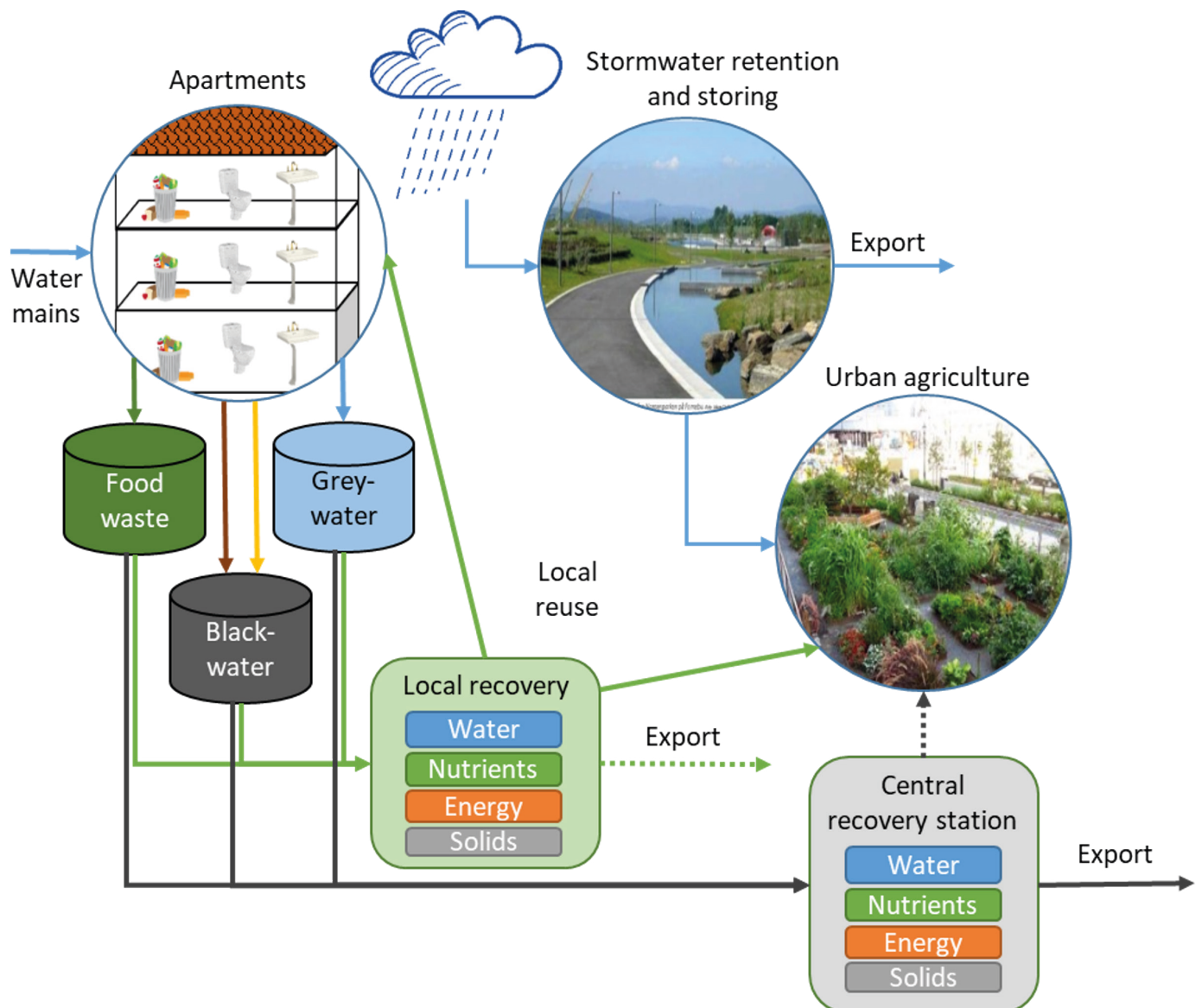


Bærekraftig Nordbyen 2020: Hvordan FN bærekraftsmål nr. 12 «Ansvarlig bruk og produksjon» kan realiseres i eiendomsprosjekter



RAPPORT

Hovedkontor

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00

NIVA Region Sør

Jon Lilletuns vei 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 22 18 51 00

NIVA Region Innlandet

Sandvikaveien 59
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00

NIVA Region Vest

Thormøhlensgate 53 D
5006 Bergen
Telefon (47) 22 18 51 00

NIVA Danmark

Njalsgade 76, 4. sal
2300 København S, Danmark
Telefon (45) 39 17 97 33

Internett: www.niva.no

Tittel Bærekraftig Nordbyen 2020: Hvordan FN bærekraftsmål nr. 12 «Ansvarlig bruk og produksjon» kan realiseres i eiendomsprosjekter	Løpenummer 7333-2019	Dato 18.01.2019
Forfatter(e) Isabel Seifert-Dähnn, Line Barkved, Sondre Meland, og Christian Vogelsang	Fagområde Miljøteknologi	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Oslo	Sider 53

Oppdragsgiver(e) Norges Forskningsråd (program BIA), Access Eiendom AS og Nordbyen Utvikling AS	Oppdragsreferanse
	Utgitt av NIVA Prosjektnummer 180265

Sammendrag

Denne rapporten er sluttleveransen til forprosjektet «Bærekraftig Nordbyen 2020». Rapporten ble utarbeidet av NIVA i tett dialog med Access Eiendom AS og Nordbyen Utvikling AS. Hovedfokus var på FN bærekraftsmål Nr. 12 «Ansvarlig forbruk og produksjon», med delmålene 12.3. «halvere andel matsvinn», 12.5 «redusere avfallsmengden» og 12.8 «bevissthet om bærekraftig utvikling». Forprosjektet og rapporten viser muligheter for eiendom- og områdeutvikling knyttet til: a) redusere drikkevannsforbruk, b) bruk av blå-grønne løsninger, c) redusere matsvinn og ressursinnsats for matproduksjon, og d) bruk av smarte sensorer som del av løsningene.

Nordbyen 2020 befinner seg fortsatt i planleggingsfasen. Et fremtidig hovedprosjekt i området vil dermed gi viktig læring for hvordan man kan tilrettelegge for forskjellige løsninger fra «scratch» og integrere dem i bygningskroppen eller i uteområder. Næringslivspartnerne er særlig aktuelle i å definere hvilke løsninger man skal fokusere på i et hovedprosjekt. Det er også ønskelig å teste ut noen av løsningene i bruksfasen. Konsortiet sikter på å involvere minst en næringslivsaktør til, som allerede har etablert boliger og ønsker å teste ut løsninger som fortsatt lar seg implementere i eksisterende bygg.

Fire emneord	Four keywords
1. Bærekraftig områdeutvikling	1. Sustainable urban development
2. Sirkulær økonomi	2. Circular economy
3. Blå-grønne løsninger	3. Blue green solutions
4. Nordbyen 2020	4. Nordbyen 2020

Denne rapporten er kvalitetssikret iht. NIVAs kvalitetssystem og godkjent av:

Isabel Seifert-Dähnn
Prosjektleder

Sindre Langaas
Forskningsleder

ISBN 978-82-577-7068-6
NIVA-rapport ISSN 1894-7948

Forundersøkelse
Bærekraftig Nordbyen 2020
**Hvordan FN bærekraftsmål 12 «Ansvarlig bruk
og produksjon» kan realiseres i
eiendomsprosjekter**
Sluttrapport

Forord

Denne rapporten bygger på forprosjektet «Bærekraftig Nordbyen 2020», gjennomført fra august til desember 2018. Prosjektet er finansiert av Norges Forskningsråd (program BIA), Access Eiendom AS og Nordbyen Utvikling AS. Rapporten ble utarbeidet av NIVA i tett dialog med Access Eiendom AS og Nordbyen Utvikling AS. Byutviklingsprosjektet «Nordbyen 2020» ble brukt som eksempel.

Målet med forprosjektet var å finne ut hvilke muligheter eiendomsbransjen har for å: a) redusere drikkevannsforbruk, b) bruk av blå-grønne løsninger, c) redusere matsvinn og ressursinnsats for matproduksjon, d) bruk av smarte sensorer til styring av tiltak for tema a-c.

Hovedfokus var på FN bærekraftsmål Nr. 12 «Ansvarlig forbruk og produksjon», med delmålene 12.3. «halvere andel matsvinn», 12.5 « redusere avfallsmengden » og 12.8 «bevissthet om bærekraftig utvikling». Bærekraftsmål 6 «Rent vann og gode sanitærforhold», 9 «Innovasjon og infrastruktur» og 11 «Bærekraftige byer og samfunn» ble også adressert. Disse målene er synliggjort i figuren under.

Denne rapporten er sluttleveransen til prosjektet.

Rapporten ble skrevet av Isabel Seifert-Dähnn, Line Barkved, Sondre Meland og Christian Vogelsang. Rune Borknes og Eldrid Forsland Lorentzen har bidratt med gode diskusjoner og tilbakemeldinger underveis. Takk til Ingvild Skumlien Furuset og Sindre Langaas for korrekturlesing og forbedringsforslag.



Figur 0. FN-bærekraftsmål adressert i dette prosjektet (Kilde: <https://www.globalgoals.org/resources>)

Oslo, 17. januar 2019

Isabel Seifert-Dähnn

Innholdsfortegnelse

1	Introduksjon	9
1.1	Basistall for Nordbyen og Nord Lyset.....	10
2	Tema A: Redusere drikkevannsforbruk og avløpsvolum.....	13
2.1	Hvorfor redusere drikkevannsforbruket og avløpsvolumet.....	13
2.2	State-of-the-art.....	14
2.2.1	Hvordan redusere drikkevannsforbruket.....	14
2.2.2	Forventet effekt av vannbesparende utstyr	14
2.2.3	Lokal høsting og utnyttelse av regnvann	15
2.2.4	Løsninger for gjenbruk av gråvann	18
2.2.5	Løsninger for håndtering av svartvannet og høsting av dets ressurser.....	18
2.3	Relevans for implementering av løsninger i Nordbyen 2020 og Nord Lyset.....	20
2.4	Videre forskningsbehov og innovasjonspotensiale.....	20
3	Tema B: Blå og grønne overvannsløsninger integrert i bygningsmassen og landskap	21
3.1	State-of-the-art.....	22
3.1.1	Restaurering og bekkeåpninger	27
3.1.2	Kostnader og økonomi.....	29
3.2	Relevans for implementering av løsninger i Nordbyen 2020 og Nord Lyset.....	31
3.3	Videre forskningsbehov og innovasjonspotensial.....	34
4	Tema C: Redusere matsvinn og ressursinnsats for matproduksjon	36
4.1	State-of-the-art.....	37
4.1.1	Matsvinn	37
4.1.2	Lokal kompostering og/eller biogassproduksjon.....	38
4.1.3	Urban dyrking.....	38
4.2	Relevans for implementering av løsninger i Nordbyen 2020 og Nord Lyset.....	40
4.3	Videre forskningsbehov og innovasjonspotensial.....	41
5	Tema D: Smarte sensorer	43
5.1	State-of-the-art.....	43
5.1.1	Smarte vannmålere.....	44
5.1.2	Smart overvåking, styring og forvaltning av blågrønne løsninger	45
5.2	Relevans for implementering av løsninger i Nordbyen 2020 og Nord Lyset.....	48
5.3	Videre forskningsbehov og innovasjonspotensial.....	48
6	På veien mot et hovedprosjekt	50
6.1	Prioritering av løsninger for et hovedprosjekt.....	50
6.2	Utfordringer og muligheter ved gjennomføring av et hovedprosjekt	51
7	Referanser	52

Sammendrag

Norges Forskningsråd (NFR) lyste i 2018 under programmet Brukerstyrt Innovasjonsarena (BIA) ut midler for prosjektsamarbeid mellom næringsliv og forskning, med formål å samskape ny innovasjonsrelevant kunnskap for å fremme FNs bærekraftsmål nr. 12 «Ansvarlig forbruk og produksjon». Målet er at næringslivet skal gjøre bærekraft til et konkurransefortrinn og utnytte potensialet for verdiskaping som ligger i bærekraftutfordringene.

Forslaget til et forprosjekt «Nordbyen 2020» fikk bevilget midler og rapporteres her. Det har hatt Access Eiendom AS, Nordbyen utvikling AS og NIVA som partnere. Forprosjektet ble gjennomført i perioden august – desember 2018, og har fokusert på bærekraftig område- og eiendomsutvikling. Spesifikt adresserte prosjektet følgende temaer relevant for FNs bærekraftsmål (heretter; mål) nr. 12:

- a) redusere drikkevannsforbruk og avløpsvolum ved å ta i bruk regnvann og overvann, og gjenbruke gråvann som bruksvann (ikke drikkevann) til f.eks. vanning, i sanitærinstallasjoner, i rekreasjonsområder eller som estetisk element i bygget (FNs mål 12.5 og 6)
- b) demonstrere merverdien av innovative blå (vannrelaterte) og grønne (vegetasjonsrelaterte) løsninger integrert i bygningsmasse og landskap og som del av et større nett av blågrønn infrastruktur i Groruddalen, (FN mål 12.8, 11 og 15)
- c) redusere matsvinn og ressursinnsats for matproduksjon ved å integrere lokale komposteringsløsninger, vanningsløsninger og utvikle forslag til urban matproduksjon, både utendørs og innendørs, aktiviteter som samtidig skaper sosiale møteplasser og bidrar til å øke bevisstheten om bærekraftig ressursutnyttelse (FN mål 12.3, 12.8 og 11)
- d) utstyre de utviklede løsninger, særlig under a) til c) over, med smarte sensorer som styrer systemene og bidrar til å utvikle relevant informasjon som også kan brukes til å styrke ønskede, bærekraftige atferdsendringer hos beboere, både privathusholdninger og næringsliv. (FN mål 12.8 og 9)

I forprosjektet har byutviklingsprosjektet «Nordbyen 2020», lokalisert i østre del av Groruddalen i Oslo kommune, blitt brukt som eksempel. Forprosjektet trakk særlig fram delprosjektet Nord Lyset, som planlegger et miljøvennlig høybygg med 1 000 boenheter. Målet i forprosjektet var å dokumentere state-of-the-art løsninger for tema a) til d) ved å finne fram eksisterende eksempler, beskrive relevansen av disse løsningene og teknologiene for Nordbyen 2020 og Nord Lyset, og diskutere videre forskningsbehov og innovasjonspotensial. Rapporten avslutter med en kort oppsummering av funnene og sin relevans for et mulig hovedprosjekt.

Vannbesparende utstyr på badet og kjøkkenet anbefales fordi de har et stort sparingspotensiale, samtidig som prisen for slikt utstyr ikke er så mye høyere enn for vanlig utstyr. Høsting av regnvann er mindre egnet for å redusere drikkevannsforbruket pga. stor og til dels uforutsigbar sesongvariasjon. Gråvann (definert som alt husholdningsavløpsvann som ikke kommer fra toaletter) har mindre fluktuasjon i volum, men vil kreve mer rensing enn regnvann. Det finnes vellykkede eksempler fra Danmark hvor såkalt lyst gråvann (hovedsakelig fra dusjing) i en svømmehall blir gjenbrukt, og også gjenbruk av gråvann til toalettspyling i boligsammenheng. Nordbyen 2020 vil ha en befolkningstetthet som er stor nok til at mengden lyst gråvann (fra klesvask og personlig hygiene) kan brukes til å dekke behovet for toalettspyling. Dagens lave vannpriser gjør det nødvendig å avveie mellom ekstrakostnader forbundet med et gråvannshåndteringssystem og de vannbesparelser man kan oppnå.

Oslo kommune krever i dag at nye utbyggingsprosjekter håndterer overvann på egen tomt. Det finnes flere løsninger som oppfyller dette kravet, slik som regnbed, grønne tak og vegger, dammer eller våtmark, men likevel kan det være krevende på steder med dårlig infiltrasjonsevne i grunnen. Nye innovative løsninger omfatter kombinasjoner av tekniske og naturbaserte løsninger som f.eks. grønne tak som også er i stand til å lagre vann, og som kobles til værvareselet slik at de tømmer seg automatisk når det forventes store nedbørsmengder.

Alle foreslåtte løsninger med beplanting gir en miljøgevinst som f.eks. kan kvantifiseres ved bruk av økosystemtjenester-konseptet. Det er påvist i tidligere studier at f.eks. nærhet til grøntstruktur, som parker og skog, f. eks. Osloomarka, resulterte i økte salgspriser av boliger (Traaholt, 2014). Det er derimot ikke forsket på hvilke kvaliteter ved slik grøntstruktur (dagens og fremtidige) boligeierne verdsetter slik at det fører til økte boligpriser.

Urban dyrking har fått et markert oppsving den siste tiden, på tak, balkonger og på bakkenivå. I den sammenheng er det stort potensiale for å tenke på andre kretsløp som f.eks. kompost- eller biogassproduksjon fra matavfall eller bruk av gråvann eller takvann for vanning. I Nordbyen vil det, med dagens mengder av matavfall (42 kg per person og år), kunne produseres nok biogass og elektrisitet til å forsyne 27 husholdninger med elektrisitet i ett år. Frem til nå skjer urban dyrking stort sett bare utendørs, men det vil være interessant å også teste det ut i forbindelse med butikksentre eller andre steder hvor nok varme og lys er tilgjengelig.

De fleste løsninger for å redusere matsvinn er basert på atferdsendringer hos forbrukerne. Det finnes per i dag flere app-løsninger som støtter det. I Nordbyen 2020, med sin blanding av boliger, butikker og restauranter, kunne det være aktuelt å tilpasse slike løsninger for lokalmiljøet. Men det blir ikke aktuelt før selve området er ferdig bygget.

Digitalisering står høyt på agendaen i norske kommuner. Nesten alle foreslåtte løsninger for tema a) til c) kan kombineres med smarte sensorer som enten styrer systemene eller gir forbrukerne en tilbakemelding om hvilket forbruk eller besparelse de har oppnådd. Samtidig må man ikke glemme at smarte sensorer og systemer krever viss energi. De konkrete løsningene som vil være relevant å adressere, (videre)utvikle og teste i Nordbyen 2020 må sees i sammenheng med de andre aktivitetene i hovedprosjektet.

Utviklingsområdet Nordbyen 2020 befinner seg i en tidlig fase av eiendomsutvikling. Det gir muligheter for å tilrettelegge for løsninger fra starten av. Et hovedprosjekt vil da kunne omfatte prosessen med å planlegge slike løsninger. Samtidig vil det være interessant å implementere og teste ut løsninger i bruksfasen. Derfor er det ønskelig å integrere en eller flere case-studieområder i hovedprosjektet som er allerede bygget ut, der installasjon av enkelte løsninger fortsatt er mulig.

Summary

Title: Sustainable Nordbyen 2020: How UN Sustainable Development Goal no. 12 “Responsible consumption and production can be realized in real estate projects

Year: 2019

Author(s): Line Barkved, Sondre Meland, Isabel Seifert-Dähnn and Christian Vogelsang

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN 978-82-577-7068-6

In 2018, the Research Council of Norway (NFR) announced funds under its programme User-driven Research based Innovation (BIA) for a cooperation between industry and research, aiming to co-create new innovation relevant knowledge to support UN Sustainable Development Goal (hereafter: goal) no. 12 “Responsible consumption and production”. The aim of the BIA programme is to make sustainability a competitive advantage for business and exploit the potential for value creation that lies in the sustainability challenge.

The proposal for a pilot project "Nordbyen 2020" was granted funding and reported here. Access Eiendom AS, Nordbyen Development AS and NIVA were partners. The pilot project was carried out in the period August - December 2018, and focused on sustainable area and property development. The following topics relevant for UN Goal no. 12 were addressed:

- a) Reduction of drinking water consumption and waste volume by using rainwater and stormwater, and reusing gray water as utility water (not drinking water) for e.g. irrigation, in sanitary installations, in recreational areas or as an aesthetic element in the building (UN target 12.5 and goal 6)
- b) Demonstration of the added value of innovative blue (water-related) and green (vegetation-related) solutions integrated into the building mass and landscape and as part of a larger network of blue-green infrastructure in Groruddalen, a district in Oslo (UN target 12.8, goal 11 and 15)
- c) Reducing food waste and resource input for food production by integrating local composting solutions, irrigation solutions and developing proposals for urban food production, both outdoors and indoors, activities that simultaneously create social meeting places and help raise awareness of sustainable resource utilization (UN target 12.3 and 12.8 and goal 11)
- d) Equip the developed solutions, especially under a) to c), with smart sensors that control the systems and help develop relevant information which can also be used to enhance desired, sustainable behavioral changes among residents, both private and business. (UN target 12.8 and goal 9)

The urban development project “Nordbyen 2020”, located in the eastern part of Groruddalen in Oslo, was used as an example in the pilot project. In particular, the pilot highlighted the sub-project Nord Lyset, which is planning to construct an environmentally friendly high-rise building housing 1,000 residential units. The pilot project aimed to document state-of-the-art solutions for topic a) to d) by identifying existing examples, describe these solutions and technologies relevance for Nordbyen 2020 and Nord Lyset, and discuss future research needs and innovation potential. The report concludes with a brief summary of the findings and their relevance for a possible main project.

Water-saving equipment in bathrms and kitchens are recommended as these have a great saving potential with only minor increase in price compared to traditional equipment. Rainwater harvesting was judged to be less suitable for saving drinking water, due to its high seasonal variation. Greywater (defined as all household wastewater except toilet water) have less fluctuations in volume, but demand more treatment than rainwater. In Denmark, successful examples include reusing light greywater (mainly from showers) for swimming pools, and reusing greywater for toilet flushing in residential units. Nordbyen 2020 will have a population density sufficient to utilize light greywater

(from laundry and personal hygiene) for toilet flushing. Due to the currently low water prices, one must weigh the additional cost related to greywater treatment system against the water savings one could achieve.

Oslo municipality demand developing projects to handle stormwater locally (i.e. on their own plot). There are solutions that meet this requirement, e.g. rain gardens, green roof and walls, dams and wetland. Still, it can be demanding to handle stormwater locally if and where infiltration capacity in the ground are low. New innovative solutions combine technology with nature-based solutions, such as green roofs able to store water which are connected to the weather forecast so that it empties automatically whenever large rainfalls are expected.

Every proposed solution which includes plants provide environmental benefits which can be quantified using ecosystem services approach. According to previous studies, proximity to green structures, such as parks and forests (e.g. Osloomarka), leads to increased housing prices (Traaholt, 2014). It is still unknown which qualities of green structures are causing the increased housing prices, because of their value for (current and future) homeowners.

Urban cultivation on roofs, balconies and ground level have gained popularity lately. In this context, there is a great potential for regenerating food waste and wastewater in natural cycles, such as compost or biogas production from food waste or use of gray water or roof water for irrigation. In Nordbyen 2020, assuming the current amount of food waste (42 kg per person per year), it will theoretically be possible to produce enough biogas and electricity to supply 27 Norwegian households with electricity for one year. Up to now, urban cultivation is mostly done outdoors, but it will be interesting to test it in connection with shopping centers or elsewhere where enough heat and light are available.

Most food waste reduction solutions are based on consumer behavioral changes. There are currently several app solutions that support that. In Nordbyen 2020, with its mix of homes, shops and restaurants, it might be appropriate to adapt such solutions for the local environment. But it will not be relevant until construction is finished.

Digitization is high on the agenda in Norwegian municipalities. Almost all proposed solutions for themes a) to c) can be combined with smart sensors that either control the systems or give consumers feedback on what consumption or savings they have achieved. At the same time, one must not forget that smart sensors and systems require some energy. Which solutions will be relevant to address, (further) develop and test in Nordbyen 2020 must be seen in the context of the other activities in the main project.

The development area Nordbyen 2020 is in an early phase of property development. It provides opportunities for facilitating solutions from the start. A main project could include the process of planning for such solutions. At the same time, it will be interesting to implement and test solutions during the use phase. Therefore, it is desirable for the main project to integrate one or more case study areas that represent already built edifices, but where still the installation of some suggested solutions is possible.

1 Introduksjon

Norges Forskningsråd (NFR) har utlyst midler for prosjektsamarbeid mellom næringsliv og forskning, for å skape ny kunnskap som skal fremme FN bærekraftsmål nr. 12 «Ansvarlig forbruk og produksjon». Målet er at næringslivet skal gjøre bærekraft til et konkurransefortrinn og utnytte det verdiskapingspotensialet som ligger i bærekraftutfordringene.

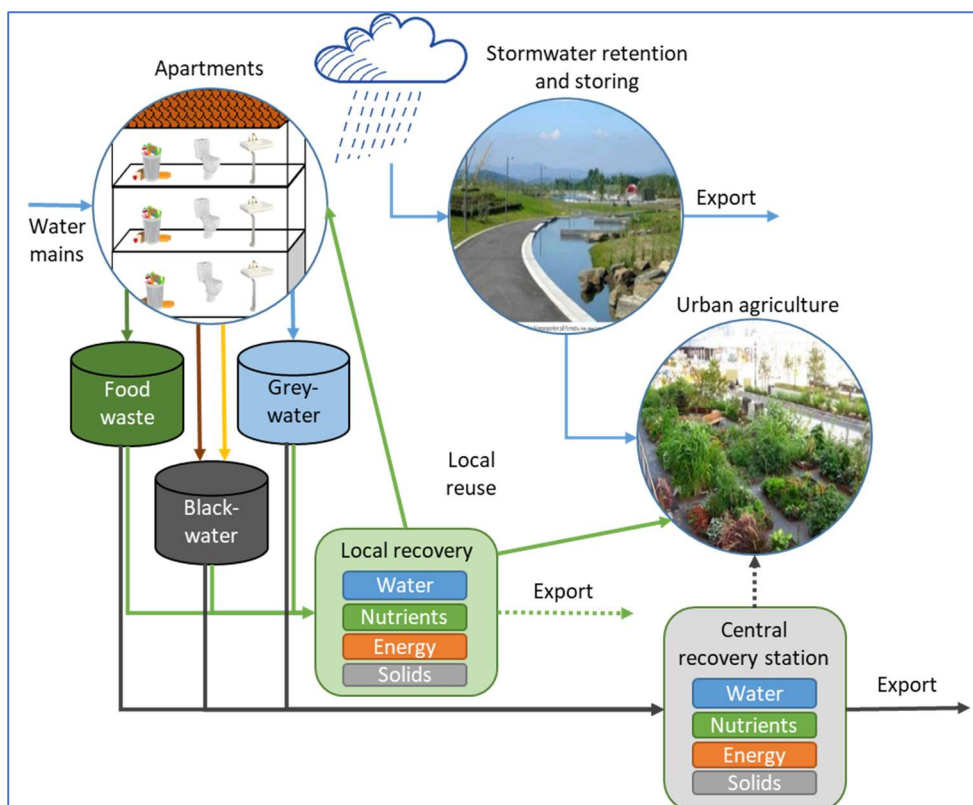
Både i forskning og praksis har det vist seg at det er behov for mer kunnskap om hvordan få til sirkulære og naturbaserte løsninger i konkrete eiendoms- og byutviklingsprosjekter. De offentlige kravene øker stadig for bl.a. materialbruk, energiforbruk, avfallshåndtering, utforming av bygg, sosiale og miljøvennlige utearealer, og håndtering av overvann. For eksempel finnes det ennå ikke BREEAM-NOR-sertifiserte bygg som oppnår toppkarakter i kategori «vann», og det er kun noen få sertifiserte eksempler i kategorien bolig og høyhus. Å henge etter på disse kravene kan være en risiko for eiendomsutvikler og kan redusere bokvaliteten på sikt. Derimot er det å tenke bærekraft gjennom hele livsløpet til bygninger eller områder, fra tidligfase/planleggingsfase til utførelse, en sjanse til å utvikle ny kunnskap som kan føre til nye produkter, prosesser eller tjenester og dermed bedre og mer verdifulle boliger.

Et forprosjekt som ble gjennomført i samarbeid mellom Access Eiendom AS, Nordbyen utvikling AS og NIVA i perioden August – Desember 2018, fokuserte på bærekraftig område- og eiendomsutvikling. Spesifikt adresserte prosjektet følgende temaer relevant for FNs bærekraftsmål (heretter; mål) nr. 12:

- a) redusere drikkevannsforbruk og avløpsvolum ved å ta i bruk regnvann og overvann, og gjenbruke gråvann som bruksvann (ikke drikkevann) til f.eks. vanning, i sanitærinstallasjoner, i rekreasjonsområder eller som estetisk element i bygget (FNs mål 12.5 og 6)
- b) demonstrere merverdien av innovative blå (vannrelaterte) og grønne (vegetasjonsrelaterte) løsninger integrert i bygningsmasse og landskap og som del av et større nett av blågrønn infrastruktur i Groruddalen, (FN mål 12.8, 11 og 15)
- c) redusere matsvinn og ressursinnsats for matproduksjon ved å integrere lokale komposteringsløsninger, vanningsløsninger og utvikle forslag til urban matproduksjon, både utendørs og innendørs, aktiviteter som samtidig skaper sosiale møteplasser og bidrar til å øke bevisstheten om bærekraftig ressursutnyttelse (FN mål 12.3, 12.8 og 11)
- d) utstyre de utviklede løsninger, særlig under a) og c) over, med smarte sensorer som styrer systemene og bidrar til å utvikle relevant informasjon som også kan brukes til å styrke ønskede, bærekraftige atferdsendringer hos beboere, både privathusholdninger og næringsliv. (FN mål 12.8 og 9)

I forprosjektet ble byutviklingsprosjektet «Nordbyen 2020», som ligger i østre del av Groruddalen i Oslo kommune, brukt som eksempel. Forprosjektet trakk særlig fram delprosjektet Nord Lyset, som planlegger et miljøvennlig høybygg med 1 000 boenheter. Etablering av enkelte høybygg, gjort på riktig måte, vil være mer bærekraftig enn spredt bebyggelse i byer ettersom høyhus gir høy befolkningstetthet på et lite areal, og frigjør plass til andre formål som kan fremme bærekraft.

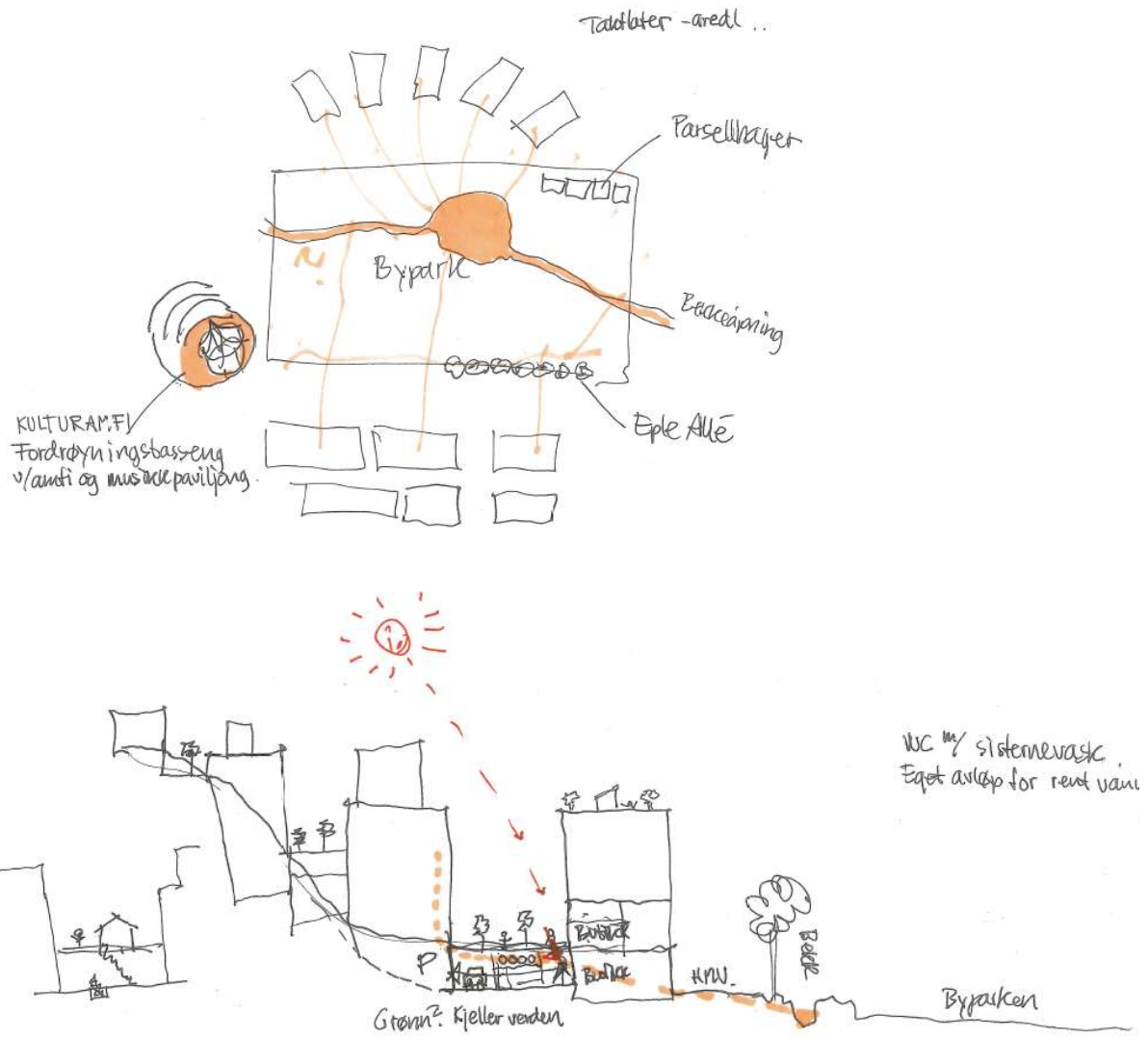
Figur 1 viser eksempelvis hvordan vann og matavfall kan brukes og gjenbrukes lokalt og regionalt i sammenheng med boligprosjekter.



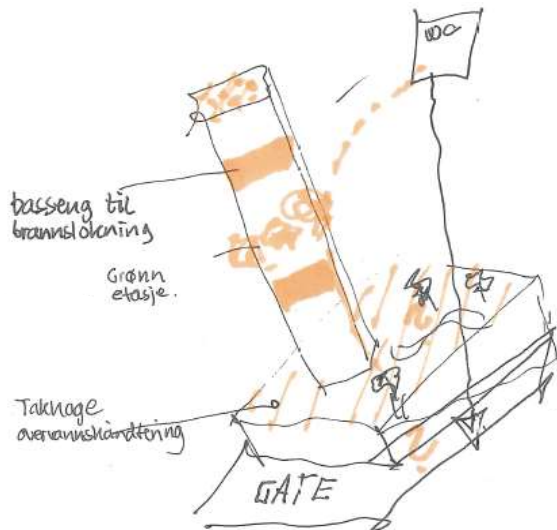
Figur 1. Prinsippskisse som beskriver hvordan regnvann, gråvann, svartvann og matavfall kan inngå i en lokal eller regional (sentralisert) sirkulasjon av ressurser for lokalt gjenbruk i en urban setting.

1.1 Basistall for Nordbyen og Nord Lyset

Nordbyen dekker et område på ca. 1 000 mål (10 000 000 m²) der ca. 50% vil være park og grøntområder. Innenfor dette området er det planlagt næringsbygg, skoler og ca. 8 000 boliger med 15.000 innbyggere (18.000 når studentene medregnes). For høyblokkprosjektet Nord Lyset er det planlagt 1.000 boenheter med plass til 1.800-2.000 beboere. Bygninger og asfaltert areal utgjør 400 000 m² tette flater. **Figur 2** og **Figur 3** viser illustrasjoner av hhv. Nordbyen og Nord Lyset tegnet av arkitekt Eldrid Forsland Lorentzen (Aspekt Arkitekter AS) under arbeidsmøte 3. september 2018.



Figur 2. Skisser av Nordbyen med noen aktuelle løsninger tegnet av Eldrid Forsland Lorentzen under møte 3.9.2018.



Figur 3. Skisse av Nord Lyset med noen aktuelle løsninger tegnet av Eldrid Forsland Lorentzen under møte 3.9.2018.



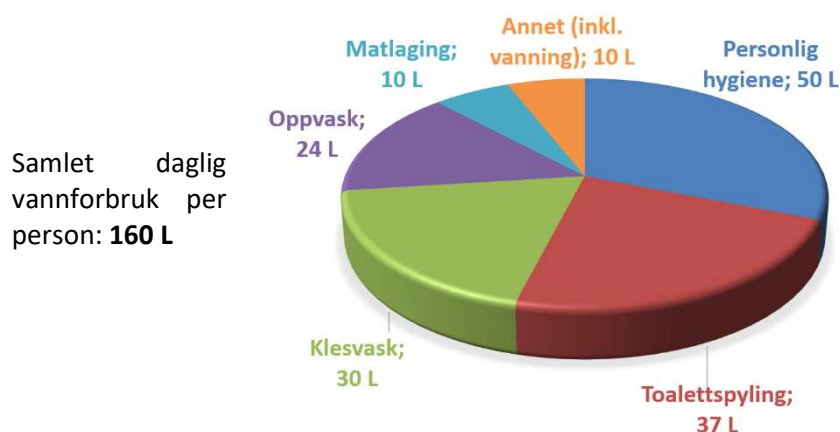
Figur 4. Grafisk illustrasjon av Nord Lyset i Nordbyen; ovenfra (øverst) og fra siden (nederst) (Kilde: Facilius AS; kopiert fra <https://vimeo.com/261138874>).

2 Tema A: Redusere drikkevannsforbruk og avløpsvolum

2.1 Hvorfor redusere drikkevannsforbruket og avløpsvolumet

Husholdningenes andel av det samlede drikkevannforbruket i Oslo er betydelig (42%, eller 63% hvis fratrukket de 34% som lekker ut på ledningsnettet¹). Dette forbruket, som er estimert til 160 L per person per dag, fordeler seg typisk som vist i **Figur 5**. Alt vann som ikke brukes til toalettspyling (123 L; 77%) kalles gråvann etter bruk, mens vann fra toalettet kalles svartvann (37 L; 23%). I dag kommer alt drikkevann fra de to vannverkene i Maridalen (Oset vannverk) og på Skullerud, mens alt gråvann og svartvann sendes samlet til rensing ved ett av de to sentrale avløpsrenseanleggene i Oslo-området (VEAS på Slemmestad og Bekkelaget renseanlegg på Bekkelaget i Oslo). Utover dette tilkommer drikkevann som brukes innenfor offentlige institusjoner, ulike typer tjenesteytende næringer, industri (f.eks. prosessvann og kjølevann) og vanningsvann til parker m.m.

Som nevnt er det et betydelig tap av drikkevann ute på ledningsnettet, hvorav en stor andel siver direkte inn på avløpsnettet og belaster dette. I tillegg til spillvann fra husholdninger, næringsbygg, industri etc. tilkommer også regnvann (ved avrenning ovenfra eller via grunnvann), spesielt i områder med fellesavløpssystem (i tillegg til diverse feilkoblinger, bekkelukkinger etc.). Alt dette behandles på de kommunale avløpsrenseanleggene. Spillvannet utgjør ca. 70% av belastningen på avløpsrenseanleggene i Oslo-området.



Figur 5. Estimert gjennomsnittlig vannforbruk per person per dag til ulike aktiviteter i husholdningene i Oslo kommune (Bomo & Schade, 2014).

¹ Basert på SSB-tall for vannforsyningen i Oslo i perioden 2015-2017.

Argumenter for et redusert drikkevannsforbruk

Selv om det er sjeldent Oslo opplever vannmangel, er det flere argumenter som taler for å redusere vannforbruket:

- 1) Kostnader knyttet til sentral drikkevannsproduksjon og avløpsvannrensing: Produksjon av drikkevann og rensing av avløpsvann koster samfunnet penger gjennom investeringer og vedlikehold av nødvendig infrastruktur og løpende driftskostnader. Siden hele 90-95% av produksjonsprisen for drikkevann er faste kostnader, er det ut fra et rent økonomisk perspektiv først hvis reduksjonen i drikkevannsforbruket hindrer nyutbygginger at det blir særskilt lønnsomt. Situasjonen er mer eller mindre tilsvarende for rensing av avløpsvann. I et område med sterk befolkningsvekst, som i Oslo, kan redusert belastning på vannverk og avløpsanlegg være viktig. I et lengre tidsperspektiv (tilsvarende forventet levealder på infrastrukturen) vil en omfattende omlegging av infrastrukturen for å støtte opp om en mer desentralisert håndtering av bruksvann (drikkevann og gjenbruksvann) og avløpsvann være lønnsomt både rent samfunnsøkonomisk og ut fra et bredt miljøperspektiv (LCA).
- 2) Det er forventet flere og lengre tørkeperioder, spesielt om sommeren: Redusert vannforbruk gir økt leveransesikkerhet.
- 3) Lokal vannbehandling kan i større grad tilpasse vannbehandlingen til behovet.
- 4) Ønsket om flere urbane grøntområder og urbant landbruk: Vanningsvann trenger ikke å ha drikkevannskvalitet, så det vil være en fordel om så mye som mulig av nødvendig vanning av nye grøntområder og lokal matproduksjon kan belage seg på lokalt høstet regnvann og gjenbruk av gråvann i stedet for å belaste den kommunale drikkevannsproduksjonen.
- 5) Redusert klimafotavtrykk og energiforbruk: Avhengig av hvilke løsninger som velges, ligger det et relativt stort potensiale for å redusere det samlede klimafotavtrykket og energibruken. Dette vil primært være knyttet til mer effektive hvitevarer og redusert transport (pumping) av vann.

2.2 State-of-the-art

2.2.1 Hvordan redusere drikkevannsforbruket

Tiltakene for å redusere forbruket av rent drikkevann kan deles inn i fem kategorier:

- 1) Tette interne lekkasjer; fra toalett, dryppende kraner og vannforbrukende utstyr – vi kjenner ikke til tall for Norge, men det er estimert til 14-17% av husholdningenes vannforbruk i USA
- 2) Tiltak som retter seg mot innbyggernes vannforbruksvaner; holdningskampanjer, effektiv bruk av eksisterende utstyr, økonomiske insentiver etc.
- 3) Sette inn vannbesparende utstyr; dusj, toalett, vaskemaskin, oppvaskmaskin
- 4) Bruk av regnvann som alternative vannkilde
- 5) Gjenbruk av vann; direkte gjenbruk eller etter rensing lokalt

Vi vil ikke gå nærmere inn på tiltak i de to første kategoriene, men i **Seksjon 2.2.2** ser vi litt nærmere på hva som kan være forventet effekt av å sette inn vannsparende utstyr og i **Seksjon 2.2.3** ser vi på hvordan man kan høste regnvann og hva slags vannkvalitet man kan forvente av dette. I **Seksjon 2.2.4** ser vi på aktuelle løsninger for direkte gjenbruk av gråvann, og hva slags type rensemetoder som kan være aktuelle for å øke gjenbruken av gråvann lokalt.

2.2.2 Forventet effekt av vannbesparende utstyr

Som det framgår av **Figur 5 og Tabell 1** er det en vesentlig andel av vannforbruket i en normal husholdning hvor det å bruke vannbesparende utstyr kan ha betydning for det totale vannforbruket.

Hvor mye vann det er mulig å spare er avhengig av hva man erstatter eller sammenligner med. I **Tabell 1** har vi gitt en indikasjon på potensialet for vannsparing ved denne typen tiltak. Det er antatt at man typisk kan redusere vannforbruket med ca. 20% på denne måten (Bomo & Schade, 2014), altså fra 160 L/pers*døgn til **128 L/pers*døgn**.

Kostnader

Med unntak av valg av ulike typer toalett, innebærer ikke valg av mer vannbesparende utstyr verken en nevneverdig større investering eller betydelig merarbeid enn de tradisjonelle ikke-vannbesparende alternativene. Et vanlig toalett, også toaletter med 2-knappsystem, koster typisk 1 500-5 000 kr og er normalt enkle å installere etter dagens bygningsnormer. Urinseparerende toaletter og vakuumpoaletter ligger vanligvis noe høyere i pris (ca. 7 000-10 000,-), mens enkelte vakuumpoaletter kommer med egen komposteringsenhet (f.eks. fra Jets) og koster da ca. 30 000 kr. Forbrenningstoaletter med innebygd forbrenningsenhet koster også i størrelsesorden 30 000 kr, men det kan antas at denne prisen kan reduseres betydelig med en sentralisert forbrenningsløsning.

Tabell 1. Indikasjon på forventet vannforbruk med og uten bruk av vannbesparende utstyr.

Aktivitet	Tiltak	Forventet forbruk
Dusjing	Vanlig dusj	12-18 L/min
	Vannbesparende dusjhode	3-8 L/min
Toalettspyling	Vanlig toalett 1980-1994	11-27 L/skyll ¹⁾
	Vanlig toalett etter 1994	6 L/skyll ¹⁾
	2-knapps lavtskyllende toalett	Liten: 2-3 L/skyll Stor: 4-6 L/skyll
	Urin-separerende toalett	1 L/skyll
	Vakuumpoalett	0,5 L/skyll
	Forbrenningstolett	0 L
Håndvask	Vanlig vask	Ca. 8 L/min
	Vannbesparende armatur	Ca. 6 L/min
	Strupeinnsatser	Ca. 3,5-4 L/min
Oppvask	For hånd	Ca. 80 L (full oppvask)
	Standard oppvaskmaskin	23-30 L/vask
	Vannbesparende oppvaskmaskiner	15-23 L/vask
Klesvask	Standard vaskemaskin	Ca. 80 L/vask
	Vannbesparende vaskemaskiner	Ca. 50 L/vask

1) Tall fra USA

2.2.3 Lokal høsting og utnyttelse av regnvann

Forventet regnvannshøstingspotensial

Det omtrentlige forventede daglige, ukentlige og årlige forbruket av vann til ulike formål i Nordbyen og Nord Lyset er vist i **Tabell 2**. Tallene stemmer relativt bra overens med tilsvarende tall for svenske husholdninger², selv om vannforbruket til klesvask og oppvask synes å være nesten dobbelt så stor i Norge som i Sverige.

Innenfor Nordbyen er det planlagt ca. 400 000 m² tette flater, hvor hustak og gater utgjør hoveddelen. Hvis man klarer å samle nedbøren fra i størrelsesorden 25% av dette arealet, altså 100 000 m², vil man kunne høste i størrelsesorden 76 000 m³/år ved en normal årsnedbør i Oslo (763 mm for målestasjonen på Blindern) og et forventet minimumstap av vann til fordampning på 10%. Det er betydelig variasjon i normalnedbøren mellom årstidene; minst i vinter- og vårmånedene med 36-55 mm (281 mm fra desember t.o.m. mai) og mest på sensommeren og høsten med 65-90

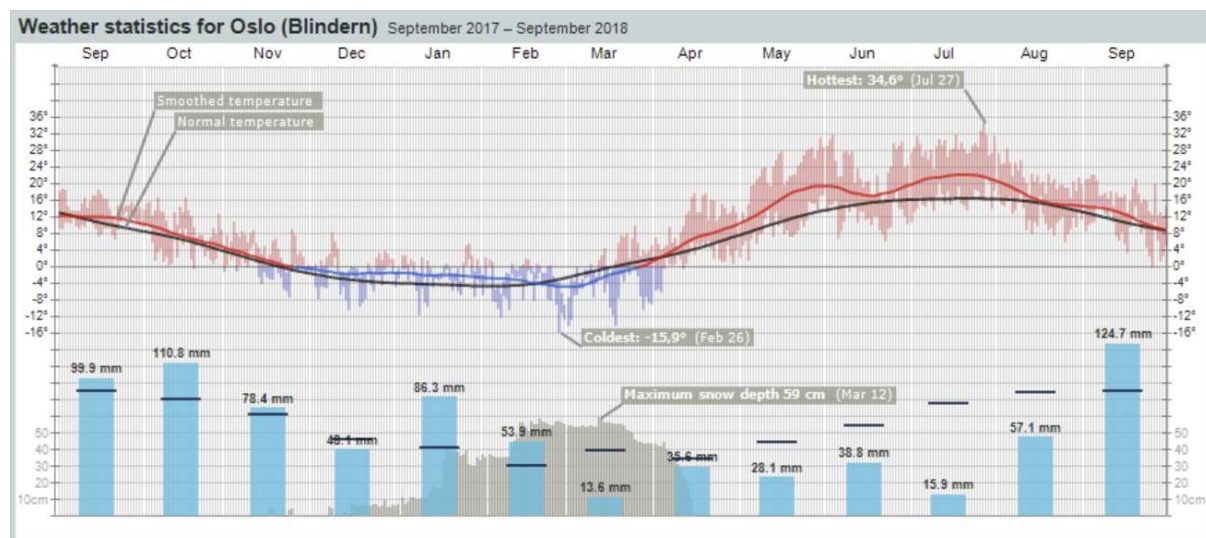
² <http://www.svensktvatten.se/fakta-om-vatten/dricksvattenfakta/>

mm (482 mm fra juni t.o.m. november) (se **Figur 6**). Dette gir et månedlig høstingspotensial på 3 240-8 100 m³ regnvann eller 810-1 890 m³/uke. Dog, med mindre man smelter nedbør i form av snø om vinteren, er ikke denne nedbøren (snø) tilgjengelig for høsting. Det er selvfølgelig også store usikkerheter knyttet til hvor mye nedbør som faktisk kommer, og om man i praksis klarer å fange opp hoveddelen av vannet i de største nedbørshendelsene. Våren og sommeren 2018 var ekstremt tørr med nedbør helt nede i 13,6 mm i mars og 15,9 mm i juli. September var derimot mer nedbørsrik enn normalt med 125 mm (**Figur 6**). Hvis vi bruker dette som forventet variasjon i nedbør framover, er det månedlige høstingspotensialet på 1 220-11 220 m³ regnvann eller 280-2 530 m³/uke. Uten noen form for vannsparing dekker dette 1,6-15% av vannforbruket innenfor Nordbyen.

Tabell 2. Vanlig forbruksmønster i norske husholdninger (Bomo & Schade, 2014) lagt til grunn for forventet forbruk i Nordbyen og Nord Lyset. Antall innbyggere i Nordbyen og Nord Lyset er estimert til henholdsvis 15 000 og 1 900, ifølge Aspekt Arkitekter.

	Per person L/d (%)	Nordbyen			Nord Lyset		
		m ³ /d	m ³ /uke	m ³ /år	m ³ /d	m ³ /uke	m ³ /år
Antall innbyggere	-	15 000			1 900		
Samlet vannforbruk	160 (100%)	2 400	16 800	876 000	304	2 128	110 960
Personlig hygiene	50 (31%)	744	5 208	271 560	94	660	34 398
Toalettspyling	37 (23%)	552	3 864	201 480	70	489	25 521
Klesvask	30 (19%)	456	3 192	166 440	58	404	21 082
Oppvask	24 (15%)	360	2 520	131 400	46	319	16 644
Matlaging	10 (6%)	144	1 008	52 560	18	128	6 658
Annet (inkl. vanning)	10 (6%)	144	1 008	52 560	18	128	6 658

I Danmark har myndighetene tatt en meget aktiv rolle i etablering av regnvannsanlegg for høsting og bruk av regnvann som alternativ vannkilde til formål som ikke krever drikkevannskvalitet. Blant annet har Rørcentret, ved Teknologisk Institutt på oppdrag for Miljø- og Energiministeriet og By- og Boligministeriet i Danmark, utarbeidet en veileder for høsting og gjenbruk av regnvann som inkluderer relativt detaljerte beskrivelser (Rørcentret, 2002). Rambøll har, på oppdrag for Naturstyrelsen i Danmark, oppsummert erfaringer med regnvannsanlegg i Danmark (Naturstyrelsen, 2014).



Figur 6. Nedbør og temperatur i 2018 sammenlignet med normalverdiene ved målestasjonen på Blindern³.

³ [https://www.yr.no/place/Norway/Oslo/Oslo/Oslo \(Blindern\) observation site/statistics.html](https://www.yr.no/place/Norway/Oslo/Oslo/Oslo%20(Blindern)/observation_site/statistics.html)

Forventet kvalitet på høstet regnvann

Kvaliteten på det høstede regnvannet vil være svært avhengig av hvilke overflater regnvannet har vært i kontakt med og hvor lenge denne kontakten har vart. Ledin et al. (2004) sammenfattet, på oppdrag for danske Miljøstyrelsen, all den gang tilgjengelig informasjon om vannkvalitet i høstet regnvann, og fant at et stort antall ulike forurensninger var blitt påvist (382) og et enda større antall forurensninger kunne potensielt forekomme i regnvannet (447), men at antallet og konsentrasjonene varierte enormt. Det foreslåtte måleprogrammet inneholder et stort spekter av parametere som burde vurderes (**Tabell 3**), men der lokale forhold avgjør hvilke som burde inkluderes i det endelige måleprogrammet.

Tabell 3. Måleprogram foreslått av Ledin et al. (2004) for vurdering av regnvannskvalitet.

Stoffgruppe	Inkluderte forbindelser
Basisparametere	pH, alkalitet, temperatur, ledningsevne, turbiditet, løst oksygen, BOF7, ikke-flyktig organisk stoff, sulfat, sulfid, klorid, suspendert stoff
Metaller	Al, As, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Fe, K, Mg, Mn, Ni, Pb, Se, Zn
Organiske miljøgifter	Diverse pesticider, alifatiske aminer, aromatiske hydrokarboner, halogenerte alifater, halogenerte aromatiske hydrokarboner, PAHer, etere, organotinforbindelser og organiske blyforbindelser
Generell mikrobiologi	Kimtal (22°C), Kimtal, (37°C), DEFT, gjærsopp
Indikatororganismer	Total koliforme, Enterokokker, <i>Esherichia coli</i>
Spesifikke patogener	Legionella pneumophila, Mycobacterium avium complex, Campylobacter jejuni, Helicobacter pylori, Aeromonas hydrophila, Pseudomonas aeruginosa, Cryptosporidium parvum, Giardia intestinalis, Toxoplasma gondii

Risiko knyttet til gjenbruk av regnvann som vanningsvann

Anbefalinger fra Vitenskapskomiteen for mattrygghet⁴:

- Størst risiko for forurensning av vegetabiler representerer bruk av overflatevann, spesielt ved bruk av spreder. Ved bruk av dryppvanning kommer ikke mikroorganismer i direkte kontakt med spiselige deler av vegetabiler over jorden. Derfor foreslås det ingen indikator for vanningsvannkvalitet ved dryppvanning.
- Valg av vanningsmetode vil ha vesentlig betydning for nivået av forurensning.
- Ved spredning av vanningsvann via luft blir konsentrasjonen av smittestoffer redusert i forhold til den initiale dose.
- En karenperiode etter siste vanning vil føre til reduksjon av de fleste patogene agens på grønnsaker, frukt og bær.
- Vegetabiler vannet med overflatevann utgjør ingen/ubetydelig helsemessig risiko knyttet til tungmetaller, persistente organiske miljøgifter og plantevernmidler.

⁴ Vitenskapskomiteen for mattrygghet (2014) [Kvalitetskrav for vann til jordvanning](#). Uttalelse fra Faggruppen for hygiene og smittestoffer i Vitenskapskomiteen for mattrygghet. 07.05.14, 30 sider.

2.2.4 Løsninger for gjenbruk av gråvann

I dag brukes det samme høykvalitetsvannet til alle bruksområdene, fra matlaging og personlig hygiene til spyling av toalettet. Dette er strengt tatt ikke nødvendig. Flere bruksområder tillater bruk av vann med lavere kvalitet, som skissert i **Tabell 4**. Samtidig er en god del av vannet etter bruk ikke mer forurenset at det kan gjenbrukes direkte eller etter relativt enkel rensing. Men man må også være klar over at det kan være hensyn knyttet til teknisk infrastruktur som stiller andre og strengere krav til vannkvaliteten for å unngå f.eks. korrosjon, gjentetting av siler og begroing av rørledninger.

US EPA har utarbeidet en omfattende veileder for gjenbruk av rensed avløpsvann til ulike formål, som vil være nyttig ved vurdering av bruk av regnvann og gjenbruk av gråvann (US EPA⁵).

Tabell 4. Krav til vannkvalitet for angitt bruk og forventet kvalitet på vannet etter bruk og faktorer som potensielt reduserer de direkte mulighetene for gjenbruk.

Bruksområder	Kvalitetskrav	Kvalitet etter bruk	Faktorer som potensielt reduserer gjenbruket
Personlig hygiene	Høyt	Moderat	Vaskemidler, partikler, fett, miljøgifter (rester etter personlige pleieprodukter), patogener, mikroplast
Toalettspyling	Lavt	Svært dårlig	Avføring (patogener, partikler, næringssalter, organisk stoff), urin (næringssalter, utfelte partikler, legemiddelrester)
Klesvask	Moderat	Moderat	Vaskemidler, partikler, mikroplast, patogener (barneklær)
Oppvask	Moderat	Dårlig	Vaskemidler, fett, partikler
Drikke og matlaging	Høyt	Dårlig	Fett, partikler
Hagevanning	Moderat-lavt	-	

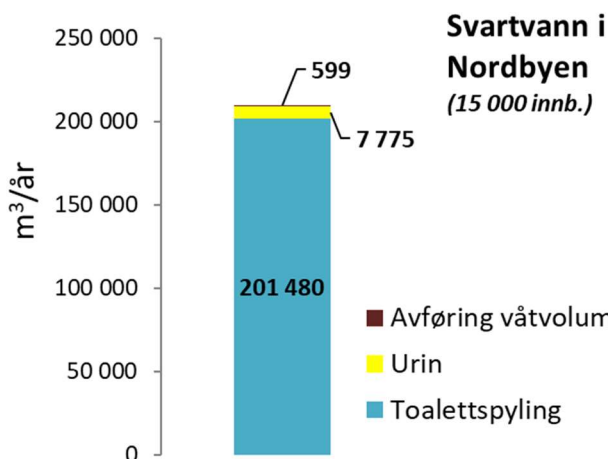
Et aktuelt eksempel for gjenbruk av gråvann kommer fra Danmark, der gråvann har blitt brukt i en svømmehall. Beregninger viser at man kan spare mellom 20 og 90% i drikkevannsforbruk, der besparelsene er avhengig av den ønskede graden av gjenbruk og størrelsen på gråvannstanken som implementeres (Miljøstyrelsen, 2017). Den samme rapporten belyser også mindre anlegg for bruk av regnvann og gjenbruk av gråvann i sammenheng med boliger. Resultatene er ikke entydig: Gjenbruk og rensing av gråvann for bruk i vaskemaskin funket bare i et begrenset tidsrom og det var noen luktproblemer forbundet med det, mens bruk til toalettspyling funket utmerket.

2.2.5 Løsninger for håndtering av svartvannet og høsting av dets ressurser

Et redusert vannforbruk vil også redusere mengden avløpsvann som kommer inn til avløpsrensianlegget nedstrøms. Samtidig har stoffbelastningen (næringssalter, partikler og organisk stoff) også stor betydning for rensianleggene. Det aller meste av næringssaltene (89% av nitrogen, 67% av fosfor, 81% av kalium, 65% av svovel), partiklene (74% av suspendert materiale), det organiske stoffet (54% av KOF og BOF₇) og sykdomsfremkallende mikroorganismer (ca. 100%) i husholdningsavløpet kommer fra toalettet (svartvannet) (Jönsson et al., 2005). Videre er kildene til disse urin, avføring og toalettpapir, der urinen utgjør den absolutt største andelen av nitrogen (88%), fosfor (64%), Kalium (71%) og svovel (81%), mens avføringen (og toalettpapiret) står for alt det partikulære materialet (suspenderte stoffet).

⁵ US EPA (2012) Guidelines for water reuse. EPA/600/R-12/618, September 2012, 643 pages.

I gjennomsnitt avgir en person 1,4 L urin og 128 g våtvekt avføring hver dag (Rose et al., 2015). Når dette blandes med ca. 37 L vann til normal toalettspyling, blir volumene fort store (se **Figur 7** og **Tabell 5**). Når dette igjen blandes med annet husholdningsavløp og annet spillvann fra næringsbygg og industri, samt regnvann, blir avløpsvannet veldig fortynnet når det kommer til avløpsrensaneanleggene.



Figur 7. Beregnet årlig mengde våtmengde avføring, urin og vann til toalettspyling innenfor Nordbyen.

Man ønsker i så stor grad som mulig å gjenvinne ressursene som ligger i avløpsvannet uten at disse forringes og uten å forbruke store mengder ressurser (les: energi og penger). I prinsippet kan dette gjøres lokalt, men for at dette skal lønne seg på sikt, vil kildesortering i en eller annen form stå sentralt. Man kan se for seg en rekke alternativer, f.eks:

1. Samlet behandling av svartvannet, stabilisering og hygienisering av bioslam til lokal bruk som gjødsel.
2. Separat håndtering av urin og avføring (urinseparerende toalett); urin til utvinning av N, P, K og S (struvitt-utfelling) og avføring til biogass sammen med matavfall.
3. Separat håndtering av urin og avføring (urinseparerende vakuuntoalett); urin til utvinning av N, P, K og S (struvitt-utfelling) og avbrenning av avføring i sentral forbrenningsenhet.
4. Som 3, men man kjører pyrolyse på avføring for å produsere biokull, som kan brukes som gjødsel og jordforbedringsmiddel i jordbruket.

Det er en rekke faktorer som vil være avgjørende for at dette vil være attraktivt. Noen av disse omhandler de rent praktiske sidene av løsningene;

- Enkel separering hos hver enkelt forbruker. Det finnes en rekke ulike toalettssystemer som separerer urin og avføring og som bruker svært lite eller ikke noe vann.
- Trygt og effektivt transportsystem som er enkelt å vedlikeholde. Avhengig av transportdistanse og eksisterende infrastruktur finnes det flere typer vakuumsystemer som kan egne seg godt. Her er det helt klart en fordel med høye hus/tettbebygde områder.
- Lokal eller semi-sentralisert håndtering, behandling og lagring. Avhengig av hva som behandles (avføring, urin eller gråvann), hva som skal hentes ut og hva som produseres, må man finne tilstrekkelig plass til de tekniske løsningene. Dette inkluderer også nødvendig lufting (og evt. tiltak knyttet til det) og mellomlagring av bi- og sluttprodukter. Volum spiller en helt sentral rolle. F.eks. vil tørr avføring ta opp vesentlig mindre plass enn vår avføring, mens avbrent avføring (aske) vil utgjøre en ytterligere betydelig volumreduksjon (se **Tabell 5**).
- Samkoordinering innenfor et større område. Det vil være viktig å koordinere alle delene av «produksjonslinjen» innenfor et større område for å sikre tilstrekkelig fleksibilitet og leveransesikkerhet.

Tabell 5. Estimerte volumer urin og avføring fra framtidige beboer i Nordbyen og Nord Lyset

	Per person	Nordbyen			Nord Lyset		
	L/d	m ³ /d	m ³ /uke	m ³ /år	m ³ /d	m ³ /uke	m ³ /år
Urin							
volum	1,42	21	149	7 775	2,7	19	985
Avføring							
volum	0,109	1,6	11	599	0,21	1,5	76
	kg/d	tonn/d	tonn/uke	tonn/år	tonn/d	tonn/uke	tonn/år
våtvekt	0,128 kg/d	1,9	13	701	0,24	1,7	89
tørrvekt	0,0301 kg/d	0,4	3	159	0,06	0,39	20
askemengde	0,0026 kg/d	0,039	0,3	14,3	0,005	0,035	1,81

2.3 Relevans for implementering av løsninger i Nordbyen 2020 og Nord Lyset

Alle de omtalte løsningene er av relevans for Nord Lyset og Nordbyen 2020. Det finnes per i dag ingen BREEAM-NOR-sertifiserte bygg som oppnår toppkarakter i kategori «vann». For gjenbruk av gråvann og utnyttelse av regnvann finnes det nok eksempler fra utlandet så teknologien er nokså moden, men muligens ikke testet ut under nordiske klimaforhold.

Implementering av slike løsninger vil trolig være forbundet med større utgaver for infrastruktur (f.eks. rørsystemer, gråvannsrensing, vannlagringstank) enn i vanlige boliger. Ergo krever det en nøye avveining for hvilke investeringer utbyggerne skal ta. Med dagens lave vannpriser kan det ta en stund før break-even er nådd, hvis man betrakter det rent økonomisk. Likevel kan slike løsninger føre til samfunnsøkonomiske gevinster ved f.eks. redusere sårbarhet mot svikt i dagens vannforsyning.

Gitt størrelsen til Nordbyen 2020 kunne det lønne seg å forhøre seg med kommunen å utlyse midler til innovasjonsanskaffelser for å teste ut nye løsninger for den kommunale infrastrukturen som er nødvendig i Nordbyen 2020.

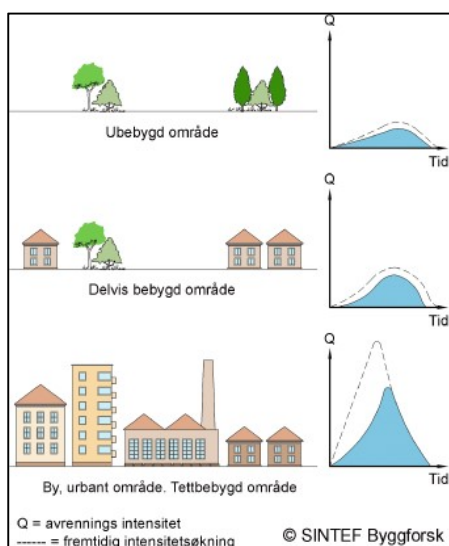
2.4 Videre forskningsbehov og innovasjonspotensiale

Mens det er nødvendig å spare vann ved å ta i bruk regnvann eller gjenbruke gråvann i tørre strøk, er det ikke nødvendig i Norge hvis man tar utgangspunkt i landets eksisterende vannressurser. Likevel kan det være interessant innovasjon for Norge, fordi slik teknologi vil ha et stort eksportpotensiale og noe kan også være relevant ved utbygging av hyttefelt.

Det finnes forskningsbehov for å teste ut løsninger under nordiske klimatiske forhold og koblet med smarte styringssystemer.

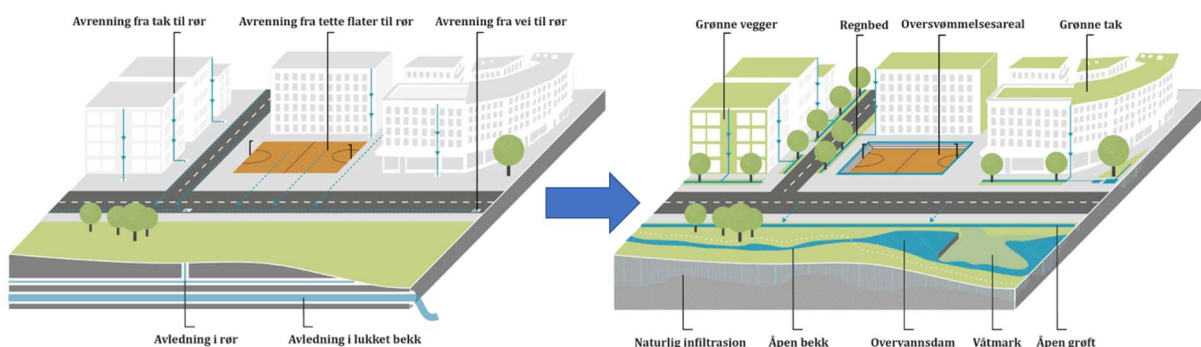
3 Tema B: Blå og grønne overvannsløsninger integrert i bygningsmassen og landskap

Håndtering av overvann er utfordrende i urbane områder hvor det ofte er hurtig og stor avrenning. Endringer i klimaet med mer intens og hyppig nedbør parallelt med økt urbanisering og andel tette flater forsterker denne utfordringen (Klima og Miljøverndepartementet, 2015). Dette er illustrert i Error! Reference source not found.8.



Figur 8. Avrenning fra bebygde og ubebygde områder etter nedbør. Kilde: (Klima og Miljøverndepartementet, 2015).

Dårlig eller mangelfull håndtering vil kunne medføre skader på byggverk og forurensning av vann og vassdrag. Overvannet har tradisjonelt vært håndtert gjennom konvensjonelle avløpsnett med drenerings- og renseløsninger. I noen tilfeller har også bekkestrekninger blitt lagt i rør, opprinnelig som en konsekvens av kloakk, forurensning og luktplager (Klima og Miljøverndepartementet, 2015). Denne måten å håndtere overvann har vist seg å ikke være bærekraftig, spesielt med tanke på konsekvensene av klimaendringene. I henhold til NOU'en «Overvann i byer og tettsteder» må derfor fremtidens håndtering av overvann basere seg på prinsipper om lokale og åpne løsninger som skal forebygge skader på helse, miljø, bebyggelse og infrastruktur samt utnytte overvannet som ressurs (Error! Reference source not found.9). Slike åpne løsninger har til hensikt å infiltrere, fordrøye og avlede overvannet på en trygg måte, såkalt treledsstrategi for overvann.





Figur 9. Overgang fra konvensjonell håndtering av overvann til åpen og lokal håndtering av overvann. Illustrasjon og figur modifisert etter (Klima og Miljøverndepartementet, 2015).

3.1 State-of-the-art

Mange av de lokale og åpne overvannsløsningene baserer seg på bruk av naturlige prinsipper og etterlikner naturen som grønne tak og vegger, åpne gresskledde grøfter, regnbed, våtmark og dammer. Slike løsninger blir ofte benevnt som blågrønne eller naturbaserte løsninger, se Error! Reference source not found.**6** og Error! Reference source not found.**10** og Error! Reference source not found. for eksempler. Blå-grønne løsninger kan integreres i bygninger, men også i landskapet. Begge vil kunne gi effekter lokalt, dvs. i umiddelbar nærhet, men også i en større sammenheng med andre blågrønne strukturer.

Tabell 6. Eksempel på blågrønne overvannsløsninger⁶.

Overvannsløsning	Beskrivelse og funksjon	Eksempel
Grønne tak	Tak dekket med vegetasjon bestående av f.eks. sedum (bergknapparter), gress, busker, trær og moser. Forskjellige utforming og vekt er mulig ⁷ . Bidrar til å forsinke avrenning fra tak. Kan også holde tilbake forurensning som kommer med nedbøren. En teknologisk viderutvikling er blågrønne tak, som lagrer større mengder vann ⁸	 <p>Foto: Bergknapp</p>
Grønne vegger	Klatreplanter plantet i bakken eller i beholder på egen vegg. Bidrar til å forsinke avrenning fra tak og vegger.	 <p>Foto: Bergknapp</p>

⁶ En oversikt over implementerte løsninger i Oslo finnes her:

<http://www.klimatilpasning.no/globalassets/publikasjoner/osloapneovervannskatalog.pdf>

⁷ For eksempler for grønne tak med forskjellige utforming ser her:

https://www.optigruen.de/fileadmin/contents/sprache_englisch_uk/flip-book-2017/files/assets/basic-html/index.html#1

⁸ <https://en.projectsmartroof.nl/news>




<p>Infiltrasjonsgrøfter og basseng</p>	<p>Typisk anlagt i sideareal langs ferdselsårer. Kunstig anlagt med infiltrasjonsløsning hvor den naturlige infiltrasjon i stedeagne masser er dårlig. Benyttes også som flomvei ved ekstremnedbør. Infiltrasjonsbasseng kombinerer magasinering med infiltrering i grunnen. Bidrar til å forsinke og fordrøye avrenning. Bidrar til opprettholdelse av grunnvann. Bidrar til rensing av overvannet.</p>	
<p>Regnbed</p>	<p>Beplantet basseng eller forsenkning i terrenget som tilføres overvann på overflaten for infiltrasjon og rensing. Bidrar til å forsinke og fordrøye avrenning. Bidrar til opprettholdelse av grunnvann. Bidrar til rensing av overvannet.</p>	
<p>Dammer</p>	<p>En dam med permanent vannspeil (tørrværsvolum). Dammen vil være dimensjonert for fordrøyning. Bidrar til å forsinke og fordrøye avrenning, samt bidrar til rensing av overvannet</p>	

Foto: Sondre Meland

Foto: Sondre Meland

Foto: Sondre Meland

Våtmark	Grunne dammer/bassenger med tett vegetasjon. Bidrar til å forsinke og fordrøye avrenning, samt bidrar til rensing av overvannet.	 <p data-bbox="807 616 1059 636">Foto: Sondre Meland</p>
---------	--	--

I Error! Reference source not found.**10** nedenfor vises et eksempel fra Illinois, USA⁹ hvor man har integrert en blå-grønn overvannsløsning i en rundkjøring. I prosjektet, som var ferdigstilt i 2010, har man forsøkt å få et samspill mellom håndtering av overvann, både mengde og kvalitet fra veiene, og tilgjengelighet for parklignende grøntområde for beboerne. Løsningen har en antatt kapasitet til å lagre og renses $10\,600\text{ m}^3$ overvann fra nærliggende områder inkludert veier fra et areal på $5\,500\text{ m}^2$. Overvannet renses ved bruk av sandfilter, UV-filter og ved bruk av våtmarksplanter. Det rensede vannet, ca. halvparten, samles opp og gjenbrukes i selve løsningen eller benyttes til vanning av planter. Rensegraden for partikler, fosfor og nitrogen er angitt til å være henholdsvis ca. 90 %, 80 % og 65 %. Økt trafiksikkerhet og karbonfangst og luftrensing er andre positive sider som er trukket frem. Mye har fungert bra, men det har også vært utfordringer som f.eks. for lite vann til vanning ved spesielt tørre perioder, publikums misnøye med manglende vannstrømning i tørre perioder og utfordringer i forhold til beplantning.

⁹ Informasjon hentet fra <https://www.landscapeperformance.org/case-study-briefs/uptown-normal-circle-and-streetscape#/lessons-learned>

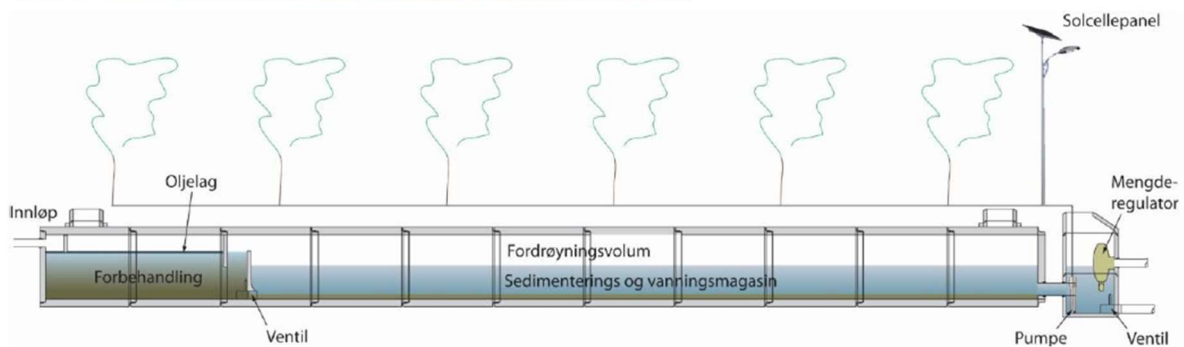


Figur 10. The Circle in Uptown Normal, Illinois, USA. (kopierte fra: Landscape Performance Series, foto/illustrasjoner: Scott Shigley og Hoerr Schaudt).

Error! Reference source not found.11 viser eksempel på overvannsløsning basert på prefabrikerte betongrør med den hensikt å rense og samle opp forurenset overvann fra vei og gater (Solfjeld, 2014). Løsningen er designet for å kunne teste ut ulike filtermaterialer i kombinasjon med sedimentering. Den er i tillegg designet for å gjenbruke rensset vann til vanning av trær og annen beplantning. Slike løsninger kan være velegnet i områder med liten tilgjengelig plass (arealknapphet), hvor mer arealkrevende blå-grønne løsninger som f.eks. dammer tar for stor plass. I denne løsningen vil man også spare drikkevann ved å gjenbruke magasinert og rensset overvann til vanning. Det var også planlagt å studere tåleevnen til ulike treslag ovenfor veisalt og andre forurensningsstoffer som er typisk for overvann i urbane områder. I prosjektet ble det estimert et vannforbruk for et stort tre (småblad lind, *Tilia cordata*) med 20 m krone i diameter til å være 1 055 liter på en sommerdag i juli. Løsningen var dimensjonert og planlagt uttestet ved Ring 3 Ulven i Oslo, men på grunn av krevende grunnforhold i det aktuelle området lot det seg dessverre ikke bygge.

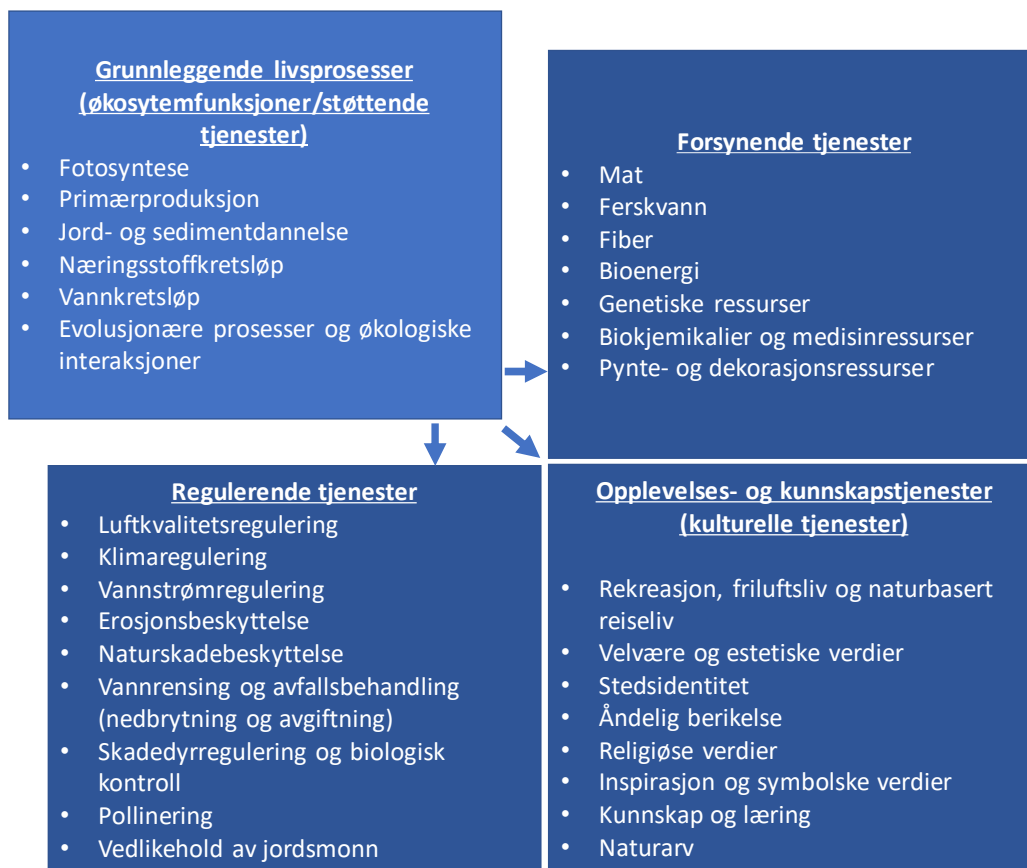


- Fordrøye overvann
- Rense overvann for partikler og forurensningsstoffer
- Overvannet benyttes som ressurs til vanning av beplantede arealer



Figur 11. Løsning for å håndtere overvann fra vei og gaterom, inkludert løsning for gjenbruk av rensset overvann til vanning av trær. Illustrasjon er kopiert og modifisert etter Solfeld (2014).

Felles for disse løsningene er at de i tillegg til å håndtere overvann i form av fordrøyning og rensing kan gi en rekke tilleggstjenester og goder i form av økosystemtjenester. Økosystemtjenester er kort oppsummert *økosystemenes direkte og indirekte bidrag til menneskelig velferd*. Hovedkategorier av norske økosystemtjenester, definert i NOU "Naturens goder – om verdier av økosystemtjenester" (NOU 2013:10), er vist i Error! Reference source not found.12 under. Blågrønne løsninger vil sammen med annen blågrønn infrastruktur falle inn under begrepet urbane økosystemtjenester som kan defineres som «de tjenester som kan produseres innenfor klassiske bymiljø med relativt høy befolkningstetthet og som i hovedsak gir nytte for befolkningen innenfor bygrensen (og særlig de mest sentrale delene av byområdet)» (Magnussen et al., 2015).



Figur 12. Hovedkategorier av norske økosystemtjenester definert i NOU «Naturens goder – om verdier av økosystemtjenester». Modifisert etter Miljøverndepartementet (2013).

Nyere forskning har vist at blågrønne løsninger til overvannshåndtering kan bidra betydelig innen en rekke økosystemtjenester utover de regulerende tjenestene fordrøyning og rensing av overvannet (Mak et al., 2017; Moore & Hunt, 2012; Prudencio & Null, 2018; Scholz et al., 2013). Eksempler er biodiversitet og habitat for arter (grunnleggende livsproesser), regulering av lokalt klima og luftkvalitet (regulerende tjenester), vannforsyning, vegetasjon og biomasse til energibruk, mat og vann (forsynende tjenester), samt rekreasjon, estetikk, læring og opplevelser (kulturelle tjenester). Som konkludert i Prudencio og Null (2018) er grunnleggende livsproesser og kulturelle tjenester tilknyttet blågrønne overvannsløsninger betydelig mindre undersøkt enn forsynende og regulerende tjenester. I tillegg så er det en betydelig andel av studier som nevner økosystemtjenester kvalitativt, men få har undersøkt eller kvantifisert verdiene. På samme måte som de blågrønne løsningene bidrar positivt med en rekke økosystemtjenester så kan de også medføre negative økosystemtjenester. Eksempel på dette kan være spredning av uønskede arter og fekale forurensing fra fugler.

3.1.1 Restaurering og bekkeåpninger

Det er lang tradisjon for å gjennomføre tiltak for å f.eks. bevare arter og naturmangfold i Norge. Restaurering av natur, eller økologisk restaurering som nytt begrep og eget fagfelt er imidlertid relativt nytt i Norge (Hagen et al., 2016), og langt mindre fremtredende sammenlignet med f.eks. andre land i Europa hvor nedbygging av areal har vært større. Økologisk restaurering er imidlertid nå ansett som svært viktig for å nå vedtatte nasjonale og internasjonale miljømål (Hagen et al., 2016). Ved å restaurere gamle tiltak, f.eks. bekker lagt i rør, kan man forbedre de økologiske, estetiske og landskapsmessige kvalitetene for naturmiljøet og for folk flest (Hagen & Skringo, 2010). Sentralt i restaureringsøkologien er å kombinere de tekniske og økologiske mulighetene i sammenheng med politiske, økonomiske og samfunnsmessige rammebetingelser.

Eksempel på restaurering av urbant vassdrag er Ilabekken i Trondheim med utspring fra Bymarka og utløp i Trondheimsfjorden. Ilabekken har vært en typisk urban bekk med betydelig innslag av kloakk og avrenning fra tette flater som har gitt dårlig vannkvalitet. Nedre del av Ilabekken rant tidligere gjennom en 700 m lang kulvert og 100 m rør før utløpet i Ilsvikøra og Trondheimsfjorden. I 2005-2008 ble denne strekningen gjenåpnet og gjort tilgjengelig som friområde (Error! Reference source not found.**13**). Det var et stort ønske om å bevare og forsterke grøntområdet og ikke minst legge til rette for biologisk mangfold (Multiconsult, 2010). I rapporten «Økosystemtjenester fra grønnstruktur i norske byer og tettsteder» ble det anslått en kostnad på 20 millioner kroner for gjenåpning av bekken og opparbeidelse av grøntstruktur mens en rehabilitering eller erstatning av eksisterende kulvert ble estimert til å koste 30 millioner kroner (Magnussen et al., 2015). De konkluderte med at bekkåpningsprosjekter i urbane områder kan være en kostnadseffektiv måte for håndtering av overvann. Videre listet de følgende økosystemtjenester som de viktigste fra gjenåpningen av Ilabekken:

- Grunnleggende livsprosesser / støttende tjenester:
 - Støttende ivaretagelse av biologisk mangfold
- Regulerende tjenester:
 - Vannhåndtering av et historisk sett flomutsatt vassdrag
 - Rensing av vann for å sikre god vannkvalitet
- Kulturelle tjenester
 - Rekreasjon, mental og fysisk helse. Parken utgjør et viktig område for møte mellom folk, turgåing og rekreasjon.
 - Utdannelse og kognitiv utvikling. Området gir gode muligheter for naturopplevelser, læring og undervisning.
 - Estetiske verdier. Området har betydelig innslag av estetiske kvaliteter i forhold til steinsetting, fossefall og skulpturer.
 - Stedsidentitet og kulturarv. Området har vært viktig helt tilbake til 1100-tallet og var Trondheims viktigste vannkilde i middelalderen.

Biologiske undersøkelser i bekken i etterkant viste at det relativt raskt etablerte seg et godt å velfungerende økosystem med bunndyr og reetablering av sjøørret (*Salmo trutta*), men med betydelige sesongvariasjoner i de første årene. Sesongvariasjonen følger trolig av perioder med tørrlegging, gravearbeider og andre fysiske forstyrrelser (Bergan, 2010). I 2014 ble det imidlertid en betydelig forverring av bunndyrsamfunnet, noe som ble relatert til lav vannføring kombinert med høy soleksponering grunnet lite skyggegivende vegetasjon som gav stor algebegroing i bekken. Forholdene bedret seg igjen i 2015, men i 2016 ble Ilabekken rotenonbehandlet og bunndyrfaunaen kollapset. Siste publiserte undersøkelser fra 2017 viser imidlertid en reetablering av bunndyrfaunaen (Bergan, 2016; Bergan, 2018; Bergan, 2010).



Figur 13. Ilabekken renner fra Bymarka i Trondheim og ut til Trondheimsfjorden ved Ilsvikøra på vestsiden av Trondheim sentrum. Bekken gikk tidligere bl.a. i en 700 meter lang kulvert før utløpet til fjorden. I 2006 ble bekken gjenåpnet. Bekken har erosjonssikring for å tåle en tusenårsflom og kantsonen er utformet så naturlig som mulig i forhold til gitte hydrauliske forhold (Foto: Mette Wormdal, Multiconsult).

Erfaringene fra Ilabekken viser med all tydelighet at det er mulig å få til gode løsninger for vannhåndtering og samtidig legge til rette for gode opplevelser og bevaring av naturmangfold og andre økosystemtjenester. Samtidig viser det at slike prosjekter er avhengig av tverrfaglighet for å lykkes. Og den kan også være et eksempel som viser hvor viktig det er å følge opp tiltakene over tid for å kunne høste erfaringer som kan benyttes inn i andre prosjekter.

3.1.2 Kostnader og økonomi

Flere studier i Norge (se Boks 1 og 2 nedenfor), men også i andre land har vist at å ha grøntområder i nærheten ofte utgjør en direkte økonomisk gevinst i form av økte boligpriser. Mens disse studier relaterer seg til parker eller naturlige områder som skog og mark, dvs. uteområder, så finnes det også evidens fra New York (Ichihara & Cohen, 2011) og Amsterdam (Goedbloed & Claassen, 2014) at husleien er høyere i hus med grønne tak. Grønne tak kan også bidra til energibesparelser pga. sin kjølede effekt om sommeren (Francis & Jensen, 2017), som kommer beboerne av husene til gode.

Boks 1. Grønnstruktur og leilighetspriser i Oslo. Hentet fra Magnussen et al. (2015) basert på informasjon fra Traaholt (2014) og Barton et al. (2015).

Grønnstruktur påvirker priser på leiligheter i Oslo

Traaholt (2014) analyserte hvordan grønnstruktur i Oslo påvirker leilighetspriser. Traaholts studie er basert på en statistisk analyse av data for solgte leiligheter i Oslo i perioden 2004-2014, i alt 9 441 leiligheter. Traaholts studie viste blant annet følgende sammenhenger:

- Park: I Oslo er en gjennomsnittslilighet som ligger direkte ut til en park 5 prosent dyrere enn en gjennomsnittleilighet som ligger mer enn 500 meter fra parken, når alt annet er likt. Effekten faller jevnt ut til 500 meter fra parken.
- Ferskvann: I Oslo får en gjennomsnittslilighet som befinner seg innenfor 200 meter fra ferskvann i gjennomsnitt en ekstra verdi på 2,4 prosent når alt annet er likt.
- Marka: I Oslo er en gjennomsnittslilighet som ligger direkte ut til Marka 5 prosent dyrere enn en gjennomsnittleilighet som ligger mer enn 500 meter fra Marka, når alt annet er likt. Effekten faller jevnt ut til 500 meter fra Marka.

Barton et al. (2015) benyttet Traaholts studie til å vurdere den totale innvirkning grønnstruktur i Oslo har på verdien av leilighetene i byen. Ved hjelp av GIS-analyser av hvor langt leilighetene i Oslo ligger fra grønnstruktur, estimerte Barton et al. den totale innvirkning av grønnstruktur på leilighetspriser i Oslo til minst 19 milliarder kroner.

Boks 2. Virkninger av blågrønne løsninger i Bjerkedalen bydelspark i Oslo. Hentet fra Magnussen et al. (2015) basert på informasjon fra Reinvang et al. (2014).

Blågrønne løsninger i Bjerkedalen bydelspark i Oslo

Reinvang et al. (2014) benyttet Traaholts studie (se boks 3.11) til å vurdere effekten av den nyåpnede Bjerkedalen bydelspark i Oslo, en ny bydelspark som inkluderte gjenåpning av Hovinbekken.

Bydelsparken kostet ca. 60 millioner kroner.

Reinvang et al. estimerte at den nye bydelsparken medførte en prisøkning på totalt 48 millioner kroner i Bjerkedalen borettslag (med 290 leiligheter innenfor 200 meter fra den nye bydelsparken), sammenlignet med gjennomsnittsliligheter i Oslo mer enn 500 meter fra grønnstruktur.

Reinvang et al. påpeker at langt flere leiligheter enn de i Bjerkedalen borettslag drar nytte av den nye bydelsparken og at den fulle økning i eiendomspriser lokalt som følge av parken således må antas å være større enn 48 millioner.

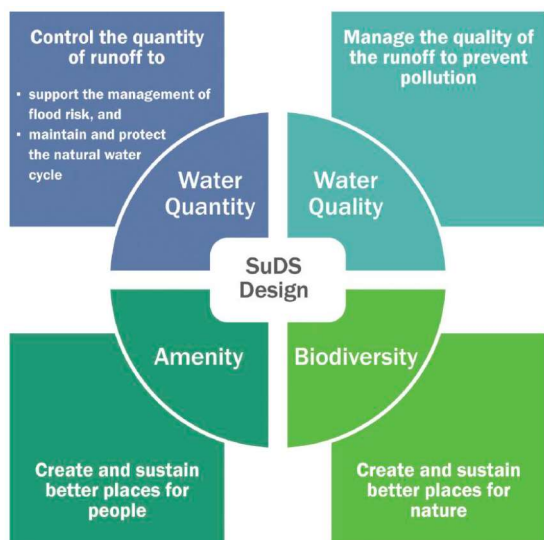
3.2 Relevans for implementering av løsninger i Nordbyen 2020 og Nord Lyset

I byplanlegging generelt og Nordbyen 2020 spesielt vil det være viktig å planlegge håndtering og bruk av overvann på en god måte og i sammenheng med drikkevannsforbruk og gjenbruk av gråvann som behandlet i kapittel 2. En tilnærming med bruk av økosystemtjenester som beslutningsgrunnlag for valg av blågrønne løsninger, samt deres utforming og størrelse, vil være viktig i den helhetlige planleggingen av Nordbyen 2020. Ved systematisk legge vekt på de blågrønne løsningenes økosystemtjenester vil man ikke bare vektlegge kontroll av vannmengder og vannkvalitet, men også en rekke andre viktige tjenester som f.eks. biodiversitet og rekreasjon. Dette vil igjen kunne bidra til å forbedre urbane økosystemer i en større skala, og ikke bare i det enkelte byggeprosjekt, ved at de blågrønne løsningene blir vevd sammen med annen blågrønn infrastruktur som parker, hager, elver og dammer/innsjøer i det urbane miljøet (sikrer økologisk konektivitet).

I Oslo kommune er det et generelt ønske om å gjenåpne bekker som ligger i rør (les Oslo kommunes byøkologiske program (2011)). Dette gjelder også Tokerudbekken som inngår i kommunedelplanen for Alna miljøpark (Oslo kommune, 2013) . Tokerudbekken rant opprinnelig gjennom det som i dag er Rommensletta idrettspark. Bekken ble lagt i rør rundt 1960 i forbindelse med at området ble benyttet som avfallsdeponi (deponiet ble avviklet i 1970) (Oslo kommune, 2016). Tokerudbekken vil være viktig i utviklingen av Nordbyen 2020. I **Figur 14** vises en illustrasjon over den «Nye Rommenbekken» som skal bedre overvannshåndteringen på Rommensletta, samt bidra til naturopplevelser og økt bruksverdi for området. Bekkeløsningen skal også være et tiltak mot redusert infiltrasjon av overvann gjennom de forurensede massene i de gamle avfallsdeponiene i området. Tokerudbekken skal ikke være en del av Rommenbekken, men Rommenbekken vil sammen med en gjenåpning av Tokerudbekken bidra til blågrønn infrastruktur som bl.a. vil sikre økologisk konektivitet i området.



Figur 14. Illustrasjon over «nye Rommenbekken». Det etableres et bekkedrag med vannspeil som skal forbedre overvannshåndteringen. Bekken vil variere i bredde og dybde med innbygde terskler for å sikre vannspeil i tørrere perioder. Bekken vil også bidra til gode opplevelser og økt bruksverdi (kilde: <https://www.oslo.kommune.no/politikk-og-administrasjon/slik-bygger-vi-oslo/rommensletta/#gref>)



Figur 15. Design categories and associated objective as defined by the CIRIA SuDS manual (Ballard et al. 2015).

En nylig publisert masteroppgave fra Norges miljø og biovitenskapelige universitet (NMBU) omhandler gjenåpning av urbane vassdrag og har benyttet Torshovbekken og Ilabekken i Oslo som mulighetsstudier (Nygård, 2018). Oppgaven tar for seg ulike delstrekninger og foreslår ulike tiltak for overvannshåndtering som er tilpasset det urbane landskapet (Error! Reference source not found.16 og Error! Reference source not found.17). Oppgaven vil være en fin inspirasjonskilde for hvordan overvannshåndtering kan planlegges og gjennomføres i Nordbyen, samt hvordan Tokerudbekken kan inngå som viktig blågrønn infrastruktur lokalt og i en større sammenheng. Det samme er arbeidet med å åpne Hovinbekken.

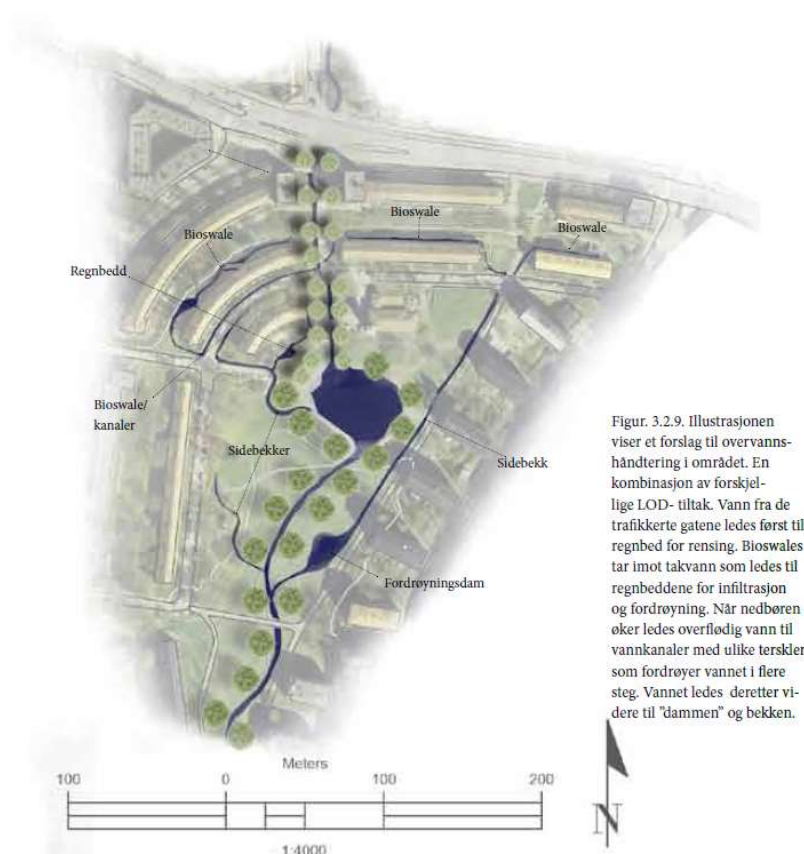
PROSJEKTERING ILABEKKEN



Figur. 3.2.5. Kubaparken vannanlegg på sørsiden av AHO, med terskeldammer, og blomsterbed.

Figur 16. Illustrasjon over Kubaparken vannanlegg i Ilabekken som består av gjentagende terskeldammer og mindre fossefall. Terskeldammene har en litt fri plassering i terrenget. Den midtre dammen har sitteplasser. Kubaringen nederst til høyre er tenkt som mulig oversvømmelsesareal ved ekstremnedbør. Hentet fra Nygård (2018).

FORSLAG TIL LOKAL OVERVANNSHÅNDTERING LOKAL OVERVANNSHÅNDTERING ØVERST I ILAPARKEN



Figur. 3.2.9. Illustrasjonen viser et forslag til overvannshåndtering i området. En kombinasjon av forskjellige LOD- tiltak. Vann fra de trafikkerte gatene ledes først til regnbed for rensing. Bioswales tar imot takvann som ledes til regnbeddene for infiltrasjon og fordrøyning. Når nedbøren øker ledes overflødig vann til vannkanaler med ulike terskler som fordrøyer vannet i flere steg. Vannet ledes deretter videre til "dammen" og bekken.

Figur 17. Illustrasjon som viser forslag til lokal overvannshåndtering øverst i Ilaparken. Hentet fra Nygård (2018).

3.3 Videre forskningsbehov og innovasjonspotensial

I sammenheng med overvann ble følgende forskningsbehov identifisert:

- Tenke overvann som ressurs og i sammenheng med de andre vannutfordringer.
- Komme over skillet mellom private eiendom (håndtering av overvann på den tilhørende tomten) og offentlige områder (gjenåpne elvestrekning som kunne ta imot overvann).
- Forske på hvor mange og hvilke funksjoner blå-grønne løsninger kan oppfylle samtidig på en bra måte – tidligere eksempler har vist at det er ikke mulig å oppnå alle ønskede funksjoner samtidig (f.eks. Tegilverksdam er en rensedam – men ikke tenkt til bading)
- Det er behov for å gjennomføre forskning i eksisterende bekkeåpningsprosjekter og områder med utstrakt bruk av blågrønne løsninger. Hovinbekken og Fornebulandet er to interessante studieområder. I tillegg er det viktig å studere utviklingen av overvannshåndteringen på Rommensletta, dvs. den «Nye Rommenbekken». Det vil bl.a. være interessant å se nærmere på økologisk suksess; hvor raskt dyreliv etablerer seg i de ulike elementene i overvannssystemet.
- Finne ut hvilke kvaliteter av et grøntområde fører til en økning i boligpriser.

Det ligger også et innovasjonspotensial i det å tenke en kombinasjon av naturbaserte og tekniske løsninger som f.eks. smarte grønne tak som kan lagre vann og som tømmer seg automatisk hvis mye regn er varslet¹⁰.

¹⁰ <https://en.projectsmartroof.nl/news>

4 Tema C: Redusere matsvinn og ressursinnsats for matproduksjon

UNs bærekraftsmål nr. 12.3 er å halvere matsvinn per innbygger i alle ledd innen 2030. Matsvinn defineres slik av regjeringen i Norge: "*Matsvinn omfatter alle nyttbare deler av mat produsert for mennesker, men som enten kastes eller tas ut av matkjeden til andre formål enn menneskeføde, fra tidspunktet når dyr og planter er slaktet eller høstet.*"¹¹

Den totale mengden matsvinn i Norge som oppstår i matindustrien, hos grossist, dagligvarehandelen og husholdninger var 335 000 tonn i 2015, ifølge estimatene til Stensgård og Hanssen (2016). Matsvinn i hotell- og serveringsbransjen, primærproduksjon, offentlige virksomheter (skoler, sykehus ol.) og kontorer er ikke inkludert i disse tallene. Mesteparten av matsvinn oppstår i husholdninger (61%), etterfulgt av matindustrien (21%), dagligvarehandel (17%) og grossist (1%). I husholdninger ble matsvinn estimert til å være omtrent 42 kg/innbygger (Pettersen et al., 2017; Stensgård & Hanssen; Syversen et al., 2018). De viktigste årsakene til at mat kastes er at den har «utgått på dato» etterfulgt av «reduert produktkvalitet», noe som ofte skyldes dårlig planlegging av måltider, men også feil oppbevaring av matvarer. Hovedmotivasjonen for å redusere matsvinn i husholdninger er å spare penger som ellers går tapt når de kaster maten (Schanes et al., 2018).

Matsvinn representerer ikke bare et økonomisk tap. Det er også forbundet med negativ påvirkning på miljøet i form av ressurstap (energi, vann m.m.), klimagassutslipp og annen forurensing ved produksjon og transport av matvarer.

I Norge har regjeringen ved fem departementer og matbransjen ved 12 bransjeorganisasjoner inngått en bransjeavtale for å redusere mengden matsvinn i Norge med 20 % innen 2020, 30 % innen 2025 og 50 % innen 2030. Ved slutten av september 2018 hadde 60 virksomheter signert tilslutningserklæringer¹². Disse avtalene involverer i liten grad husholdningene, hvor det største matsvinnet oppstår.

Matsvinn som tema er tett knyttet til temaene ressursutnyttelse av matavfall og urban matproduksjon. Matavfall kan brukes til dyrefôr, til å lage kompost eller produsere biogass. Det finnes forskjellige tekniske løsninger (f.eks. varmekompostering, bokashi-kompostering) for å gjøre det.

Lokal matproduksjon eller urban dyrking har blitt veldig populært i de siste årene, også i Norge. Det kan skje på takoverflatene, i pallekarmer, horisontalt og vertikalt, innendørs og utendørs, ved manuell eller høyautomatisert drift. Ved siden av kommersiell drift, ofte med produkter i høyprissegmenter (f.eks. lokale, økologiske grønnsaker til bruk i restauranter), finnes det også flere og flere urbane dyrkingsprosjekter som skjer på bolig- eller nabolagsnivå. Intensjonen her er ofte mer enn bare matproduksjon, slik som å skape sosiale møteplasser. Det er flere studier som tilsier at dyrking og hagebruk er forbundet med forbedringer i fysisk, psykisk og sosial helse (Soga et al., 2017).

Fordelen med lokal kompostering, biogassproduksjon eller dyrking er at verdiskaping og forbruk stort sett skjer lokalt, dvs. det sparer miljøet for transportkostnader og det økologiske fotavtrykket av matvarer kan bli mindre. Samtidig finnes det også ulemper som må avveies mot implementering av forskjellige løsninger, slik som uønsket lukt fra kompostering.

¹¹ <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/matsvinn-skal-reduseres/id2505644/>

¹² <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/matsvinnavtale-undertegnet/id2615083/>

Et aktuelt spørsmål i tilknytning til utbyggingen Nordbyen 2020 er hvordan utforming av bygningene, infrastruktur, inne- og uteområde kan støtte beboerne, bedrifter og offentlige virksomheter for å oppnå en mer bærekraftig livsstil eller forretningsmodell.

Bomiljøet skal tilby løsninger og stimulere til å redusere matsvinn eller innby til urban dyrking. Det skal også vurderes om lokal kompostering eller biogassproduksjon er ønskelig og lønnsomt. Lønnsomheten kan vurderes ved å sammenligne tilleggskostnader knyttet til etablering av lokale løsninger opp mot positive effekter på etterspørsel og pris av solgte boliger (gevinst for utbyggerne), men også mot den samfunnsmessige gevinsten som kan oppnås (f.eks. bedre helse hos beboerne og redusert ressursinnsats for matproduksjon). Samtidig skal det gis informasjon om hvordan en bærekraftig livsstil kan oppnås (bærekraftsmål 12.8).

Et viktig aspekt i denne vurdering er å vurdere løsninger med hensyn til en større befolkningstetthet i et høybygg som Nord Lyset og et lavere befolkningstetthet i de andre byggene i den framtidige Nordbyen.

4.1 State-of-the-art

4.1.1 Matsvinn

Det finnes allerede en del løsninger i Norge som skal bidra til å redusere matsvinn i dagligvarehandel. Butikker **reduserer prisene på varer med kort holdbarhet** eller sesongvarer (f.eks. jule- eller påskegodteri) for å motivere kjøperne til å kjøpe varene før de går ut på dato. En dansk studie fant ut at prisbevisste forbrukere, som kjøpte disse matvarene til redusert pris, rapporterte også mindre matavfall hjemme (Aschemann-Witzel et al., 2017). I samme retning går app-løsninger som «Too Good to Go»¹³, som skal bringe sammen mat som snart blir avfall og folk som vil redde mat ved å konsumere den.



Figur 18. Too Good To Go, der butikker, kiosker og lignende tilbyr konsumentene matvarer (til lavere pris) som ellers ville blitt kastet (skjerm bilde av applikasjonen).

Matsentraler som finnes i flere norske byer for tiden «er veldedige foreninger som bekjemper matsvinn og hjelper vanskeligstilte med å omfordele overskuddsmat»¹⁴. De henter større matmengder fra alle aktører i matindustrien, messer og festivaler, men ikke fra enkeltpersoner. Mottakerne er veldedige organisasjoner som jobber med vanskeligstilte i samfunnet. I andre land finnes lignende

¹³ <https://toogoodtogo.no/no>

¹⁴ <http://www.matsentralen.no/>

konsepter der maten blir solgt til en veldig lavt pris eller fordelt gratis til personer som har det økonomisk vanskelig.

Per i dag finnes det ikke så mange løsningsforslag som retter seg mot å redusere matsvinn på husholdningsnivå. Nyere forskning viste at «nudging», dvs. positiv forsterkning og indirekte forslag for matforbruk f.eks. i form av handleplaner, kan bidra til å redusere matsvinn i husholdninger. Spesielt unge mennesker og større familier viste seg å være veldig åpne til å endre sin matforbruksatferd (von Kameke & Fischer, 2018). Gode eksempler som lett kan bli overført til Norge omfatter en verktøykasse utviklet av US EPA¹⁵ som inneholder informasjons- og læringsmateriale, eller apper som foreslår oppskrifter når man oppgir flere matvarer man ønsker å bruke, slik som den tyske «Beste Reste» (gode rester) eller «Zu gut für die Tonne»¹⁶ (for bra for søppelkassa).

4.1.2 Lokal kompostering og/eller biogassproduksjon

Ved kompostering av matavfall skapes det fruktbart jord som kan gjenbrukes ved dyrking. Flere norske byer og tettsteder har sentrale komposteringsanlegg som samler matavfall (og noen også hageavfall) fra husholdninger for å produsere kompost som senere selges¹⁷. Noen fordeler med slike løsninger er at avfallsmengden er stor nok til at det kan produsere tilstrekkelige mengder kompost og at komposteringsprosessen kan styres optimalt, slik at uønskete lukter eller gassproduksjon kan reduseres. Ulempen er at transport til de sentrale anleggene er kostbart og forårsaker klimagassutslipp.

Det finnes også komposteringsløsninger som kan brukes på husholdningsnivå og året rundt enten innendørs (f.eks. bokashi-kompostering) eller utendørs (f.eks. varmekompostering). Disse løsningene krever ikke noe transport, men de krever drift- og vedlikeholdsinnsats fra de enkelte husstandene, noe som kan motvirke viljen til å ha slike systemer hjemme. Ved etablering av en sentral løsning har f.eks. Oslo kommune sluttet å gi støtte til husholdninger som ønsker å drive med lokal kompostering. Mellom disse to polene (sentral kompostering og hjemmekompostering), finnes det også systemer for avfallhåndtering lokalt eller nabolagsnivå. Et eksempel er «Ekostaden Augustenborg» i Malmø. I et nabolag som omfatter mer enn 3 000 innbyggerne ble det introdusert et avfallshåndteringssystem som gjør det enklere for beboerne å kildesortere avfall. Systemet tilrettelegger for en enklere transport av avfall fra boliger til kildesorteringsplasser og gir også muligheter for gjenbruk av brukbare gjenstander. Beboerne får tilbakemeldinger om mengden avfall de produserer fra smarte sensorer som er koblet til hele systemet. Systemet inkluderer lokale komposteringsløsninger og et test-anlegg for biogass-produksjon (<http://www.csbr.umn.edu/work/ekostaden-augustenborg.html>).

4.1.3 Urban dyrking

Urban dyrking har blitt mer og mer populær de siste årene i flere land. Ubrukte takoverflater kan forvandles i grønnsakshager, beboer i indre bydeler gleder seg over dyrking i pallekarmer, og innendørs dyrkes det ofte vertikalt.

¹⁵ <https://www.epa.gov/sustainable-management-food/food-too-good-waste-implementation-guide-and-toolkit#whoshould>

¹⁶ <https://www.zugutfuerdietonne.de/praktische-helfer/app/>

¹⁷ For kompostprodukter som blir solgt i Oslo kommune ser f.eks. her: <https://www.oslo.kommune.no/avfall-og-gjenvinning/kjop-oslokompost/#gref>



Figur 19. Eksempler for urban dyrking (fra venstre til høyre): på en takoverflate i Rotterdam (Foto: Bent Braskerud), i pallekarmer (Mike McLaren, Pixabay) og vertikal dyrking (Wikimedia Commons)

Urban dyrking har flere miljømessige, økonomiske og sosiale fordeler. Den kan bidra til å øke biodiversitet, holde overvann tilbake, forbedre jordkvalitet, luftrensing, forminske oppvarming av byen om sommeren (Artmann & Sartison, 2018) og det er påvist å ha positive effekter på helse, den sosiale og psykologiske velvære (Othman et al., 2018; Soga et al., 2017). Den største fordelen er ofte den sosiale gevinsten ved å skape møteplasser for naboer og nærområdet (Martin et al., 2016) eller skape integrasjonsmuligheter for minoriteter eller økonomisk vanskeligstilte personer¹⁸. En samling av futuristiske urbane dyrkingsprosjekter og spesielle grøntområder finnes her: <https://matadornetwork.com/change/26-futuristic-urban-farms/>.

Bygget «Greenhouse Augustenborg» i Malmø er tilrettelagt for privat dyrking på innglasserte balkonger, men tilbyr også fellesarealer til dyrking, bl.a. et drivhus på taket og «planterom» som er reservert for alle slags arbeider med jord og planter.

Et eksempel fra Oslo er «Tak for maten»¹⁹ et demonstrasjonsanlegg for takbasert urbant landbruk i Schweigaardsgate 34c eller på Sagene Samfunnshus. Begge prosjekter har også en sosial komponent dvs. de fungerer som møteplasser i nærområdet eller som arbeidstrening for ungdommer.



Figur 20. Greenhouse Augustenborg, Malmø; et høybygg med innbygde miljømessige kvaliteter (kilde: https://www.mkbfastighet.se/contentassets/7afd041b45cf4b168100d16cd36767cb/faktblad-gh_180418.pdf)

¹⁸ Noen eksempler av slike prosjekter finnes her: <https://foodtank.com/news/2015/07/urban-farms-and-gardens-are-feeding-cities-around-the-world/>

¹⁹ <https://nabolagshager.no/takformaten/> og <https://www.facebook.com/takformaten/>

Oslo kommune satser på urbant landbruk og en grønnere by. De har allerede en tilskuddsordning for urbant landbruk²⁰, og strategien om «spirende Oslo» er på høring for tiden.

Kretsløpstanken er i den sammenheng også viktig. Urbant landbruk krever transport av ganske store mengder matjord. Plantene tapper matjorden for næring etter hvert som de vokser. Næringstapet kan erstattes med gjødsel, men også med kompost som kan produseres lokalt. En annen mulighet er gjenvinning av næring fra urin, men det krever urinseparering, som kan være vanskelig (se også tema A i kapittel 2). I nærheten av større bygg kan gråvann gjenbrukes til vanning. I denne sammenheng er det allerede testet ut tilsvarende løsninger der man kombinerer næringsrikt vann fra fiskeoppdrett med grønnsaksproduksjon (aquaponics).

I Norge vil urban dyrking utendørs bare være mulig i en periode på 5-7 måneder i året (muligens litt lengre i framtiden pga. klimaendring) fordi det er for lave temperaturer og for lite dagslys resten av året. Det er også mulig å dyrke innendørs f.eks. vertikalt eller i et klassisk veksthus. Vertikal dyrking hvor planter vokser i vertikalt stablede kasser skjer mest i hydroponiske systemer (dvs. planter som ikke vokser i jord men får sin næring fra næringsløsning) med kunstig belysning. Vertikal dyrking krever mindre vann, landforbruk og CO₂ for grønnsaksproduksjon, men har et økt energiforbruk pga. kunstig belysning og i nordiske klimasoner også oppvarming (Graamans et al., 2018). Økobilansen kan videre forbedres hvis man klarer å finne mer miljøvennlige kilder for oppvarming og belysning som f.eks. bruk av restvarmen fra et annet anlegg (f.eks. kjøleanlegg, datasenter, serverrom).

Den største vertikale gården i Norge produserer urter og befinner seg for tiden i bydelen Økern i Oslo²¹.

4.2 Relevans for implementering av løsninger i Nordbyen 2020 og Nord Lyset

For å vurdere relevansen til de foreslåtte løsningene for Nord Lyset-bygget eller hele Nordbyen er det viktig å skille mellom planleggings-, bygge- og driftsfasen. I planleggings- og byggefasen kan man allerede ta hensyn til bærekraftsmal 12 ved f.eks. kreve mer bærekraftige byggeprosesser, bruke fornybare byggematerialer slik som tre, eller planlegge innredning av boligen slik at den støtter beboernes atferd mot et mer bærekraftig forbruk. Dersom de sistnevnte løsningene fungerer som tiltenkt vil beboernes forbruk i driftsfasen bli mindre enn i en vanlig bolig. Om slike effekter til slutt virkelig inntreffer er også avhengig av de enkelte husholdninger og beboernes personlige atferd, slik sluttrapporten fra «Greenhouse Augustenborg» viser Wester og Carlsson-Kanyama (2018).

I de nedre etasjene av Nord Lyset er det planlagt å ha butikker, bl.a. matbutikker, kafé og restauranter. For å redusere matsvinn i dagligvarehandel kan butikken bruke tiltak som reduserte priser, apper som «Too Good to Go» eller levere overskuddsmat og varer med kort holdbarhet til matsentralen²² slik at maten kan komme andre (f.eks. vanskeligstilte) til gode.

Tilsvarende kan restauranter tilby retter som er laget av matvarer som snart utgår på dato til en rimeligere pris eller bruke de samme kanalene som matbutikker for å bli kvitt matvarer som ikke kan selges eller er vanskelig å selge neste dag, slik som bakerivarer. I denne sammenheng vil en større befolkningstetthet, som planlagt for dette området, være en fordel fordi det øker sannsynligheten for at all overskuddsmat kommer til nytte i lokalmiljøet.

²⁰ <https://www.oslo.kommune.no/politikk-og-administrasjon/tilskudd-legater-og-stipend/tilskudd-til-urbant-landbruk/>

²¹ <http://www.byspire.no/>

²² <http://www.matsentralen.no/>

Høyere befolkningstetthet muliggjør også lokal kompostering og/eller biogassproduksjon ved at mengden organisk avfall er tilstrekkelig for å bygge konkurransedyktige anlegg lokalt. Slik kan man unngå lange transportdistanser for avfallet, med tilhørende transportkostnader og klimagassutslipp. Før man planlegger slike tiltak må man lage en overslagsberegning over estimerte avfallsmengder og også ta hensyn til sikkerhetsaspekter, spesielt ved drift av et biogassanlegg.

Regneeksempel for kompostering og biogassproduksjon i Nordbyen 2020:

Hvis man tar utgangspunkt i 18.000 beboere i Nordbyen 2020 og et årlige mengde matavfall på 40 kg per person, så tilsvarer det 720 tonn matavfall årlig. I komposteringsprosessen blir denne mengden redusert med omtrent 90 % og vil dermed resultere i en årlig kompostproduksjon på 72 tonn kompost.

For biogassproduksjon kan man anta at 1 tonn matavfall blir omdannet til 330-360 m³ biogass¹ som tilsvarer omtrent 590 kWh elektrisk energi (antatt en gjennomsnittskalorisk verdi på 21-23,5 MJ/m³ og noen energi tapt ved elektrisitetsproduksjon¹). Ved den antatte mengden matavfall av 720 tønner årlig, blir det da elektrisk energi tilsvarende 424 000 kWh. Med denne mengden kunne man forsyne 27 norske husholdninger i ett år med elektrisitet (årlig forbruk per husholdning i 2012 i Norge var omtrent 16 000 kWh). Det høres ikke mye ut, men nordiske husholdninger bruker mye elektrisitet til oppvarming. Gjennomsnittlig forbruk i Europa, hvor det ikke brukes så mye elektrisitet til oppvarming, er mellom 2500 og 5000 kWh¹. Følgelig kan energigjenvinning fra matavfall generert i Nordbyen 2020 forsyne 85-170 europeiske husholdninger med elektrisk energi. Hvis biogass ikke brukes til elektrisitetsproduksjon, men til oppvarming, vil antall forsynte husholdninger øke ytterligere.

Disse estimatene kan anses som svært konservative, fordi de ikke tar hensyn til matavfall fra næringsvirksomheter i Nordbyen 2020 og heller ikke organisk avfall fra grøntområdene mellom byggene.

Når det kommer til urban dyrking, så viste erfaringen fra «Greenhouse Augustenborg» at det var vanskelig å dyrke i de øverste etasjene av bygningen pga. vind selv om balkongene var delvis innglassert. I de nedre etasjene og på fellesområdet derimot ble dyrking oppfattet som en suksess: Den økte bevisstheten rundt matvarer og førte til gode fellesskap mellom beboerne, noe de satt stor pris på (Wester and Carlsson-Kanyama 2018). I Nord Lyset bygget kan det bli vanskelig å skape rom for dyrkningsmuligheter i de øvre etasjene, mens det skulle være relativt enkelt å etablere dyrkningsmuligheter på fellestakene eller i fellesområder utenfor de lavere bygningene.

Innendørs dyrking er i prinsippet mulig i Nord Lyset og andre bygg i Nordbyen 2020, men spørsmål er hvor man setter av plass til dette formålet og om dette er lønnsomt. Det vil være interessant å utvikle nye modeller hvor innendørs dyrking kombineres med andre formål som f.eks. en slags event-restaurant med vegger hvor grønnsaker vokser eller en vertikal grønnsakhage hvor dagslysbelysningen ikke bare kommer plantene til nytte, men også mennesker kan ferdes i hagen.

4.3 Videre forskningsbehov og innovasjonspotensial

Lokal kompostering og biogassproduksjon er sikkert de teknologiene som det finnes mest erfaring og eksempler, ergo vurderes innovasjonspotensialet som relativt lavt. Et av hovedproblemene her er at avfall ofte ikke blir bra nok sortert og ender opp sammen i samme søppeldunk som ikke-komposterbar søppel. Dette gjelder forresten også andre avfallstyper som plast, slik som i Oslo der bare 27% av det totale plastavfallet lander i den blå posen og blir resirkulert²³ (tall fra 2017). Altså er det et

²³ <https://www.oslo.kommune.no/politikk-og-administrasjon/statistikk/miljostatus/avfalls-og-gjenvinningsstatistikk/#gref>

forskningsbehov og muligens også et innovasjonspotensial for hvordan andelen kildesortering kan økes, for eksempel gjennom utforming av bygninger eller infrastruktur slik at den støtter kildesortering eller sette inn tiltak som kan endre atferd til befolkningen.

Forskning på atferdsendringer trengs også for å redusere matsvinn på husholdningsnivå. Man kan for eksempel samle matvarer av redusert kvalitet eller som er utgått på dato på sentrale steder i bygget, fortrinnsvis i kjøleskap for å sikre riktig oppbevaring. På den måten kan fullt spiselige matvarer som ble kassert av husholdningene brukes av sosiale entreprenører eller velferdsorganisasjoner til en lavpris-restaurant, ungdomsklubber eller for sosiale sammenkomster. Her er det viktig å tenke på om nåværende lovgiving tillater dette, og hvis ikke, hvordan folk kan samtykke til å få servert matvarer som er «utgått på dato».

Man kan også teste «smarte» løsninger og undersøke om de kan bidra til å redusere matsvinn. For eksempel kan man kombinere infrastruktur og internetteknologi for f.eks. kjøleskap som informerer brukerne om produkter som nærmer seg utløpsdato og gir forslag til retter man kan lage med disse matvarene.

Kort oppsummert for Nord Lyset og Nordbyen 2020 betyr det at man burde tenke ut og teste løsninger som minimerer matsvinn, forhindrer at mat blir kastet, støtter gjenbruk og hjelper beboerne å sortere avfallet sitt bedre.

Urban dyrking er i vinden for tiden. Selv om vekstprosessene til plantene er likt som i landbruk, så finnes det en del tekniske utfordringer hvis plantene vokser på takoverflater for eksempel. På grunn av vekt må man ofte begrense tykkelsen på jordlaget, og dermed blir også mengden vann som kan lagres i jordsmonnet begrenset. Nye typer grønne tak som har innbygget lagringskapasitet til vann²⁴, eller bruk av gråvann til vanning, kan bidra til å forhindre vannmangel. Frem til nå har ikke dette blitt testet ut. Forskningsbehov finnes også angående det sosiale potensialet av urbant landbruk. Vedrørende innendørs matproduksjon, så vil det være spennende å teste ut nye kombinasjoner av matproduksjon med andre formål eller prøve å integrere matproduksjon i bygningsmassen slik at for eksempel restvarmen fra andre formål kan brukes.

²⁴ For eksempel et slikt tak: <https://en.projectsmartroof.nl/>

5 Tema D: Smarte sensorer

I økende grad brukes sensor og internetteknologi for å styre og forvalte både private og offentlige ressurser, inkludert energi, vann og natur. En smart sensor består typisk av en sensor, en mikrokontroller og en kommunikasjonsteknologi som gjerne er trådløs. En smart sensor tar innspill fra det fysiske miljøet og bruker innebygde beregningsressurser til å utføre funksjoner og behandle data før den overføres. Beregningsressursene kan være en integrert del av den fysiske utformingen og leveres vanligvis av en mikrokontroller med lite strømforbruk. En smart sensor kan inneholde programvaredefinerte elementer som gir funksjoner som datakonvertering, signalbehandling og kommunikasjon til eksterne enheter.

Smarte sensorer er et viktig og integrert element i Tingenes Internett (Internet of Things -IoT)²⁵, der det blir stadig mer vanlige at fysiske gjenstander, inkludert typiske husholdningsgjester som lyspærer, termostater, røykvarslere, kjøleskap m.m, utrustes med en unik identifikator (UID) og evne til å overføre data over internett eller lignende nettverk. Tingenes internett er altså et system hvor fysiske enheter kommuniserer med hverandre og med internett. F.eks. den nye, globale kommunikasjonsstandard Narrowband IoT (NB-IoT) som er en smalbandsradioteknikk for Tingenes Internett som for tiden rulles ut av teleselskapene i eksisterende mobilnettet. NB-IoT er særlig rettet mot innendørs bruk, og skal gi bedre dekning og vesentlig lengre batterilevetid enn dagens mobildata løsninger (2-5G, LTE etc.), dette er dog som regel på bekostning av båndbredden (datahastigheten). Tingenes internett kan anvendes innen mange ulike områder som for eksempel miljøovervåking, energi, smarte hus, transport og handel. Eksempelvis kan smarte energieffektive sensorer plasseres over store områder for å overvåke og samle informasjon om f.eks. temperatur, CO₂-konsentrasjon eller andre miljøparametere. Sensorene kan sende informasjon til hverandre og til en sentral enhet, f.eks. en datamaskin, for videre analyse og overvåking. Smarte sensorer gjør det mulig med mange flere målepunkter og derved mer nøyaktig og automatisert innsamling av miljødata og slike sensorer brukes i dag til overvåkings- og styringsmekanismer i et bredt spekter av funksjoner, inkludert smarte nett, smarte hjem og innen miljøforskning.

I Nordbyen planlegges det 8 000 boliger med 15 000 innbyggere (18 000 når studentene medregnes). Det betyr potensielt flere muligheter for relevans og bruk av sensorteknologi i smarte hjem-løsninger. På energisiden har det i de siste årene vært økende fokus på bruk av sensorer for energistyring i bygg og private hjem, som f.eks. ved lærende termostater som Nest²⁶ fra USA og applikasjoner og hardware f.eks. fra Home Control²⁷ og Future Home²⁸ i Norge, applikasjoner knyttet til miljø som norske AirThings²⁹ som leverer smarte radonmålere.

5.1 State-of-the-art

I denne rapporten fokuserer vi fortrinnsvis på bruk av smarte sensorer knyttet til miljøløsninger beskrevet i Tema A-C tidligere. Vi tar for oss tre områder, og nivåer, hvor bruk av smarte sensorer bl.a. kan være relevant:

- Smarte vannmålere for smart vannbruk og vannbesparende systemer
- Smart overvåking og styring og forvaltning av blågrønne løsninger
- Tilrettelegging for sirkulære systemer

²⁵ https://snl.no/tingenes_internett

²⁶ <https://nest.com/>

²⁷ <https://homecontrol.no/>

²⁸ <https://futurehome.no>

²⁹ <https://airthings.com/no/>

5.1.1 Smarte vannmålere

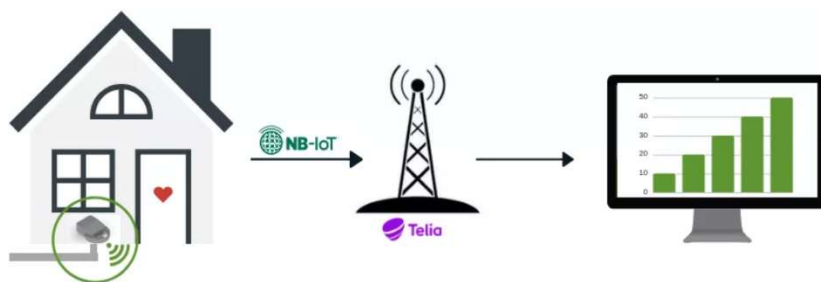
Med endringer i klima kan det bli vanligere med tørkeperioder, som vi opplevde sommeren 2018, som setter begrensninger for vannbruk. Samtidig er det, i et sirkulært perspektiv, lite hensiktsmessig å bruke drikkevann til f.eks. hagevanning og toalett.

På grunn av lekkasjer i ledningsnett går gjennomsnittlig 32% av det rensede vannet tapt i dag³⁰. Kommunenes rapporteringer viser også at opp mot 73% av drikkevannet i norske kommuner lekker ut³¹, i Oslo rundt 30%, og det er innbyggerne som betaler for dette. Kommuner krever i økende grad vannmålere, og ved å velge smarte vannmålere, kan det bidra til både enklere og bedre innsikt i vannbruk og styring. På global basis, har IT-selskapet Cisco tidligere anslått at det globalt kan spares 39 milliarder dollar ved å koble husholdningers vannmålere på nett.

Smarte vannmålere fungerer tilsvarende som AMS-målere for strøm. Teknologien gir sanntids- oversikt over hvor mye vann hver husstand bruker, og gir også muligheter for raskt å finne lekkasjer.

Flere prosjekter har sett på bruk av smarte vannmålere i husholdningen, blant annet har The Center for Water Systems, ved University of Exeter, studert smarte vann- og energimålere i husholdninger og bruksnett for overvåking av vannbruk, bedre vanneffektivitet og å fremme adferdsmessig endringer blant forbrukerne i prosjektet iWIDGET (Savić et al., 2014). En målsetning med prosjektet var å fremme kunnskap og forståelse om smart målingsteknologi for å utvikle nye, robuste, praktiske og kostnadseffektive metoder og verktøy for å håndtere urbane vannforbruk i husholdninger over hele Europa. Prosjektet inngikk som del av klyngen av EU-finansierte prosjekter på tematikken, og mer informasjon finnes på <http://ict4water.eu>.

Et eksempel hvor smarte vannmålere er implementert finnes i Hjelmeland kommune i Rogaland, hvor en rekke huseiere i kommunen i 2017 ble koblet på nett i et pilotprosjekt³² i samarbeid med den lokale teknologileverandøren Westcontrol³³ og teleselskapet Telia (Figur 21). I forbindelse med forsøket oppgraderte Telia basestasjoner i Hjelmeland og på Tau til å støtte den nye kommunikasjonsstandarden. Trondheim kommune har også gjort vurderinger knyttet til bruk av smarte vannmålere³⁴.



Figur 21. Smarte vannmålere fra Westcontrol. (Kilde: <https://westcontrol.com/vann/>)

³⁰ <https://www.norsk vann.no/index.php/meninger/presse/1564-pressemedling-nordmenn-kan-betale-mer-for-drikkevannet-sitt>

³¹ Kostra (SSB) tall. <https://www.tu.no/artikler/i-denne-kommunen-forsvinner-73-prosent-av-vannet-ut-i-ingenting/193802>

³² <https://www.tu.no/artikler/na-kommer-norsk-teknologi-som-kobler-vannmalerne-pa-nett/404792>

³³ <https://westcontrol.com/vann/>

³⁴ <https://www.sintef.no/contentassets/48dd59d592804e1a9157012621461ad0/14.1-stein-arild-kirknes-smarte-vannmalere.pdf>

5.1.2 Smart overvåking, styring og forvaltning av blågrønne løsninger

Som del av et godt bymiljø settes det i økende grad fokus på naturbaserte eller blågrønne løsninger (se tema B i kapittel 3). Disse trenger også skjøtsel, samt at det er behov for å følge disse opp både forvaltnings- og forskningsmessig for å se at de fungerer som de skal. Bruk av smart sensorteknologi kan bidra til dette.

Smarte blågrønne tak

Naturbaserte tak er ikke lengre bare grønne, men også i økende grad blågrønne. Det vil si at takene også holder på ekstra vann som et vannlag under det grønne vegetasjonsdekket. I Norge jobber blant annet Klima2050 ved 'Urban Uterom'³⁵ med å etablere blågrønne tak. Smart sensorteknologi kan brukes til overvåking og styring av vannlagringen, som automatisert tømning basert på værvarsel, bidra til å ta av for kraftig nedbør og å gi mulighet for å bruke vannet senere og/eller bedre disponert i tid.

I forbindelse med en studietur til Nederland om urban overvannshåndtering i forskningsprosjektet 'New Water Ways'³⁶, besøkte vi nylig flere blågrønne tak i Amsterdam og Rotterdam. Ettersom blågrønne tak også har et vannmagasin er det viktig å sørge for overvåking og styring av dette i forhold til kapasitet og værforhold.



Figur 22. Smart tak i Amsterdam for forskningsformål (Foto: Line Barkved).

Som del av takhagen Dakakker³⁷ i Rotterdam, hvor det både drives urbant landbruk og restaurant, har også et nytt smart blågrønt tak nylig blitt etablert over restauranten³⁸. Det skal være en testarena for smart overvannshåndtering gjennom blågrønne tak. Det smarte taket holder tilbake ekstra regnvann, som del av den urbane overvannshåndteringen, og gir også vann til det urbane landbruket på takhagen. Smarte sensorer skal bidra til å styre taket etter værvarslinger, og også i samspill med andre tak i området, hvor det jobbes med å installere smarte blågrønne tak som er koblet sammen i et nettverk. Flere smarte tak er planlagt i området som skal snakke sammen gjennom sensorene, slik at man bl.a. kan få en kontrollert tømning i et område dersom det skulle være nødvendig.

³⁵ <http://www.urbanerouterom.no/>

³⁶ <https://newwaterways.no/>

³⁷ <http://www.luchtsingel.org/en/locaties/roofgarden/>

³⁸ <http://www.luchtsingel.org/en/smarteroof/>



Figur 23. Urban takhage og smart blågrønt tak – Dakakker, Rotterdam (Foto: Line Barkved).

I Norge jobber bl.a. Greenbeat AS³⁹ med utvikling og testing og sensorteknologi knyttet til grønne tak og urbant landbruk som del av overvannshåndtering i by, og har prosjekt knyttet til f.eks. Sagene takhage⁴⁰ i Oslo.

Smart styring av blågrønne strukturer

Sensorteknologi brukes for bedre forståelse, styring og planlegging av urbane miljøer. For eksempel i Chicago, lanserte de nylig Array of Things⁴¹ - et urbant sensor-initiativ for innsamling av data på et bredt spekter av miljøaspekter som luftkvalitet, værforhold, støy og trafikk. I et annet pilotprosjekt (2016-18) i byen, kombineres sensorer og 'cloud computing' til en nyskapende løsning knyttet til forvaltning av overvann. City Digital⁴², en smart by-inkubator bestående av private, offentlige og utdanningsaktører i Chicago, og deres partnere har i prosjektet 'Smart Green Infrastructure Monitoring (SGIM)' utforsket verktøy for å redusere overvannsproblemer og forhindre skader⁴³. På utvalgte teststeder i byen er det installert sensorer for å bl.a. å overvåke overvannssituasjonen. Disse sensorene måler bl.a. nedbørsmengder, fuktighetsnivåer, jordfuktighet, lufttryknivåer og kjemiske absorpsjonshastigheter. Ved å integrere sensorer med grønn infrastruktur er målet en forbedret forvaltning og styring av disse. Piloten startet i august 2016, da de første sensorene ble installert på en bioswale i nærheten av deres kontorer (**Figur 24**). Ytterligere tre steder siden den gang har SGIM-sensorer blitt etablert og programmet tenkes å fortsette å ekspandere. Nettstedene tillater City Digital's team, sammen med Chicago City, å analysere historiske og sanntidsdata og gi spesifikke anbefalinger. Piloten fungerer som et eksperimentasjonsgrunnlag for å kunne bygge et nettverk av sensorer som, kombinert med en plattform for datapresentasjon, behandling og analyse, kan tjene som et verktøy for planlegging og forvaltning av vanninfrastruktur i årene som kommer.

³⁹ <http://www.greenbeat.no/>

⁴⁰ <https://www.facebook.com/sagenetakhage/>

⁴¹ <https://arrayofthings.github.io>

⁴² <http://www.citydigital.org/>

⁴³ <https://nextcity.org/daily/entry/chicago-sensors-green-infrastructure-study>



Figur 24. Smart Green Infrastructure Monitoring (SGIM)-prosjektet i Chicago har etablert smarte sensorer og på steder rundt om i byen som del av en pilot. Kilde: City Digital, Chicago.

Tilrettelegging for sirkulære systemer

I økende grad brukes sensorteknologi og smart nett for å få oversikt over og å styre ressurser. Bedre oversikt over hvor ressurser er og hvordan de best kan (for)deles i urbane systemer, på større eller mindre skala, kan bidra til økt gjenbruk og mindre svinn - blant både privatpersoner og næringsaktører, inkludert handel.

Innen utvikling, bruk og drift av urbane ressurser bidrar i dag bl.a. sensorteknologi til å gi oversikt over avfallssystemer, hvilke områder og ressurser som er i bruk eller ikke⁴⁴, og identifisere hvor det er store miljøbelastninger. Smarte avfallsbeholdere er f.eks. nylig etablert i Stensparken i Oslo⁴⁵. Norske Urban Infrastructure Partner⁴⁶ leverer sykkelløsninger i Oslo, Bergen, Trondheim og også i utlandet, og utvikler teknologi for deling av urbane ressurser med fokus på mobilitet.

Som eksemplene i de foregående seksjonene viser kan overvann brukes inn i urbant landbruk. NIVA (Sayfritz & Capjon, 2018) har nylig sett på potensialet for bruk av overvann i digitalisert urbant landbruk, i et forprosjekt finansiert av Regionale Forskningsfond. To FarmBot Genesis v1.3-systemer, automatiserte digitale systemer for sensorbasert overvåking av urbant landbruk, ble bygd og utplassert for utprøving i Kristiansand og på Losæter i Oslo. Erfaringene fra Kristiansand var god, men det var driftsproblemer både der og på Losæter og det ble konkludert med at nåværende FarmBot v1.3 ikke er robust eller driftssikker nok foreløpig for en hel vekstsesong uten tilsyn. Ytterligere studier knyttet til overvann, vannutfordringer og urbant landbruk trengs, og det jobbes med en søknad til et større hovedprosjekt.

Sensorbaserte løsninger, som bør baseres på helhetlig tjenestedesign, kan utvikles og testes videre innenfor Nordbyen etterhvert som området etableres, og bidra til sirkulære løsninger som både gir effektiv ressursbruk og gode brukeropplevelser i by.

Smart teknologi krever energi. Utover sensorbruk, krever generelt det digitale liv en stor og veldig kraftkrevende infrastruktur, blant annet i form av datasentre. På global basis utgjør energiforbruket til datasentre rundt 3% av det globale forbruket. Datasentre er i seg selv energikrevende, samt at de

⁴⁴ <http://theconversation.com/sensors-in-public-spaces-can-help-create-cities-that-are-both-smart-and-sociable-93473>

⁴⁵ <https://www.dagsavisen.no/oslo/smar-te-avfallsbeholdere-i-stensparken-1.1136358>

⁴⁶ <https://urbansharing.com/projects/>

produserer spillvarme. Denne overskuddsvarmen kan brukes til oppvarming⁴⁷. Det finnes eksempler på dette, som datasenteret Digiplex, hvor overskuddsvarmen fra datasenteret tilsvarer energibehovet til cirka 5 000 Oslo-leiligheter, ifølge Fortum Oslo Varme⁴⁸.

5.2 Relevans for implementering av løsninger i Nordbyen 2020 og Nord Lyset

Ettersom Nordbyen 2020 og Nord Lyset er nyetablering ligger det gode muligheter for å tilrettelegge for bruk av smarte sensorer og sensorteknologi. Det er generelt behov for å oppdatere vår aldrende vanninfrastruktur med nyere teknologi, og Nordbyen kan her fungere som en levende demonstrasjonsarena. Ettersom nye urbane uterom og blågrønne strukturer skal etableres, gir også dette gode muligheter for å tenke på hensiktsmessig integrering av smarte sensorer for styring og overvåking av disse.

Regjeringens nye datasenterstrategi⁴⁹ ønsker å gjøre Norge til en mer attraktiv destinasjon for datasentre. I Norge drives datasentrene på fornybar energi, og i så måte bli en del av løsningen på klimautfordringen⁵⁰. I lys av at det er en større ny bydel som tenkes etablert, kan det utforskes muligheter for å anlegge datasenter⁵¹ i bydelen som da inngår i et sirkulært system hvor overskuddsvarmen tas i bruk.

5.3 Videre forskningsbehov og innovasjonspotensial

Bruk av IKT og digitalisering innen vannforvaltning og effektiv vannbruk er et relativt nytt forskningsområde, som inkluderer beslutningsstøttesystem for måling av vannkvantitet og -kvalitet inkludert gjenvinning og gjenbruk. Bruk av internetteknologi, og smarte sensorer til avlesning, produksjon, sending og lagring av store mengder data krever mye energi. Det må tas med i betraktning i design og utarbeidelse av helhetlige systemer. Det er nødvendig å tenke helhetlig rundt smart bruk av IKT i Nordbyen og hvordan slike systemer kan utformes i et sirkulært perspektiv.

Innføring av smart teknologi utløser også potensielt nye vedlikeholds- og styringsbehov. Det er spesielt relevant å se på utfordringer og tilpassede løsninger for et nordisk klima knyttet til smart sensorteknologi og naturbaserte løsninger.

Videre er det behov for å videre utforske potensialet til integrerte urban vannforvaltnings- og fornybare energiløsninger. Kombinasjonen av solenergi og smarte blågrønne tak er ikke nødvendigvis enkel, men studier har også vist at f.eks. grønne tak kan bidra til økt effekt på solcellepanelene. Småskala solenergi kan fungere i noen områder, men det må også vurderes i hvilken grad Oslos vinter vil opprettholde nok lys til å drive disse verktøyene.

⁴⁷ <https://www.tu.no/artikler/apples-nye-datasenter-vil-ha-overflodig-varme-fra-tusener-av-servere-den-kan-bli-tatt-i-bruk/443397>

⁴⁸ <https://www.dn.no/energi/abid-rajadigiplex/fortum-oslo-varme/5000-leiligheter-varmes-opp-av-datasenter/2-1-409207>

⁴⁹ <https://www.aftenposten.no/norge/i/J1BOGb/Regjeringen-vil-ha-flere-datasentre-til-Norge>

⁵⁰ <https://www.hegner.no/Nyheter/Tech/2018/03/Slik-kan-norske-datasentre-redusere-verdens-CO2-utslipp>

⁵¹ <https://www.evry.com/no/bransjer-og-tjenester/tjenester/infrastruktur/tjenester/datasenter/verdensledende-datasenter/>

Den digitale utviklingen går fort og Tingenes internett handler om mye mer enn sensorer som sender data i skyen og presenterer dette i en graf, i nyttige men enkle applikasjoner som f.eks. badetemperaturer på stranda. Ulike digitale data og teknologier (sensorer, maskingenererte data og kunstig intelligens m.m.) kobles sammen. Det å kunne håndtere data fra ulike maskiner/ting eller fra mange målepunkter på en sikker måte er viktig og nødvendig – og fortsatt en utfordring, som må håndteres på tvers av siloer.

Informasjonssikkerhet er også et viktig aspekt knyttet til Tingenes internett. Cybersikkerhet er viktig nå som samfunnskritiske tjenester knyttes til nettet med enheter som snakker sammen; relevante problemstillinger er hvordan sikrer du deg fra sensor til tjeneste, og hvordan sikrer du tjenestene dine? Å fysisk sikre tilgang kan være en utfordring hvis enhetene er mange og spredt over store områder. I verste fall kan en angriper som får tilgang til kun én enhet, potensielt bruke denne til å få tilgang til resten av nettverket og gjøre ødeleggelser. Utvikling av sikre protokoller, krypteringsmekanismer og tilgangskontroll er derfor viktig, samt ivaretagelse av personvernsaspekter knyttet til smart teknologi. I konteksten av by og byutvikling er dette et spørsmål som vil kreve innspilling fra flere aktører i fellesskap, inkludert offentlige, private og NGO aktører.

6 På veien mot et hovedprosjekt

6.1 Prioritering av løsninger for et hovedprosjekt

Alle de foreslåtte løsningene er fra et teknisk ståsted tenkbare i Nordbyen 2020 fordi området fortsatt befinner seg i planleggingsfasen. Det vil bo nok mennesker i det framtidige Nordbyen 2020 til at det kan antas at de foreslåtte lokale løsninger kan bli økonomisk lønnsomme, men det vil kreve detaljerte beregninger for å kunne sier dette med sikkerhet.

De fleste steder i Norge har nok drikkevann, kvaliteten er bra og prisen er rimelig. Likevel har den tørre sommeren 2018 vist at det også i Norge kan dukke opp situasjoner hvor drikkevannsforbruk må kuttes og vanningsrestriksjoner innføres. Vannbesparende sanitærutstyr (med unntak av ulike typer toaletter) er kun minimalt dyrere og enkle å installere etter dagens bygningsnormer og burde derfor integreres i Nordbyen 2020.

I lange tørkeperioder vil lagring av regnvann kun i begrenset omfang hjelpe, fordi et drikkevannsmagasin (med overflatevann som vannkilde) og lokale regnvannsbassenger er like avhengig av regnvann, og følgelig vil en vannmangel opptre samtidig. Gråvann på sin side vil være en mer pålitelig kilde som er uavhengig av været og har mindre fluktusjon i volum. Det krever litt mer rensing enn regnvann, men teknologien kan ansees som moden.

Det har derimot vist seg at for mye regnvann kan skape store problemer i form av overvann. For nye bygg finnes kommunale krav for å håndtere overvann på tilhørende tomter. Overvannshåndtering på overflaten krever plass, men kan gi tilleggskvaliteter til uteområder. Det er behov for utvikling av plassbesparende løsninger eller at man skaper muligheter for å koble overvannssystemer på private tomter sammen med bekkeforløp, som ofte ligger på offentlige eiendommer. I Nordbyen 2020 planlegges det å gjenåpne Tokerudbekken, som kunne ta imot rent overvann fra de omliggende bygningene. En utfordring i denne sammenheng er den gamle søppelfylling i nærheten.

Urbant landbruk er i oppsving for tiden. Flere eiendomsutviklere har planer om å integrere urbant landbruk i nye boligprosjekter f.eks. i Mjøndalen nord for Drammen⁵² eller på Fornebu i Bærum kommune⁵³. Urban dyrking har også et potensial i Nordbyen 2020 og bør tenkes sammen med lokale komposteringsløsninger eller biogassproduksjon, samt vanningsløsninger som bidrar til å spare drikkevann for å oppnå flere positive aspekter.

Ved siden av den tekniske utforming er en viktig suksessfaktor for alle løsninger at beboerne aksepterer de valgte løsningene og blant annet kildesorterer søppelet sitt. I et hovedprosjekt burde man derfor legge opp for å teste aksept ved bruk av spørreundersøkelser eller lignende.

Digitalisering står høyt på agendaen i norske kommuner. Den teknologiske utviklingen går raskt og det finnes mange muligheter knyttet til smarte sensorer, kunstig intelligens og maskinlæring for bedre utnyttelse av vann, styring av blågrønne strukturer, miljøovervåkning knyttet til luft, og sirkulære systemer. I økende grad er det digital kommunikasjon mellom oss og tingene rundt oss, samt automatisk og 'smart' interaksjon mellom tingene selv. De konkrete løsningene som er relevant å adressere, (videre)utvikle og teste i et hovedprosjekt må sees i sammenheng med de andre aktivitetene i prosjektet. Flere kommuner er allerede godt i gang med å ta i bruk nye digitale løsninger, i et hovedprosjekt kan man gå dypere inn i eksisterende caser for å lære av disse, hva som virker og

⁵² <https://d2wsvn4hh0467n.cloudfront.net/1533717708/20180419-agropolis-pitch-lr.pdf>

⁵³ <https://www.obos.no/dette-er-obos/gront-obos-/miljosatsing-pa-fornebu>

hvilke problemstillinger som melder seg fra blant annet et brukerperspektiv. Hvordan kan Tingenes Internett og sensorer implementeres i konkrete prosjekter og hva betyr det for bærekraftig utvikling og sirkulære løsninger? Utover det teknologiske utløser smart teknologi behov for å se på sikkerhets- og samfunnsstrukturer. Ettersom en helt ny bydel skal bygges i Nordbyen, er det gode muligheter til å tilrettelegge for testing og utvikling helt fra planfase til gjennomføringsfase, på tvers av fagsiloer, sektorer og aktører.

Det kan konkluderes med at det er ikke noen løsninger som må utelukkes i et hovedprosjekt. Ettersom Nordbyen 2020 fortsatt befinner seg i planleggingsfasen er det mer aktuelt å tilpasse og vurdere i detalj noen av de foreslåtte løsningene slik at det blir mulig å implementere dem i et senere byggeprosess i dette området. Dermed blir det nok næringslivspartnerne som definerer hvilke løsninger man skal fokusere på.

6.2 utfordringer og muligheter ved gjennomføring av et hovedprosjekt

Nordbyen 2020 befinner seg fortsatt i planleggingsfasen. Det vil dermed gi viktig læring for hvordan man kan tilrettelegge for forskjellige løsninger fra «scratch» og integrere dem i bygningskroppen eller i uteområder. Samtidig vil det være ønskelig å kunne teste ut noen av løsningene også i bruksfasen. Derfor sikter konsortiet på å involvere minst en næringslivsaktør til, som allerede har etablert noen boliger og ønsker å teste ut løsninger som fortsatt lar seg implementere der. I slike tilfeller er det flere aktuelle løsninger beskrevet i tema C (reduere matsvinn og ressursinnsats for matproduksjon).

Det er ikke noen åpenbare juridiske eller lovpålagte krav som vil hindre gjennomføring av et hovedprosjekt. Likevel må man undersøke i detalj hvilke krav som gjelder for noen løsninger (f.eks. gråvannsbehandling for forskjellige bruksformål). Muligens må også kommunen søkes om tillatelse for å teste ut noen ting. Kommunale aktører bør derfor involveres, også med tanken på at Nordbyen 2020 befinner seg i planleggingsfasen.

For flere av løsningene vil de framtidige beboernes atferd være den største utfordringen. Det er en visst risiko at beboernes atferd motvirker løsningene, og dermed at kostbar infrastruktur etableres uten at deres potensiale nyttiggjøres. Det er derfor viktig å teste ut beboernes atferd og ikke minst formidle målet med de valgte løsningene.

For vannbesparende løsninger forbundet med økte implementeringskostander kan dagens lave vannpriser være et hinder, fordi det kan ta en stund før break-even er nådd, hvis man betrakter det rent økonomisk. Dette gjelder særlig løsninger som bidrar til å redusere drikkevannsforbruket. Likevel vil slike løsninger føre til samfunnsøkonomiske og miljømessige gevinster.

For å minimere den økonomiske risiko burde man prioritere «no-regret» løsninger eller etablere midlertidige løsninger som kan brukes som en testarena. For løsninger med stort driftsbehov som f.eks. urban dyrking, er det svært viktig å utvikle forretningsmodeller for å kunne opprettholde driften.

Høyere bygg som det planlagte Nord Lyset-bygget vil ha som fordel at det blir produsert store mengder avløpsvann og matavfall på et relativt lite areal. Sammen med hele Nordbyen kan disse mengdene bli store nok til at det lønner seg å etablere sirkulære løsninger.

7 Referanser

- Artmann, M. & Sartison, K. (2018). The Role of Urban Agriculture as a Nature-Based Solution: A Review for Developing a Systemic Assessment Framework. *Sustainability*, 10 (6): 1937.
- Aschemann-Witzel, J., Jensen, J. H., Jensen, M. H. & Kulikovskaja, V. (2017). Consumer behaviour towards price-reduced suboptimal foods in the supermarket and the relation to food waste in households. *Appetite*, 116: 246-258.
- Barton, D. N., Vågnes Traaholt, N., Blumentrath, S. & Reinvang, R. (2015). Naturen i Oslo er verdt milliarder. Verdsetting av urbane økosystemtjenester fra grønnstruktur.
- Bergan, M. (2016). *Bunndyrovervåking i mindre vassdrag i Trondheim kommune. Undersøkelser i 2015*, NINA Rapport 1254.
- Bergan, M. (2018). *Bunndyrovervåking i mindre vassdrag i Trondheim kommune. Undersøkelser i 2017*, NINA Rapport 1488.
- Bergan, M. A. (2010). *Bunndyrovervåking i Ilabekken, Trondheim kommune : undersøkelser i 2009*. NIVA-rapport (trykt utg.), b. 5988-2010. Oslo: Norsk institutt for vannforskning.
- Bomo, A.-M. & Schade, M. (2014). Vannforbruk i husholdningene. En erfaringsinnhenting. *VANN* (02-2015): 174-182.
- Francis, L. F. M. & Jensen, M. B. (2017). Benefits of green roofs: A systematic review of the evidence for three ecosystem services. *Urban forestry & urban greening*, 28: 167-176.
- Goedbloed, D. & Claassen, M. (2014). *Programmaplan Amsterdam Rainproof*. Tilgjengelig fra: <https://www.rainproof.nl/sites/default/files/programmaplan-amsterdamrainproof.pdf>.
- Graamans, L., Baeza, E., Van Den Dobbelsteen, A., Tsafaras, I. & Stanghellini, C. (2018). Plant factories versus greenhouses: Comparison of resource use efficiency. *Agricultural Systems*, 160: 31-43.
- Hagen, D. & Skrindo, A. (2010). *Håndbok i økologisk restaurering. Forebygging og rehabilitering av naturskade på vegetasjon og terreng*. Forsvarsbygg. Trondheim: Forsvarsbygg.
- Hagen, D., Köhler, B. & Evju, M. (2016). Restaurering av natur i Norge - hvordan skal vi bli flinkere og mer effektive? *VANN*, 4: 431-434.
- Ichihara, K. & Cohen, J. P. (2011). New York City property values: what is the impact of green roofs on rental pricing? *Letters in spatial and resource sciences*, 4 (1): 21-30.
- Jönsson, H., Baky, A., Jeppsson, U., Hellström, D. & Kärrman, E. (2005). Composition of urine, faeces, greywater and biowaste for utilisation in the URWARE model. *Urban water report*, 2005 (6).
- Klima og Miljøverndepartementet. (2015). *Overvann i byer og tettsteder. Som problem og ressurs*. Oslo.
- Ledin, A., Auffarth, K. P. S., Boe-Hansen, R., Eriksson, E., Albrechtsen, H.-J., Baun, A. & Mikkelsen, P. S. (2004). Brug af regnvand opsamlet fra tage og befæstede arealer-Udpegning af relevante måleparametre.
- Magnussen, K., Reinvang, R. & Løset, F. (2015). *Økosystemtjenester fra grønnstruktur i norske byer og tettsteder.*, Vista Analyse rapport 2015/10. Oslo: Vista Analyse.
- Mak, C., Scholz, M. & James, P. (2017). Sustainable drainage system site assessment method using urban ecosystem services. *Urban Ecosystems*, 20 (2): 293-307.
- Martin, G., Clift, R. & Christie, I. (2016). Urban cultivation and its contributions to sustainability: Nibbles of food but oodles of social capital. *Sustainability*, 8 (5): 409.
- Miljøstyrelsen. (2017). *På vej mod en by i vandbalance - Regn- og gråvandsrecirkulering på bygningsniveau*. MUDP-rapport December 2017. Tilgjengelig fra: <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2017/12/978-87-7120-938-9.pdf>.
- Miljøverndepartementet. (2013). *Naturens goder - om verdier av økosystemtjenester*. Oslo.
- Moore, T. L. & Hunt, W. F. (2012). Ecosystem service provision by stormwater wetlands and ponds—A means for evaluation? *Water Research*, 46 (20): 6811-6823.
- Multiconsult. (2010). *Ilabekken. Gjenåpning av Ilabekken*. Upublisert manuskript.
- Naturstyrelsen. (2014). *Brug af regnvandsanlæg i Danmark - Erfaringsopsamling*.

- Nygård, L. O. (2018). *Oslos sidevassdrag som overvannssystem : prosjekt for åpning av sidebekkene til Akerselva som et åpent, byintegrert overvannssystem*. Oslo's side streams as stormwater management system: Norwegian University of Life Sciences, Ås.
- Oslo kommune. (2011). *Byøkologisk program 2011-2026*. Byrådsavdeling for miljø og samferdsel. <https://www.oslo.kommune.no/getfile.php/131594/Innhold/Politikk%20og%20administrasjon/Milj%20og%20klima/Styrende%20dokumenter/Byøkologisk%20program%20for%20Oslo.pdf>: Oslo kommune,.
- Oslo kommune. (2013). *Kommunedelplan for Alna miljøpark*. Plan - og bygningsetaten. <https://www.oslo.kommune.no/getfile.php/1360428/Innhold/Plan%2C%20bygg%20og%20eiendom/Overordnede%20planer/Kommunedelplaner/Kommunedelplan%20Alna%20miljøpark%20-%20rapport%20sammendrag%20etter%20politisk%20vedtak.pdf>: Oslo kommune,.
- Oslo kommune. (2016). *Planprogram for Nedre Rommen - forslag til offentlig ettersyn 26.05.2016*. Plan - og bygningsetaten. <https://www.oslo.kommune.no/getfile.php/13147832/Innhold/Politikk%20og%20administrasjon/Bydeler/Bydel%20Alna/Politikk%20i%20Bydel%20Alna/Bydelsutvalg%2C%20komiteer%20og%20råd%20i%20Bydel%20Alna/Alna%20arbeidsutvalg/Møter/Innkalling%20og%20protokoller%20Alna%20arbeidsutvalg/Høringsforslag%20-%20planprogram%20for%20Nedre%20Rommen.pdf>: Oslo kommune,.
- Othman, N., Mohamad, M., Latip, R. & Ariffin, M. H. (2018). *Urban farming activity towards sustainable wellbeing of urban dwellers*. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: IOP Publishing.
- Pettersen, I., Grønlund, A., Elstad Stensgård, A. & Walland, F. (2017). Klimatiltak i jordbruk og matsektoren. Kostnadsanalyse av fem tiltak. *NIBIO Rapport*.
- Prudencio, L. & Null, S. E. (2018). Stormwater management and ecosystem services: a review. *Environmental Research Letters*, 13 (3): 033002.
- Reinvang, R., Barton, D. N. & Often, A. (2014). *Verdi av urbane økosystemtjenester: Fire eksempler fra Oslo*. Vista-rapport 2014/46.
- Rose, C., Parker, A., Jefferson, B. & Cartmell, E. (2015). The characterization of feces and urine: a review of the literature to inform advanced treatment technology. *Critical reviews in environmental science and technology*, 45 (17): 1827-1879.
- Rørcentret. (2002). *Brug af regnvand til wc-skyl og vaskemaskiner i boliger*. Rørcenter-anvisning 003, 2. utgave, 1. opplag.
- Savić, D., Vamvakeridou-Lyroudia, L. & Kapelan, Z. (2014). Smart meters, smart water, smart societies: the iWIDGET project. *Procedia Engineering*, 89: 1105-1112.
- Sayfritz, S. J. & Capjon, A. (2018). Bruk av overvann i digitalisert urbant landbruk. *NIVA-rapport 7306-2018*.
- Schanes, K., Dobernick, K. & Gözet, B. (2018). Food waste matters-A systematic review of household food waste practices and their policy implications. *Journal of Cleaner Production*, 182: 978-991.
- Scholz, M., Uzomah, V. C., Almuktar, S. A. & Radet-Taligot, J. (2013). Selecting sustainable drainage structures based on ecosystem service variables estimated by different stakeholder groups. *Water*, 5 (4): 1741-1759.
- Soga, M., Gaston, K. J. & Yamaura, Y. (2017). Gardening is beneficial for health: A meta-analysis. *Preventive Medicine Reports*, 5: 92-99.
- Solfjeld, I. (2014). *FOREVA - Fordrøyning, rensing og vanning. Lokal håndtering av overvann fra veg.*, Statens Vegvesens rapporter nr. 278.
- Stensgård, A. E. & Hanssen, O. J. *Matsvinn i Norge 2010-2015, Sluttrapport fra ForMat-prosjektet*, OR. 17. 16: Østfoldforskning.
- Syversen, F., Hanssen, O. J. & Bratland, H. (2018). *Nasjonal Beregning Av Mengde Matsvinn På Forbrukerleddet, 01/2018: Avfall Norge*.

- Traaholt, N. (2014). *Valuing Urban Recreational Ecosystem Services in Oslo-A hedonic pricing study*: Master Thesis, Department of Food and Resource Economics, University of Copenhagen, Denmark.
- von Kameke, C. & Fischer, D. (2018). Preventing household food waste via nudging: An exploration of consumer perceptions. *Journal of Cleaner Production*, 184: 32-40.
- Wester, M. & Carlsson-Kanyama, A. (2018). *Boendemiljö För En Klimatsmart Livsstil Att Bo i Greenhouse, Augustenborg*, 2018:13: E2B2 C/O IQ Samhällsbyggnad,.

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

NIVA gir offentlig vannforvaltning, næringsliv og allmennheten grunnlag for god vannforvaltning gjennom oppdragsbasert forsknings-, utrednings- og utviklingsarbeid. NIVA kjennetegnes ved stor faglig bredde og godt kontaktnett til fagmiljøer i inn- og utland. Faglig tyngde, tverrfaglig arbeidsform og en helhetlig tilnæringsmåte er vårt grunnlag for å være en god rådgiver for forvaltning og samfunnsniv.



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00
www.niva.no • post@niva.no