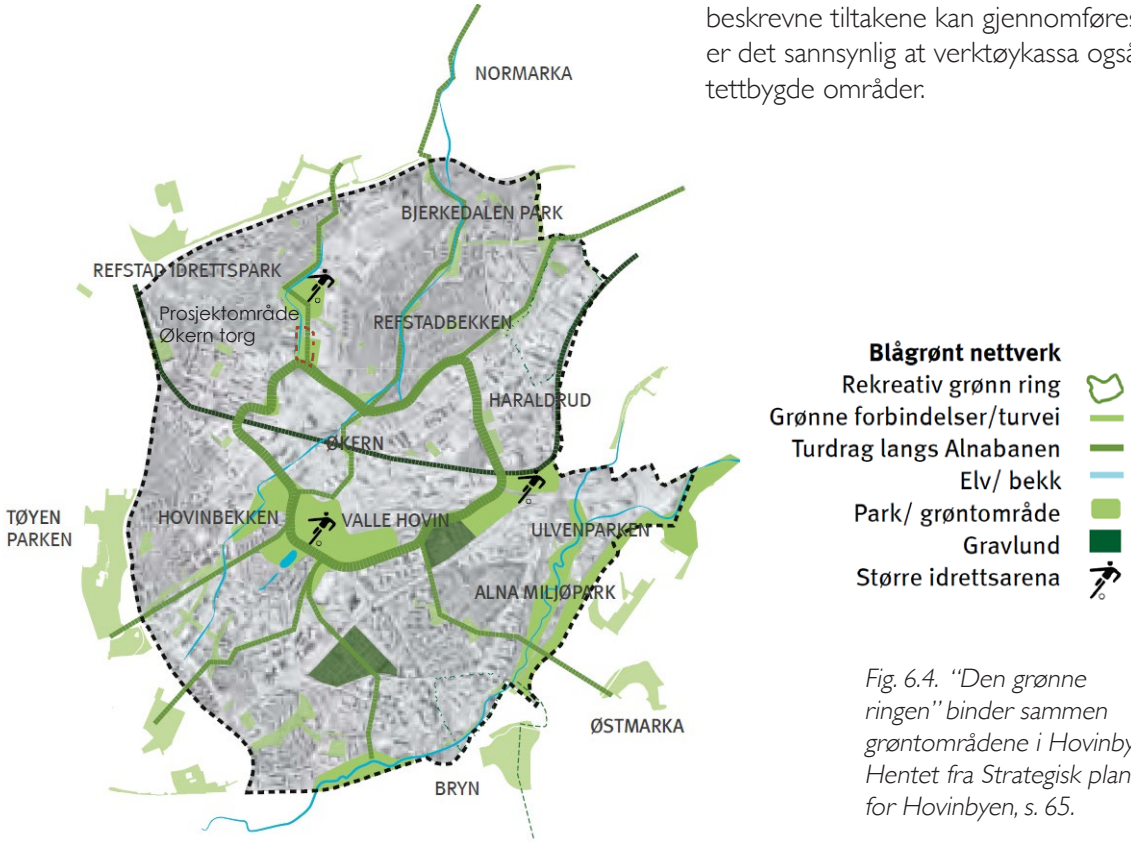


Fig. 6.4. "Den grønne ringen" binder sammen grøntområdene i Hovinbyen. Hentet fra Strategisk plan for Hovinbyen, s. 65.

Prosjektområde Økern torg

Sentralt i Hovinbyen ligger prosjektområdet Økern torg (se figur 6.5). I dag består stedet av lagerhaller og store asfaltflater som skal vike plassen for 1500 nye boliger, bydelspark og bekkeåpningsprosjekt. Kommunen ønsker at området skal bli et foregangsprosjekt innen bærekraftige løsninger, klimatilpasning og åpen overvannshåndtering (Personlig kommunikasjon m/Tharan Fergus, 19.01.17).

Øst og vest for Økern torg ligger etablerte eneboligområder, mens arealene i nord domineres av offentlige bygg og friarealer. Her ligger Bjerke travbane, Løren idrettsanlegg, Refstad barneskole og Refstad barnehage. Sør for prosjektområdet ligger Løren barneskole, mens Økern alders- og sykehjem er lokalisert i sørvest. Ring 3 skjærer gjennom området og representerer en barriere for bevegelse mellom nord og sør på Økern. I områdene rundt Økernsenteret dominerer bilbasert storskalanæring.

Fig. 6.5. Prosjektområdet Økern torg ligger sentralt i planområdet Hovinbyen. Kartdata fra Gule sider, Wikimedia og strategisk plan for Hovinbyen.

Fig. 6.6. Kartdata hentet fra Norge digitalt, Norge i bilder, Gule sider og Strategisk Plan for Hovinbyen.

Planlagt utvikling på Økern

Økerns sentrale beliggenhet gjør dette til et attraktivt utviklingsområde. I fremtiden skal Økern fungere som knutepunkt for kollektivtransport og sentrumsutvikling i Hovinbyen. Store næringslokaler og lagerhaller skal vike plassen for nye sentrumsfunksjoner og småskala næring, og områdene rundt Økernsenteret skal utvikles med tydelig kvartalstruktur og servicefunksjoner i 1. etasje. Strøksgate i retning Løren tilrettelegges hovedsakelig for gående og syklende. Prosjektområdet Økern Torg skal transformeres til boligområde. Her planlegges det også et stort grøntområde som skal fungere som bydelspark for Økernområdet. (Plan- og bygningsetaten, 2016)

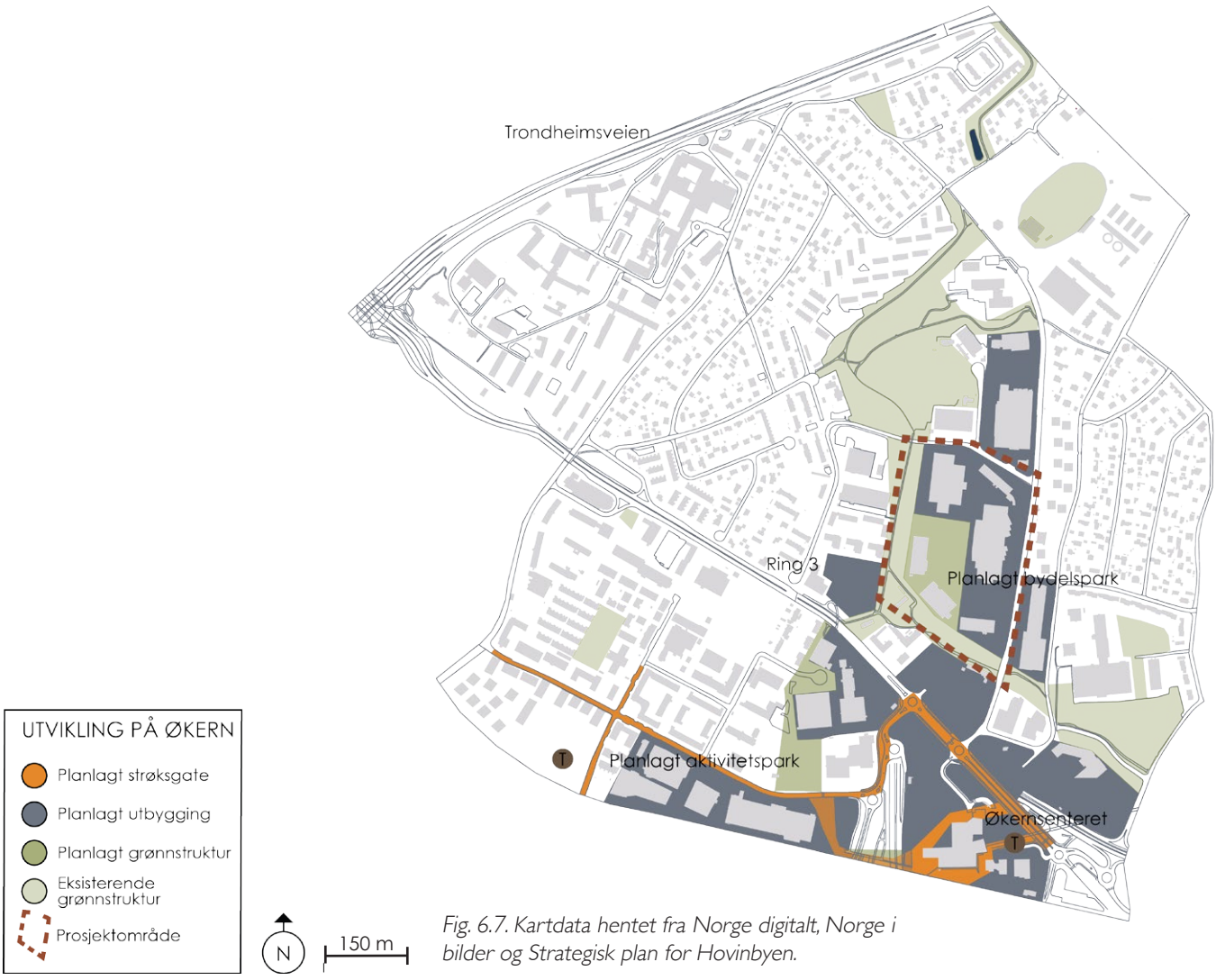


Fig. 6.7. Kartdata hentet fra Norge digitalt, Norge i bilder og Strategisk plan for Hovinbyen.

Offentlig grønnstruktur

Nord for prosjektområdet ligger et større grøntareal som en del av Løren idrettspark og Refstad skole. Turveien D2 mellom Grefsenåsen og Kampen går gjennom dette grøntområdet og fortsetter langs Økern Torg i vest. «Den grønne ringen» planlegges som en del av prosjektområdet i sør, og D2-stien fortsetter langs denne mot Valle Hovin og sentrum. På denne måten forbindes Økern torg med omkringliggende grøntområder i nord og sør. (Plan- og bygningsetaten, 2016)

Strategisk plan for Hovinbyen beskriver et planhierarki med store hovedparker og mindre nabolagsparker (Plan- og bygningsetaten, 2016). Det planlagte grøntområdet på Økern Torg skal utvikles som en hovedpark med aktivitetsmuligheter for varierte målgrupper, mens de mindre grøntområdene i kartet er planlagte nabolagsparker.

Fig. 6.8. Kartdata hentet fra Norge digitalt, Norge i bilder og Strategisk Plan for Hovinbyen.

Hydrologi

Prosjektområdet ligger oppstrøms Oslo s og indre by, og vannet fra Økern torg drenerer til Hovinbekken som har sitt utløp i Bjørvika sammen med Akerselva. Hovinbekken har et nedbørsfelt på 10,08 km^2, mens Akerselvas nedbørsfelt er langt større (Målt i Nevina,13.03.17). I en flomsituasjon er det stor fare for skadelige oversvømmelser når så store områder drenerer til samme punkt i en tett bygningsmasse.

For å redusere faren for skadeflom er det viktig med fordrøyning- og infiltrasjonstiltak høyere opp i nedbørsfeltet. Prosjektområdet på Økern torg ligger i øvre del av Hovinbekkens nedbørsfelt og er derfor godt egnet som fordrøyningsområde i en flomsituasjon (se figur 6.9). I tillegg anbefaler vi kommunen å gjennomføre overvannstiltak flere andre steder langs Akerselva og Hovinbekkens nedbørsfelt. En helhetlig tilnærming med en variasjon av flere små og store infiltrasjons- og fordrøyningsområder gir større klimaresiliens enn få og store tiltak, jamfør prinsippet om fleksibilitet og mangfold.

Hvor kommer vannet fra?

Refstadbekken er en sidebekk til Hovinbekken og ligger i rør gjennom prosjektområdet. I forbindelse med utbyggingen på Økern torg skal Refstadbekken åpnes gjennom prosjektområdet (Plan- og bygningsetaten, 2014). Bekkeløpet er vist i kartet på neste side. Refstadbekken har liten vannføring, og vil være å betrakte som en «grønn bekk» hvor man i tørrværssituasjon vil ha liten opplevelse av vannet (Personlig kommunikasjon m/Tharan Fergus, 19.01.17).

I tillegg til bekkeåpningen er det planlagt å slippe på vann fra ledningsnettet på to lokaliteter øst og vest i prosjektområdet (se figur 6.10.). Rørene som skal åpnes samler vann fra et større område, og vil gi økt vannføring i Refstadbekken, både i tørrværssituasjon og ved flom.

For nye boligprosjekter krever kommunen at overvann i størst mulig grad infiltreres og fordrøyes lokalt (Oslo kommune, 2015). Utbygger har kun ansvar for nedbøren som faller over prosjektområdet, ikke vann som ledes til tomta gjennom rør eller i terrenget.

Oslo kommune bruker Norsk Vanns anbefalinger for dimensjonering av overvannsanlegg. En 10års-flomhendelse er dimensjonerende for overvannsanlegg i boligområder

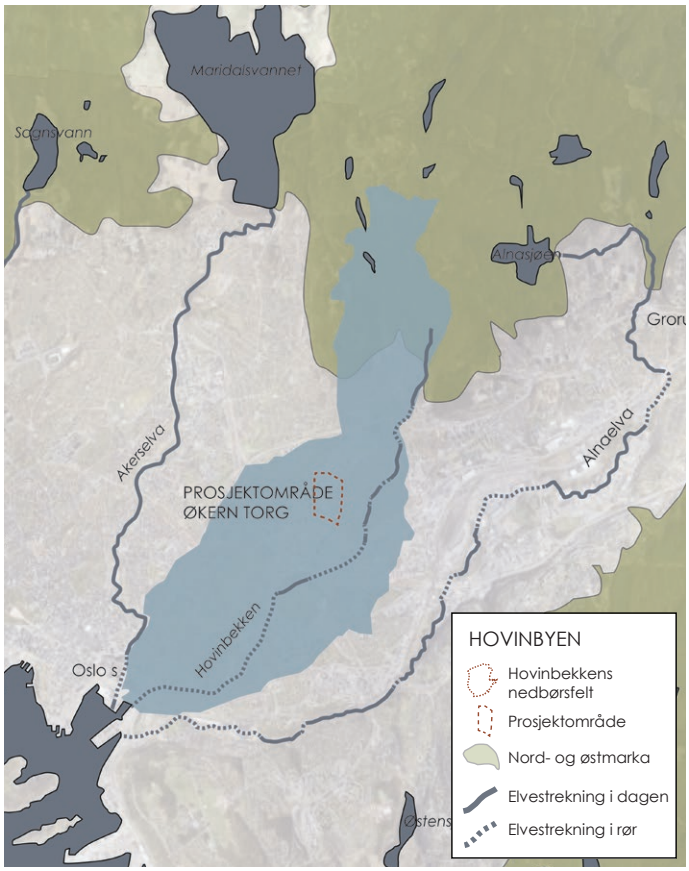


Fig. 6.9. Hovinbekkens nedbørsfelt strekker seg fra marka til fjorden og nedre del består hovedsakelig av tette overflater i byen. Prosjektområdet ligger høyt opp i nedbørsfeltet og er derfor godt egnet som fordrøyningsområde. Kartkilde: Nevina og Gule Sider.

(Vann- og avløpsetaten, 2015, s. 17). I tråd med prinsippet om restkapasitet vil vi likevel se på muligheten for å holde tilbake mer vann enn minimumskravene fra kommunen. Det planlagte parkområdet på Økern torg gir gode forutsetninger for å implementere fordrøyning- og infiltrasjonstiltak som også kan håndtere deler av vannet som ledes hit gjennom åpning av Refstadbekken eller påslipp fra avløpsnettet. I denne oppgaven er målet å fordrøye vannet som faller på prosjektområdet tilsvarende en 200-årsflom eller mer, jamfør prinsippet om restkapasitet.

Vi beregner maksimalavrenning og dimensjonering av fordrøyningsmagasiner parallelt med prosjekteringen. Beregningene for avrenning avhenger blant annet av helning, arealbruk og infiltrasjon i grunnen. Dette er faktorer som ikke kan angis presist før prosjekteringen er ferdig. Beregningene presenteres derfor som en del av løsningsforslaget.

Vannets vei

Kartet nedenfor viser Refstadbekkens nedbørsfelt markert i blått, og pilene viser hvilken retning vannet renner på overflaten ned mot Økern torg. Størrelsen illustrerer mengden vann. I en 200-årsflom vil 1234 liter per sekund (l/s) drenere til Refstadbekken fra vest, mens 254 l/s ledes til prosjektområdet fra øst. Beregningene er gjort i samarbeid med Ursula Zühlke, ingeniør i Vann- og avløpsetaten, Oslo kommune.

De planlagte røråpningene er også markert i kartet. Ved en 200-årsflom leder hvert av rørene ca. 690 l/s inn på området (Personlig kommunikasjon m/ Ursula Zühlke, 01.03.17). Vannet både fra bekken og røråpningene ledes tilbake i avløpsnettet sør i prosjektområdet. Gjennom prosjekteringen tar vi derfor sikte på å håndtere deler av dette vannet på området, så belastningen på avløpsnettet reduseres.

Grunnforhold

Løsmassene på Økern torg består hovedsakelig av tykke leireavsetninger som gir liten infiltrasjon i grunnen (NGUs løsmassekart). Det er likevel mulig at det er tilført fyllmasser i forbindelse med asfalteringen og utbygging av torget, så de underliggende massene består av pukk, grus eller sand med høyere infiltrasjonskapasitet enn de opprinnelige havavsetningene (Personlig kommunikasjon m/Tharan Fergus, 19.01.17). Infiltrasjonsevnen har mye å si for områdets kapasitet til å håndtere overvann. For ikke å underdimensjonere tiltakene i prosjekteringen tar vi derfor utgangspunkt i at området har relativt lav infiltrasjonsevne.

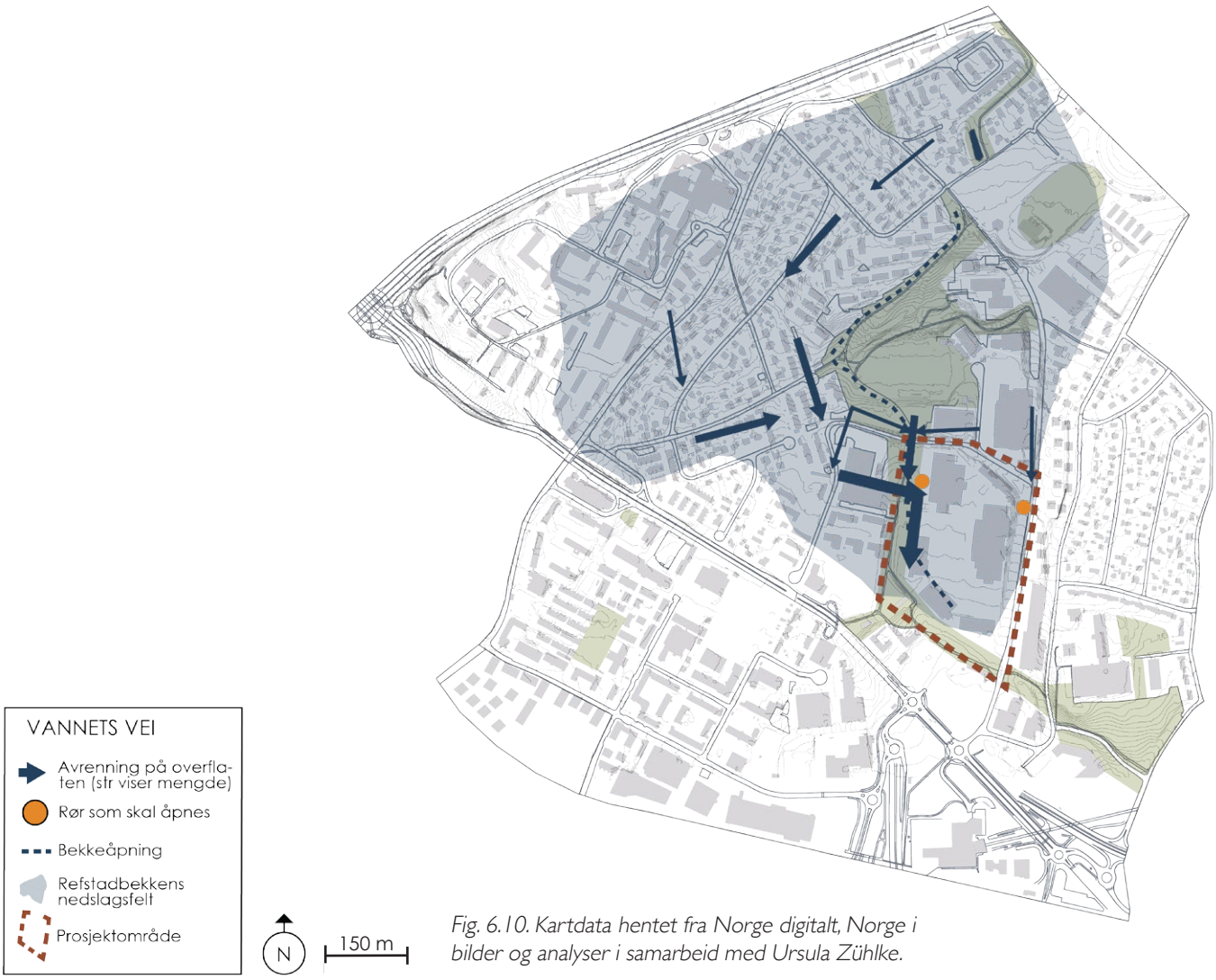
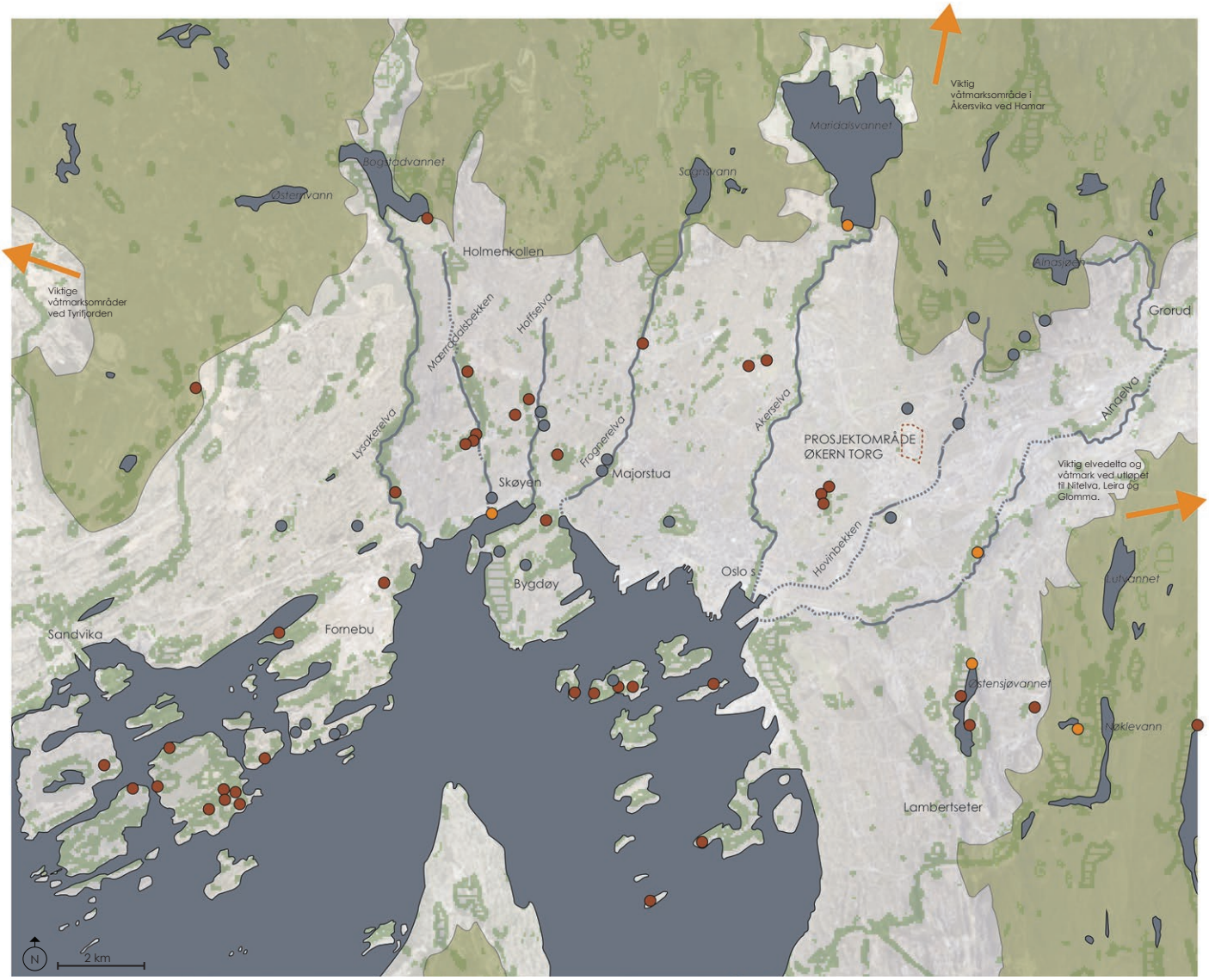


Fig. 6.10. Kartdata hentet fra Norge digitalt, Norge i bilder og analyser i samarbeid med Ursula Zühlke.

Biologisk mangfold



NATURTYPER

- Slåttemark
- Dammer
- Våtmark
- Våtmarksområder utenfor kartet
- Viktige naturtyper
- Nord- og østmarka
- Elvestrekning i dagen
- Elvestrekning i rør

Fig. 6.11. Kartdata hentet fra Naturbase og Gule sider.

Landskapsøkologi - det store bildet

I Oslo finnes et stort mangfold av arter og naturtyper. Kort avstanden mellom fjorden og marka, et mildt lokalklima og kalkrik berggrunn er utgangspunkt for et rikt dyre- og planteliv. For å ta vare på den unike floraen og faunaen er det viktig med forbindelser på tvers av byen kombinert med bevaring og styrking av habitatområder (Plan- og bygningsetaten, 2010). Vi ser prosjektområdet vårt i en større landskapsøkologisk kontekst for å kunne si noe om hvilken rolle habitatene vi skaper kan få i landskapsmosaikken. Dette kan gi indikasjoner på om området vil bli tatt i bruk som habitat og hvordan prosjektområdet forholder seg til eksisterende grøntområder. Videre studerer vi landskapsmosaikken med utgangspunkt i naturtyper og eksempelartene presentert i verktøykassa.

Naturtyper

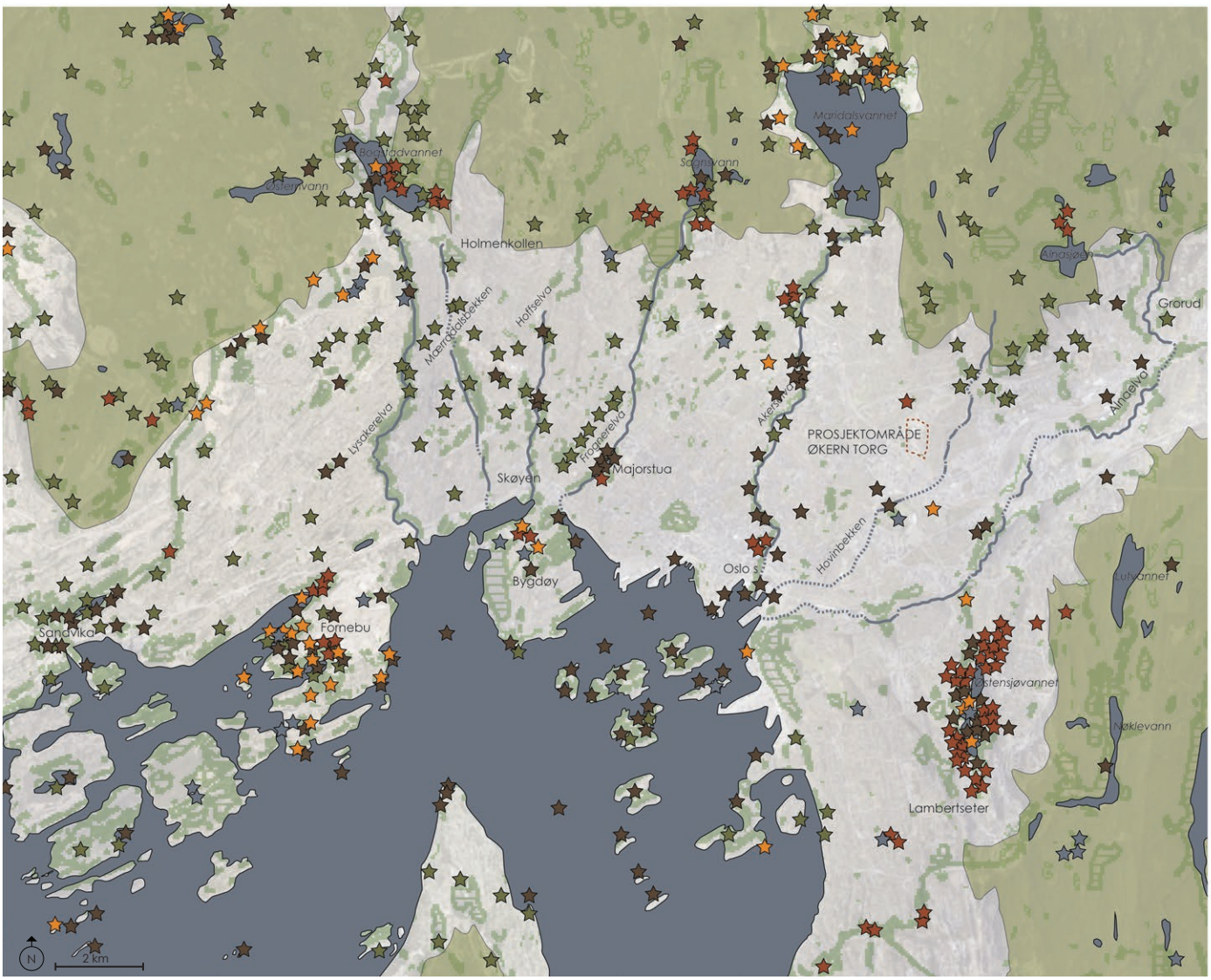
I kartet ser vi at prosjektområdet ligger isolert fra viktige naturtyper i Oslo. Hovinbekken går i rør over lange strekninger, og fungerer ikke som forflytningskorridor for arter på samme måte som de andre elvene i Oslo. Dette vanskeliggjør kolonisering av prosjektområdet, men samtidig kan utvikling av habitatområder på Økern torg gi flere hoppesteiner i landskapsmosaikken og bidra til å redusere avstanden mellom grøntarealene i denne delen av byen.

I verktøykassa beskriver vi hvordan det varierte kulturlandskapet med dammer, våtmark og slåttemark kan være et godt utgangspunkt for å bevare biologisk mangfold i byer. Mer enn 758 truede arter lever i tilknytning til denne typen habitater (ref. verktøykasse). Vi ser derfor på lokaliteter med slåttemark, våtmark og dammer i byen og i de omkringliggende naturområdene.

Det finnes mange lokaliteter med *slåttemark* innenfor byggegrensa, men ingen som ligger i umiddelbar nærhet til prosjektområdet vårt. Dette reduserer sannsynligheten for at truede pollinatorer kan kolonisere prosjektområdet, men gjør at man kan sanke stedegne frø ved anleggelse av slåttemark. Senere kan det anlegges flere prosjekter med slåttemark som gir pollinatorer større mulighet til å forflytte seg mellom disse.

Mellom prosjektområdet og Alnasjøen finnes flere små og store *dammer*. Fiskemåke, hettemåke og sanglerke er eksempler på rødlistede arter som er observert i nærheten av disse. Anleggelse av dammer på Økern torg kan gi flere habitatområder for de overnevnte artene og andre arter assosiert med dammene i området.

Våtmark finner vi bare på noen få lokaliteter innenfor kartutsnittet. Våtmarksfugl trekker over store avstander, og flere lommevåtmarker i byen kan fungere som rasteplass for disse under trekket ved å supplere større våtmarksområder som elvedeltaet ved Lillestrøm, naturreservatene ved Tyrifjorden eller Åkersvika ved Hamar.



ARTER
- Vipe
- Krikkand
- Svarthvit fluesnapper
- Flaggermus
- Storsalamander
- Viktige naturtyper
- Nord- og østmarka
- Elvestrekning i dagen
- Elvestrekning i rør

Fig. 6.12. Kartdata hentet fra Artsdatabanken og Gule sider.

Arter

I verktøykassa identifiserte vi eksempelarter for flere av overvannstiltakene. Disse er i stor grad paraplyarter med store eller omfattende habitatkrav som også kan være gunstige for andre arter. Når vi tilrettelegger for disse, skaper vi samtidig habitat for arter som er avhengig av samme type leveområder. Forekomsten av artene i kartet sier noe om hva slags leveområder de utnytter i byen, og sannsynligheten for at de vil ta i bruk Økern torg som habitat hvis det tilrettelegges for det. Korrelasjonen med vann er tydelig i kartet. Artene vi har valgt utnytter vann og våtmarksvegetasjon i hele eller deler av livsløpet.

Det er få observasjoner av *vipe* inne i selve byen. Arten er hovedsakelig registrert i forbindelse med større, åpne vann, på mer skjermede lokaliteter mot marka og sjøen. Vi tror likevel vipa kan utnytte leveområder i byen hvis det planlegges for både hekkelokaliteter og områder med god tilgang på næring. Habitatområder for vipe kan også utnyttes av andre vadefugler.

Krikkanda er observert flere steder både inne i byen, på øyene i fjorden og ved vannene i marka. Habitatområder på Økern torg kan supplere habitatene den utnytter i dag, og samtidig gi leveområder til andre gressender.

Det finnes mange observasjoner av *svarthvit fluesnapper*, både inne i byen og i naturområdene ved kysten og marka. Basert på observasjonene tror vi fluesnapperen vil kunne etablere seg på prosjektområdet hvis det tilrettelegges for hekking, tilgang til insekter og vegetasjon for skjul og hvile. Habitattiltak for svarthvit fluesnapper kan også utnyttes av andre insektetende fugler.

De markerte observasjonene av *flaggermus* inkluderer nordflaggermus, skjeggflaggermus, skogflaggermus, dvergflaggermus, vannflaggermus og brunlangøre som er noen av de vanligste flaggermusartene i Norge. Observasjonene finnes nesten utelukkende i nærheten av stående eller rennende vann. Dette tyder på at flaggermus kan utnytte prosjektområdet som habitat hvis det tilrettelegges med vannelementer og kolonisteder i flaggermuskasser.

Observasjonene av *storsalamander* er spredt og ligger langt fra Økern torg. Det er derfor liten sannsynlighet for at storsalamander kan utnytte prosjektområdet som habitat. Habitattiltak kan likevel være fordelaktig for andre amfibier, og storsalamander kan settes ut i eventuelle dammer på prosjektområdet.

Biologisk mangfold på Økern

Sør på prosjektområdet finnes flere gamle eiketrær. Hele 1500 forskjellige arter kan leve i en gammel eik, og mange av disse finnes ingen andre steder. Disse er habitat for blant annet sopp, lav, moser, insekter, fugler og flaggermus. Dette har gitt gamle, hule eiker status som utvalgt naturtype. (Christensen, 2010)

I parkanlegget ved Økern alders- og sykehjem finnes flere gamle almetrær som også utgjør en viktig naturtype grunnet alderen. Bevaring av disse gamle trærne, er derfor et vesentlig habitatfremmende tiltak.

Hager utgjør en betydelig del av grønnstrukturen i byer og tettsteder, og kan fungere som habitat for mange arter av fugl, insekter, flaggermus, amfibier og pattedyr. Rødlistede arter observert i hagene innenfor analyseområdet inkluderer tyrkerdue, gresshumle, gråtrost, hettemåke, bjørkefink, svartbak, stær og gråsisik. Ved sykehjemmet er det observert vandrefalk, stær, hønsehauk og gråtrost. Utvikling av grøntområder på Økern torg med innslag av tett vegetasjon, vannelementer, slåttemark og hekkesteder kan gi flere leveområder for disse lokalt tilhørende artene.

Fig. 6.13. Kartdata hentet fra Norge digitalt, Norge i bilder og Naturbase.

Planlagt kvartalstruktur

Figur 6.14 viser planlagt bebyggelsesstruktur på Økern torg. De fire storgårdskvartalene er tegnet av arkitektfirmaet Ghilardi og Hellsten som har ansvar for prosjekteringen i forkant av reguleringsplanen. Deres planforslag skal legges fram for offentlig ettersyn i juni 2017 (Personlig kommunikasjon m/Tharan Fergus og Ellen Hellsten, 19.01.17). De planlagte kvartalene varierer mellom fire og ti etasjer, med en nedtrapping mot sør for å sikre gode lys- og solforhold. Her planlegges det for 1500 boliger, nærbutikk, kafé og to barnehager med uteareal på til sammen 5600 m^2.

Vi bruker fotavtrykket og de foreslåtte høydene på byggene i utformingsforlaget av prosjektområdet. Figur 6.14 viser hvordan bebyggelsen var planlagt i februar da vi startet vår prosjektering. I løpet av prosjektperioden har vi forholdt oss til planene slik de forelå da, selv om Ghilardi og Hellsted Arkitekter har jobbet videre med utformingen parallelt med oss.

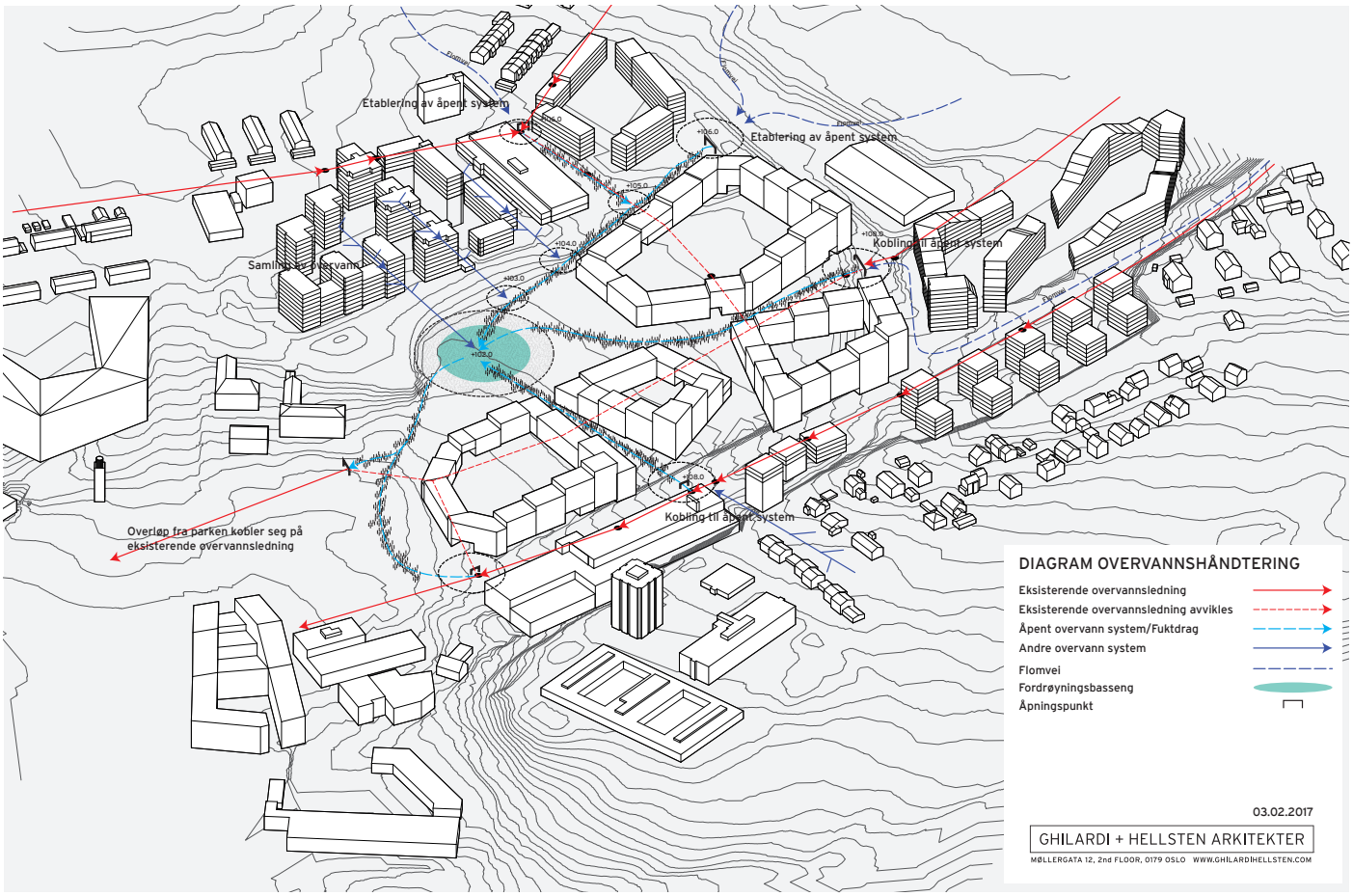


Fig. 6.14. Planlagt kvartalstruktur på Økern torg, tegnet av Ghilardi og Hellsten Arkitekter.

OVERORDNET PLAN
Engvegetasjon
Fuktigtålende vegetasjon
Bordgang
Barnehage
Skateanlegg
10 m
N

Eikenga

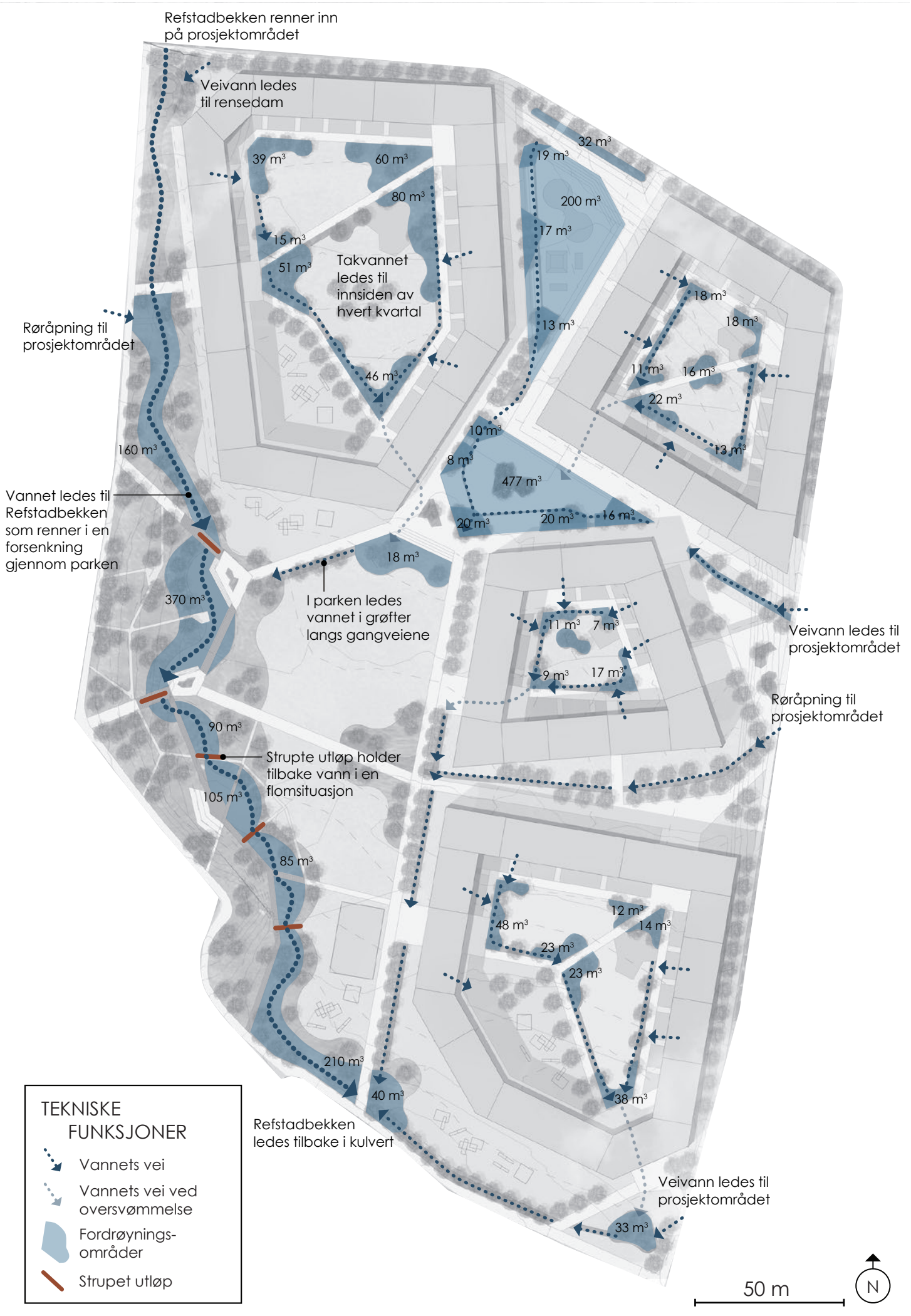
Navnet Økern kommer opprinnelig fra det norrøne gårdsnavnet Eykrin, som betyr eik og eng. Eiketrær og engvegetasjon er viktige elementer i den naturlike delen av parkområdet, og har også en historisk forankring til stedet.

Illustrasjonsplanen viser utforming av prosjektområdet. Vi har forholdt oss til fotavtrykket og høydene på den planlagte bebyggelsen, samt kommunens plan for håndtering av overvann på stedet (se figur 6.14). Utover dette har vi prosjektert fritt, ved hjelp av egen verktøykasse.

Eikenga park som skal fungere som bydelspark i Hovinbyen og tilrettelegges derfor for opphold og naturopplevelser. Fordi parken er en del av et sammenhengende grøntdrag nord og sør for prosjektområdet, planlegger vi også flere muligheter for gjennomfart. I vest er parken utformet med naturtypene slåttemark og våtmark langs Refstadbekken. Stier, bordgang, møteplasser og et amfi tilgjengeliggjør området ved å tilrettelegge for bevegelse i, gjennom og langs bekken og vegetasjonen her. Mot boligområdene i øst finner vi åpne gressarealer som inviterer til opphold, idrett, lek og større arrangementer.

Mellom boligkvartalene finner vi torg med ulike funksjoner. Plassen nord på prosjektområdet fungerer som inngang til området fra nord, og rommer skateanlegg og utendørs treningsapparater. Plassen i øst er inngang til boligområdet herifra. Dette blir også et kollektivpunkt med planlagt bussforbindelse. Den sentrale plassen mellom tre av kvartalene planlegges som hovedtorg. Her tilrettelegges det for ulike arrangementer, og fasadene romme urbane kvaliteter som cafe og butikk.

Eikenga boligområde planlegges med en barnevennlig profil. De store grøntarealer i gårdsrommene er tilrettelagt for lek og aktivitet, og parkering anlegges under bakken. Gode kollektivforbindelser samt en helhetlige gang- og sykkelstrategi skal minimere bilbruken.


Refstadbekken renner inn på prosjektområdet
Veivann ledes til rensedam
39 m³
60 m³
80 m³
15 m³
51 m³
Takvannet ledes til innsiden av hvert kvartal
46 m³
Røråpning til prosjektområdet
160 m³
Vannet ledes til Refstadbekken som renner i en forsenkning gjennom parken
370 m³
18 m³
I parken ledes vannet i grøfter langs gangveiene
90 m³
Strupte utløp holder tilbake vann i en flomsituasjon
105 m³
85 m³
210 m³
40 m³
Refstadbekken ledes tilbake i kulvert
32 m³
19 m³
200 m³
17 m³
13 m³
10 m³
8 m³
477 m³
20 m³
20 m³
16 m³
18 m³
18 m³
11 m³
16 m³
22 m³
13 m³
11 m³
7 m³
9 m³
17 m³
Veivann ledes til prosjektområdet
Røråpning til prosjektområdet
48 m³
12 m³
14 m³
23 m³
23 m³
38 m³
Veivann ledes til prosjektområdet
33 m³
TEKNISKE FUNKSJONER
Vannets vei
Vannets vei ved oversvømmelse
Fordrøynings-områder
Strupet utløp
50 m
N

Tekniske funksjoner

Konseptet for overvannshåndtering på Eikenga gjør det mulig å følge vannets vei gjennom hele prosjektområdet. En dråpe som faller på ett av takene i boligområdet, kan følges gjennom regnbed, renner og grøfter til den ender opp i Refstadbekken som er områdets resipient.

Overvannstiltakene på prosjektområdet er planlagt ut fra prinsippene om fleksibilitet og mangfold, restkapasitet og kontrollert svikt. Disse ivaretas i stor grad gjennom treleddstrategien for håndtering av overvann.

Fleksibilitet og mangfold

For å sikre fleksibilitet og mangfold har vi brukt hele spekteret av overvannstiltak. Ved å spre tiltakene over hele prosjektområdet, kan vannet håndteres tett på der det faller og overvannssystemet er mindre sårbart hvis det skulle oppstå noen form for svikt.

Grønne tak og vegger, taknedløp til terreng, regnbed, våtmark og permeable flater sikrer infiltrasjon av små regn som er første ledd i treleddstrategien. De fleste regnhendelser vil kunne håndteres ved hjelp av disse tiltakene alene. Regnbed, tørre og våte fordrøyningsmagasiner, terskler med strupet utløp, rensedam og våtmarksområder ivaretar prosjektområdets fordrøyningskapasitet som er neste ledd i treleddstrategien, mens renner, grøfter og bekk fungerer som flomvei.

Restkapasitet

Fordrøyningsområdene kan til sammen holde tilbake omtrent 2534 m^3 vann. Dette tilsvarer mer enn en 200-årsflom, og ivaretar prinsippet om restkapasitet ved store regnhendelser. Når vann holdes tilbake på prosjektområdet, reduserer det flomfaren nedover i byen. Utregninger ved hjelp av den rasjonelle formelen finnes på neste side.

Kontrollert svikt

De vegeterte grøftene og Refstadbekken er effektive flomveier ved regnhendelser som overskrider områdets fordrøyningskapasitet. Vann fra boligområdene, torg, røråpninger og resten av nedslagsfeltet ledes til Refstadbekken, før det ender opp i rør sør på prosjektområdet.

Videre anbefaler vi kommunen å anlegge en flomvei i terrenget fra prosjektområdet og ned mot Teglverksdammen i stedet for å lede vannet tilbake i kulvert etter Økern torg. Dette vil redusere faren for svikt på avløpsnettet.

Den rasjonelle formelen

Den rasjonelle formelen er eget for å gjøre en beregning av maksimalavrenning og dimensjonering av fordrøyningsmagasiner i små nedbørsfelt (Lindholm m.fl., 2008). Selv om dette gir et overslag over vannmengdene området vårt genererer, har metoden for mange usikkerhetsmomenter til å gi helt eksakte verdier for avrenningen. Særlig har vi lite informasjon om grunnforholdene på Økern torg, som vil ha mye å si for områdets infiltrasjonskapasitet.

Fra kommunen har vi fått oppgitt hvor mye vann som ledes til prosjektområdet ved en 200-årsflom, både vann som renner av på overflaten og gjennom rørene som skal åpnes. Vi har brukt den rasjonelle formelen til å gjøre et overslag over hvor mye vann selve prosjektområdet genererer og dimensjonert fordrøyningsmagasinene basert på dette.

Den rasjonelle formelen:

$$Q = K*\Phi*I*A$$

K = Sikkerhetsfaktor som blant annet tar høyde for fremtidige klimaendringer.
Φ = Avrenningskoeffisient
I = Nedbørsintensitet (hentes fra IVF-kurve for området)
A = Nedbørsfeltets areal

Trondheim kommune, 2012, s. 3.

Sikkerhetsfaktor (K)

Basert på anbefalinger fra kommunen, tar vi høyde for en 20% økning i nedbør (Personlig kommunikasjon m/Ursula Zühlke, 01.03.17). Sikkerhetsfaktoren settes derfor til 1,2.

Avrenningskoeffisient (Φ)

Avrenningskoeffisienten er et resultat av helning, permeabilitet og arealbruk. Tabellen til høyre angir avrenningen for ulike overflater, hentet fra Oslo kommunes overvannsveileder for utbygger. Fordi prosjektområdet er relativt flatt, reduseres avrenningen. Likevel må vi gå utfra at permeabiliteten er dårlig med tanke på at løsmassene består av havavsetning. Vi velger derfor verdier som ligger omtrent midt i spennet for de ulike kategoriene.

AREALTYPE	AVRENNINGS-KOEFFISIENT
Betong, asfalt og andre tette flater	0,6 - 0,9
Grusveier	0,3 - 0,7
Dyrket mark og parkområder	0,2 - 0,4
Skogsområder	0,2 - 0,5

Vann- og avløpsetaten, 2015, s. 19.

For flatene med tett dekke regner vi med en avrenning på 0,9 (90%), for grusveiene bruker vi 0,5 og for de vegeterte områdene regner vi med 0,3. De ulike arealtypene utgjør henholdsvis 17,6%, 5,3% og 77,1% av det totale arealet. Utregning av prosjektområdets samlede avrenningskoeffisient blir derfor:

$$\frac{(0{,}9 \times 17{,}6) + (0{,}5 \times 5{,}3) + (0{,}3 \times 77{,}1)}{100} \approx 0{,}4$$

Nedbørsintensitet (I)

Nedbørsintensiteten avhenger av varigheten på regnskyllet, som bestemmes ut fra konsentrasjonstiden. Konsentrasjonstid er betegnelsen på tiden en regndråpe bruker på å renne fra det fjerneste punktet i nedbørsfeltet til utløpet eller oppsamlingspunktet der vannmengdene beregnes. Den største vannføringen oppstår som regel for et regnskyll som har lik varighet som nedbørsfeltets konsentrasjonstid (Trondheim kommune, 2012). Konsentrasjonslinja for vårt prosjektområde er angitt i figuren under.

Fig. xx. Konsentasjonslinja for prosjektområdet

Lengden på konsentrasjonslinja fra Spireaveien i nord til kulverten i sør er 490 meter. Vannet renner ikke i en rett linje, men følger de nedsenkede grøftene og bekken gjennom terrenget. Høydeforskjellen er 12 meter, og vi får dermed en gjennomsnittlig helning på 0,02%. Ved hjelp av et nomogram anslår vi tiden vannet bruker på å renne langs konsentrasjonslinja, se figur 6.15.

Nedbørsintensiteten finner vi så ved å lese av IVF-tabellen for det aktuelle området (Trondheim kommune, 2012). For vårt prosjektområde bruker vi IVF-tabellen fra Blindern, som er den nærmeste målestasjonen. Vi gjør beregningene for en 10-årsflom som er minimumskravet fra kommunen, og en 200-årsflom som er målet vårt med tanke på restkapasitet. Utdrag av tabellen for Blindern finnes i figur 6.16, med verdiene vi bruker markert med rødt. Den dimensjonerende regnintensiteten er 55 l/s*hektar for en 10-årsflom og 88 l/s*hektar for en 200-årsflom.

Nedbørsfeltets areal (A)

Fordi vi allerede vet hvor mye vann som kommer til prosjektområdet gjennom Refstadbekkens nedbørsfelt og fra røråpningene, beregninger vi avrenningen bare for arealet av prosjektområdet. Dette er på 8,36 hektar.

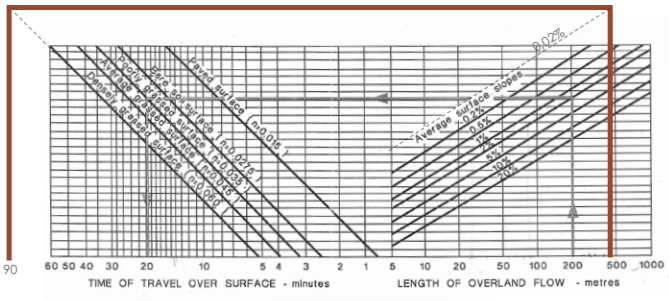


Fig. 6.15. Nomogram over avrenningstid over ulike overflater og helninger. Den røde streken markerer konsentrasjonstiden for vårt område, ca. 90 minutter.

GJENTAKS-INTERVALL (ÅR)	VARIGHET (MINUTTER)													
	1	2	3	5	10	15	20	30	45	60	90	120	180	360
10	429	374	343	298	222	188	164	130	103	84	55	44	33	18
200	652	578	534	473	355	306	270	214	173	140	88	70	51	28

*Fig. 6.16. IVF-tabell for Blindern, nedbør i l/s*hektar. Konsentrasjonstiden for prosjektområdet er 90 minutter, og vi leser av nedbørsintensiteten for en 10-årsflom og en 200-årsflom. Hentet fra Vann- og avløpsetaten, 2015, s. 18.*

Utregning med den rasjonelle formelen

$$Q = K*\Phi*I*A$$

10-årsflom: Q = 1,2 × 0,4 × 55 × 8,36 = 220,7 l/s

200-årsflom: Q = 1,2 × 0,4 × 88 × 8,36 = 353,1 l/s

Q angir avrenningen fra området i liter per sekund. For å finne ut hvor mange kubikkmeter vann som genereres under en 90 minutter lang regnhendelse, multipliserer vi Q med konsentrasjonstiden angitt i sekunder (5400 s). Svaret deles på 1000 for å omgjøre tallet fra liter til kubikkmeter. Totalt fordrøyningsvolum for de to regnhendelsene blir dermed 1192 m^3 og 1907 m^3 som angitt i regnestykket over til høyre.

10-årsflom: $\frac{220{,}7 \text{ l/s} \times 5400 \text{ s}}{1000 \text{ l}} \approx 1192 \text{ m}^3$

200-årsflom: $\frac{353{,}1 \text{ l/s} \times 5400 \text{ s}}{1000 \text{ l}} \approx 1907 \text{ m}^3$

Fordrøyningsområdene som er markert i kartet på side 126 kan til sammen holde 2380 m^3 vann. Dette er mer enn vannmengdene som genereres på området, både for en 10-årsflom og en 200-årsflom. Prosjektområdet kan dermed ta av for noe av flomvannet som ledes hit gjennom rør og i terrenget.

Bekken skaper forbindelser nord-sør i prosjektområdet
Fugle- og flaggermuskasser på solrik vegg ved våtmarka
Variasjoner i våtmarka gir god næringstilgang for vadefugler
Soner med tettere vegetasjon
Habitattiltak og hotell for storsalamander ved dammen
Skjermede hekkeområder egnet for krikkand og andre gressender
Bevaring av eksisterende eiketrær
Felt med slåttemark og insekthotell på de grønne takene
Rekker av trær er forflytningskorridor for fugler, flaggermus og små pattedyr på tvers av prosjektområdet
Blomsterrike planter i regnbedene gir god næringstilgang for pollinatorer
Blomstrende planter øker verdien av grøftene som forflytningskorridor for pollinatorer
ØKOLOGISKE FUNKSJONER
Forflytningskorridorer
Viktig sammenhengende habitatområde
Grønne tak har felt med slåttemark
Vegeterte grøfter
Blomsterrike regnbed
50 m
N

Økologiske funksjoner

I introduksjonsdelen til verktøykassa delte vi de økologiske funksjonene i naturtyper, arter og landskapsøkologi. Dette er også utgangspunktet for utformingen av prosjektområdet.

Naturtyper

Vi har planlagt for både våtmark og slåttemark i prosjektet.

Ved hjelp av terskler demmes det opp våtmarksområder langs Refstadbekken i vest. En variert overflate og gradient fra fuktige til tørre forhold gir habitat og næringstilgang for mange arter. Fordi Økern torg har vært asfaltert over en lang periode, må man gå ut fra at jorda har lite liv. For å få vegetasjon til å trives, må det derfor tilføres masser (Personlig kommunikasjon m/Astrid Skrindo, 02.03.17). Flere våtmarksområder på Østlandet er planlagt for veiutbygging de neste årene, inkludert Åkersvika ved Hamar, Synneren, Lamyra og Juveren ved Tyrifjorden og Lågendeltaet ved Lillehammer. Masser herifra kan brukes for å sikre en rik frøbank og et gunstig jordsmonn for våtmarkplanter.

På takene og i parken planlegges det små og store felt med slåttemark. Frømaterialet hentes fra slåttemarker i nærområdet, for eksempel fra slåttemarka mellom Tåsen og Ullevål eller på Hasle. Næringsfattige masser sikrer at viktige engplanter etablerer seg.

Arter

Variert bruk av åpne overvannstiltak legger også grunnlaget for varierte habitater. Vadefugler, pollinatorer, insektetende fugl, flaggermus, amfibier og gressender kan utnytte området på ulike måter.

Vadefugler kan benytte våtmarksområdene til matsøk og hvilested. På området er hekkemuligheter en begrensende faktor fordi vi ikke har tilrettelagt spesielt for hekking på takene. Habitat for bakkehekkende fugl bør i stedet ivaretas på taket til idrettsanlegg eller offentlige bygg, som Lørenhallen eller Refstad skole.

Pollinatorer kan utnytte nektar og pollen i regnbedene og feltene med slåttemark. Stedegne arter gir gode forhold for ville humler, bier og sommerfugler, og på takene planlegges det for insekthotell. Et rikt insektsliv sikrer pollinering av matplanter.

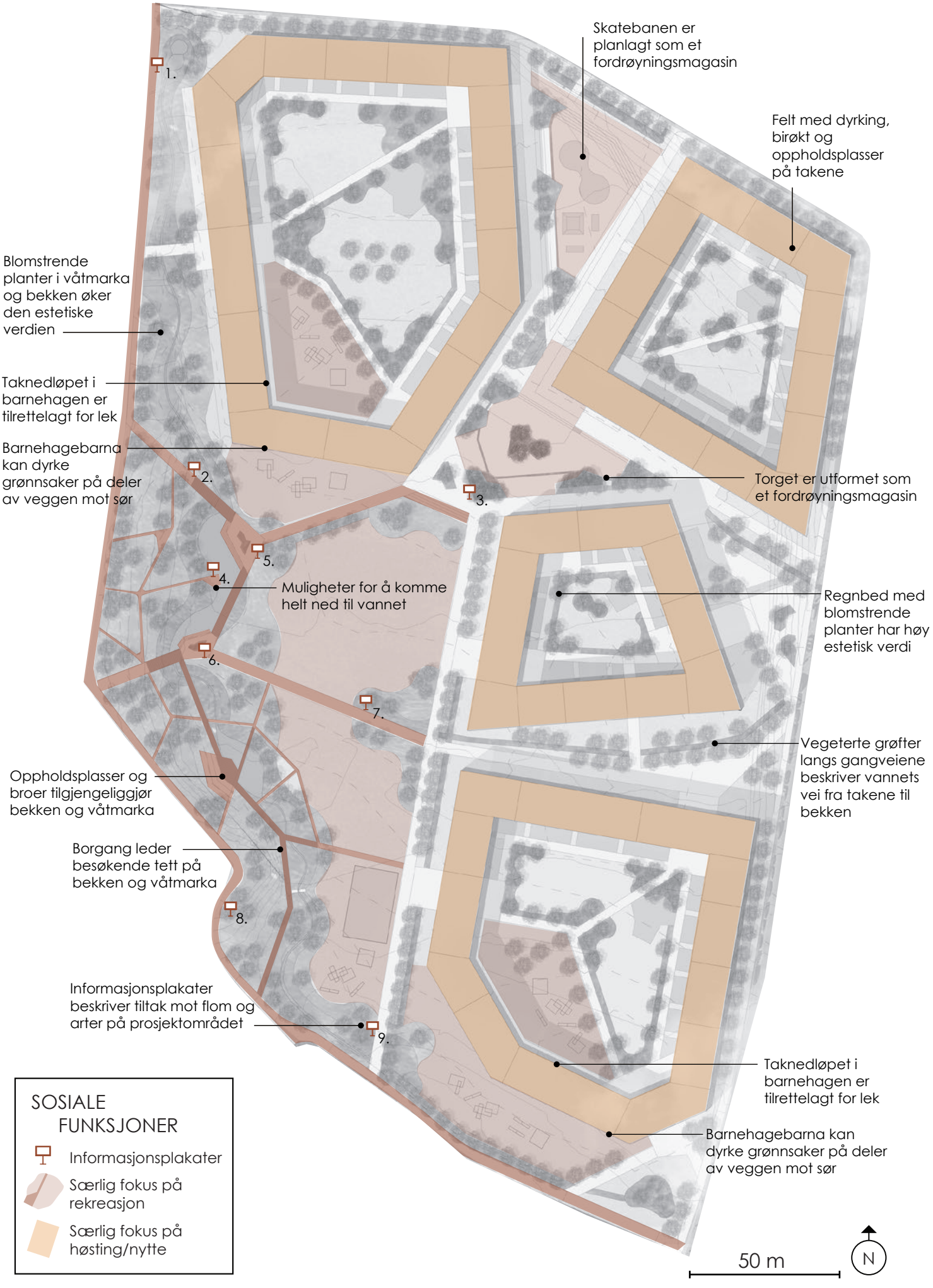
Vannelementene og vegetasjonen gir god næringstilgang for *insektetende fugl* og *flaggermus*. Fugle- og flaggermuskasser er planlagt på den vestvendte veggen mot våtmarka lengst nord på prosjektområdet. Grønne vegger gir hvile-, skjul- og hekkesteder for fugler på innsiden av kvartalene, og både fugler og flaggermus kan forflytte seg gjennom området langs rekker av trær.

Ved dammene er det planlagt spesielt for *amfibier.* Grunne og dype områder med skjulesteder i vegetasjonen og mellom steiner i dammen gir gode jakt og oppvekstområder. Salamanderhotell sikrer overvintring.

Gressender kan utnytte både våtmarka og dammene til næringssøk. Skjermede hekkeområder i nærheten av dammen øker sjansene for hekking.

Landskapsøkologi

Vegeterte grøfter og rekker av trær sikrer forflytning av arter på tvers på området. På denne måten forbindes prosjektområdet med hagelandskapet i øst og vest. Det sammenhengende grøntdraget langs Refstadbekken henger sammen med grøntområdene i nord og blir i tillegg en del av «den grønne ringen». På sikt kan dette sikre sammenhengende grønne forbindelser fra marka til fjorden.


Skatebanen er planlagt som et fordrøyningsmagasin
Felt med dyrking, birøkt og oppholdsplasser på takene
Blomstrende planter i våtmarka og bekken øker den estetiske verdien
Taknedløpet i barnehagen er tilrettelagt for lek
Barnehagebarna kan dyrke grønnsaker på deler av veggen mot sør
Torget er utformet som et fordrøyningsmagasin
Muligheter for å komme helt ned til vannet
Regnbed med blomstrende planter har høy estetisk verdi
Vegeterte grøfter langs gangveiene beskriver vannets vei fra takene til bekken
Oppholdsplasser og broer tilgjengeliggjør bekken og våtmarka
Borgang leder besøkende tett på bekken og våtmarka
Informasjonsplakater beskriver tiltak mot flom og arter på prosjektområdet
Taknedløpet i barnehagen er tilrettelagt for lek
Barnehagebarna kan dyrke grønnsaker på deler av veggen mot sør
1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.
8.
9.
SOSIALE FUNKSJONER
Informasjonsplakater
Særlig fokus på rekreasjon
Særlig fokus på høsting/nytte
50 m
N

Sosiale funksjoner

Planen fremhever funksjoner som forsterker forholdet mellom mennesker og økosystemer innenfor kategoriene læring, estetikk/opplevelsesverdi, rekreasjon og høsting/nytte. Forslag til tiltak relatert til tilpasningsforvaltning presenteres på neste side.

Læring

I utformingen av prosjektområdet har vi hatt særlig fokus på formidling av overvannstiltakenes funksjoner knyttet til flomdemping og habitat. Renner og grøfter er lokalisert langsmed gangveiene så man kan følge vannets vei fra takene og ut i Refstadbekken. Områdets karakter påvirkes av variasjoner i nedbørsmengdene og lar publikum reflektere over tiltakenes flomdempende effekt. Ved store regnskyll fylles regnbedene opp, og vannstanden i rennene og bekken øker. Semi-permeable dekker markerer hvilken vei vannet renner i en flomsituasjon.

I tillegg til at overvannssystemene i seg selv forteller vannets historie, har vi brukt informasjonsplakater for å gi besøkende kunnskap om flomtiltakene og hvordan ulike arter og naturtyper er viktige for overvannssystemets funksjon. Plakatene gir et godt utgangspunkt for undervisningsopplegg i parken som kan utnyttes av Løren og Refstad skole eller de planlagte barnehagene. På skiltene finnes informasjon om:

1. *Naturlige rensesystemer:* Rensedammens soner og funksjoner.
2. *Viktig naturtype:* Våtmarkas rolle som karbonlager og vannmagasin i en flomsituasjon.
3. *Dette området kan oversvømmes:* Torgenes rolle som fordrøyningsmagasin i en flomsituasjon.
4. *Svømmende drager:* Storsalamanderens status som nær truet art samt betydningen av salamanderhotell og dammer.
5. *Her lever humlene:* Skilt om truede pollinatorer med habitat i enga og hvilken rolle de har i økosystemene.
6. *Hvem bor i våtmarka?:* Beskrivelse av arter som kan utnytte våtmark som habitat.
7. *Dette er et regnbed:* Regnbeds rolle som infiltrasjonsområde og hvordan plantene tilbakefører vann til atmosfæren gjennom transpirasjon.
8. *Gamle eiketrær:* Mangfoldet av arter som kan leve på gamle eller døde eiketrær.
9. Hvor ender vannet?: Hvordan Refstadbekken ledes i rør til Hovinbekken som renner ut i fjorden i indre by.

Estetikk/opplevelsesverdi

Utformingen har flere elementer knyttet til estetikk og opplevelser, med særlig fokus på å fremheve overvannssystemets estetiske verdi. Mellom kvartalene og parken ledes vannet hovedsakelig i vegeterte grøfter hvor arter som mjødurt, strutseving og enghumleblom gir et frodig uttrykk. Engarealene planlegges med blomstrende arter som blåklokke, solblom og prestekrage som gir en fin kontrast til de kortklipte plenarealene og rettvinklede gangveiene. I kvartalene rammes oppholdsarealene inn av regnbed med blomstrende arter som sverdlilje, kattehale, brudelys og stråleiris. Våtmark og vannspeil sammen med sildrende vann og små fossefall nedstrøms tersklene gir varierte opplevelser i parken.

Rekreasjon

Overvannssystemet er et godt utgangspunkt for å tilrettelegge for opphold og aktivitet. Et nettverk av gangveier, borganger og stier gjør at man kan bevege seg i og gjennom vegetasjonen i våtmarka og engarealene, og flere steder kan man komme helt ned til vannet. Oppholdssteder og sittemuligheter gjør disse vegeterte sonene mer tilgjengelige. De nedsenkede torgene er planlagt med tanke på ulike aktiviteter. Torget lengst mot nord har skatebane og treningsapparater, mens torget lenger sør planlegges for uteservering, markeder og salg fra boder eller foodtrucks. I uteområdene på barnehagene tilrettelegges det for lek og interaksjon med vannet der det ledes fra tak til terreng. Felles takhager gir oppholdsarealer med gode solforhold og utsikt til parken.

Høsting/nytte

Hver blokkenhet disponerer et eget område på taket som planlegges med oppholdsarealer og dyrkingsmuligheter, samt slåttemark i enkelte soner. Dette gir gode betingelser for pollinatorer og birøkt er derfor en mulighet. Det er opp til hvert enkelt sameie hvilke matplanter som skal dyrkes og hvorvidt man anskaffer bikuber. I barnehagene tilrettelegges det for dyrking på deler av veggen.

Hvorfor er myr viktig?

Myr er en type våtmark. Våtmark er natur som er helt eller delvis dekket av vann hele eller deler av året. I tillegg til myr er sump og deltaområder eksempler på våtmark vi finner i Norge. Myra har unike egenskaper som er nyttige for oss mennesker. Myr dannes der fordampingen av vann er lav i forhold til hvor mye det regner og kommer til vann fra andre kilder. I kalde land som Norge er fordampingen lav, og Norge er dermed blant de land i Europa med mest myr.

> *Myra ødelegges når vi trenger den som mest: i møtet med klimaendringene.*

Levested for mange planter og dyr

En rekke plante- og dyrearter i Norge har våtmark som sitt eneste levested. Mange av disse er truet og står i norsk rødliste, en vurdering av arters risiko for å dø ut i Norge. Dette gjelder spesielt moser, karplanter og insekter. Den vakre orkideen myflangre lever bare på rikmyrer, og er sterkt truet i følge rødlista. Halvparten av myrene der myrflangre lever er forsvunnet, og det er hovedårsaken til at den kan bli borte fra norsk natur for alltid. Sommerfuglen emblas ringvinge har forsvunnet fra store deler av Østlandet på grunn av grøfting av myrer.

Demper flom

Mange våtmarker, og særlig myrer, har stor kapasitet til å lagre vann, og dette gjør at de kan dempe flom. De store mengdene torvmose i myr illustrerer dette godt: Torvmose kan holde på vann tilsvarende ti ganger sin egen vekt. Det gjør myra til en svamp i naturen. Den holder på vann under våte perioder, og frigir vann til naturen rundt i tørre perioder. På grunn av klimaendringene kan vi forvente oss mer nedbør, men også flere tørkeperioder enkelte steder i landet. Det har aldri vært behov for mer vannregulerende natur enn nå.

I den offentlige utredningen Naturens goder – om verdier av økosystemtjenester fra 2013, anbefales det å ta særlig hensyn til myrer og annen våtmark som har en vannregulerende effekt og som bidrar til å bremse hastigheten av flomvann. NOU-en konkluderer med at ødelagte myrer er en viktig grunn til å anta at kapasiteten til flomdemping er vesentlig redusert i Norge i forhold til forrige århundre og tidligere.

Eksempel på informasjonsplakat. Informasjonen er hentet fra SABIMA, uten år, c

Tilpasningsforvaltning

I verktøykassa foreslo vi veiledende prinsipper for tilpasningsforvaltning i store, åpne overvannsanlegg. I punktene nedenfor beskrives konkrete tiltak for forvaltning av prosjektområdet.

- Møter mellom prosjekterende landskapsarkitekt og ansvarlig anleggsgartner umiddelbart etter etablering av anlegget, samt etter første vekstsesong. Videre arrangeres møter årlig de fem første årene og annethvert år etter denne perioden. Møtene sikrer at de opprinnelige målene og visjonene for prosjektet ivaretas i skjøtsel av anlegget. Samtidig får landskapsarkitekten sjansen til å lære om utfordringer og kvaliteter ved eget design. Tema som evalueres av anleggsgartner er dimensjonering og utforming av anlegg, plantevalg og driftsvennlighet samt problemer knyttet til erosjon og forsøpling.

- Prosjekterende landskapsarkitekt besøker anlegget etter første vekstsesong og ser med egne øyne om designet fungerer som planlagt. Ny befaring etter første kraftige nedbørshendelse.

- Befaringer av økolog/biolog andre vekstsesong etter etablering for registrering av hvilke arter som utnytter området. Befaringer av biolog årlig i 20 etter etablering, for å undersøke den biologiske utviklingen. Registreringene tilgjengeliggjøres for beboerne og brukere av parken, samt ansvarlig landskapsarkitekt. Etter hvert som flere arter etablerer seg på området, kan det settes opp nye skilt med informasjon om levemåte og rolle i økosystemet.

- Sedimentene fra rensedammen analyseres for å undersøke hvilke stoffer som felles ut i sedimentasjonskammeret, og hvor stor effekt tiltaket har. Informasjonen tilgjengeliggjøres for beboerne og brukere av parken, samt ansvarlig landskapsarkitekt.

- Elevene på Refstad og Løren skole har månedlige utflukter der de registrerer dyre- og plantearter i parken. Dette gir læring om arter og økosystemer. Registreringene kan gjøres i samarbeid med fagpersoner og være en del av et større forskningsprosjekt der man undersøker åpne overvannsløsningers betydning for biologisk mangfold.

- En elvegruppe fra Refstad og Løren skole har månedlige utflukter der de måler vannkvalitet. Dette gir læring om vann og forurensningskilder. Målingene kan være en del av et større forskningsprosjekt der man undersøker åpne overvannsløsningers naturlige renseeffekt.

- I samarbeid med barnehagene testes det ut nye matplanter for dyrking i grønne vegger. Barna involveres i planting, høsting, tilberedning og spising av vekstene, og registrerer hvilke arter som klarer seg godt og dårlig på den grønne veggen.

- Beboerne involveres i slått og hesjing av arealene med slåttemarkene i parken, og oppfordres til å lage egne insektshotell på de grønne takene. Bedre habitatområder for pollinatorer gir bedre vilkår for jordbruk på takene.

Detaljprosjektering

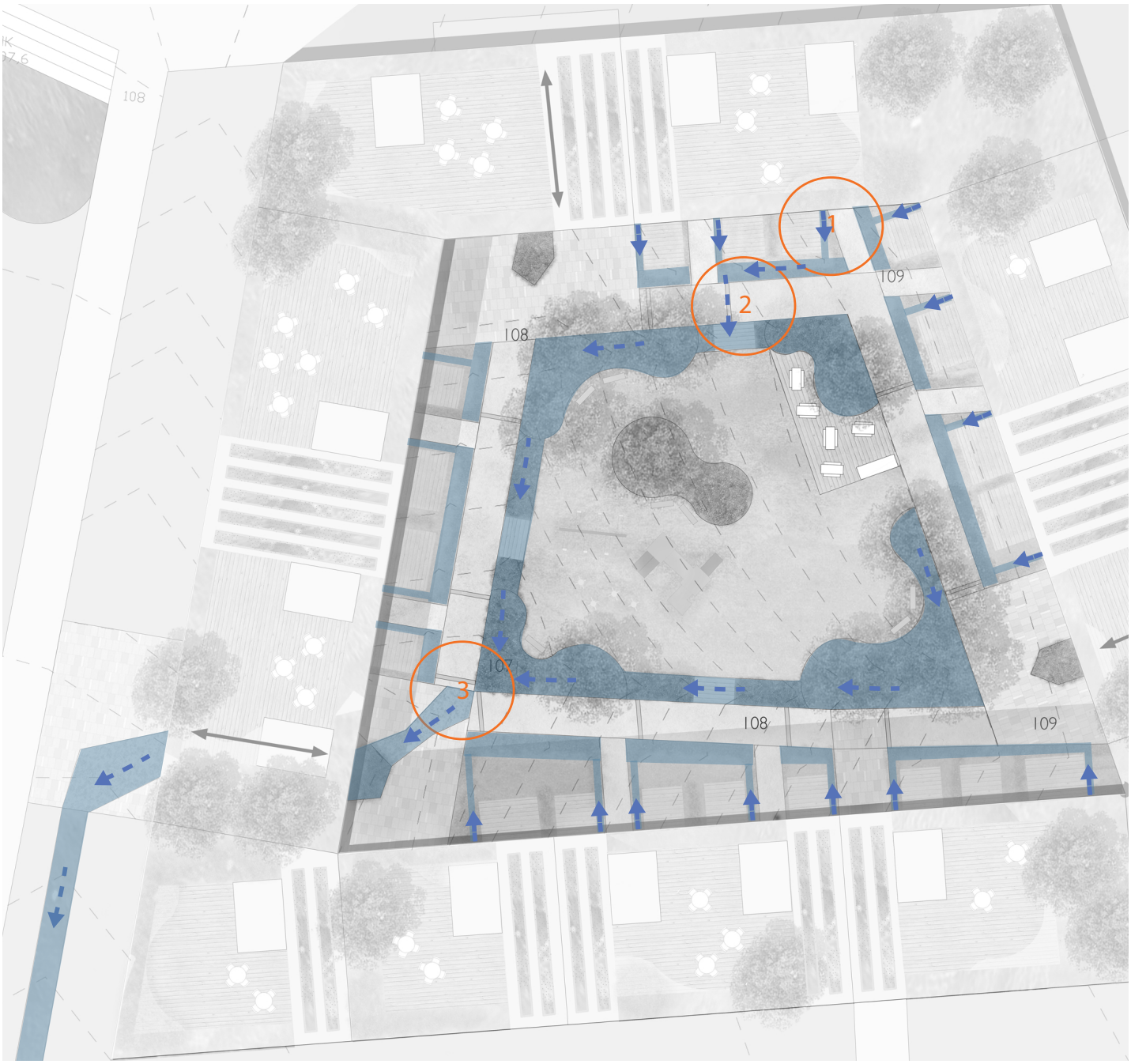
Ved å gå i detalj på tre ulike delområder, viser vi hvordan prinsippene fra verktøykassa kan implementeres på steder med ulik karakter. Målet er å framheve hvordan åpne overvannsløsninger kan gi nye kvaliteter til et prosjekt. Vi har derfor valgt å utforme et av boligkvartalene, et torg, og en del av parken.

Gårdsrom

Leilighetskompleksene planlegges med semi-intensive og intensive grønne tak tilrettelagt for opphold og dyrking. Her består vegetasjonen hovedsakelig av eng, inkludert noen tregrupper. Gårdsrommene har fellesområde i midten, som rammes inn av fuktigtålende trær, busker og vegetasjon i regnbed, mens beboere i 1.etg har en privat hageflekk foran inngangspartiet. Lekeapparater i gårdsrommet samt et felles oppholdsområde med sittegrupper og utekjøkken inviterer til opphold og lek. Engvegetasjonen på takene, samt blomstrende planter i regnbedene gir god næringstilgang for ulike pollinatorer som sommerfugler, humler, bier og andre insekter.

Implementering av overvannstiltak

For hvert delområde viser vi vannets vei og hvilke tiltak som benyttes. De blå feltene viser overvannstiltak som aktiveres i en flomsituasjon. Pilene beskriver hvordan vannet ledes gjennom området. Tallene i de oransje sirklene refererer til forklaringene i figuren på neste side.

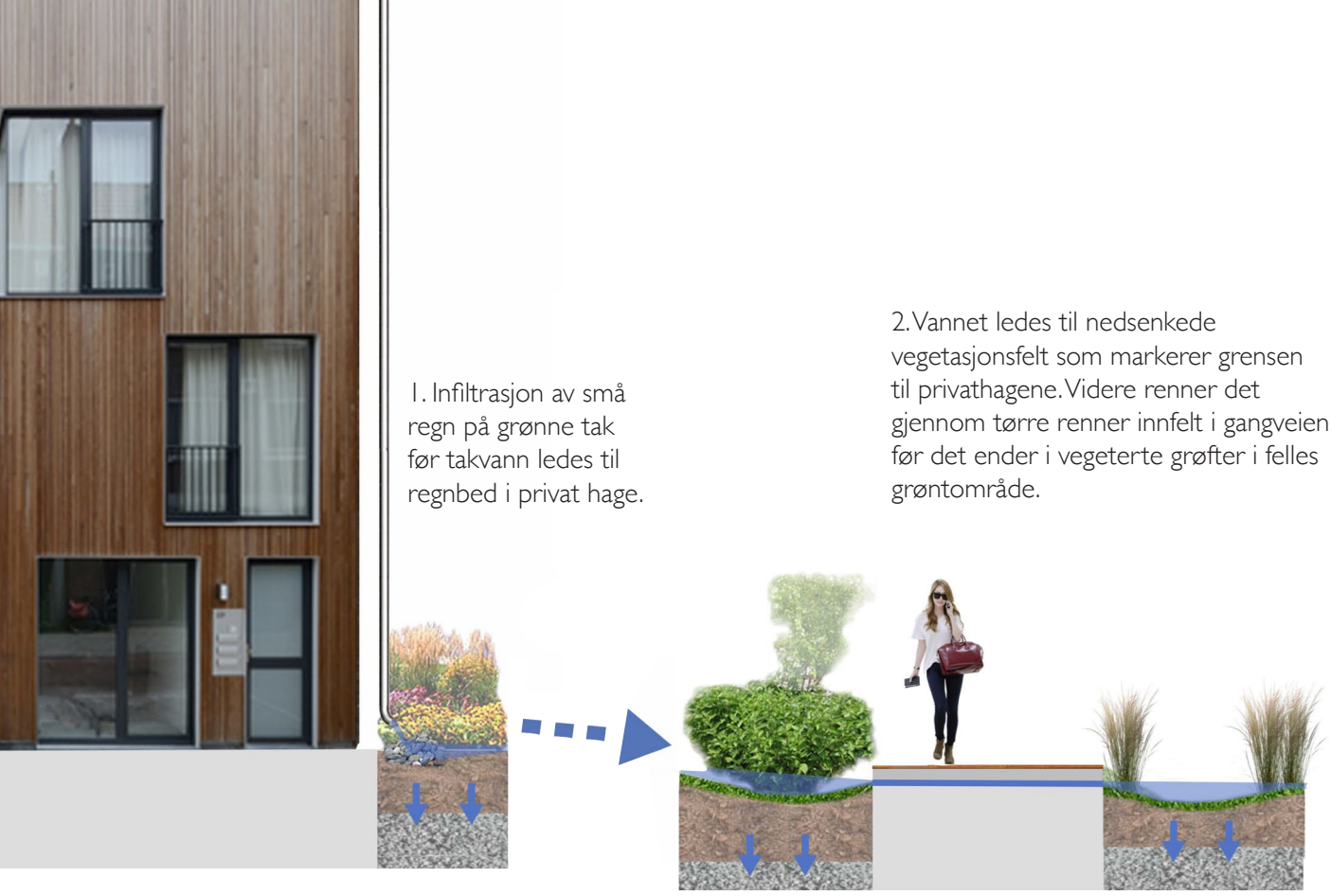


Vannets vei

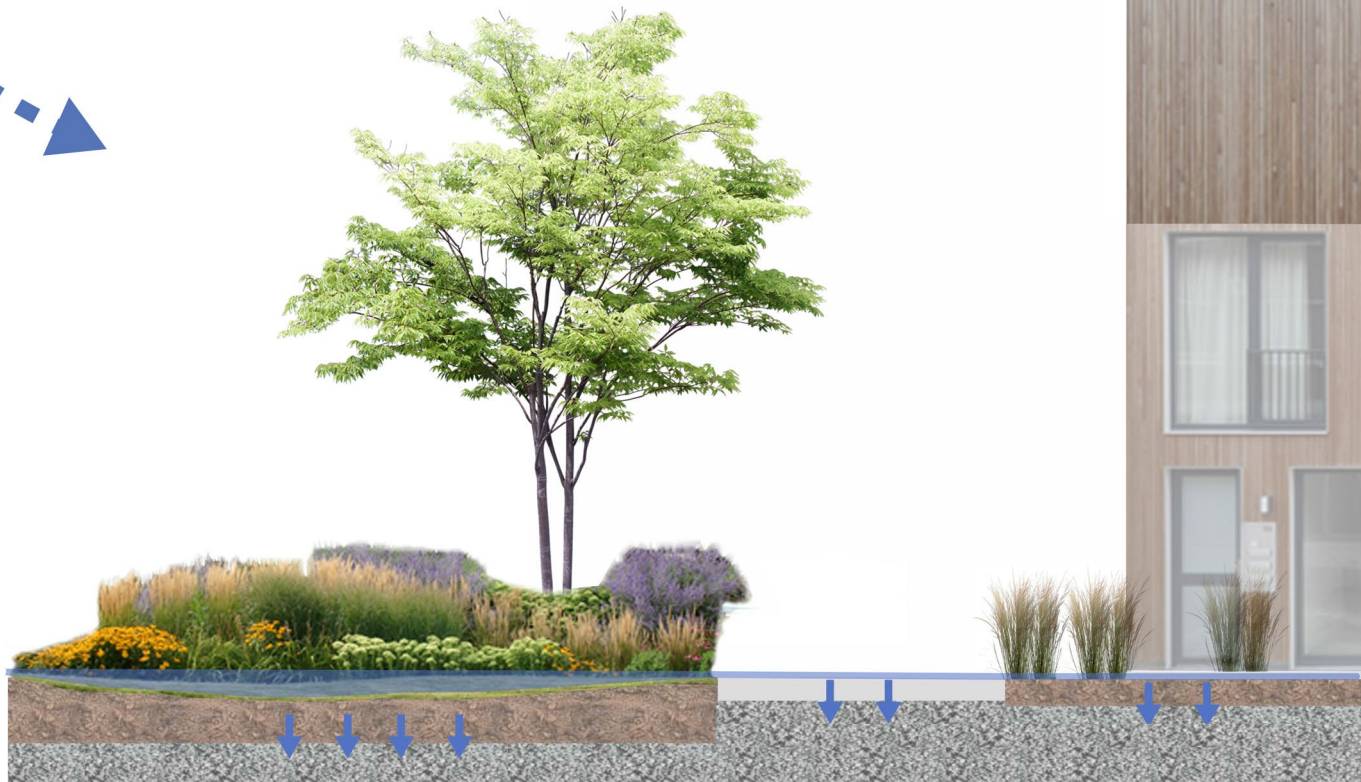
Hvert boligområde skal i størst mulig grad infiltrere og fordrøye eget overvann. Grønne tak infiltrerer det meste av takvannet ved små regnhendelser. Resten ender i taknedløp som leder vannet gjennom en rekke regnbed og vegeterte grøfter i terrenget. På denne måten oppnås høy infiltrasjon og fordrøyning. Kvartalsinngangen i sørvest anlegges som flomvei. Ved kraftige regnhendelser ledes vannet gjennom denne og til en vegetert grøft i parken. Herifra renner det til Refstadbekken som er områdets resipient.

1. Infiltrasjon av små regn på grønne tak før takvann ledes til regnbed i privat hage.

2. Vannet ledes til nedsenkede vegetasjonsfelt som markerer grensen til privathagene. Videre renner det gjennom tørre renner innfelt i gangveien, før det ender i vegeterte grøfter i felles grøntområde.



3. Vegeterte grøfter langs gangstiene leder vann til større nedsenkede regnbed. Om vannmengdene overskrider boligkvartalets kapasitet til å infiltrere og fordrøye vann, ledes vannet gjennom kvartalets inngang og videre til vegeterte grøfter i parkområdet. Et permeabelt dekke viser vannets vei over harde flater.



TORG

Regnbed m/sittekant

Vegetert renne

Tredekke

Granittdekke

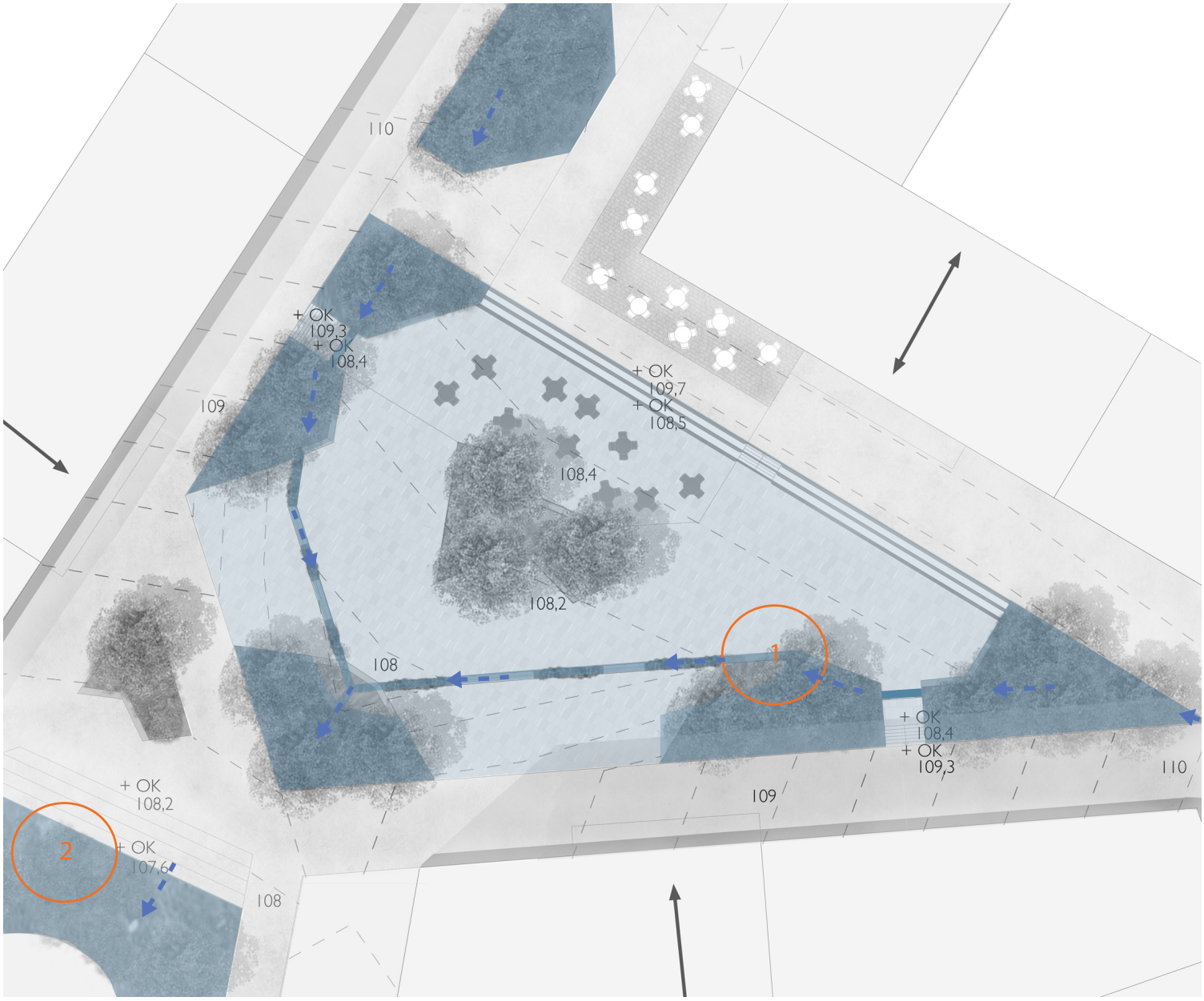
Sittegrupper

1:500

N

Torg

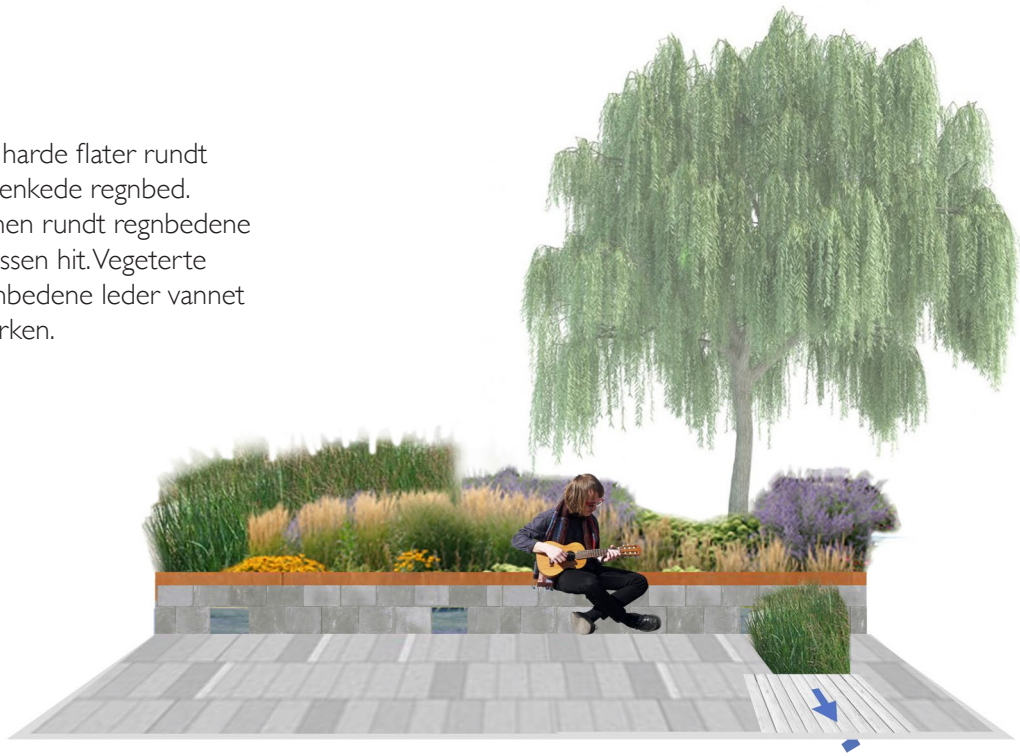
Torget mellom boligkvartalene fungerer som gjennomfartsåre og møteplass. En kafé nord for plassen har gode solforhold og utsikt mot parken, mens selve torget ligger nedsenket i terrenget. En trapp med sittetrinn tilgjengeliggjør den solfylte delen av plassen, og i tillegg er det tilrettelagt for opphold med sittegrupper og benker integrert i kantsteinen rundt regnbedene.



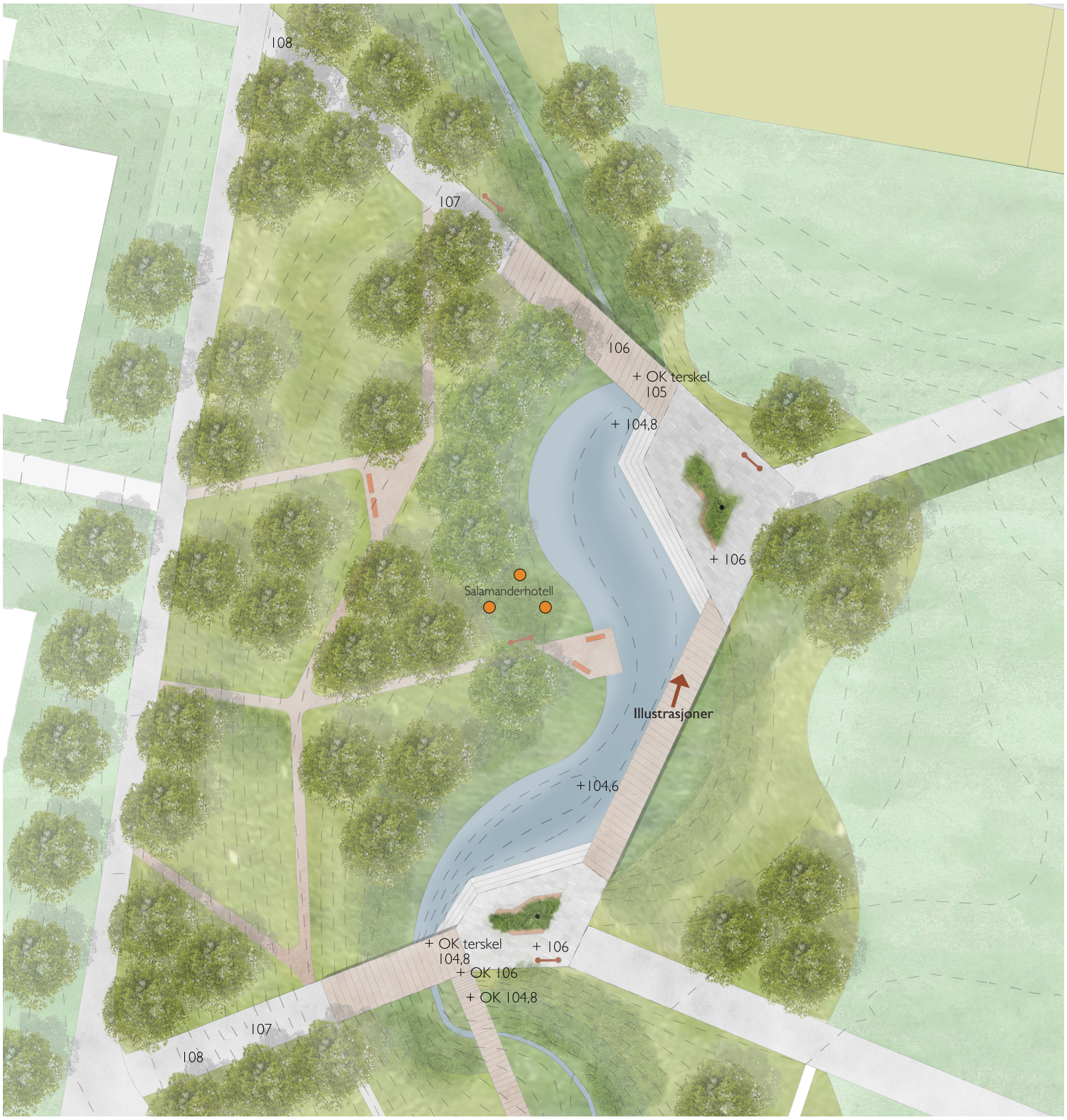
Vannets vei

Vannets vei fremheves også gjennom den mer urbane delen av prosjektområdet. Regnbed infiltrerer og fordrøyer vann, mens renner som ligger nedfelt i dekket leder vannet videre mot parken og Refstadbekken. Det nedsenkede torget fungerer som et tørt fordrøyningsmagasin som kan holde tilbake mer enn 500 m^3 vann ved intense nedbørshendelser. Et mindre utløp fra regnbedet sør på torget leder vann videre ut i parken. Dimensjoneringen av utløpet gjør at vann vil holdes tilbake på torget ved intense nedbørshendelser, men om fordrøyningsmagasinet fylles opp vil vannet renne sørover mot parken før det rammer bebyggelsen.

1. Vann fra veier og harde flater rundt torget ender i nedsenkede regnbed. Åpninger i kantsteinen rundt regnbedene leder vannet fra plassen hit. Vegeterte renner mellom regnbedene leder vannet over torget mot parken.



3. Et utløp i trappen fører overvann fra torget ut i et regnbed ved inngangen til parken. Utløpets dimensjonering gjør at vann vil bli holdt tilbake på torget ved intense nedbørshendelser.



PARK

Vegetasjon m/ sittekant

Benk

Skilt

Bordgang

1:500

N

PARK

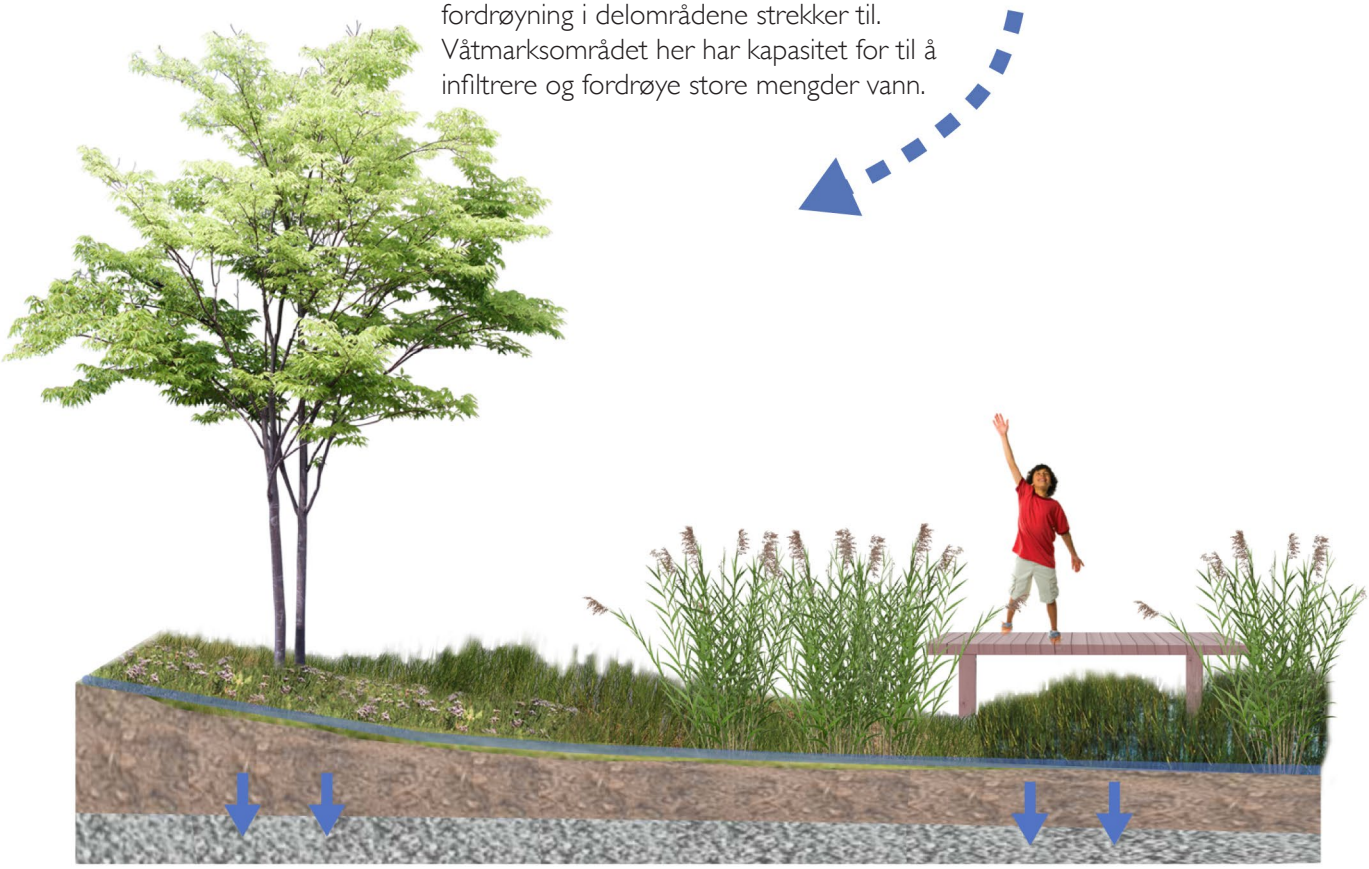
Refstadbekken renner i en forsenkning gjennom prosjektområdet. På to punkter demmes vannet opp til vannspeil hvor det brukes membran for å hindre infiltrasjon i grunnen. To plasser med nedtrapping mot vannet tilgjengeliggjør det nordligste vannspeilet, mens bordganger og en brygge i vannkanten tilrettelegger for rekreasjon i våtmarksområdet. Flere skilt gir informasjon om klima, naturtyper og biomangfold. Rundt vannspeilet gir variasjon i vegetasjonssjikt, vanndybde og fuktighet habitat, skjul og næringstilgang for fugler, amfibier og mindre pattedyr. Salamanderhotell etableres også i nærhet til vannspeilet.

Vannets vei

Refstadbekken er prosjektområdets resipient og renner gjennom parken fra nord til sør. Langs bekken etableres våtmarksvegetasjon som fungerer som flombuffer, og terskler med strupet utløp sørger for at vann holdes tilbake i flomsituasjoner.

1. Vegeterte grøfter anlegges parallelt med flere av gangstiene i parken. Overvann fra veier, torg og boligområder ledes gjennom grøftene til våtmarksområdene ved Refstadbekken. Vegetasjonen her har en rensende effekt.

2. Overvann fra hele prosjektområdet ledes til Refstadbekken og våtmarksområdet her ved regnhendelser som er større enn at fordrøyning i delområdene strekker til. Våtmarksområdet her har kapasitet for til å infiltrere og fordrøye store mengder vann.



Del 7 - Diskusjon

Hva har vi lært og hvilke utfordringer møtte vi på?

Diskusjonen er strukturert etter de tre underproblemstillingene. Vi peker på muligheter og utfordringer ved å bruke et teoretisk begrep til å utvikle konkrete prinsipper for design, og hvilke problemer vi møtte underveis i arbeidet. Her diskuteres også verktøykassas styrker og begrensninger. Videre kommer vi med anbefalinger til fremtidige studier relatert til oppgaven.

Fig. 7.1

Underproblemstilling 1:

Hvilke prinsipper er viktige for å fremme klimaresiliens med utgangspunkt i bærekraftig overvannshåndtering?

I teoridelen pekte vi på funksjoner som er viktige for å øke klimaresiliens, og brukte disse til å foreslå prinsipper for åpen overvannshåndtering. Her presenterte vi også treleddstrategien for åpen overvannshåndtering og viste hvordan bærekraft og resiliens forholder seg til hverandre i oppgaven. Videre beskrev vi hvordan økosystemtjenester kan fremheve økosystemers verdi for mennesker.

Forholdet mellom bærekraft og resiliens

I teoridelen viser vi hvordan resiliens kan brukes som forståelsesbrille og tankemåte for å jobbe mot bærekraftige løsninger. Dette er en måte å operasjonalisere bærekraft gjennom resiliens. Særlig innenfor de økologiske og sosiale funksjonene ga resiliens merverdi sammenliknet med bruk av bærekraft alene. Vi vil særlig trekke frem tre av prinsippene som viser hvordan resiliens tilfører bærekraft noe nytt.

Bevare og styrke biologisk mangfold:
Resiliens tydeliggjør menneskers fundamentale tilhørighet og avhengighet av sunne økosystemer. Innenfor bærekraftig overvannshåndtering fremstår habitatkvaliteter for biologisk mangfold som et heldig biprodukt av overvannsløsninger i dagen, mens resiliens viser hvordan overvannssystemer direkte avhenger av biologisk mangfold for å ivareta den tiltenkte funksjonen over tid. Ved å fremheve denne linken, blir implementering av økologiske hensyn en integrert del av åpen overvannshåndtering.

Forsterke forholdet mellom mennesker og økosystemer:
Bærekraftig overvannshåndtering har mye fokus på de rekreative og estetiske fordelene ved håndtering av vann i dagen. Resiliens tydeliggjør hvordan læring og høsting/nytte er tilsvarende viktige hensyn for å styrke forholdet mellom mennesker og økosystemene som omgir dem. Ved å tilrettelegge for at mennesker i større grad kan utnytte økosystemtjenester som produseres lokalt, reduseres sårbarheten i møte med indirekte effekter av klimaendringene, som forstyrrelser relatert til import og transport.

Tilpasningsforvaltning:
Resiliensteori tydeliggjør behovet for tilpasningsforvaltning for å ivareta systemers resiliens i møte med en uforutsigbar og kaotisk framtid. I Norge legges det i liten grad opp til denne typen forvaltning i landskapsarkitekters arbeid. Et tettere samarbeid mellom prosjekterende landskapsarkitekter og andre faggrupper, samt de som har skjøtselsansvaret etter at anlegget er ferdigstilt legger grunnlaget for å evaluere om intensjonene ved prosjektet er nådd. På denne måten har landskapsarkitekter bedre sjanser til å lære av eget design.

Resiliens viser hvordan planlegging og utforming er en konstant prosess som avhenger av oppdatering i takt med læring, innovasjon og påvirkninger. Både landskapsarkitekters kunnskap, konkretisert i verktøykassa, og de bygde løsningene i anlegg krever oppdatering for å opprettholde resiliens over tid. Denne prosesstenkingen tilbyr en ny måte å forstå bærekraftig utvikling på. I stedet for å tenke på bærekraftige løsninger som et endelig resultat, tydeliggjør resiliens behovet for konstant å jobbe mot nye og oppdaterte løsninger. På denne måten kan vi ivareta sunne økosystemer og de tjenestene de gir oss, i en tid preget av klimaendringer og andre forstyrrelser vi umulig kan forutsi eller vite noe om. Resiliens er dermed nøkkelen til å oppnå en bærekraftig utvikling.

Fig. 7.2. Resiliens gir merverdi sammenliknet med bruk av bærekraft alene. Blant annet tydeliggjør resiliens hvordan økt biologisk mangfold ikke bare er et heldig biprodukt av åpen overvannshåndtering, men en forutsetning for å opprettholde systemets funksjon over tid.

Resiliens – nyttig for landskapsarkitekter?

Tilpasningssirkelen tydeliggjør hvordan resiliens ikke er et endelig resultat, men en konstant prosess (Davoudi, 2012). Her utfordrer vi etablert teori ved å påstå at buene i tilpasningssirkelen kan gjøres slakere ved omlegging til et mer resilient system. Selv om resiliens beskriver fremtiden som fullstendig uforutsigbar og kaotisk, kan klimaframskrivinger gi oss en idé om hvilke utfordringer vi må planlegge for i framtiden. Vi argumenterer derfor for at resiliensprinsippene gjør det mulig å designe fleksible, robuste og tilpasningsdyktige systemer basert på forventede utfordringer, og at vi dermed kan unngå store, fremtidige omveltninger.

Faren ved denne tilnærmingen til resiliens er at vi beveger oss mot en forståelsesmåte som ligger nærmere klima*tilpasning*. Klimatilpasning blir kritisert nettopp for å identifisere forventede forstyrrelser og kun planlegge løsninger for å håndtere disse. Ved å ta utgangspunkt i overvann som konkret tema ignorerer vi til en viss grad kompleksiteten i sosio-økologiske systemer. I møte mellom økologiske og sosiale prosesser kan det oppstå uventede forstyrrelser som påvirker åpne overvannssystemer, men som ikke har med vann eller klimaendringer å gjøre. Dette viser at resiliens først og fremst egner seg til å studere systemer på et mer generelt og overordnet nivå.

Underveis i arbeidet ble vi stadig mer klar over hvordan resiliens ikke avhenger av de fysiske strukturene alene, men også av sosiale, politiske og økonomiske forhold som ligger utenfor landskapsarkitekters ansvarsområde. For å oppnå en helhetlig tilnærming til resiliens, må derfor andre faggrupper, organisasjoner og enkeltmennesker involveres. Medvirkning, samarbeid og kunnskap er viktige ingredienser for å øke byer og tettsteders resiliens i møte med et vidt spekter av påvirkninger og forstyrrelser.

Davoudi (2012) argumenterer for at ukritisk og feil bruk av resiliens kan tynne ut begrepets opprinnelige betydning og slagkraft. På en annen side, vil politikere, landskapsarkitekter og planleggere til enhver tid benytte seg av tilgjengelige begreper, verktøy og strategier for å drive samfunnsutviklingen i en ønsket retning. Så lenge resiliens utnyttes til å utvikle bedre løsninger i møte med klimaendringer og andre type forstyrrelser, tror vi ikke det finnes noen «feil» bruk av begrepet. Leichenko (2010) viser heller til hvordan mangfoldet av tolkninger og fremstillinger fremhever resiliens' fleksibilitet og tilpasningskapasitet som begrep.

Selv om resiliens i utgangspunktet henvender seg til større og mer komplekse systemer, har det vært nyttig for oss å anvende begrepet for åpen overvannshåndtering. Som beskrevet over, gir resiliens merverdi sammenliknet med bruk av bærekraft alene. Gjennom resiliens har vi i denne oppgaven tilført landskapsarkitektfaget et nytt verktøy og tankesett. Videre kan de foreslåtte prinsippene gjøre resiliens mer tilgjengelig som begrep for landskapsarkitekter ved å gi et eksempel på hvordan resiliens kan konkretiseres fra teori til veiledende prinsipper for design. Med et tydelig fokus på tilpasningsforvaltning og fleksibilitet, mener vi også at vi ivaretar grunntanken i resiliens om at fremtiden bringer utfordringer og endringer vi ikke har muligheten til å forutsi eller planlegge for.

I HVILKEN GRAD ER PRINSIPPENE OVERFØRBARE?

I oppgaven har vi jobbet spesifikt med å øke klimaresiliens i møte med mer intens nedbør og oversvømmelser. Andre klimautfordringer vi står ovenfor i Norge inkluderer blant annet havnivåstigning, stormflo, økt grunnvannstand, ras og erosjon. Kan de foreslåtte resiliensprinsippene brukes til å utvikle strategier eller verktøy i møte med disse utfordringene?

I flere andre land finnes gode eksempler der resiliens er brukt på en liknende måte som i denne oppgaven for å håndtere ulike klimautfordringer. Resiliente løsninger brukes blant annet for å dempe effekten av stormer i New York, senke de høye temperaturene i Sydney, motvirke havnivåstigning rundt San Francisco og redusere faren for tsunamier i Filippinene, Vietnam og Indonesia (Coren, 2013; Connolly, 2017; South Bay Salt Pond Restoration Project, uten år; Spalding m.fl., 2014).

Felles for disse prosjektene er at de utnytter økosystemers naturlige egenskaper til å redusere de negative effektene av klimaendringene. Dette gir merverdi sammenliknet med statiske løsninger som for eksempel murer og vegger designet for å holde ute flom. Denne typen rigide installasjoner kan kun håndtere den klimautfordringen de er designet for, og vil ha liten effekt i møte med mer ekstreme hendelser eller andre type utfordringer. Dette så vi f.eks. i Bangkok i 2011, da de tiltenkte flommurene var for lave til å holde vannet ute under monsuntiden (Georama TV Productions, 2015). Statiske løsninger kan også gi en falsk trygghetsfølelse fordi mennesker føler seg beskyttet mot ekstreme hendelser. På denne måten blir de mer sårbare for klimatrusler fordi de ikke vet hvordan de skal reagere i en ekstrem situasjon.

Til sammenlikning vil resiliente løsninger kunne håndtere flere type utfordringer, samtidig som de gir verdi på andre områder. I motsetning til menneskeskapte strukturer, som har en gitt levetid, regenereres et resilient system over tid. Mens avløpsledninger byttes ut etter noen tiår som følge av frostskader, korrosjon og slitasje, har bærekraftige overvannsløsninger basert på resiliensprinsipper en tilnærmet evig levetid. Ved å forsterke forholdet mellom mennesker og økosystemene som omgir dem, øker menneskers forståelse, interesse og respekt for økosystemer og de uunnværlige tjenestene de gir oss. Dette gjør at mennesker i større grad kan utnytte lokale økosystemtjenester, se eksempel fra Java i figur 7.3 og 7.4. Basert på dette tror vi de foreslåtte resiliensprinsippene i stor grad er overførbare til andre type klimautfordringer.

Fig. 7.3. - 7.4. Befolkningen i Java etablerer et beskyttende belte med mangroveskog langs kysten. I tillegg til å dempe effektene både av havnivåstigning, flommer og tsunamier gir mangroveskogen brensel, byggematerialer, leveområder for matfisk, grunnlag for turisme og renere vann (Spalding m.fl., 2014).

Underproblemstilling 2:

Hvordan presenteres prinsippene som en verktøykasse, tilpasset landskapsarkitekters arbeid?

Kunnskapen presentert i teori og referanseprosjekter var grunnlaget for utvikling av verktøykassa. Noen av resiliensprinsippene ble presentert som overordnede hensyn, mens andre fikk plass i den skjematiske fremstillingen. Vi brukte også økosystemtjenester for å synliggjøre hvordan åpne overvannsløsninger forsterker grønnstrukturens flerfunksjonelle rolle.

Tekniske funksjoner

De tekniske prinsippene for økt klimaresiliens presenteres som overordnede hensyn i verktøykassas innledning. Disse ivaretas i stor grad gjennom treleddstrategien og Exfloods tiltaksliste.

Med flere intense nedbørshendelser som skyller med seg sedimenter og forurensningsstoffer, er naturlig rensing av vann et viktig hensyn. Dette er et relativt nytt fokus i Norge, og kunnskap om ulike arters renseegenskaper er derfor hentet fra utenlandsk litteratur. For å finne løsninger tilpasset norske forhold er det nødvendig med forskning og eksperimenter innenfor naturlige rensemetoder. Gjennom tilpasningsforvaltning kan det gjennomføres kontrollerte eksperimenter i åpne overvannsanlegg som gjør at vi kan lære mer om norske plantearters renseevne.

Økologiske funksjoner

Gjennom studiene har det ofte vært vanskelig å finne informasjon om biologisk mangfold og økologi tilpasset landskapsarkitekters arbeid. Dette var også den største utfordringen ved utvikling av verktøykassa. Samtaler med fagpersoner fra Nibio, SABIMA, Statens vegvesen og Green Roof Institute var til stor hjelp her. Fordi prosjekterende landskapsarkitekter som regel forholder seg til strenge frister, blir det satt av lite tid å skaffe informasjon om komplekse økologiske forhold. I arbeidet med verktøykassa har vi forsøkt å presentere kunnskap om naturtyper, arter og landskapsøkologi på en oversiktlig og brukervennlig måte. Konkrete habitatforbedrende tiltak gjør det lettere for landskapsarkitekter å integrere viktige økologiske hensyn i åpne overvannsprosjekter.

Fig. 7.5. Store kolonier med generalistarter kan blant annet gi problemer med avføring og smittefare i byer og tettsteder.

Oppgavens tidsbegrensning og målet om å utvikle et oversiktlig verktøy, krevde at vi gjorde et utvalg av arter og naturtyper. Bruk av paraplyarter gjorde det mulig å trekke fram konkrete habitattiltak for enkeltarter og samtidig ivareta livsbetingelsene for en rekke andre. Vi tror dette var en hensiktsmessig måte å løse økologi-delen i verktøykassa. Over tid kan arter og habitatbeskrivelser byttes ut, fjernes og forbedres gjennom tilpasningsforvaltning.

Det er viktig å understreke at verktøykassa ikke er ment å erstatte et tettere samarbeid mellom landskapsarkitekter og fagpersoner med økologisk kompetanse. Tvert i mot fremhever verktøykassa nødvendigheten av å bringe økologisk ekspertise inn i åpne overvannsprosjekter. Fagpersoner innenfor økologi kan bidra så planlagte habitattiltak implementeres på best mulig måte. Samarbeid med økologer gjennom tilpasningsforvaltning gir også landskapsarkitekter muligheten til å lære av eget design. På denne måten kan landskapsarkitekters økologiske kompetanse forsterkes over tid.

Habitattiltakene i verktøykassa erstatter heller ikke vern av større naturområder utenfor byene. Miljøbelastningene fra trafikk, forurensning og mangel på hvile- og skjulområder gjør at mange arter og naturtyper vil ha problemer med å overleve i urbane områder. En rekke arter kan likevel utnytte grøntområder i byer og tettsteder som habitat og tiltakene i verktøykassa sikrer at det tilrettelegges for dette på god måte. I tillegg kan stiliserte naturtyper som lommevåtmark eller naturlig utseende bekker, gjøre at flere mennesker ser verdien av å bevare urørt natur utenfor byene.

Utfordringer ved valg av arter:
Bevaring av truede arter og naturtyper får ofte mye oppmerksomhet og vi har i stor grad brukt arter fra den norske rødlista som paraplyarter i verktøykassa. Her er det stort potensiale til å gjøre effektive tiltak. Det er derimot tilsvarende viktig å sørge for at nye arter og naturtyper ikke havner på rødlista. Åpne overvannsløsninger gir mange habitatfordeler, og kan derfor bidra med levesteder for både truede og andre arter.

Økologiske sammenhenger er komplekse og umulige å forutsi eller kontrollere. Selv om vi foreslår habitattiltak med utgangspunkt i spesifikke arter, er sannsynligheten stor for at ulike generalister vil etablere seg. Rotter, duer og måker er eksempler på generalister som skaper problemer når de etablerer store bestander i byene. Varierte habitater kombinert med bevisst planlegging for ønskede arter og naturtyper reduserer sannsynligheten for at generalister skal ta overhånd. Andre arter, som mygg, igler og snegler utgjør en viktig del av økosystemer i vann, men kan oppfattes som uønskede i urbane miljøer der mennesker oppholder seg. Ikke all natur er vakker eller direkte til nytte for mennesker. Informasjonsplakater kan beskrive disse artenes betydning for opprettholdelsen av økosystemer og økosystemtjenester, og gi mennesker økt forståelse for naturens verdi, kompleksitet og sammenhenger.

De utvalgte paraplyartene finnes stort sett i hele landet, og habitattiltakene i verktøykassa er derfor overførbare til prosjektområder over hele Norge. Bevaring av stedegne naturtyper og arter er likevel det viktigste hensynet med tanke på økologi, og de lokale forholdene må alltid vurderes. Habitattiltak foreslått i verktøykassa er ment å supplere, ikke erstatte spesifikke tiltak for lokalt tilhørende arter.

Sosiale funksjoner

Landskapsarkitekter har mye kunnskap om estetikk, rekreasjonsverdi og opplevelser. Dette har vært viktige hensyn siden landskapsarkitekturens utspring i hagekunsten (Jørgensen & Stabel, 2010). Innenfor estetikk/opplevelsesverdi og rekreasjon opplever vi derfor at verktøykassa i mindre grad tilfører norske landskapsarkitekter ny kunnskap. Informasjon om disse temaene fant vi stort sett i relevante prosjekteksempler og litteratur tilpasset designere og landskapsarkitekter. Som beskrevet tidligere i diskusjonen, tydeliggjør verktøykassa likevel behovet for å i større grad inkludere hensyn til læring og høsting/nytte i prosjekter.

Økosystemtjenester

I verktøykassa bruker vi økosystemtjenester for å fremheve verdiene åpne overvannsløsninger gir sammenliknet med avledning i rør. Disse oppsummeres i tabellen for hvert overvannstiltak. Byer og tettsteder som har flere økosystemtjenester tilgjengelig lokalt er mer klimaresiliente enn byer avhengig av tjenester som belaster økosystemer andre steder.

Tilsammen dekker de 12 overvannstiltakene behovet for økosystemtjenester innenfor hver av kategoriene forsynende, regulerende, kulturelle og støttende tjenester.

- Dyrking på grønne tak og vegger, oppsamling av regnvann og muligheter for birøkt og fiske utgjør forsynende tjenester. Dette er viktig for å øke resiliens i møte med indirekte klimautfordringer.

- Våtmark, rensedam, tørre fordrøyningsmagasiner og grønne tak har spesielt mange regulerende tjenester knyttet til seg, inkludert pollinering, forbedring av luftkvalitet, rensing av vann, lokal klimaregulering og støyreduksjon. I tillegg bidrar alle tiltakene med flomdemping som er en regulerende tjeneste. Dette øker resiliens i møte med mer ekstreme temperaturer, nedbørshendelser og forurensningsstoffer.

- Tørre og våte fordrøyningsmagasiner, elver, bekker og kanaler, rensedammer og våtmark har særlig mange kulturelle tjenester knyttet til seg, inkludert rekreasjon, læring, estetikk og historisk verdi. Dette reduserer menneskers sårbarhet i møte med ekstreme hendelser fordi de kjenner økosystemene de er en del av og er klar over hvilke klimatrusler som kan forventes.

- Nesten alle overvannstiltakene bidrar med støttende tjenester som bevaring og styrking av biologisk mangfold samt opptak og lagring av karbon. De støttende tjenestene er grunnlaget for de andre gruppene av økosystemtjenestene som mennesker utnytter.

Verktøykassa tydeliggjør hvordan åpen overvannshåndtering gir et mangfold av økosystemtjenester som er viktige for å øke resiliens. I tillegg til tiltakenes flomdempende effekt, ivaretas andre tjenester som er viktige for menneskers liv og helse. Til sammenlikning er det ingen økosystemtjenester assosiert med avledning av vann i rør. Bruk av økosystemtjenester i verktøykassa var nyttig for å tydeliggjøre fordelene med åpen overvannshåndtering, og viser samtidig hvordan resiliens tilfører bærekraftig overvannshåndtering flere økosystemtjenester. Dette gir også muligheten til å jobbe for å øke tilgangen til spesifikke tjenester som er viktige for resiliens.

Flere nasjonale og internasjonale prosjekter har de siste årene sett på muligheten for å implementere økosystemtjenester som et verktøy i planlegging og politikk. Eksempler inkluderer det norske OpenNESS, MalmøEcoSystemTjenester (MEST) og Biodiversity Information System for Europe (BISE). Vi tror økosystemtjenester kan bli et viktig, pedagogisk redskap som fremhever den flerfunksjonelle grønnstrukturens mange verdier og funksjoner. Faren er likevel at økonomiske aspekter får for stort fokus og at ulike tiltak veies opp mot hverandre basert på økonomisk gevinst. I møte med nye og ukjente utfordringer er det mangfoldet av økosystemtjenester som sikrer høy resiliens.

Underproblemstilling 3:

Hvordan anvendes verktøykassa i et prosjekteksempel?

I prosjekteringsdelen implementerte vi tiltak fra verktøykassa i utformingen av et boligområde og bydelspark på Økern torg. På denne måten fikk vi testet verktøykassas anvendelighet for prosjekterende landskapsarkitekter.

Verktøykassa inneholder lite informasjon om konkret utforming. I likhet med ethvert prosjekteringsoppdrag, er utformingen av prosjektområdet basert på analyser av stedskvaliteter og overordnede strukturer. Faktorer som terrengforhold, adkomst for brann og søppelbil, samt lokalisering av de foreslåtte byggene og barnehagene har i stor grad vært førende for utformingen.

Fra starten av prosjekteringen identifiserte vi mulige fordrøyningsområder. Dette er det mest arealkrevende overvannstiltaket, og må derfor planlegges tidlig. Utover dette opplevde vi at overvannstiltakene fra verktøykassa var lette å implementere. Grønne tak og vegger samt permeable flater tar ikke ekstra plass sammenliknet med tradisjonelle løsninger. Regnbed, renner og grøfter bidro til å gi prosjektet identitet og særpreg. Også disse tiltakene var lette å implementere. Til sammen brukte vi alle de 12 tiltakene fra verktøykassa.

Den utfyllende informasjonen for hvert tiltak gjorde det mulig å ta kunnskapsbaserte valg. Eksempelvis implementerte vi habitattiltak for storsalamander og fugl i dammene, planla stier og oppholdsplasser i nærheten av vannelementene og brukte strupte utløp til å holde tilbake vann i fordrøyningsmagasinene. På dette plannivået var verktøykassa svært nyttig. Vi opplever at utformingen ivaretar viktige resilienshensyn, og gir merverdi sammenliknet med prosjekter planlagt med treleddstrategien alene. Flere av tiltakene er lite plasskrevende, og kan dermed implementeres både i nye utbyggingsprosjekter og eksisterende områder.

I mer detaljerte prosjekteringer, inneholder ikke verktøykassa nok informasjon til å kunne brukes alene. Beskrivelsen av hensyn innenfor anleggelse, vedlikehold og sikkerhet fremhever noen viktige aspekter, men verktøykassa utgjør ikke en fullstendig teknisk guide. I stedet kan den brukes som idébank og kunnskapsdokument i en tidlig prosjekteringsfase, mens tverrfaglig samarbeid med ingeniører og økologer er essensielt for å gjennomføre tiltakene på en god måte. Verktøykassa synliggjør også mangfoldet av overvannsløsninger og variasjonsbredden innenfor hvert tiltak. Dette kan være med å overbevise politikere, utbyggere, planleggere og landskapsarkitekter om mulighetene og fordelene ved bærekraftig overvannshåndtering.

Verktøykassa er ikke et ferdig resultat, men representerer begynnelsen på et kunnskapsdokument som burde utvides og videreutvikles gjennom tilpasningsforvaltning. Etter hvert som man lærer av etablerte overvannsanlegg, kan nye hensyn implementeres og løsninger som ikke fungerte kan fjernes eller beskrives annerledes.

Ved å teste verktøykassa i et konkret prosjektområde har vi sett nytten og verdien av produktet vi har laget, men også verktøykassas begrensninger. Vi mener vi har bidratt med viktig kunnskap som over tid kan gjøre norske byer og tettsteder mer klimaresiliente. De viktigste funnene er betydningen av sunne økosystemer som mennesker har kunnskap om og lærer av, verdsetter og utnytter og hvordan tilpasningsforvaltning ivaretar systemers resiliens over tid.

Forslag til nye studier

Nedenfor er forslag til studier som kan gjennomføres for å følge opp arbeidet med denne masteren:

- I hvilken grad er prinsippene overførbare til andre klimautfordringer? Ved å ta utgangspunkt i en annen klimatrussel, som havnivåstigning eller større temperaturforskjeller, kan man se på resiliensprinsippenes overførbarhet.

- Kan verktøykassa brukes i mer detaljerte prosjekter eller i overordnet planlegging? Ved å bruke tiltakene fra verktøykassa i prosjekter med en annen detaljeringsgrad, kan man synliggjøre hvilke tiltak som krever mer utfyllende informasjon. Dette bidrar til oppdatering av verktøykassa over tid, jamfør prinsippet om tilpasningsforvaltning.

Takk for samarbeidet!

LITTERATURLISTE

Alfsen, K. H., Hessen, D. O. & Jansen, E. (2013). *Klimaendringer i Norge – forskernes forklaringer*. Oslo: Universitetsforlaget.

Asplan Viak. (2016). *Overvann som ressurs*. Trondheim: Asplan Viak.

Baumann, N. (2006). Ground-Nesting Birds on Green Roofs in Switzerland: Preliminary Observations. *Urban Habitats, Vol. 4*(1), s. 37-50. URL: http://www.urbanhabitats.org/v04n01/birds_full.html (lest 27.02.17).

Beatley, T. (2009). Biophilic Urbanism: Inviting Nature Back to Our Communities and Into Our Lives. *William & Mary Environmental Law and Policy Review, Vol. 34*(1), s. 209-238. URL: http://scholarship.law.wm.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1005&context=wmelpr (lest 06.03.17).

Bengtson, R. (2013). Humler – trivelige og nyttige bier. Oslo: FAGUS URL: Humler – trivelige og nyttige bier (lest 03.03.17).

Berner, E. jr. (2012, 09.03). Evapotranspirasjon. URL: https://snl.no/evapotranspirasjon (lest 10.01.17).

Environmental Services Division, Maryland. (2007). *Bioretention Manual.* The Prince George's County, Maryland: Department of Environmental Resources. URL: http://www.ct.gov/deep/lib/deep/p2/raingardens/bioretention_manual_2009_version.pdf (lest 22.02.17).

Bjerkholt J. & Lindholm O. (2010). Hva blir konsekvensene av klimaendringene for dagens avløpssystem?. *Vann, Vol. 2, s. 265-277.* URL: http://vannforeningen.no/wp-content/uploads/2015/06/2010_801660.pdf (lest 10.01.17).

Blakstad, S. (2014, 10.10). Verdensmester i miljø – på taket. *Hage.no*. URL: http://www.bygg.no/hage/article/1211512 (lest 27.02.17).

de Boer, J. (2012, 08.11). Top 5 Of The Greatest Urban Rooftop Farms. *Pop-Up City.* URL: http://popupcity.net/top-5-of-the-greatest-urban-rooftop-farms/ (lest 03.03.17).

Braskerud, B. C. & Paus, K. H. (2013). *Regnbed. Faktaark.* Ås: UMB, NVE, Bioforsk, NTNU. URL: http://www.bioforsk.no/ikbViewer/Content/103300/Regnbed_mai13.pdf (lest 16.02.17).

Braskerud, B. C., Paus, K. H. & Ekle, A. (2013). *Anlegging av regnbed, en bildekavalkade over 4 anlagte regnbed.* Oslo: NVE. URL: https://www.nve.no/om-nve/publikasjoner-og-bibliotek/publikasjoner (lest 30.03.17).

Braskerud, B. C. & Skallebakke, O. P. (2013). *Frakobling av takrenner fra kommunalt nett. Faktaark.* Ås: UMB, Bioforsk & NVE. URL: http://www.bioforsk.no/ikbViewer/Content/107637/Taknedl%C3%B8p.pdf (lest 16.02.17).

Braskerud, B. C. & Ødegård, I. M. (2014). *Grønne vegetasjonsdekkede tak for flomdemping. Faktaark.* Ås: NMBU, NVE & Bioforsk. URL: http://www.bioforsk.no/ikbViewer/Content/108236/Gr%C3%B8nneTak.pdf (lest 25.02.17).

Brenneisen, S. (2006). Space for Urban Wildlife: Designing Green Roofs as Habitats in Switzerland. *Urban Habitats, Vol. 4*(1), s. 27-36. URL: http://www.urbanhabitats.org/v04n01/wildlife_full.html (lest 27.02.17).

Bright Agrotech. (2017, uten dato). ZipGrow Farm Wall. URL: https://shop.brightagrotech.com/farm-walls/ (lest 27.03.17).

Bryhni, I. (2015, 27.03) Antropocen. URL: https://snl.no/antropocen (lest 24.01.17).

Busterud, H. E. (2016, 02.05). 90 prosent flere gjester har sjekket inn på salamanderhotell. *Vegnett.* URL: http://vegnett.no/2016/05/90-prosent-flere-gjester-har-sjekket-inn-pa-salamanderhotell/ (lest 21.03.17).

ByBi. (Uten år). ByBi birøkterlag. URL: http://bybi.no/index.php (lest 03.03.17).

Bymiljøetaten. (2013). *Klimatilpasningsstrategi for Oslo kommune.* Oslo kommune, Bymiljøetaten. URL: https://www.oslo.kommune.no/getfile.php/13108654/Innhold/Politikk%20og%20administrasjon/Milj%C3%B8%20og%20klima/Styrende%20dokumenter/Klimatilpasningsstrategi%20for%20Oslo%20kommune.PDF (lest 17.02.17).

Carpenter, S., Walker, B., Anderies, J. M. & Abel, N. (2001). From Metaphor to Measurement: Resilience of What to What? *Ecosystems, Vol. 4*(8), s. 765-781. URL: https://link.springer.com/article/10.1007/s10021-001-0045-9 (lest 25.01.17).

Chiquet, C., Dover, J. W. & Mitchell, P. (2013). Birds and the urban environment: the value of green walls. *Urban Ecosystems, Vol. 16*(3), s. 453-462. URL: https://link.springer.com/article/10.1007/s11252-012-0277-9 (lest 05.03.17).

City of Portland, Environmental Services. (2004). *Stormwater Solutions Handbook.* URL: http://nacto.org/wp-content/uploads/2012/06/City-of-Portland-Bureau-of-Environmental-Services.-2004.Stormwater-Solutions-Handbook..pdf (lest 08.02.17).

City of Portland, Environmental Services. (2017). Green Streets. URL: https://www.portlandoregon.gov/bes/45386 (lest 08.02.17).

City of Portland. (2016). *Stormwater Management Manual.* URL: https://www.portlandoregon.gov/bes/64040 (lest 08.02.17).

Clark. W. R. (2010). Principles of Landscape Ecology. URL: http://www.nature.com/scitable/knowledge/library/principles-of-landscape-ecology-13260702 (lest 20.02.17).

Connoly, J. (2017, 12.01). 10 Cities That Are Reinventing Their Relationship With Nature. URL: https://landarchs.com/10-cities-that-are-reinventing-the-relationship-with-nature/ (lest 31.01.17).

Coren, M. J. (2013, 11.09) Can The Lovely Oyster Protect New York City From Floods? URL: https://www.fastcompany.com/3017128/can-the-lowly-oyster-protect-new-york-city-from-floods?show_rev_content (lest 01.02.17).

Cristensen, A. (2010, 02.06) Nytt liv i gammel eik. *Forskning.no* URL: http://forskning.no/kulturlandskap-naturressursforvaltning-skog/2010/05/nytt-liv-i-gammel-eik (lest 20.04.17).

Dahlum, S. (2015, 12.05). Strukturert intervju. URL: https://snl.no/strukturert_intervju (lest 21.01.17).

Dalman, E., Nordh, B. & Eriksson, S. (2001). Bo01 Framtidsstaden, Mässkatalog. Borlänge: Color Print.

Danielsen, D. I. (2015, 02.05) Slik lager du din egen blomstereng. *Forskning.no.* URL: http://forskning.no/botanikk-planteverden-hus-og-hjem/2015/04/lag-din-egen-urterike-blomstereng (lest 02.03.17).

Davoudi, S. (2012). Resilience: A Bridging Concept or a Dead End? *Planning Theory & Practice, Vol. 13*(2), s. 299-307.

Dervo, B. K. (Uten år). Storsalamander. Salamanderhotell. URL: http://www.nina.no/Salamanderhotell (lest 01.04.17).

Echols, S. & Pennypacker, E. (2015) *Artful Rainwater Design. Creative Ways to Manage Stormwater.* Washington: Island Press.

Eikaas & Roussel . (2013). *Biodiversitet implementert i landskapsarkitektur – et prosjekteksempel fra Asker sentrum.* (Mastergradsavhandling, Universitetet for miljø og biovitenskap), Institutt for landskapsplanlegging: Ås.

Endresen, S. (2008). Norsk Vann Rapport 162/2008 vedlegg 1.

Ernstson, H., van der Leeuw, S. E., Redman, C. L., Meffert, D. J., Davis, G., Alfsen, C. & Elmqvist, T. (2010) Urban Transitions: On Urban Resilience and Human-Dominated Ecosystems. *AMBIO, Vol. 39*(8), s. 531-545. URL: https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs13280-010-0081-9 (lest 24.01.17).

ExFlood (2014, 10.01) ExFlood - Extreme weather in small catchments: new method for flood protection. URL: http://www.bioforsk.no/ikbViewer/page/prosjekt/tema?p_dimension_id=22783&p_menu_id=22793&p_sub_id=22784&p_dim2=22785 (lest 11.01.17).

Folke, C., Carpenter, S. R., Walker, B., Scheffer, M., Chapin, T. & Rockström, J. (2010). Resilience Thinking: Integrating Resilience, Adaptability and Transformability. *Ecology and Society, Vol. 15*(4). URL: http://www.ecologyandsociety.org/vol15/iss4/art20/ (lest 24.01.17).

Gangstøe, T. (2016, 09.09). Fugletaket på Nyborg. *Åsane Tidene.* URL: http://aasanetidende.no/nyheter/2016/09/02/fugletaket-paa-nyborg/ (lest 02.0317).

Georama TV Productions. (2015). *Storbyer under vann. [dokumentar].* URL: https://tv.nrk.no/serie/storbyer-under-vann/KOID60001014/sesong-1/episode-1 (02.02.17).

Gjøse, K. (2013). *Hvordan øke urban resiliens?.* (Mastergradsavhandling, Universitetet for miljø og biovitenskap), Institutt for landskapsplanlegging: Ås.

Green Living Technologies International. (2016, uten dato). Vertical Green Living Farms. URL: http://www.agreenroof.com/vertical-urban-farms/ (lest 06.03.17).

Hanssen, K. H., Hess, T. & Hjeljord, O. (1996). Svalene – forsvinner de? *FAGnytt Naturforvaltning, Vol. 3*(6), s. 1-4. URL: http://www.umb.no/statisk/ina/publikasjoner/fagnytt/fn9606.pdf (lest 05.03.17).

Henriksen, S. & Hilmo, O. (2015). Resultater. Norsk rødliste for arter 2015. Artsdatabanken URL: http://data.beta.artsdatabanken.no/Rodliste/Resultater (lest 25.01.17).

Hjerpaasen, M. (2014). *Vertikal beplantning/grønne vegger – en kunnskapsbank for videre utvikling i Norge.* (Mastergradsavhandling, Universitetet for miljø og biovitenskap), Institutt for landskapsplanlegging: Ås.

Holling, C. S. (1973). Resilience and Stability of Ecological Systems. *Annual Review of Ecological Systematics, Vol. 4,* s. 1-23. URL: http://www.jstor.org/stable/pdf/2096802.pdf (lest 22.01.17).

Holling, C. S. (2001). Understanding the Complexity of Economic, Ecological, and Social Systems. *Ecosystems, Vol. 4*(5), s. 390-405. URL: https://link.springer.com/article/10.1007/s10021-001-0101-5 (lest 22.01.17).

Hydrotech. (2012). *Green Roofs: A Sustainable Strategy.* Chicago: Hydrotech.

Høgskulen i Sogn og Fjordane. (2013.) Etablering og skjøtsel av slåttemark på museum. URL: http://kulturlandskapsnettverk.museum.no/sites/kulturlandskap.museum.no/files/vedlegg/%5Buid%5D/slattemarksforedrag-sammendrag_endeleg_0.pdf (lest 31.03.17).

International Institute for Sustainable Development (Uten år) Sustainable Developlemt. URL: http://www.iisd.org/topic/sustainable-development (lest 21.01.17).

IPCC. (2014). Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Patchauri R. K, Meyer L. A (eds.)]. Genève: IPCC. URL: https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/ (lest 11.01.17).

Jakobsen, S. E. (2016, 04.06). Villbiene taper kampen om blomstene. *Forskning.no.* URL: http://forskning.no/2016/05/bienes-konkurranse-om-blomstene-er-knallhard (lest 03.03.17).

Jørgensen, K. & Stabell, V. (2010). *Ny norsk landskapsarkitektur.* Oslo: Gyldendal Norsk Forlag.

Karlsen, L. R. (2012, 23.02). Restaurering av gytebekker for sjøørret. URL: http://www.fagrad.com/wp-content/uploads/2012/03/Bekkhus-2012-restaurering.pdf (lest 24.03.17).

Kennen, K. & Kirkwood, N. (2015). *Phyto: Principles and Resources for Site Remediation and Landscape Design.* New York: Routledge.

Klima- og miljødepartementet. (2015). *Historier om vann, elver og våtmarker.* Klima- og miljødepartementet.

Knudsen, O. (2017, 09.01). 2016 ga nye værrekorder i Asker og Bærum. *Budstikka.* URL: https://www.budstikka.no/var-og-klima/var/flom/2016-ga-nye-varrekorder-i-asker-og-barum/s/5-55-422301 (lest 09.01.17).

Landscape Architecture Network. (2015, 05.05). Tanner Springs Park, an Oasis in the Middle of the City. URL: https://landarchs.com/tanner-springs-park-an-oasis-in-the-middle-of-the-city/ (lest 08.02.17).

Lechenko, R. (2011). Climate change and urban resilience. *Current Opinion in Environmental Sustainability, Vol. 3*(3), s. 164-168. URL: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877343510001533 (lest 28.01.17).

LeLand, T. (2013) *Gresskledde vannveier kan håndtere store vannmengder: Faktaark.* Trondheim: NTNU, UMB, Bioforsk, NVE. URL: http://www.bioforsk.no/ikbViewer/Content/103925/Gresskledde_vannveier_2013.pdf (lest 20.03.17).

Lifjeld, J. T. (1994, uten dato). Svarthvit fluesnapper, Ficedula hypoleuca. URL: http://www.birdlife.no/fuglekunnskap/fugleatlas/?taxon_id=9625 (lest 20.03.17).

Lindhjem, H. & Sørheim, M. D. (2012). Urbane økosystemtjenester i Norge: Status, utvikling, verdi og kunnskapshull. Rapport 2012/37. Miljøverndepartementet.

Lindholm, O., Endresen, S., Thorolfsson, S., Sægrov, S., Jakobsen, G. & Aaby, L. (2008). *Veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering.* Hamar: Norsk Vann.

McKinney,L. (2002). Urbanization, biodiversity and conservation. *Bio Science. Vol 52*(10), s. 883-890. URL: https://academic.oup.com/bioscience/article/52/10/883/354714/Urbanization-Biodiversity-and-ConservationThe#37949451 (lest 16.01.17).

Melbø, O. & Steffensen, J. (2004). Åpne overvannsløsninger, Erfaringer og anbefalinger. Statsbygg.

Metro News. (2014, 22.09). Portland Expo Center debuts unique living stormwater green wall. URL: http://www.oregonmetro.gov/news/portland-expo-center-debuts-unique-living-stormwater-green-wall (lest 03.03.17).

Meyer, E. K. (2008) Sustaining Beauty. The performance of appearance. *Journal of Landscape Architecture, JoLA Vol. 3*(1), s. 6-23. URL: http://lulu101.typepad.com/files/sustaining-beauty.pdf (lest 03.02.17).

Michaelsen, T. C. & van der Kooij, J. (2013). Manual for opphenging av flaggermuskasser ved hus (V. 1.0). Oslo: Norsk Zoologisk Forening.

Miljødirektoratet. (2016). Slå et slag for slåttemarka! [brosjyre]. Miljødirektoratet.

Miljølære (Uten år, a). Dyr og fugler i byer og tettsteder. URL: https://www.miljolare.no/tema/planterogdyr/artikler/dyreliv_i_by.php (lest 17.02.17).

Miljølære (Uten år, b). Byens planteliv. URL: https://www.miljolare.no/tema/planterogdyr/artikler/planteliv_i_by.php (lest 17.02.17).

Miljølære (Uten år, c) Elvar og bekker – livsnervane i naturen. URL: https://www.miljolare.no/tema/vannressurser/artikler/elvar_bekker.php (lest 24.03.17).

Millennium Ecosystem Assessment. (2005). Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis. URL: http://www.millenniumassessment.org/documents/document.354.aspx.pdf (lest 03.02.17).

Neje, J. (2016, Uten dato). Solar Roofs With Gardens Might Become Part Of NYC School Curriculum. URL: http://www.boredpanda.com/green-roof-solar-school-nyc/ (lest 02.03.17).

Norsk Naturarv. (Uten år). Konvensjonen om biologisk mangfold (Riokonvensjonen). URL: http://www.naturarv.no/konvensjonen-om-biologisk-mangfold-riokonvensjonen.293910-35348.html (lest 14.01.17).

Norsk Zoologisk Forening. (Uten år). Flaggermus. URL: http://www.zoologi.no/flaggermus/ (lest 06.03.17).

NOU 2013: 10 (2013). *Naturens goder – om verdier av økosystemtjenester:* URL: https://www.regjeringen.no/contentassets/c7ffd2c437bf4dcb9880ceeb8b03b3d5/no/pdfs/nou201320130010000dddpdfs.pdf (lest 15.01.17).

NOU 2015: 16. (2015). *Overvann i byer og tettsteder. Som problem og ressurs.* URL: https://www.regjeringen.no/contentassets/e6db8ef3623e4b41bcb81fb23393092b/no/pdfs/nou201520150016000dddpdfs.pdf (lest 11.01.17).

Oslo kommune. (2011). *Byøkologisk program 2011 – 2016.* Oslo kommune.

Oslo kommune. (2015). *Oslo mot 2030 – Smart, trygg og grønn.* Oslo kommune.

Oudolf, P. & Kingsbury, N. (2013). *Planting. A New Perspective.* Portland: Timber Press.

Plan- og bygningsetaten. (2010). *Grøntplan for Oslo. Kommunedelplan for den blågrønne strukturen i Oslos byggesone.* Oslo: Oslo kommune.

Plan- og bygningsetaten. (2014) *Løren og Økern. Veiledende plan for det offentlige rom.* Oslo kommune.

Plan- og bygningsetaten. (2016). *Strategisk plan for Hovinbyen.* Oslo kommune.

Porter, L., & Davoudi, S. (2012). The Politics of Resilience for Planning: A Cautionary Note. *Planning Theory & Practice, Vol. 13*(2), s. 329-333.

Programme on Ecosystem Change and Society. (2013, 05.02). Vision and mission. URL: http://www.pecs-science.org/aboutus/visionandmission.4.1a508a66139b5dba5cb5ec8.html (lest 23.01.17).

RegClim. (2002). Mer variabelt vær om 50 år. Mer viten om usikkerheter. URL: http://regclim.met.no/presse/presse2002/RegClim8.pdf (lest 11.01.17).

Resilience Alliance (Uten år, a). Social-ecological Systems. URL: http://www.resalliance.org/concepts-social-ecological-systems (lest 26.01.17).

Resilience Alliance (Uten år, b). Adaptive Management. URL: http://www.resalliance.org/adaptive-mgmt (lest 30.01.17).

Rottle, N. & Yocom, K. (2010). *Ecological Design.* Lausanne, Sveits: AVA Publishing SA.

SABIMA (Uten år, a). Naturmangfold. URL: https://www.sabima.no/hva-er-naturmangfold/ (lest 15.01.17).

SABIMA (Uten år, b) Humler og bier. URL: https://www.sabima.no/trua-natur/humler-og-bier/ (lest 12.02.17).

SABIMA (Uten år, c) Myr. URL: https://www.sabima.no/trua-natur/myr/ (lest 20.02.17).

SICIREC. (2009). Ecological corridors and biodiversity. URL: http://www.sicirec.org/definitions/corridors (lest 20.02.17).

Sollund, R. (2016) *Eco-global Crimes: contemporary Problems and Future Challenges.* Oxford: Routledge.

South Bay Salt Pond Restoration Project. (Uten år). Climate Change & Sea Level Rise. URL: http://www.southbayrestoration.org/climate/ (lest 15.01.17).

Spalding, M., McIvor, A., Tonneijck, F. H., Tol, S. & van Eijk, P. (2014) Mangroves for costal defence. Guidelines for costal managers & policy makers. URL: https://www.nature.org/media/oceansandcoasts/mangroves-for-coastal-defence.pdf (lest 02.02.17).

Stahre, P. (2008). *Blue-green fingerprints in the city of Malmö, Sweden.* Malmö: VA SYD.

Statistisk Sentralbyrå. (2013). Tabell 26: Nedbør i *Statistisk årbok 2013.* URL: http://www.ssb.no/a/aarbok/tab/tab-026.html (lest 08.02.17).

Statistisk Sentralbyrå. (2016). Befolkning og areal i tettsteder, 1. januar 2016. URL: https://www.ssb.no/befolkning/statistikker/beftett/aar/2016-12-06#content (lest 10.01.17).

Stephenson, J. & Mayhew, S. (2010). Population dynamics and climate change: What are the links?. *Journal of Public Health, Vol. 32*(2), s. 150-156.

Søyland, A. H. (2014). Aktuelle bie-venlege blomar for Vestlandet. URL: http://www.soylands-bigard.no/aktuelt-i-bigarden-1/beste-bieplanter-for-direkte-saing-eller-stauder/view (lest 31.03.17).

SWECO. (2012). Utredning Vigga. Vurdering flomforebygging og biotopplan: SWECO.

Tallamy, D. W. (2016*). Bringing Nature Home: How You Can Sustain Wildlife with Native Plants*. Portland: Timber Press.

Thorén, K. H. & Saglie, I. (2015). Hvordan ivaretas hensynet til grønnstruktur og naturmangfold i den kompakte byen?. I Hanssen, G. S., Hofstad, H. & Saglie, I (Red.) *Kompakt byutvikling. Muligheter og utfordringer* (s. 117-133) Oslo: Universitetsforlaget.

Thorén, K. H. & Nyhuus, S. (1994). Planlegging av grønnstruktur i byer og tettsteder. DN - håndbok 6. Direktoratet for naturforvaltning.

Threlfall, C. G., Williams, N. S. G., Hahs, A. K. & Livesley, S. J. (2016). Approaches to urban vegetation management and the impacts on urban bird and bat assemblages. *Landscape and Urban Planning, Vol. 153*, s. 28 – 39. URL: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169204616300500 (lest 21.03.17).

Tompkins, E. L. & Adger, W. N. (2004). Does Adaptive Management of Natural Resources Enhance Resilience to Climate Change? *Ecology and Society, Vol. 9*(2). URL: http://www.ecologyandsociety.org/vol9/iss2/art10/ (lest 30.01.17).

Trondheim kommune. (2012). VA-Norm. Beregning av overvannsmengde. Dimensjonering av ledning og fordrøyningsvolum. Vedlegg 5. Trondheim kommune.

Tyler, S. & Moench, M. (2012). A framework for urban climate resilience. *Climate and Development, Vol. 4*(4), s. 311 – 326. URL: http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/17565529.2012.745389 (lest 27.01.17).

Tønnessen, I. F. (2010). "To historiske elvebyer" – Hovinbekken og Alna. *St. Hallvard, Vol. 88*(2), s. 30-43. URL: http://www.osloelveforum.no/htdocs/joomla15/attachments/082_Elver-hoal.pdf (lest 17.02.17).

United Nations. (1987). Report of the World Commission on Evnironmental and Developement. General Assembly Resolution 42/187, 1987. URL: http://www.un.org/documents/ga/res/42/ares42-187.htm (lest 21.01.17).

Urban Greening. (2013). UK Guide to Green Walls. An introductory guide to designing and constructing green walls in the UK. GWG v1.0. URL: https://media.wix.com/ugd/c0a820_877fc4a9e779472c53296c58fdfb8d20.pdf (lest 15.01.17).

Vedum, T. V., Hofstad, H., Åstrøm, S, Ødegaard, R., Dolmen, D., Sørensen, S., Vold, K. F. & Bryhn, K. Ø. (2004). Dammer i kulturlandskapet - til glede og nytte for alle. Gjøvik: Gjøvik Trykkeri A/S.

Vann- og avløpsetaten. (2015). *Overvannshåndtering. En veileder for utbygger.* Oslo kommune.

Walker, B., Holling, C. S., Carpenter, S. R. & Kinzig, A. (2004). Resilience, Adaptability and Transformability in Social-ecological Systems. *Ecology and Society 9*(2), s. 5. URL: https://www.ecologyandsociety.org/vol9/iss2/art5/ (lest 16.01.17).

Walker, B. & Salt, D. (2012). *Resilience Thinking: Sustaining Ecosystems and People in a Changing World.* Washington: Island Press.

Wilkinson, C. (2011). Social-ecological resilience: Insights and issues for planning theory. *Planning Theory, Vol. 11*(2), s.148-169. URL: http://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/1473095211426274 (lest 24.01.17).

WWF (2016). Living Planet Report 2016. Risk and resilience in a new era. URL: http://awsassets.panda.org/downloads/lpr_living_planet_report_2016.pdf (lest 11.01.17).

FIGURLISTE

Figurer, kart og visualiseringer i som ikke er referert til i figurlisten er egenprodusert materiale. Dette gjelder hovedsakelig kart og visualiseringer i prosjekteringsdelen av oppgaven.

Figur 1.1: Flom i by. Hentet fra: http://www.dagsavisen.no/polopoly_fs/1.390993.1441260464!/image/image.jpg_gen/derivatives/169_980/image.jpg

Figur 1.2: Flom i undergang, Asker/Bærum. Hentet fra: https://g.api.no/obscura/API/dynamic/r1/ece5/tr_1080_720_1_f/0000/aske/2017/1/8/21/1483907020207.jpg?chk=14FC9D

Figur 1.3: Flom i boligområde, Asker/Bærum. Hentet fra: http://www.dagsavisen.no/polopoly_fs/1.762563.1470485924!/image/image.jpg_gen/derivatives/169_980/image.jpg

Figur 1.4: Barcode. Hentet fra: http://3.bp.blogspot.com/-beEEVldvtHk/VHuX8YvR2jI/AAAAAAAAOaw/q4bw--62EGk/s1600/barcode.jpg

Figur 1.5: Trusler for biologisk mangfold. Egenprodusert, basert på WWF, 2016, s. 21.

Figur 2.1: Borgang på Brønnøya. Egenprodusert

Figur 3.1: Bøker. Egenprodusert.

Figur 3.2: Åpen overvannshåndtering. Egenprodusert, gjengitt etter Stahre, 2008, s. 9.

Figur 3.3: Treleddstrategien. Egenprodusert, basert på Lindholm m.fl., 2008, s. 8.

Figur 3.4: Bærekraftig overvannshåndtering. Egenprodusert, basert på modell for bærekraftig utvikling.

Figur 3.5: Urskog. Hentet fra: https://c1.staticflickr.com/7/6212/6299606406_31c9c95a64_b.jpg

Figur 3.6: Tilpasningssirkelen. Egenprodusert, gjengitt etter Holling, 2001, s. 394.

Figur 3.7 Panarchy. Egenprodusert, gjengitt etter Holling, 2001, s. 398.

Fig. 3.8. Urban dyrking. Hentet fra: http://ap.mnocdn.no/images/ffbe3dfa-52a6-4484-ac73-14c0b221c824?fit=crop&h=810&q=80&w=1440

Figur 3.9: Tilpasningssirkelen videreutviklet. Egenprodusert.

Figur 3.10: Resiliens og bærekraft sett i sammenheng. Egenprodusert.

Figur 3.11: Diagram over økosytemtjenester. Hentet fra: https://freshwaterwatch.thewaterhub.org/content/ecosystem-services

Figur 3.12: Forsynende tjenester
Hentet fra: https://aos.iacpublishinglabs.com/question/aq/1400px-788px/fish-eat_5e9dfa049495e215.jpg?domain=cx.aos.ask.com

Figur 3.13: Regulerende tjenester. Hentet fra: http://forskning.no/sites/forskning.no/files/styles/full_width/public/239034_Honeybee_landing_on_milkthistle02_ORIG_None.jpg?itok=6B9A1Gez

Figur 3.14: Kulturelle tjenester. Hentet fra: http://forskning.no/sites/forskning.no/files/styles/full_width/public/396540_Sentralparken35_None.jpg?itok=LtN89cvA

Figur 3.15: Støttende tjenester. Hentet fra: http://www.bionrg.co.za/wp-content/uploads/2016/07/green-leaves-with-sunlight-640x353.jpg

Figur 3.16: Rev. Hentet fra: http://www.almyfoto.com/wp-content/uploads/2016/10/08071831263-Edit-1024x578.jpg

Figur 4.1: Tanner Springs Park. Egenprodusert.

Figur 4.2: Vegetasjon langs husfasade. Hentet fra: https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/736x/02/a9/f8/02a9f893af39d0bdf9cf0a56c04fe166.jpg

Figur 4.3: Nedsenket regnbed på torg. Hentet fra: portland1 https://hpigreen.files.wordpress.com/2010/02/mississippi-commons-stormwater-planter.jpg

Figur 4.4: Nedsenket regnbed langs vei. Hentet fra: http://www.deq.state.or.us/wq/images/loans/GreenStreetCurbExtSEClay.jpg

Figur 4.5: High Point, Seattle. Hentet fra: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/83/High_Point_Seattle_03.jpg

Figur 4.6: Strand, Olympic Sculpture Park. Hentet fra: http://chapter.ser.org/northwest/files/2013/09/DSC_1023.jpg

Figur 4.7: Olympic Sculpture Park. Hentet fra: http://www.subtlelightphoto.com/property-images/m101.jpg

Figur 4.8: Skulptur, Olympic Sculpture Park. Hentet fra: http://www.blackchickontour.com/wp-content/uploads/2013/03/Wake-Wavey-Rust-Metal-Olympic-Sculpture-Park.jpg

Figur 4.9: Tanner Springs Park. Hentet fra: https://landarchs.com/tanner-springs-park-an-oasis-in-the-middle-of-the-city/

Figur 4.10: Sittetrinn, Tanner Springs Park. Hentet fra: https://landarchs.com/tanner-springs-park-an-oasis-in-the-middle-of-the-city/

Figur 4.11: Bordgang, Tanner Springs Park. Hentet fra: http://www.terrapinbrightgreen.com/wp-content/uploads/2015/03/35.3_Graham-Ballantyne1.jpg

Figur 4.12: Skilt, Thornton Creek. Egenprodusert.

Figur 4.13: Thornton Creek. Egenprodusert.

Figur 4.14: Kanal, Augustenborg. Hentet fra: https://urbanreport.files.wordpress.com/2011/09/a04x1092redaugustenborg.jpg

Figur 4.15: Renne, Augustenborg. Egenprodusert.

Figur 4.16: Fuglekasser, Green Roof Institute. Hentet fra: http://assets.inhabitat.com/wp-content/blogs.dir/1/files/2011/01/austenborg-botanical-garden-4.jpg

Figur 4.17: Green Roof Institute. Hentet fra: http://greenroof.se/gr-16/wp-content/uploads/2015/12/aug-taktradgard-flygbild.jpg

Figur 4.18: Kanal, Bo01. Hentet fra: https://c1.staticflickr.com/4/3038/2897592971_dd6e94e5cb_b.jpg

Figur 4.19: Oversiktsbilde, Bo01. Hentet fra: http://www.turi.re.kr/wp-content/uploads/2013/07/aerial.jpg

Figur 4.20: «Aqua-point», Bo01. Egenprodusert.

Figur 4.21: Betongrenne, Bo01. Hentet fra: http://4.bp.blogspot.com/-CXm--zfUy14/ThtKpMcuj8I/AAAAAAAAB9c/WNvojEK4t9A/s1600/DSC_0344.jpg

Figur 4.22: Hølaløkka, plankart. Hentet fra: http://www.arkitektur.no/alnavassdraget-holalokka?iid=109810&pid=NAL-EcoProject-Pictures.Native-InnerFile-File&r_n_d=259301_&adjust=1&x=564&y=383&from=0

Figur 4.23: Elv med naturlikt preg, Hølaløkka. Hentet fra: https://www.arkitektur.no/alnavassdraget-holalokka?lcid=1033&iid=109793&pid=NAL-EcoProject-Pictures.Native-InnerFile-File&r_n_d=259653_&adjust=1&x=650&from=0

Figur 4.24: Overløp, Hølaløkka. Hentet fra: https://www.arkitektur.no/alnavassdraget-holalokka?lcid=1033&iid=109807&pid=NAL-EcoProject-Pictures.Native-InnerFile-File&r_n_d=259653_&adjust=1&x=650&from=0

Figur 4.25: Naturlig terskel, Hølaløkka Hentet fra: http://www.osloelveforum.no/htdocs/joomla15/images/stories/holalokka1.jpg

Figur 4.26: Hoppesteiner, Nansenparken. Hentet fra: http://www.statsbygg.no/FileCache/files/prosjekter/fornebu/Fornebu-1600.jpg/width_1024.height_611.mode_crop.Anchor_middlecenter.jpg

Figur 4.27: Kanal, Nansenparken. Hentet fra: http://forskning.no/sites/forskning.no/files/styles/full_width/public/396539_VannTarnplassen_max_None.jpg?itok=3dJakWo5

Figur 4.28: Gangsti langs bekken, Nansenparken. Hentet fra: https://res-5.cloudinary.com/simpleview/image/fetch/c_limit,f_jpg,q_64,w_800/https://media.newmindmedia.com/TellUs/image/%3Ffile%3DE0E554B56B8B52F64A3C8F1CE3C095EE87DD7234.jpg%26dh%3D533%26dw%3D800%26cropX%3D0%26cropY%3D0%26cropH%3D848%26cropW%3D1273&.jpg

Figur 5.1: Økosystemtjenester, farger. Egenprodusert.

Figur 5.2: Våtmark med bordgang. Hentet fra: https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/originals/88/3b/4c/883b4cf96c320699ca03929a51654a5e.jpg

Figur 5.3: Dam. Hentet fra: http://5892-presscdn-26-36.pagely.netdna-cdn.com/wp-content/uploads/constructed-wetland32.jpg

Figur 5.4: Duer. Hentet fra: http://wpstatic.idium.no/osloskadedyr.no/2014/03/duer-i-nedlopet-pa-taket.jpg

Figur 5.5: Vandrefalk. Hentet fra: https://urbanevandrefalker.wordpress.com/category/oslo/

Figur 5.6: Storsalamander. Hentet fra: http://4.bp.blogspot.com/_e-BeONRajwY/S-idVlqv2dI/AAAAAAAAAPg/1nYuml6TF2g/s1600/_DSC4084-Edit-Edit.jpg

Figur 5.7: Landskapsøkologi. Egenprodusert, gjengitt etter Thorén & Nyhuus, 1994, s. 18-19.

Figur 5.8: Landskapskorridorer. Egenprodusert, gjengitt etter SICIREC, 2009.

Figur 5.9: Dyrking på vegg. Hentet fra: http://infill.no/wp-content/uploads/2013/06/urban-farming.jpg

Figur 5.10: Økosystemtjenester. Egenprodusert.

Figur 5.11: Oppbygging av grønt tak. Egenprodusert basert, på Hydrotech, 2012.

Figur 5.12: Grønne tak, Heidal. Hentet fra: https://en.wikipedia.org/wiki/Green_roof

Figur 5.13: Grønt tak, Chicago. Hentet fra: http://www.roofmeadow.com/case-studies/selected-case-studies/chicago-city-hall/

Figur 5.14: Grønne tak, Wollishofen. Hentet fra: https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/564x/c4/3b/f8/c43bf8e2ebcfc9537827830189616b9e.jpg

Figur 5.15: Narrmarihånd. Hentet fra: https://livingroofs.org/wp-content/uploads/2016/06/Orchid-SWISS-FOR-YOUTUBE-1.jpg

Figur 5.16:Vipe på tak, IKEA i Åsane. Hentet fra: http://aasanetidende.no/nyheter/2014/06/19/vipe-sensasjon-pgaring;-ikea-taket/

Figur 5.17: Vipeunge, IKEA i Åsane. Hentet fra: https://d1u09l5xzrelys.cloudfront.net/media/l/1140x550/14320315/vipe1.jpg

Figur 5.18: Solceller på grønt tak. Hentet fra: http://www.greenrooftechnology.com/Pictures%20from%20JBi/greenrooftechnology_01.jpg

Figur 5.19: Slåttemark. Hentet fra: https://c1.staticflickr.com/4/3924/15100392469_bc261f213d_b.jpg

Figur 5.20: Insektshotell. Hentet fra: https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/originals/c9/d7/cf/c9d7cfbeb0965d485c1df040f8e8a0d2.jpg

Figur 5.21: Birøkt i Bjørvika. Hentet fra: http://www.magasinetkote.no/artikler/2016/1/31/13-raske-bybi

Figur 5.22: Dyrking på skoletak, New York. Hentet fra: http://blog.nwf.org/2014/01/three-nyc-eco-schools-collaborate-on-green-roof-curriculum-guide/

Figur 5.23: Takhage, Baltimore Convention Center. Hentet fra: http://www.greenroofs.com/projects/baltimore_cc/baltimore_cc1.gif

Figur 5.24: Dyrking på tak, Brooklyn. Hentet fra: http://brooklynbrewery.com/blog/wp-content/uploads/2014/07/DSC_0923S.jpg

Figur 5.25: Grønt tak, California Academy of Science i San Francsisco. Hentet fra: http://landscapevoice.com/wp-content/uploads/2012/08/8192676915_33f7a7a494_b.jpg

Figur 5.26: Eføy på vegg. Hentet fra: https://previews.123rf.com/images/sielan/sielan1506/sielan150600001/41157462-Roughly-plastered-gray-wall-with-climbing-ivy-Hedera-helix-on-it-Background--Stock-Photo.jpg

Figur 5.27: Klatreplanter. Hentet fra: http://c1038.r38.cf3.rackcdn.com/group4/building38965/media/lrod_mfopark_oerlikon_20101003_141524.jpg

Figur 5.28: Grønn vegg utenfor tunell. Hentet fra: http://jardindetoulouse.a.j.f.unblog.fr/files/2012/10/mur-vegetal.jpg

Figur 5.29: Grønn vegg, Portland Expo Center. Hentet fra: https://www.portlandoregon.gov/bes/article/583804?archive=2016-07

Figur 5.30: Flaggermuskasse på vegg. Hentet fra: http://www.pscountrycrafts.com/prodimages/122213-small-bat-house-1_small.JPG

Figur 5.31: Fuglekasse på vegg. Hentet fra: http://urbanbirdscapes.com/blog/wp-content/uploads/2012/11/VBN-Green-Wall.jpg

Figur 5.32: Eføy med bier. Hentet fra: http://3.bp.blogspot.com/-Zm2R5qvREZU/Uk1JhJlCv0I/AAAAAAAACHU/Ma4_joJlufI/s1600/Ivy+bees_2Oct13+(34).JPG

Figur 5.33: Detaljbilde, Portland Expo Center. Hentet fra: https://www.portlandoregon.gov/shared/cfm/image.cfm?id=505075

Figur 5.34: Grønn vegg, Musée du Quai Branly. Hentet fra: http://news.nationalgeographic.com/content/dam/news/photos/000/655/65557.jpg

Figur 5.35: Vertikal dyrking. Hentet fra: https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/736x/a3/8e/66/a38e66ba8c2d7d635b520403ed7ce2fc.jpg

Figur 5.36: Mølle. Hentet fra: https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/originals/14/87/90/148790ebf212d246b03c5afd9b1123d1.jpg

Figur 5.37: Barn leker ved taknedløp. Hentet fra: https://kirkeng.files.wordpress.com/2011/09/bilder-sol-og-regn0091.jpg

Figur 5.38: Steiner ved taknedløp. Hentet fra: https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/736x/3a/84/c0/3a84c0fa2a2e3deff656e119ca88a571.jpg

Figur 5.39: Kunstnerisk utformet taknedløp. Hentet fra: https://ksamedia.osu.edu/sites/default/files/originals/08_0003117.jpg

Figur 5.40: Oppsamling av vann fra taknedløp. Hentet fra: https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/564x/34/e6/7b/34e67b4d69b73845db6c8eb098996c09.jpg

Figur 5.41: Taknedløp som estetisk element. Hentet fra: https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/736x/fe/73/6b/fe736b557fd0e37d4426b54c4e0d8cc2.jpg

Figur 5.42: Regnbed i privat hage. Hentet fra: http://www.watersheddistrict.org/raingardens.html

Figur 5.43: Blomstrende planter i regnbed. Hentet fra: http://gardening.about.com/od/attractingwildlife/a/Bee_Plants.htm

Figur 5.44: Oppbygning av regnbed. Egenprodusert, basert på Echols & Pennypacker, 2015

Figur 5.45: Regnbed på offentlig plass. Hentet fra: http://greenworkspc.com/works/green-roofs/russellville-commons/

Figur 5.46: Staudebeplantning av Piet Oudolf. Hentet fra: https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/originals/01/34/d6/0134d6cca55265854b654ef6ab9e0b4a.jpg

Figur 5.47: Heller utformet med mellomrom. Hentet fra: http://www.paversearch.com/images/portfolio/big/menu_permeable07.jpg

Figur 5.48: Permeabel betong. Hentet fra: https://www.columbus.gov/uploadedImages/Public_Utilities/Water_Protection/Watershed/Pervious%20Pavement%20Demo.jpg

Figur 5.49: Permeabel asfalt. Hentet fra: http://tomkosports.com/wp-content/gallery/porous-asphalt/tnsurface-12.jpg

Figur 5.50: Variasjon i dekket. Hentet fra: https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/564x/33/3a/fa/333afa9703508f43e8a82529967007fe.jpg

Figur 5.51: Semi-permeabelt dekke på kjøreareal. Hentet fra: https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/originals/0d/27/6d/0d276d8aa15296ba5ec1c0426b50c6a6.jpg

Figur 5.52: Tåsinge Plads i København. Hentet fra: http://citiscope.org/story/2016/why-copenhagen-building-parks-can-tum-ponds

Figur 5.53: Utsnitt av skilt på Tåsinge Plads i København. Egenprodusert.

Figur 5.54: Benthemplein Water Plaza i Rotterdam, oversiktsbilde. Hentet fra: https://static.dezeen.com/uploads/2015/12/Water-Squares-Benthemplein-de-Urbanisten_dezeen_ss.jpg

Figur 5.55: Benthemplein Water Plaza i Rotterdam, nærbilde. Hentet fra: http://www.metropolismag.com/wp-content/uploads/data-import/5d/5df33dd7e4bfecfdbb878432afa225f3-20140613BP40-wkparty.jpg

Figur 5.56: Dam i kulturlandskap. Hentet fra: http://www.birdlife.no/naturforvaltning/nyheter/?id=899

Figur 5.57: Storsalamander. Hentet fra: http://www.nina.no/Portals/NINA/To%20sma%20storsalamandere-Foto%20Borre%20Dervo_1.jpg

Figur 5.58: Salamanderhotell. Egenprodusert, basert på Dervo, uten år.

Figur 5.59: Svarthvit fluesnapper i kasse. Hentet fra: https://d1uql8wxpvgfhk.cloudfront.net/uploads/made/uploads/images/Svarthvit3_576_700_80.jpg

Figur 5.60: Lekeelementer i Sentraldammen, Nansenparken. Hentet fra: http://www.drivved.no/wp-content/uploads/2012/10/Sentralparken25.jpg

Figur 5.61: Borgang gjennom våtmarksområde. Hentet fra: https://cdn.shutterstock.com/shutterstock/videos/3092797/thumb/1.jpg

Figur 5.62: Vegetert grøft i Seattle. Hentet fra: https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/736x/1e/fe/d1/1efed176f8ea4be6398e876a00a476e1.jpg

Figur 5.63: Renne med hardt belegg i Freiburg. Hentet fra: http://www.staedte-fotos.de/1024/freiburg-breisgau-blick-sonst-stark-28904.jpg

Figur 5.64: Vegeterte grøfter langs gangvei. Hentet fra: https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/originals/0d/9d/c3/0d9dc3bb0929b53702c6740f3da846d8.jpg

Figur 5.65: Vegetert grøft langs bilvei. Hentet fra: https://greencitiesbluewaters.files.wordpress.com/2014/12/gi_swale_1.jpg

Figur 5.66: Vegetert grøft med bro. Hentet fra: http://www.landezine.com/index.php/2011/04/gubei-pedestrian-promenade-by-swa-group/?medium=HardPin&source=Pinterest&campaign=type204&ref=hardpin_type204

Figur 5.67: Vann som lekeelement. Hentet fra: https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/736x/33/ac/17/33ac1713a465921660c073acd23b701c.jpg

Figur 5.68: Vannrelatert motiv over renne. Hentet fra: https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/564x/1e/39/dd/1e39dd21fd0ea01abb5c607061c33b2c.jpg

Figur 5.69: Overdekket renne med bølgemotiv. Hentet fra: https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/736x/f3/25/83/f32583a7e85a80bc8d0cf2a6c5d7903c.jpg

Figur 5.70: Meandrerende bekk i Augustenborg. Egenprodusert.

Figur 5.71: Steinbelagt grøft. Hentet fra: https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/736x/17/21/ca/1721cac3333c8e9b5191ab9b8a2ac193.jpg

Figur 5.72: Steinbelagt renne i hardt dekke. Hentet fra: https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/originals/6f/95/81/6f9581b5a64ff57a6e97bb99aedadc8c.jpg

Figur 5.73: Renner og vegeterte grøfter i kombinasjon. Hentet fra: https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/originals/c6/3c/75/c63c75d1d8e461c127b2bcf779bd2e23.jpg

Figur 5.74: Naturlig utseende bekk. Hentet fra: https://img.gfx.no/1456/145611O/img-6385-001.jpg

Figur 5.75: Kanal i Nansenparken. Hentet fra: http://forskning.no/sites/forskning.no/files/styles/full_width/public/396539_VannTarnplassen_max_None.jpg?itok=3dJakWo5

Figur 5.76: Sverdlilje. Hentet fra: https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/736x/3c/68/a9/3c68a98afc6a7ba0921a5555bbc627ff.jpg

Figur 5.77: Sverdlilje i bekkedrag utenfor Oregon Convention Center. Hentet fra: https://www.asla.org/uploadedImages/Guide/Portland/Topics/Water/occ6.jpg

Figur 5.78: Utforming av elveløp for ørret. Egenprodusert, basert på beskrivelser og figurer fra SWECO, 2012; Karlsen, 2012 og Vedum m.fl., 2004.

Figur 5.79: Hoppesteiner i kanal, Hammarby Sjöstad. Hentet fra: https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/736x/b4/67/f6/b467f62b772f0f555e35981ce081f892.jpg

Figur 5.80: Kanal med lekebåt, Freiburg. Hentet fra: http://www.groundedtraveler.com/wp-content/uploads/2012/08/BaechleBoat.jpg

Figur 5.81: Ulike utløp over terskel. Egenprodusert, basert på Endresen, 2008 (gjengitt av Hovdenak, 2011) og forelesning m/ Ødegård, 21.09.16.

Figur 5.82: Terskel mellom dam og våtmarksområde på Hølaløkka. Hentet fra: https://www.arkitektur.no/alnavassdraget-holalokka?lcid=1033&iid=109807&pid=NAL-EcoProject-Pictures.Native-InnerFile-File&r_n_d=259653_&adjust=1&x=650&from=0

Figur 5.83: Terskel i Bjerkedalen park. Hentet fra: http://www.bjerkesirkelen.no/wp-content/gallery/Bjerkedalen-park/Bjerkedalen-park-Hovinbekken-2.jpg

Figur 5.84: Terskel i bekkedrag utenfor Oregon Convention Center. Hentet fra: http://www.mayerreed.com/wp-content/uploads/2013/04/OCC2.jpg

Figur 5.85: Terskel mellom vannspeil. Hentet fra: https://artfulrainwaterdesign.psu.edu/sites/default/files/small_imgp0977.jpg

Figur 5.86: Våtmarksområde i Qunli Wetland Park, Kina. Hentet fra: http://www.landezine.com/wp-content/uploads/2014/01/Qunli_National_Urban_Wetland-by-Turenscape-landscape_architecture-02.jpg

Figur 5.87: Prinsippsnitt av rensedam. Egenprodusert, basert på Vedum m.fl, 2004.

Figur 5.88: Sedimentasjonskammer i Thornton Creek. Hentet fra: https://static1.squarespace.com/static/528fd58de4b07735ce1807b2/52939800e4b09bd017962d25/5293c86ce4b0768dc0c40bcf/1431619455142/IMG_1096-crop-cleaner+copy.jpg?format=1500w

Figur 5.89: Våtmarksområde i Norge. Hentet fra: http://www.birdlife.no/thumbnails/1024x768/innhold/bilder/2007/04/03/181/dokkadeltaet.jpg

Figur 5.90: Våtmarksområde som flomdempingsstrategi i Qunli Wetland Park, Kina. Hentet fra: http://www.landezine.com/wp-content/uploads/2014/01/Qunli_National_Urban_Wetland-by-Turenscape-landscape_architecture-16.jpg

Figur 5.91: Krikkand. Hentet fra: http://www.hegdehaugen.com/Species/European%20birds/Gressender/slides/krikkand_m.jpg

Figur 5.92: Skilt i Tanner Springs Park. Egenprodusert.

Figur 5.93: Kontraster i Tanner Springs Park. Hentet fra: https://landarchs.com/tanner-springs-park-an-oasis-in-the-middle-of-the-city/

Figur 5.94: Sitteplass i vegetasjon, Hammarby Sjöstad. Hentet fra: http://static.panoramio.com/photos/original/8316772.jpg

Figur 5.95: Borgang i Hammarby Sjöstad. Egenprodusert.

Figur 5.96: Storspove. Hentet fra: https://www.fylkesmannen.no/Images/Bilder%20FMMR/14%20Landbruk/Regionalt%20Miljoeprogram/Storspove-120414-640.jpg

Figur 5.97: Brushane. Hentet fra: http://www.cornix.se/soffagelaret2009/large/IMG_4880-Edit-2.jpg

Figur 5.98: Rødstilk. Hentet fra: http://4.bp.blogspot.com/--ozLOhTeb4I/U6R0UC2_3YI/AAAAAAAARYE/G41hXHBr1vQ/s1600/HO4_8468.JPG

Figur 6.1: Illustrasjon. Egenprodusert.

Figur 6.2: Collage med planforsider fra Oslo kommune/Hovinbyen. Egenprodusert.

Figur 6.3: Hovinbyen i Oslo. Egenprodusert.

Figur 6.4: Overordnet plan for grønnstruktur i Hovinbyen. Hentet fra: Strategisk plan for Hovinbyen, s. 65.

Figur 6.5: Økern torg i en regional og nasjonal kontekst. Egenprodusert.

Figur 6.6: Prosjektområdet, i dag. Egenprodusert.

Figur 6.7: Prosjektområdet, planlagt utvikling. Egenprodusert.

Figur 6.8: Prosjektområdet, offentlig grønnstruktur. Egenprodusert.

Figur 6.9: Hovinbekken, hydrologi. Egenprodusert.

Figur 6.10: Prosjektområdet, hydrologi. Egenprodusert.

Figur 6.11: Osloområdet, naturtyper Egenprodusert.

Figur 6.12: Osloområdet, arter. Egenprodusert.

Figur 6.13: Prosjektområdet, biologisk mangfold. Egenprodusert.

Figur 6.14: 3D-visualisering over planlagt bebyggelse og overvannshåndtering. Hentet fra: Ghillardi + Hellsten Arkitekter.

Figur 6.15: Nomogram over avrenning. Hentet fra forelesning m/ Ruggeri, 2016

Figur 6.16: IVF-tabell for Blindern. Hentet fra Vann og avløpsetaten, 2015, side 18.

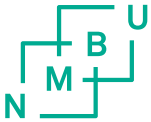
Figur 7.1: Veien videre. Egenprodusert.

Figur 7.2: Vegetert renne. Henter fra: https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/originals/72/08/ac/7208ac525cb67b165b929064b7bba3b3.jpg

Figur 7.3: Nyetablert mangroveskog. Hentet fra: https://www.wetlands.org/wp-content/uploads/2015/11/Mangroves-replanted-Saloum-Senegal-Jeff-Barbee-2007-e1452163527195.jpg

Figur 7.4: Barn planter tre. Hentet fra: http://www.dutchwatersector.com/uploads/cache/8gtag0kw21.jpg

Figur 7.5: Måker er generalister. Henter fra: http://forskning.no/sites/forskning.no/files/dsc_0891_01-resized.jpg



Norges miljø- og biovitenskapelig universitet
Noregs miljø- og biovitskapelege universitet
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway