

Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2022 30 stp
Fakultet for Landskap og samfunn

Vått og varmt - En sirkulasjonsstrategi for økt klimatilpasning av urbane uterom for tørke og høyere temperaturer i kombinasjon med overvannshåndtering

Wet and Hot - A recycling strategy for increased climate adaptation of urbane outdoor spaces for drought and higher temperatures in combination Surface Water Management

Astrid C. S. Seeberg
Landskapsarkitektur

BIBLIOTEKSIDE

Tittel, Norsk: Vått og varmt - En sirkulasjonsstrategi for økt klimatilpasning av urbane uterom for tørke og høyere temperaturer i kombinasjon med overvannshåndtering

Tittel, Engelsk: Wet and Hot - A recycling strategy for increased climate adaptation of urbane outdoor spaces for drought and higher temperatures in combination Surface Water Management

Forfatter: Astrid Charlotte Sverresdatter Seeberg

Hovedveileder: Ingrid Merete Ødegård, professor ved fakultetet for landskap og samfunn, NMBU.

Emneord: Klimaendringer, Ekstremvær, Tørke, Hetebølge, varmeøy-effekten, Høyere temperaturer, Klimatilpasning, Lokal overvannhåndtering, Overvannstiltak, Klimaredregulerende tiltak, Naturebaserte løsninger, Klimarobust

Keywords: Climate change, Extreme weather, Drought, Heat waves, Urbane Heat Island, Higher temperatures, Climate adaptation, Surface water management, Surface water measures, Heat control measures, Nature-based solutions, Climate-robust

Institutt: Landskapsarkitektur

Opplag: 3 stk

Sidetall: 134

Utgivelsesdato: 16.05.2022

Illustrasjoner og bilder er produsert av forfatter med mindre annet er oppgitt.



FORORD

Denne masteroppgaven er skrevet ved institutt for landskap og samfunn ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU). Oppgaven markerer slutten på et 3-årig mastergradstudie i landskapsarkitektur for høyere årstrinn, og utgjør 30 studiepoeng.

Min vei til å bli utdannet landskapsarkitekt har vært en syvåring utdannelsesreise. Det startet med ett år på geologi ved NTNU, etterfulgt av en bachelorgrad i landskapsingeniør og deretter master i landskapsarkitektur ved NMBU. Interessen for det som finnes under bakken ble blitt flyttet til det som gror over bakken.

Sommeren 2018 er i media referert til som "tørkesommeren". Da hadde jeg sommerjobb i Agaia, tidligere Steen & Lund, hvor jeg plantet planter og utførte annet vedlikeholdsarbeid i Oslo sentrum. Gjennom mine åtte uker hadde jeg én arbeidsdag med regn. Værforholdene i den perioden skapte et stort behov for vanning av vegetasjon og i flere tilfeller erstatning av uttørkede planter. De høye temperaturene gjorde også arbeidsoppgavene ekstra tunge, og det var behov for å søke hvile i skyggen og avkjøling med tilstrekkelig vann.

Innfallsvinkelen til denne oppgaven ble med utgangspunkt i egne erfaringer, å undersøke mulighetene for å videreutvikle hvordan vi prosjekterer byens uterom i møte med klimaendringene, med særlig fokus på tørke og høyere temperaturer.

Som fremtidig landskapsarkitekt føler jeg et ansvar for å bidra til en bærekraftig utvikling. Et ansvar jeg ønsker å være bevisst i både små og store prosjekter i mitt fremtidige yrkesliv. Av den grunn ønsket jeg å avslutte min studietid med en masteroppgave som fokuserer på klimatilpasningstiltak, med en helhetlige innfallsvinkel. Med denne oppgaven ønsker jeg å sette søkelys på morgendagens arbeid for å sikre smarte, gode og fremtidsrettede uterom i møte med et varmere klima.

Jeg ønsker jeg å rette en stor takk til min hovedveileder Ingrid Merete Ødegård, for motivasjon, faglig innspill og god veiledning gjennom oppgaveprosessen.

Takk til Bent Braskerud, Helene Georgsen Berger, Helene England og Kathrine Omnia Strøm som har stilt opp til intervju, kommet med nyttige innspill og delt erfaringer rundt oppgavens tematikk og problemstilling.

Jeg vil også rette en takk til alle mine medstudenter på NMBU som har gjort mine seks år på Ås innholdsrike.

Til slutt vil jeg takke familie og venner for støtte, tålmodighet og store heiarop under masterskriving dette siste semesteret.

Astrid Charlotte Sverresdatter Seeberg, Oslo
2022



Foto 2 Viser meg på jobb sommeren 2018 langs Fredriks gate, inntil slottsparken (Astrid Seeberg, 2018).

SAMMENDRAG

Klimaendringene gjør at Norge og verden må forberede seg på et annerledes klima i årene som kommer. Dette gjelder også for Oslo. Som følge av økte nedbørsmengder på grunn av klimaendringene, er det i dag et stort fokus på hvordan økte nedbørsmengder og overvann håndteres i Oslos urbane områder. I mindre grad er konsekvensene av økt tørke og høyere temperaturer satt på dagsorden.

Oppgaven bygger videre på en masteroppgave skrevet av Ingunn Mørk i 2020 ved NMBU; *Tampen brenner - En rød tretrinnsstrategi for klimatilpasning av norske byers uterom til et varmere klima*. Mørks oppgave og resultater er en viktig inspirasjonskilde og grunnlag til store deler av oppgaven.

Bakgrunnen for oppgaven er å undersøke behovet for å klimatilpasse urbane uterom i Oslo i møte med et varmere klima med fokus på tørke og høyere temperaturer. Oppgaven har som overordnet mål å se på hvordan klimatilpasning for tørk og høyere temperaturer kan fremmes i klimatilpasningsarbeidet i Oslo og kombineres med overvannshåndtering.

Oppgaven bygger på en litteratur- og dokumentgjennomgang, som viser til et behov for å tilpasse urbane uterom i Oslo for økt tørke og høyere temperaturer i årene som kommer. Oslo kommune har som mål å bli en klimarobust by innen 2030, og dette krever at kommunen i tillegg til å håndtere overvann, også setter fokus på klimatilpasning av et varmere klima med økt tørke og høyere temperaturer.

For å avdekke eksisterende praksis i klimatilpasningsarbeidet viser oppgaven til tre tidligere gjennomførte undersøkelser. Av undersøkelsene kommer det frem at det i dag er lite kunnskap og fokus hos norske landskapsarkitekter og kommunale ansatte i Norge om klimatilpasning for tørke og høyere temperaturer. Overvann er i dag den største klimautfordringen for Oslo, og tørke og høyere temperaturer blir nedprioritert i kommunens klimatilpasningsarbeidet.

Ved å se nærmere på tiltak for håndtering av overvann, og aktuelle tiltak tørke og høyere temperaturer, ser oppgaven et potensiale i å samhandle tiltak i urbane uterom for de nevnte klimautfordringene. Oppgaven omtaler dette som *helhetlig klimatilpasning*. I forbindelse med oppgaven ble det utført fire intervju med representanter fra ulike ansvarsområder tilknyttet klimatilpasningsarbeidet i Oslo. Intervjuene underbygger funnene fra tidligere undersøkelsen, men viser til nødvendighet og utfordringer ved en helhetlig klimatilpasning.

For å fremme fokus og kunnskap om klimatilpasning for tørke og høyere temperaturer, foreslår oppgaven en strategi, *sirkulasjonsstrategien*, som skal sikre økt klimatilpasning for tørk og høyere temperaturer, men fremdeles sikre overvannshåndtering. En helhetlig klimatilpasning gjennom sirkulasjonsstrategien vil ha flere positive følger og gjøre Oslo til en mer klimarobust by i møtet med et varmere klima.

ABSTRACT

As a result of climate change, Norway and the rest of the world must be prepared for a different climate in the up following years. This also applies for Oslo. Climate changes has led to increased rainfalls and because of flooding problems due to increased surface water, surface water management has become a well-known practice for climate adaptation in urban areas in Oslo. To a lesser extent, mitigation of the consequences of drought and increased temperatures are included in the work of climate adaptation.

The thesis is based on a former master's thesis written by Ingunn Mørk in 2020 at NMBU; *A red tree- step- strategy for adaptation of outdoor spaces in Norwegian cities to a warmer climate*. Mørk's thesis and results are an important source of inspiration and basis for large parts of this thesis.

The background for the thesis is to investigate the necessity for climate adaptation of urbane outdoor spaces in the meeting with a warmer climate, with a focus on drought and higher temperatures. The overall goal is to look at how climate adaptation for drought and increased temperatures can be promoted in the work of climate adaptation and combined with surface water management.

The thesis is based on a literature and document review, which refers to a need to adapt urbane outdoor spaces in Oslo for increased drought and higher temperatures. Oslo Municipality has a goal to become a climate robust city in 2030. In addition to surfac water management, this also requires climate adaptation for drought and high temperatures.

To uncover existing practice in the work of climate adaptation, the thesis refers to tree previously conducted studies. The surveys shows a lack of knowledge and focus among Norwegian landscapes architects and municipal employees I Norway on climate adaptation for drought an higher temperatures. Today, surface water management is the main focus in the work of climate adaptation in Oslo.

By looking more closely on different measures for managing surface water, drought and high temperatures, the thesis reveals a potential for interacting measures for the mentioned climate challenges. The thesis describes this as a holistic practice for climate adaptation.

Four interviews were coducted during the thesis with representatives from various positions associated with the work of climate adaptation in Oslo. The interviews support the findings in the used previous studies but refers to the necessity and challenges of a holistic climate adaptation.

To promote focus and knowledge about climate adaptation for drought an higher temperatures, the thesis proposes a strategy, the circulation- strategy, which will ensure increased adaptation for droughts and higher temperatures as well as surface management. A holistic climate adaptation through the circulation- strategy will have several positive consequences and make Oslo city more climate- robust in the face of a warmer climate.

BEGREPSLISTE

Bærekraftig utvikling: FN- sambandet (2021-a) definerer bærekraftig utvikling som “en utvikling som imøtekommer dagens behov uten å ødelegge mulighetene for at kommende generasjoner skal få dekket sine behov».

Overvann: Er en fellesbetegnelse på vann fra nedbør og smeltevann som avledes på overflaten (Miljødirektoratet, 2019a).

Grunnvann: Defineres som «vann i mettet sone under jordoverflaten, det vil si i den delen av grunnen hvor alle sprekker og porerom er helt fylt med vann». (Tollan, 2021).

Nedbørfelt: Defineres som “et område med felles avrenning til vassdrag, innsjø eller fjord. Vannskillet avgrenser nedbørsfeltene fra hverandre” (Heggstad & Rosvold, 2019).

Resipient: Er et samlebegrep for hav, bekk, innsjø, elv, myr eller andre vannkilder (Vann- og avløpsetaten, 2015).

Overvannstiltak: Defineres som «etablering av overvannsanlegg, eller andre fysiske tiltak for å forebygge skade som følge av overvann» (NOU 2015: 16).

Lokal overvannshåndtering (LOH): Også kalt lokal overvannsdiskonering (LOD) (Oslo kommune, 2019) er «tiltak som infiltrerer og/ eller fordrøyer overvann» (NOU 2015: 16).

Fordrøyning: “Større eller mindre areal som er tilrettelagt for å holde tilbake en viss mengde overvann slik at vannhastigheten reduseres og at det ikke slippes forbi for mye overvann på en gang” (Oslo kommune, 2019).

Infiltrasjon: Defineres som «inntrengning av vann i løsmasser eller oppsprukket fjell». (NOU 2015: 16).

Flomvei: Er en naturlig eller kunstig trasé som fører overvann til en resipient (NOU 2015: 16).

Naturbaserte løsninger (NBL): Er betegnelsen på å “løse samfunnsutfordringer gjennom å ta utgangspunkt i naturlige prosesser og økosystem. Dette baserer seg på bruk av natur eller å «herme» etter naturens egne løsninger» (Miljødirektoratet, 2019b).

Bekkeløp: Defineres som «vannstrengen og tilstøtende vegetasjonsdekket areal langs denne som kan oversvømmes» (Oslo kommune, 2015).

Permeable flater: Er betegnelse på gjennomtrengelige flater som slipper vann ned til grunnen. Dette kan være gressflater, grusveier, jorder eller grøntområder uten betong og asfalt (Lindholm et al., 2008).

Blågrønn infrastruktur (BGI): “Blågrønn infrastruktur er et nettverk av naturlige og semi-naturlige områder med deres komponenter og funksjoner i rurale og urbane omgivelser. Det kan være landlige områder, ferskvann, kyst- og havområder som til sammen forbedrer økosystems helse og robusthet, og bidrar til bevaring av biologisk mangfold” (Ardila & De Caprona, 2013).

Bynatur: Kommunal- og moderniseringsdepartementet (KMD) definerer i sin idehåndbok Byrom (KMD, 2016) bynatur som “byens og tettstedets økosystem med vann, vegetasjon, jord og dyreliv. Bynatur er knyttet til grønne og blå elementer”.

Biologisk mangfold: «Mangfoldet av økosystemer, arter og genetiske variasjoner innenfor artene, og de økologiske sammenhengene mellom disse komponentene» (Naturmangfoldloven, 2009, §3).

Økosystem: Naturmangfoldloven (2009, §3) definerer økosystem som “et mer eller mindre velavgrenset og ensartet natursystem der samfunn av planter, dyr, sopp og mikroorganismer fungerer i samspill innbyrdes og med det ikke-levende miljøet».

Klima: Uttrykk for “det typiske værmønsteret over tid. Klimaet blir gjerne beskrevet gjennom statistiske data, som for eksempel gjennomsnittlig nedbørsmengde, temperaturer og vindforhold over en 30-årsperiode” (Klimaetaten, 2020).

Klimatilpasning: Er tiltak som begrenser ulemper og utnytter fordeler av et endret klima (St.meld. nr. 33 (2012- 2013)).

Ekstremvær: Faller inn under klima som begrep, men utgjør ekstreme “værsituasjoner med lav hyppighet” (Dannevig & Harstveit, 2020).

Urban heat island effect (UHIE): Er betegnelsen på et urbant området som har høyere (+5 til 12 grader) temperatur enn sine omkringliggende omgivelser (Rutledge et al., 2011).

Evapotranspirasjon: “Er den samlede fordamningen fra en vegetasjon. Den består av evaporasjon fra fysiske objekter (vannflater, jord og våte steiner) og transpirasjon fra de levende plantenes overflate” (Berner, 2021).

Hetebølge: Meteorologisk institutt (Tajet, 2020) definerer hetebølge som “tre dager sammenhengende med en maksimumstemperatur som i snitt er 28 grader eller høyere”.

INNHALDSFORTEGNELSE

Bibliotekside
Forord
Sammendrag/ Abstract
Begrepsside
Innholdsfortegnelse

1. INTRODUKSJON TIL OPPGAVEN

- 1.1 Innledning 1 - 5
1.2 Problemstilling, mål og metode 5 - 10

2. KLIMATEORI

- 2.1 Klimaendringer og klimaprognoser 11- 12
2.2 Byklima og varmeøyer 13 - 20
2.3 Klimautfordringer og konsekvenser av økte temperaturer 21 - 30
2.4 Oppsummering 31 - 52
53 - 54

3. KLIMATILPASNING

- 3.1 Klimarobust gjennom klimatilpasning 55- 56
3.2 Klimatilpasning for overvann 57 - 60
3.3 Klimatilpasning for økte temperaturer 61 - 64
3.4 Status i dagens klimatilpasningsarbeid 65 - 68
3.5 Oppsummering 69 - 83
84

4. KOMBINERT KLIMATILPASNING

- 4.1 Naturlige koblinger 85- 86
4.2 Erfaringer og tanker om kombinert klimatilpasning 87 - 90
4.3 Referanseprosjekter for kombinert klimatilpasning 91 - 98
99 - 110

5. HELHETLIG KLIMATILPASNING

- 5.1 Helhetlig klimatilpasning 111- 112
5.2 Sirkulasjonsstrategien 113 - 114
5.3 Konklusjon 115 - 126
5.2 Refleksjon 127 - 128
129 - 132

6. KILDER

- 6.1 Litteraturliste 133- 134
6.2 Figurliste
6.3 Fotoliste
Vedlegg 1 & 2



Foto 1. Marku Spiske/ Unsplash (2019)

1.1 Innledning

I dette kapitlet vil jeg presentere bakgrunnen for oppgavens tematikk, problemstilling, mål og avgrensning. Videre vil kapitlet inneholde oppgavens struktur og oppsett for de ulike kapitlene, samt oppgavens metode.

KLIMAENDRINGENE - VERDENS STØRSTE UTFORDRING

Klimaet på jorden har endret seg på grunn av økte temperaturer som følge av kunstig høye konsentrasjoner av klimagasser i atmosfæren (FN- sambandet, 2021-b). Dette har gitt store utfordringer globalt, og klimautfordringene omtales i dag som vår tids største utfordring (United nations, 2021).

Siden 1850 har gjennomsnittstemperaturen i verden økt med 1,1 grader (Miljødirektoratet, 2022-c). Den internasjonale klimaavtalen fra 2015, Parisavtalen, har satt et mål om å begrense den globale temperaturøkningen til 1,5 grader frem til 2100 (Regjeringen, 2021). FNs klimapanel (IPCC) påpeker i del 1 av sin sjette hovedrapport (2021), at det må ytterligere satsning til om vi skal klare å overholde målene i Parisavtalen (Miljødirektoratet, 2022-c).

Som en konsekvens av klimaendringene er ekstreme værhendelser i form av store nedbørsmengder, flom, skred, hetebølger og tørke, blitt mer intense og forekommer oftere (Miljødirektoratet, 2022-b). Konsekvensene av klimaendringene avgjøres i stor grad av hvor sårbare og eksponert samfunnet er (Miljødirektoratet, 2021-a). Av den grunn må vi i tillegg til å redusere klimagassutslipp, i større grad tilpasse oss konsekvensene av et endret klima gjennom ulike klimatilpasningstiltak.

ØKT NEDBØR I FOKUS

Siden 1900, har den årlige nedbørsmengden i Norge økt med ca 20 prosent og det er blitt mer vanlig med store intense nedbørsmengder på kort tid, såkalt styrtregn (Miljødirektoratet, 2021-b). Norsk klimaservicesenter (NKSS) (u.å.-a) påpeker at det er særlig økte nedbørsmengder, med påfølgende overvanns- og flomproblematikk, og havnivåstigning som vil skape utfordringer for samfunnet fremover. NKSS har utarbeidet fylkesvise klimaprofiler (fylkesinndeling per 2015- 2017), som skal utgjøre et kunnskapsgrunnlag om forventede klimaendringer og klimautfordringer til bruk i overordnet planlegging (Norsk klimaservicesenter, u.å.-b). Alle 17 klimaprofilene for fastlands Norge oppsummeres med en anbefaling om klimatilpasningstiltak rettet mot kraftig nedbør, flom og stormflo. Hver av de 17 rapportene har også forsidebilder som illustrerer situasjoner med flom eller overvann, se figur 1.1.1. Således kommer det tydelig frem at klimautfordringer knyttet til vann er et satsningsfelt i klimatilpasningsarbeidet i Norge.

I 2015 ble en egen offentlig utredning om overvann publisert; NOU 2015: 16 *Overvann i byer og tettsteder - som problem og ressurs*. Utredningen vitner om en politisk prioritering av overvann og urban flom som en viktig konsekvens av et endret klima. Dette er også tilfelle i flere kommuner der overvannsproblematikken er klimakonsekvensen som i større grad blir vektlagt sammenlignet med andre klimakonsekvenser (Jordbakke et.al., 2017, s. 19).

Klimaprofil for Rogaland



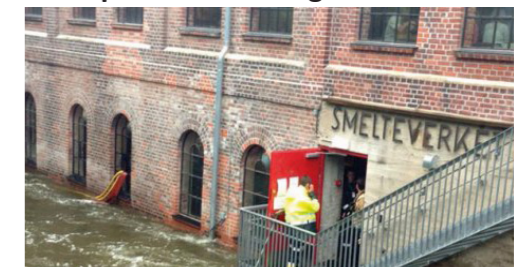
Klimaprofil for Vestfold



Klimaprofil for Nord- Trøndelag



Klimaprofil for Oslo og Akershus



Klimaprofil for Østfold



Figur 1.1.1. Viser forsidene for fem av klimaprofilene fra Norsk Klimaservicesenter med illustrasjoner av vann (Norsk klimaservicesenter, u.å.).

Klimaprofilene fra Norsk klimaservicesenter inneholder fremskrivninger basert på nedskalerte klimamodeller fra FNs klimapanelets femte hovedrapport (AR5) (Norsk klimaservicesenter, 2021). Klimaprofilene inneholder et sammendrag med forventede endringer i klima, hydrologiske forhold og naturfarer med betydning for samfunnssikkerhet, for perioden 1971- 2000 til 2071 - 2100. Basert på prognosene blir ulike klimakonsekvenser kategorisert etter følgende kategorier; *sannsynlig økning*, *mulig sannsynlig økning*, *sannsynlig uendret eller mindre* og *usikker*.

SANNSYNLIG ØKNING	
 Ekstrem nedbør	Det forventes at episoder med kraftig nedbør øker vesentlig både i intensitet og hyppighet. Dette vil også føre til mer overvann
 Regnflom	Det forventes flere og større regnflommer, og i mindre bekker og elver må man forvente en økning i flomvannføringen
 Jord-, flom- og sørpeskred	Økt fare som følge av økte nedbørmengder
 Stormflo	Som følge av havnivåstigning forventes stormflonivået å øke
MULIG SANNSYNLIG ØKNING	
 Tørke	Det forventes små endringer i sommernedbør og høyere temperaturer og økt fordampning gir derfor økt fare for tørke om sommeren

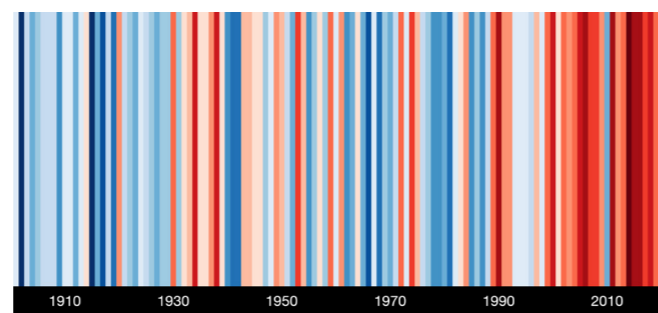
Figur 1.1.2 viser mulig sannsynlige klimaendringer for tørke som følge av økte tørkeperioder for Oslo og Akershus (Norsk klimaservicesenter, 2021).

For alle 17 klimaprofilene er det beregnet en mulig sannsynlig økning for tørke som en konsekvens av klimaendringene. Tørke i sommersesongen vil kunne oppstå som følge av forventede små endringer i sommernedbør, høyere temperaturer og økt fordampning (Norsk klimaservicesenter, 2021).

ØKTE TEMPERATURER OG TØRKE

I klimaprofilene er det i hovedsak tørke, mer nedbør og havnivåstigning som blir lagt frem som konsekvensene av den globale temperaturøkningen. Økte lokale temperaturer og hetebølger blir ikke nevnt som et eget punkt.

Til tross for lite fokus på klimatilpasning for økte temperaturer og tørke, vet vi at det vil bli varmere i Norge (Meteorologisk institutt, 2017). Fra 1900 har gjennomsnittstemperaturen vært tett på normalen (1961- 1990-normalen), med unntak fra en varmeperiode på 1930- tall (Meteorologisk institutt, 2021-a). Den markante temperaturøkningen der temperaturen har vært jevnt varmere enn normalen, har skjedd etter 1985. Temperaturutviklingen for Norge er illustrert gjennom fargegrafen, figur 1.1.3, der hver stripe representerer gjennomsnittlig årstemperatur. I grafen fremstilles varmeperioden i 1930 og den markante varmere utviklingen etter 1985 som tydelige røde striper.



Figur 1.1.3 Viser en grafisk fremstilling av endringene i temperaturen i Norge. Hver stripe representerer årsmiddeltemperaturen i Norge siden 1901 til 2021 (Professor Ed Hawkins, u.å).

HELHETLIG KLIMATILPASNING

I motsetning til økte nedbørmengder som i større grad medfører akutte klimakonsekvenser, anses økte temperaturer å føre til gradvise utfordringer som blant annet tørke og hetebølger (Klimaetaten, 2019, s. 6). Et bærende prinsipp i klimatilpasningsarbeidet i Norge er *føre- var- prinsippet* som i møtet med klimaendringene skal sikre en bærekraftig utvikling (Miljødirektoratet, 2019-c). Dette er et viktig og nødvendig prinsipp, da klimatilpasning baserer seg på å redusere virkningene av mulige negative fremtidige konsekvenser av et endret klima (Miljødirektoratet, 2021-a). Av den grunn er det naturlig å stille spørsmålsteget ved om Norge i større grad må øke fokus og tiltak for klimatilpasning rettet mot økte temperaturer, dersom kjernen for klimatilpasningsarbeidet er å stille forberedt på mulige fremtidsutfordringer.

Behovet for klimatilpasning rettet mot høyere temperaturer er særlig relevant for urbane områder med høy befolkningstetthet og lite naturlige arealer som igjen bidrar til et spesielt varmt lokalklima i byer (se kapittel 2). Oslo kommune har som mål at Oslo bli en *klimarobust* by som skal tåle virkningene av et endret klima frem mot 2100 (Oslo kommune, 2020, s. 2). For å nå denne målløpnaelsen bør fremtidige og også ukjente klimautfordringer som tørke og høyere temperaturer i større grad inkluderes i klimatilpasningsarbeidet.

På grunn av økt arealpress i bysonen i Oslo, stilles det krav til arealeffektive løsninger. Dette vil også gjelde klimatilpasningstiltakene som blir anlagt i byen. Av den grunn vil behovet for å inkludere flere klimautfordringer og håndtere disse i sammenheng gjennom smarte kombinasjonsløsninger, bli viktig i klimatilpasningsarbeidet.

I 2020 skrev Ingunn Mørk en masteroppgave ved NMBU; *Tampen brenner - En rød tretrinnsstrategi for klimatilpasning av norske byers uterom til et varmere klima*. Masteroppgaven avdekket mangel på kunnskap blant norske landskapsarkitekter for konsekvensene av tørke og høyere temperaturer, og hvordan urbane uterom kan tilpasses for dette. Mørk la frem et forslag til en ny tretrinnsstrategi, *den røde tretrinnsstrategien for et varmere klima* (Mørk, 2020, s. 125), og viste til flere tiltak som kan iverksettes for å redusere effekten av økte temperaturer i byer.

Masteroppgaven til Mørk ble innfallsvinkelen til denne oppgaven. Med utgangspunkt i resultatene til Mørk, ble bakgrunnen for denne oppgaven å undersøke mulighetene for å kombinere strategier og tiltak for overvann, tørke og høyere temperaturer for å i så måte fremme en helhetlig klimatilpasning for en klimarobust byutvikling.

1.2 Problemstilling, mål og metode

1.2.1 OPPGAVENS PROBLEMSTILLING

Oppgavens hovedproblemstilling er:

Hvordan fremme økt klimatilpasning for tørke og høyere temperaturer i kombinasjon med overvannshåndtering for urbane uterom i Oslo?

Dette spørsmålet skal besvares gjennom tre delproblemstillinger som vil bli utforsket fortløpende i oppgavens ulike kapitler, som vist i figur 1.2.1.

1.2.2 OPPGAVENS MÅL

Målet med oppgaven er å fremme behovet økt klimatilpasning av urbane uterom for et varmere klima. Oppgaven har til hensikt å sette søkelys på konsekvensene av mindre prioriterte klimautfordringer i Norge, som tørke og høyere temperaturer. Ved å undersøke mulighetene for å kombinerte strategier og tiltak for høyere temperaturer og overvannshåndtering, søker oppgaven å vise til hvordan klimatilpasningsarbeidet i Oslo kan favne bredere og gjøre Oslo mer klimarobust. Med dette skal oppgaven fremme viktigheten av en helhetlig tankegang for klimatilpasning av urbane uterom for et vartere, men også varmere klima.

KAPITTEL	DELPROBLEMSTILLING	METODE
Kapittel 2	Er det behov for å klimatilpasse urbane uterom i Oslo for tørke og hetebølger?	Litteraturstudie
Kapittel 3	Hvordan er dagens status for klimatilpasning for tørke og høyere temperaturer?	Litteraturstudie
Kapittel 4	Finnes det muligheter for å kombinere tiltak for tørke og høyere temperaturer med tiltak for overvann?	Litteraturstudie og intervju

Figur 1.2.1 Viser en oversikt over oppgavens struktur og hvilke problemstillinger og metoder som blir behandlet i oppgavens ulike kapitler.

1.2.3 OPPGAVENS AVGRENSNING

TEMATISK AVGRENSNING

Klimaendringene vil kunne medføre flere utfordringer for samfunnet, blant annet knyttet til havnivåstigning, flom og skred (Norsk klimaservicesenter, u.å.-a, s. 8). Denne oppgaven skal undersøke behovet for klimatilpasning for tørke og høyere temperaturer og muligheten for disse klimautfordringene kan håndteres i sammenhengen med tiltak for overvann om følge av økte nedbørsmengder.

Etter som ekstremvær er en av hovedutfordringen for Norge som følge av klimaendringene, vil oppgaven fokusere på temperaturer som i størst grad avviker fra normalen for gjennomsnittstemperaturen i landet. De høyeste maksimums- og middeltemperaturene i Norge er observert for sommermånedene, og det er i denne perioden eventuelle hetebølger også i større grad kan inntreffe (Norsk klimaservicesenter, u.å.-a, s. 55). Av den grunn vil oppgaven fokusere på økte temperaturer for sommermånedene mai - september.

Intense nedbørsperioder, styrtregn, er også ansett som den viktigste årsaken til utfordringer knyttet til overvann, og er omtalt som et "sommerfenomen" (Varsom.no, u.å). Dette gjør avgrensningen til sommerhalvåret relevant for oppgavens fokusområde.

Oppgaven vil videre fokusere på lokalklima i by - byklima. Dette er områder som på grunn av høy transformasjon av naturlige overflater i tillegg til klimaendringene, har store endringer i det naturlige lokalklima som gir spesielt høye temperaturer.

GEOGRAFISK AVGRENSNING

Oppgavens tema kan ha store variasjoner avhengig av hvor i landet det er snakk om, basert på store klimatiske variasjoner i Norge (Mamen, 2021). Av den grunn er det foretatt en geografisk avgrensning for oppgaven til Oslo kommune.

Oslo er området i landet med flest innbyggere og er forventet en befolkningsvekst på rett under 800 000 innbyggere i 2040 (SSB, 2020). Befolkningsvekst og økt fortetting i bysonen setter krav til utforming av gode uterom som kan håndtere klimautfordringer og sikrer et komfortabelt byklima.

Klimaprofilen for Oslo og Akershus (Norsk klimaservicesenter, 2021), viser til markante økninger i gjennomsnittstemperaturen på 4,5 °C og en 20 prosent økning i nedbørmengde for døgn med kraftig nedbør. Klimaprognosene viser således til utfordringer knyttet til økte nedbørmengder, men også høyere temperaturer for kommunen.

Oslo kommune har som mål å bli en klimarobust by (Oslo kommune, 2020, s. 2) og har gjort flere tiltak for å styrke sitt klimatilpasningsarbeid. Kommunen er den første i landet til å lansere en egen klimatilpasningsstrategi; *klimatilpasningsstrategi for Oslo kommune* (Oslo kommune, u.å-a), og det ble også opprettet en egen klimaetat i 2016 (Oslo kommune, u.å-b).

Klimaetaten skal utgjøre en faglig ressurs og være pådriver for at kommunen når sine klimamål (Oslo kommune, u.å.-b). Etaten skal også koordinere klimatilpasningsarbeidet og utarbeide et klimabudsjett, som utgjør et viktig verktøy for gjennomføring av klimatilpasning.

Oslo kommune opplyser om at håndtering av overvann er en *"hovedprioritet for byen"* (Oslo kommune, u.å.- a), og det er utarbeidet både en strategi, handlingsplan og flere veiledere og faktark om tiltak for å håndtere overvann. Basert på kommunens foregangsarbeid for klimatilpasning, og deres ambisjoner og mål om å bli en klimarobust by, gjør dette Oslo til en aktuell avgrensning for oppgaven.



Figur 1.2.3 Viser en oppgavens geografiske avgrensning til Oslo.

1.2.4 OPPGAVENS STRUKTUR

Oppgaven består av tre deler; en teoridel, en empiridel og en avsluttende strategiutvikling med konklusjon og refleksjon. Figur 1.2.4 viser oppgavens struktur og de forskjellige kapitlenes innhold.

STRUKTUR	INTERVJU, LITTERATUR- OG DOKUMENTGJENNOMGANG			STRATEGI-UTVIKLING
KAPITTEL 1	KAPITTEL 2	KAPITTEL 3	KAPITTEL 4	KAPITTEL 5
Introduksjon av oppgaven	Klima i endring	Klimatilpasning	Kombinert klimatilpasning	Helehtlig klimatilpasning
Innføring i oppgavens tema, problemstilling, avgrensning og metode	Teori om klimaendringer, byklima og konsekvensene av økt tørke og hetebølger	Teori om klimatilpasning for overvann, tørke og høyere temperaturer, og status i klimatilpasningsarbeidet	Teori og refleksjon om felles klimatilpasning for overvann, tørke og høyere temperaturer	Forslag til felles strategi for klimatilpasning for overvann, tørke og høyere temperaturer og virkningene av strategien.

Figur 1.2.4 Viser en oversikt over oppgavens struktur.

1.2.5 OPPGAVENS METODE

Oppgaven baserer seg på en kvalitativ metode og bygger i stor grad videre på funnene i masteroppgaven til Ingunn Mørk ved NMBU, *Tampen brenner - en rød tretrinnsstrategi for klimatilpasning av byers uterom for et varmere klima* (Mørk, 2020).

De ulike metodene som er benyttet er;

- Litteratur- og dokumentgjennomgang
- Semistrukturerte intervjuer
- Strategiutvikling

LITTERATUR- OG DOKUMENTGJENNOMGANG

For å undersøke oppgavens relevans er det gjennomført et litteraturstudie som undersøker behovet for klimatilpasning av urbane uterom i Oslo for tørke og høyere temperaturer. Dette utgjør bakgrunnen for oppgaven og er presentert som kapittel 2.

I kapittel 3 er både litteratur og dokumentgjennomgang benyttet for å avdekke resultater fra tidligere gjennomførte undersøkelser for å besvare delproblemstilling 2.

Kapittelet bygger i hovedsak på tre utførte undersøkelser fra 2020 og 2021;

- *Dokumentgjennomgang med ordsøk* (Mørk, 2020).

- *Spørreundersøkelse av norske landskapsarkitekter om klimatilpasning* (Mørk, 2020)

- *Spørreundersøkelse for norske kommuner om status i arbeidet med klimatilpasning* (Aall et al, 2021)

For å verifisere resultatene av ordsøket til Mørk, ble det i forbindelse med oppgaven utført et ytterligere ordsøk for to nye relevante styringsdokumenter for klimatilpasning. For å kunne sammenligne resultatene av de to ordsøkene, ble det eksterne ordsøket utført med tilsvarende metode som for ordsøket til Mørk, se delkapittel 3.2.2.

INTERVJU

Intervju er en hensiktsmessig metode for å avdekke tanker og meninger om et tema. Dette er benyttet som grunnlag i tillegg til litteratur og dokumentgjennomgang for å besvare oppgavens delproblemstilling 3.

Det ble av den grunn utført fire intervjuer i forbindelse med oppgaven. Intervjuobjektene ble valgt på bakgrunn av råd fra veileder og gjennom anbefaling fra intervjuobjektene selv. Intervjuobjektene er alle personer med faglig tilknytning til oppgavens tema og problemstilling, og fra ulike etater og aktører.

De intervjuede er; Bent Braskerud, sjefsingeniør i Vann- og Avløpsetaten (VAV), Helene England, klimaleder i Plan- og bygningsetaten (PBE), Helene Georgsen Berger, avdelingsdirektør i Park- og byrom i Bymiljøetaten (BYM) og Kathrine Strøm, dosent for fakultet for landskap og samfunn ved NMBU og utviklingssjef for bærekraftig byutvikling i COWI.

Intervjuene ble gjennomført virtuelt over Teams og tok i underkant av en time. Som vedlegg 1 ligger intervjuguiden benyttet til alle intervjuene.

STRATEGIUTVIKLING

I kapittel 4 er det gjennomført en strategiutvikling basert på informasjon om oppgavens temaet gjennom utført litteratur- og dokumentgjennomgang.

Strategiutviklingen bygger i stor grad på en kombinasjon av tretrinnsstrategien for overvann (NOU 2015: 16) og Ingunn Mørk sitt forslag til en rød tretrinnsstrategi for høyere temperaturer (Mørk, 2020).

Kapittel 2

Klima i endring

2.1 Klimaendringer og klimaprogner

I dette kapitlet presenteres teori om ulike klimaforhold, klimaprogner, årsaker til økte temperaturer i byområder og hvilke klima- utfordringer og konsekvenser dette kan medføre. Kapitlet er delt inn i fire følgende hoveddeler;

- 2.1 Klimaendringer og klimaprogner
- 2.2 Byklima og Oslo som varmeøy
- 2.3 Klimautfordringer og konsekvenser av økte temperaturer
- 2.4 Oppsummering

Kapitlet skal besvare delproblemstilling 1:

“Er det behov for å klimatilpasse urbane uterom i Oslo for tørke og hetebølger?”

2.1.1 VÆR OG KLIMA

Vær og klima er to begreper som begge omhandler ytre påvirkningsfaktorer, abiotiske forhold i et økosystem, slik som vind, temperatur og nedbør (Birkeland, 2021). For å forstå oppgavens fokusområde og innhold er det viktig å definere forskjellen mellom *vær* og *klima*.

Klimaet er resultatet av det typiske værmønsteret over tid, og omhandler statistiske data som gjennomsnittlige nedbørsmengder og temperatur over en 30- årsperiode (Klimataten, 2019, s. 3). Været beskriver hvilke forhold av for eksempel temperatur, vind og nedbør som på et gitt tidspunkt er tilstede på et område (Meteorologisk institutt, 2020). Klimaet derimot beskriver hvilket vær som kan forventes på området.

Klimaet er med andre ord ikke noe du kan registrere ved å se ut av vinduet. Det krever målinger av værphenomener over tid og statistiske data for å si noe om klimaet og eventuelle klimaendringer (FN- sambandet, 2021- b). Slike målinger er gjennomført på ulike steder i verden er bakgrunnen for at vi kan uttale oss om og konstatere at klimaet på jorden er i endring.

2.1.2 HVORFOR KLIMA I ENDRING?

Klimaet på jorden endrer seg som følge av økte temperaturer, og den globale oppvarmingen har oppstått som følge av kunstig høye konsentrasjoner av klimagasser i atmosfæren (FN- sambandet, 2021-b). Klimagasser, og kalt drivhusgasser, defineres av Store norske leksikon, som alle gasser med påvirkning på jordens og atmosfærens strålingsbalanse (Bryhni et al., 2022). Eksempler på drivhusgasser er vanddamp (H₂O), karbondioksid (CO₂), metan (CH₄) og lystgass (N₂O) (Miljødirektoratet, 2021-c).

Den direkte oppvarmingen av jorden skyldes kortbølgete lysstråler fra solen som treffer jorden. Lysstrålene blir enten reflektert tilbake til verdensrommet av gasser, damp og partikler, såkalte *aerosoler* i atmosfæren (Mamen, 2022-c), eller treffer jordoverflaten. Avhengig av hvor lysstrålene treffer jordoverflaten blir deler av lysenergien absorbert og bidrar til oppvarming av jordoverflaten, eller reflektert som langbølget stråling, varmebølger, tilbake i atmosfæren (Miljødirektoratet, 2022-a).

Forskjeller i materialers refleksjonsevne, videre omtalt som *albedo*, avgjør hvor mye av solenergien som blir reflektert og absorbert (Snl, 2020). Dette vil bli omtalt senere i oppgavens delkapittel, 2.5, punkt 2.2.5.

Når jorden avgir energi i form av varmebølger vil enkelte varmebølger "slippes ut" i atmosfæren, men partikler og gasser i atmosfæren også vil kunne reflektere varmebølger tilbake til jorden (Miljødirektoratet, 2022-a). På den måten kan klimagasser bidra til en doblett oppvarmingseffekt av kloden, ofte referert til som *drivhuseffekten* (Mamen, 2022-a). Økt konsentrasjon av klimagasser i atmosfæren vil bidra til at flere varmebølger reflekteres tilbake til jorden (ibid). Det er med andre ord summen av hvor mye energi fra solen som treffer jorden og hvor mye energi i form av varmebølger fra jorden som slippes ut av atmosfæren, som avgjør varmeeffekten på jorden (Miljødirektoratet, 2022-a).

Det er viktig å merke seg at drivhuseffekten ikke bare er en negativ effekt i klimasammenheng. Atmosfærens evne til å reflektere sollys og holde på varme, har sikret viktige livsbetingelser på kloden (Naturvernforbundet, 2019). Uten drivhuseffekten ville det vært hele 34 grader kaldere på jorden (ibid). Utfordringene har oppstått i takt med økte menneskelige utslipp av klimagasser, som nå skjer raskere enn hva naturen selv klarer å ta opp (FN- sambandet, 2021-b), og således bidrar til for store temperaturøkninger med påfølgende konsekvenser.



Figur 2.1.1 Viser en prinsipp tegning av drivhuseffekten som en av årsakene for den økte temperaturøkningen på jorden (Lekolar.dk, u.å.)

2.1.3 KLIMAMODELLER

Det er vanskelig å kunne forutsi fremtidens klimaendringer eksakt. Dette er på grunn av de mange årsakssammenhengene mellom alle faktorene som utgjør et klima (Mamen, 2022-c). Likevel er det å beregne ulike utfall for klimaendringene og sannsynligheten for dem, en viktig informasjonskilde om hvordan vi som samfunn skal kunne møte utfordringene som kommer.

Mulige fremtidige klimaendringer utledes gjennom komplekse klimamodeller (ibid). Menneskelig påvirkning på klimaendringene tas høyde for gjennom forskjellige scenarier for klimagassutslipp, også kjent som *Representative Concentration Pathways*, RCP-verdier (Norsk klimaservicesenter, u.å.).

Rapporten *Klima i Norge 2100* fra 2015 (Hanssen- Bauer et al., s. 6) presenterer tre ulike klimaprognoser for landet ut ifra tre forskjellige RCP- verdier;

RCP2.6: Lavt utslippsscenario;

Stabile klimagassutslipp de første årene, deretter kraftig reduksjon fra 2020.

RCP4.5: Middels utslippsscenario;

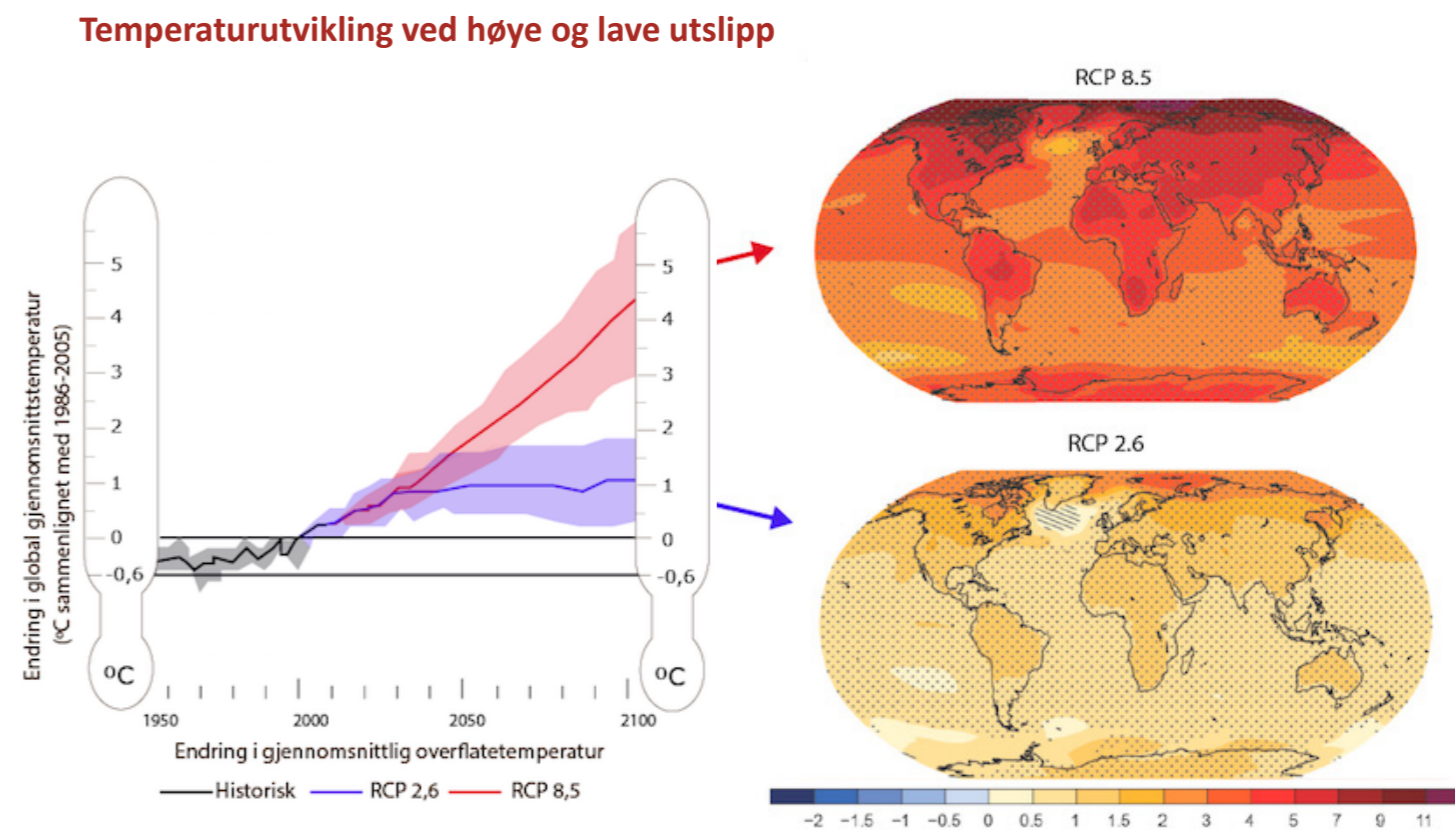
Stabile/ svakt økende utslipp til 2040, deretter reduserte utslipp

RCP8.5: Høyt utslippsscenario;

Kontinuerlig vekst i klimagassutslipp frem mot år 2100.

I henhold til *Statlig planretningslinjer for klima- og energiplanlegging og klimatilpasning* (2018) kapittel 4.3, skal høye alternativer fra nasjonale klimafremskrivninger legges til grunn når konsekvenser av klimaendringene skal vurderes. Etter gjeldene føringer, tar klimasårbarhetsanalysen for Oslo (Klimaetaten, 2020) utgangspunkt i høyeste utslippsscenario, RCP8.5. Av den grunn vil forventede klimaendringer som legges frem i denne i oppgaven også ta utgangspunkt i prognoser med beregninger baser på RCP8.5- verdier, med mindre annet er oppgitt.

Det er også relevant å merke seg at det foreligger en treghet i klimasystemet, noe som tilsier at klimaet vil kunne fortsette å endre seg til tross for utslippskutt (Klimaetaten, 2020, s.7; IPCC, 2013). Denne tregheten bidrar til å aktualisere føre- var- prinsippet og praksis om høyeste utslippsverdi, etter som konsekvenser av høye utslippsmengder fremdeles vil kunne oppstå til tross for utslippskutt.



Figur 2.1.2 Viser prognosene for den globale temperaturen for to utslippsscenarioer: RCP8,5 og RCP2,6 (Miljødirektoratet i forbindelse med lansering av den femte hovedrapporten fra FNs klimapanel; Bjerknes Center for Climate Research).

2.2 KLIMA I OSLO MOT 2100

Klimafremskrivningene for Oslo mot år 2100, viser i store trekk de forventede endringene for resten av landet, og Oslo vil i hovedsak bli våtere og varmere (Klimaetaten, 2019, s. 4).

I følge klimaprofilen for Oslo og Akershus (Norsk klimaservicesenter, 2021, s. 3) vil gjennomsnittstemperaturen øke med ca. 4,0 grader frem mot 2100. Det er forventet størst temperaturøkning på 4,5 grad for årstidene vinter og vår, og lavest for sommeren med en beregnet økning på 3,5 grad. Til tross for lavere temperaturøkninger om sommeren sammenlignet med resterende årstider, er det i henhold til klimaprofilen forventet vesentlig flere varme døgn i Oslo, det vil si dager med middeltemperatur over 20 grader (ibid).

Som en følge av høyere temperaturer er det også forventet økte nedbørsmengder. Årsnedbøren for Oslo og Akershus er forventet å øke med 15 %, med størst økning i nedbørsmengde om vinteren med + 30%, og med lavest økning for sommeren med +5% (Klimaetaten, 2020, s. 15). Antall nedbørsdager vil være noenlunde lik dagens situasjon, selv med økte nedbørsmengder. Nedbørsøkningen vil forkomme gjennom hyppigere og mer intense episoder av kraftig nedbør, også kalt *styrtregn* (Klimaetaten, 2020, s. 16).

Oslos topografi med en grytelignende form, vil med mere styrtregn og økt fortetting, kunne gi store utfordringer knyttet til overvann og urban flom. Denne problematikken utdypes noe mer i delkapittel 3.1.1 og 3.1.2.

Prognosene for sommerhalvåret, med liten økning i nedbørsmengder og med høyere temperaturer, vil medføre tidligere snøsmelting og gi høyere fordampning (Norsk klimaservicesenter, 2021, s. 7).

Dette vil kunne føre til lavere grunnvannstand, lengre perioder med markvannsunderskudd og en generell fare for tørke i området (ibid).

Som en konsekvens av økte temperaturer er det også forventet en økt forlengelse av vekstsesongen, beregnet til ca. 2 måneder (Norsk klimaservicesenter, 2021, s. 3).



Foto 2.3 Eirik Skarstein/ Unsplash (2018).

2.2 Byklima og varmeøyer

2.2.1 FORTETTING I BYEN

I dag bor over halvparten av verdens befolkning i byer og det er forventet at andelen vil stige til 64- 69 % innen 2050 (FN- sambandet, 2021-b). Tall fra statistisk sentralbyrå (SSB, u.å) viser at Oslo kommune hadde rett i underkant av 700 000 innbyggere ved fjerde kvartal i 2021, og er forventet en befolkningsøkning på over 100 000 innbyggere i 2050.

For å håndtere den fremtidige befolkningsveksten, har Oslo i langere tid ført en byutviklingspolitikk basert på fortetting i bykjernen og ved kollektivknutepunkter (Oslo kommune, 2018, s. 52). Fortetting defineres som "økning i arealutnyttelsen i eksisterende bebyggelse, vanligvis i byer og andre tettbygde områder" (Anderssen, 2021). Fortetting vil med andre ord virke motsatt av byplanleggings- fenomenet Urban Sprawl, der bebyggelsen vokser utover i landskapet og medfører lav befolkningstetthet (Rafferty, 2021). På den måten vil fortetting motvirke nedbygging av omkringliggende grøntområder og bidrar til å sikre en kompakt bystruktur.

Det er naturlig å se byutviklingsstrategien om fortetting i sammenheng med klimautfordringene. En kompakt bystruktur medfører kortere avstander mellom urbane funksjoner, som ved en satsning på kollektivtransport, kan medføre redusert privat transport og således reduserte klimagassutslipp (Skovbro, 2020). Til tross for reduserte klimagassutslipp, vil fortetting og

transformasjon i bysonen medføre lokale klimautfordringer. Som en følge av transformasjon og fortetting vil andelen tette flater øke, som igjen vil hindre naturlig infiltrasjon av nedbør og således bidra til økt fare for overvann og urbane flom (Klimaetaten, 2020, s. 31). Dette er konsekvenser som har vist seg å gi store materielle skader og påfølgende store økonomiske kostnader (Norsk klimaservicesenter, 2021, s. 5).

I klimaetatens *faggrunnlag til klimastrategi 2030* (2019-b, s. 8), presiseres det og at det at det også vil bli "viktigere å ta hensyn til selve lokalklimaet i byen, da fortetting og gjenbygging sammen med klimaendringer kan forsterke lokale utfordringer som varmeøyer, luftkvalitet og vindforhold". Kunnskap om lokalklima i byer og hvordan dette påvirkes av byutvikling er viktig for å kunne motvikre uønskede effekter av klimaendringene og sikre en byutvikling som er føre- var.

En byutvikling med fortetting som ikke tar hensyn til klimautfordringene vil medføre uønskede effekter og gjøre byen sårbar i møte med et endret klima (Klimaetaten, 2019-b, s. 23).



Foto 2.4: Christoffer Engström/ Unsplash (2020)

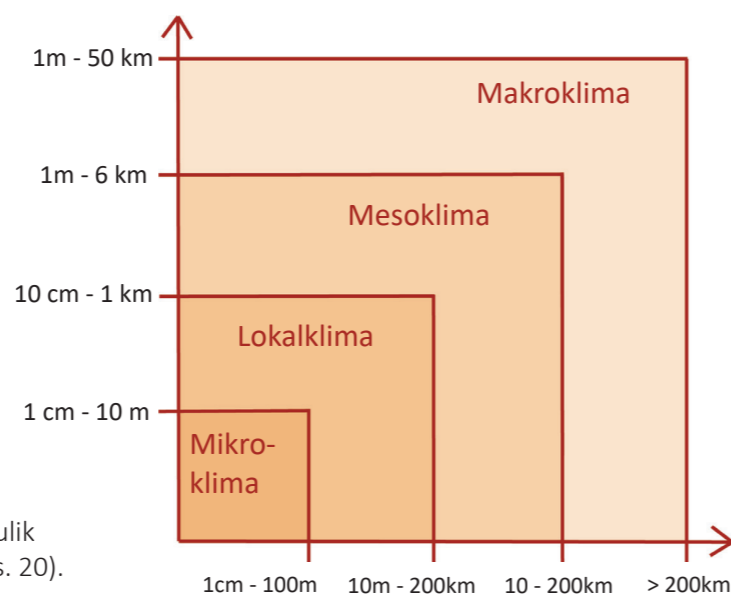
2.2.3 LOKALKLIMA I BY

Klimaet for et bestemt område påvirkes av flere faktorer som alle bidrar til at områder av ulike karakt har forskjellig klima (Dannevig & Harstveit, 2022). Viktige påvirkningsfaktorer for klimaet til et område er solinnstråling, geografisk breddegrad, høyde over havet, jordoverflatens egenskaper i forhold til topografi og materialitet og nærhet til vann (ibid). Basert på hvor lang utstrekning de ulike klimafaktorene har, kan vi dele klima inn i ulike skalaer (Utaaker, 1991, s. 20), som vist i figur 2.2.1.

Urbane områder er preget av så omveltende endringer av det naturlige landskapet, slik at byer skaper et eget klima, videre refert til som byklima (Oke et. al, 2017, xix). Byklima utgjør et typisk lokalklima (Mamen, 2019), og skiller seg fra klimaet for mindre bebygde områder primært gjennom forskjeller i lufttemperatur, fuktighet, vindhastighet og vindretning, samt nedbørsmengder (Britannica, 1998). Forskjeller i disse meteorologiske fenomenene og karakteristikken av byklima, skyldes i hovedsak transformasjon av naturlig terreng og vegetasjon til høye konsentrasjoner av kunstige strukturer og overflater (ibid).

Menneskelig aktivitet har også påvirkning på lokalklimaet i byer. Høye konsentrasjoner av luftforurensning, fra blant annet industriforbrenning, forbrenning av drivstoff til transport og oppvarming av bygninger bidrar til å byenes karakteristiske lokalklima (Britannica, 1998).

Luke Howard anses i dag som grunnleggeren, eller *The Father of urban Climatology*, basert på sine rapporteringer og observasjoner av meteorologiske forhold i London på starten av 1800-tallet (Oke et. al, s. 454). Han observerte det vi i dag kjenner som *varmeøy-effekten*, et særegent byklimatisk fenomen, hvor spesielt høye temperaturer oppstår i urbane områder (ibid, s. 455). Bakgrunnen for denne effekten og dens påvirkning på byene vil bli presenert nærmere i punkt 2.2.5.



Figur 2.2.1 Viser klima inndelt i ulike skala, basert på Utaaker (1991, s. 20).

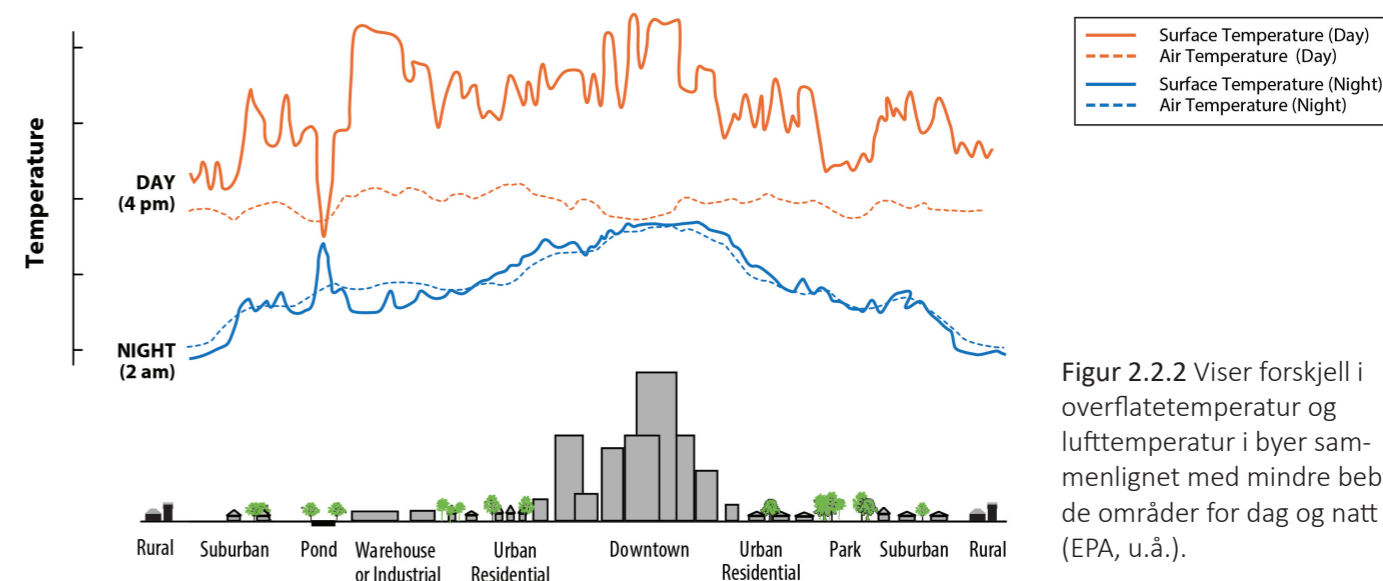
2.2.4 BYEN SOM VARMEØY

Et viktig fenomen når man beskriver lokalklimaet i byer er *varmeøy-effekten*, eller *Urban Heat Island Effect (UHIE)*, som gir spesielle temperaturforhold i byene. Som en konsekvens av endringer i landskapet og høye konsentrasjoner av unaturlige materialer, fører dette til høyere temperaturer i byer sammenlignet med utenforliggende mindre bebygde områder (Mamen, 2020-b). Den lokale temperaturen påvirkes av hvor mye sollys landskapet absorberer, fordampning, vind- og skyggeforskjell (ibid).

Temperaturdifferansen mellom byer og mindre bebygde områder avhenger av om temperaturmålingene gjøres ut ifra overflatetemperatur eller lufttemperatur (Bühler et.al, 2010, s. 9). Som figur 2.2.2 viser, vil differansen være størst om dagen dersom overflatetemperatur benyttes som målenhet, mens målinger av lufttemperatur vil gi størst differanse på natten (ibid).

De to temperaturmålingene henger tett sammen, men overflatetemperatur påvirkes i større grad av lokale spesifikke forhold (Bühler et.al, 2010, s. 9). Kortbølget sollys vil varme opp materialer som asfalt mer enn naturlige overflater, som ved synkende lufttemperaturer på natten vil avgi mer varme i form av langbølgete varmestråler og øke lufttemperaturen i byene (ibid, s. 10).

Som delkapittel 2.2.3 påpekte vil lokalklimaet for et område variere avhengig av hvilke påvirkningsfaktorer som er tilstede i området. Urbane områder vil også ha sine lokale variasjoner, men til tross for dette, vil byer generelt sett ha høyere temperaturer enn mer landlige omgivelser (Utaaker, 1991, s. 185). Dette gjør at økte temperaturer som følge av klimaendringene må sees i sammenheng med varmeøy-effekten, da dette medfører en doblett oppvarmingseffekt av urbane områder.



Figur 2.2.2 Viser forskjell i overflatetemperatur og lufttemperatur i byer sammenlignet med mindre bebygde områder for dag og natt (EPA, u.å.).

2.2.5 HVORFOR VARMEØYER

Varmeøy- effekten vil kunne variere som følge av lokale forhold i byer, og av den grunn kan det være utfordrende å generalisere virkningene av varmeøy- effekten for ulike byer. Til tross for dette, har empiriske studier konkludert med at varmeøy- effekten er størst på sommeren og øker i takt med byens utvikling (Arnfield, 2003, s. 16). Basert på disse generelle urbane virkningene kan vi forvente økte temperaturer i Oslo som følge av byutviklingen, som igjen vil få størst virkning på de varmeste dagene for hovedstaden.

Ulike klimatilpasningstiltak kan benyttes for å redusere temperaturen i urbane miljøet og således også redusere effekten av byer som varmeøyer. Hvordan Oslo kan klimatilpasses for høyere temperaturer og påfølgende konsekvenser som tørke og hetebølger vil bli nærmere presentert i kapittel 3 Klimatilpasning.

For å kunne motvirke varmeøy- effekten er det nødvendig å forstå faktorene som bidrar til at urbane områder magasinerer større varme enn landlige områder. De viktigste påvirkningsfaktorene for varmeøy- effekten vil bli nærmere beskrevet i påfølgende punkter på side 27 - 30 og er:

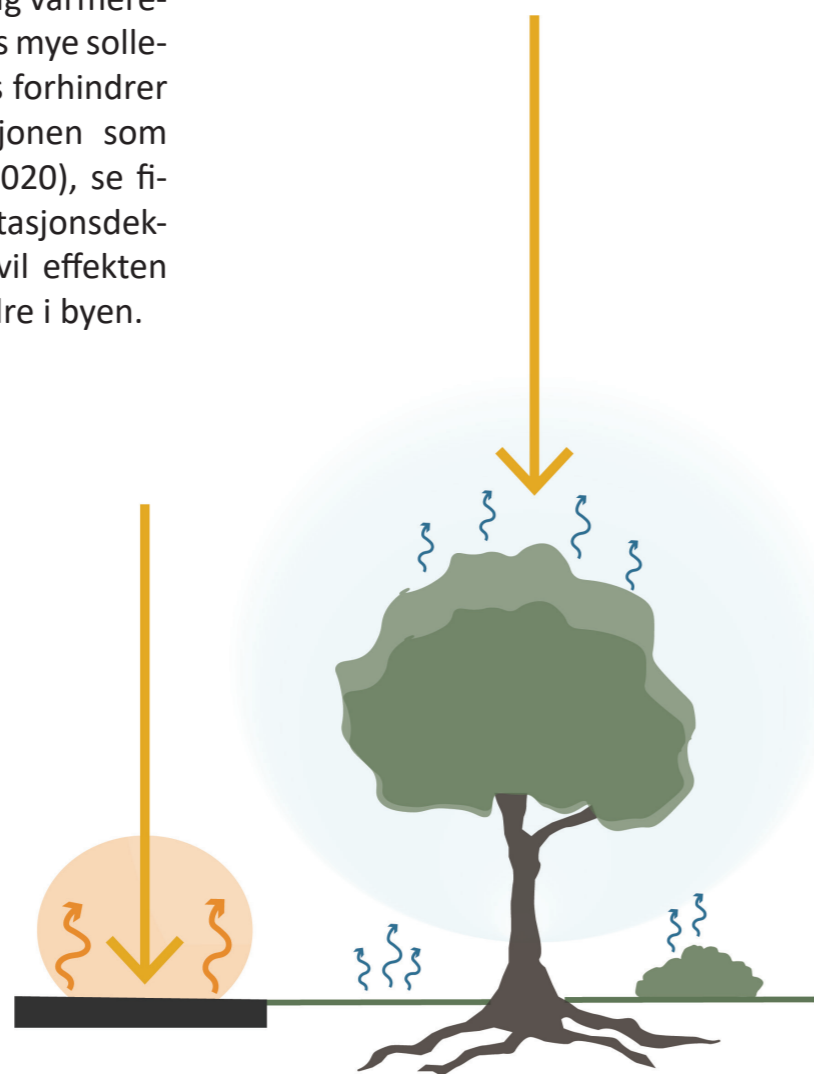
1. *Evaporasjon*
2. *Materielle egenskaper*
3. *Konstruksjoner*
4. *Luftkvalitet*
5. *Vindstrømmer*



EVAPOTRANSPIRASJON

Evapotranspirasjon er navnet på den samlede fordampingen fra vegetasjon (Aarnes, 2021-c). I dette inngår *evaporasjon*, fordampning av vann fra fysiske objekter slik som vannflater og jordoverflater, samt fordampingen fra levende planters overflater, kalt *transpirasjon* (ibid).

Evapotranspirasjon utgjør en viktig varmeregulerende effekt ved at det bindes mye solenergi ved fordampning, og således forhindrer en temperaturøkning i vegetasjonen som følge av solinnstråling (Berner, 2020), se figur 2.2.3. På grunn av færre vegetasjonsdekkede arealer i urbane områder vil effekten av evapotranspirasjon være mindre i byen.



Figur 2.2.3 Viser hvordan evapotranspirasjon bidrar til å redusere lokal lufttemperatur sammenlignet med ikke-vegetative flater.

Dette vil medføre at mindre solenergi bli brukt til fordampning, men i større grad treffer andre objekter som ved absorpsjon bidrar til å øke den lokale lufttemperaturen (Berner, 2020).

MATERIELLE EGENSKAPER

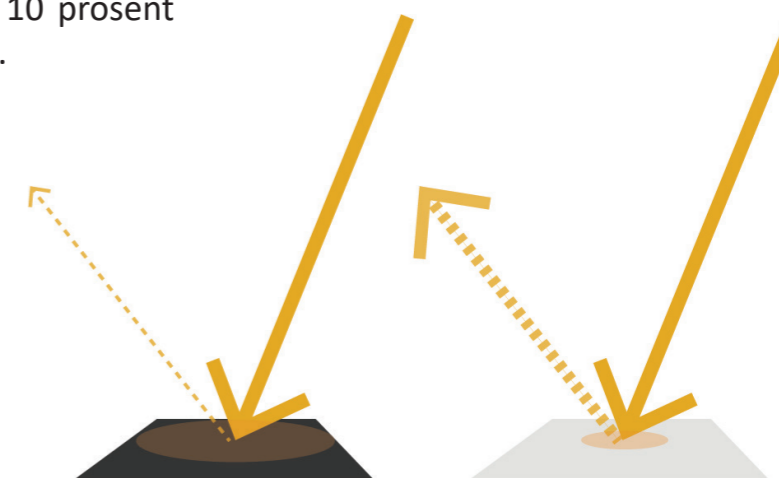
Materialer har termiske egenskaper, som består av deres evne til å reflektere og absorbere solenergi. Lyse materialer har høy refleksjonsevne, såkalt høy *albedo*, noe som bidrar til at en høyere andel av solenergien som treffer materialet reflekteres (Skaar, 2020). Således vil mindre solenergi absorberes, som igjen gir mindre varmlagring og avgitt varmestråling.

Byer har sammenlignet med mindre bebygde områder, flere overflater med lav albedo (Oke et al., 2017, s. 141). Dette bidrar til å øke den lokale lufttemperaturen i urbane områder, ved at større andel av solenergien som treffer ulike overflater absorberes, lagres og avgir varme som varmestråler (ibid).

Figur 2.2.4 viser en oversikt over ulike materialers verdi for albedo (Gjelten, 2021). Svart jord vil således reflektere 10 prosent av solinnstrålingen blir reflektert.

Overflater	Albedo
Ny asfalt	0,05
Hav	0,06
Svart jord	0,10
Skog	0,15
Gammel, skitten sne	0,4
Nysne	0,9

Figur 2.2.4 Viser en oversikt over forskjellige materialers albedo (Gjelten, 2021).



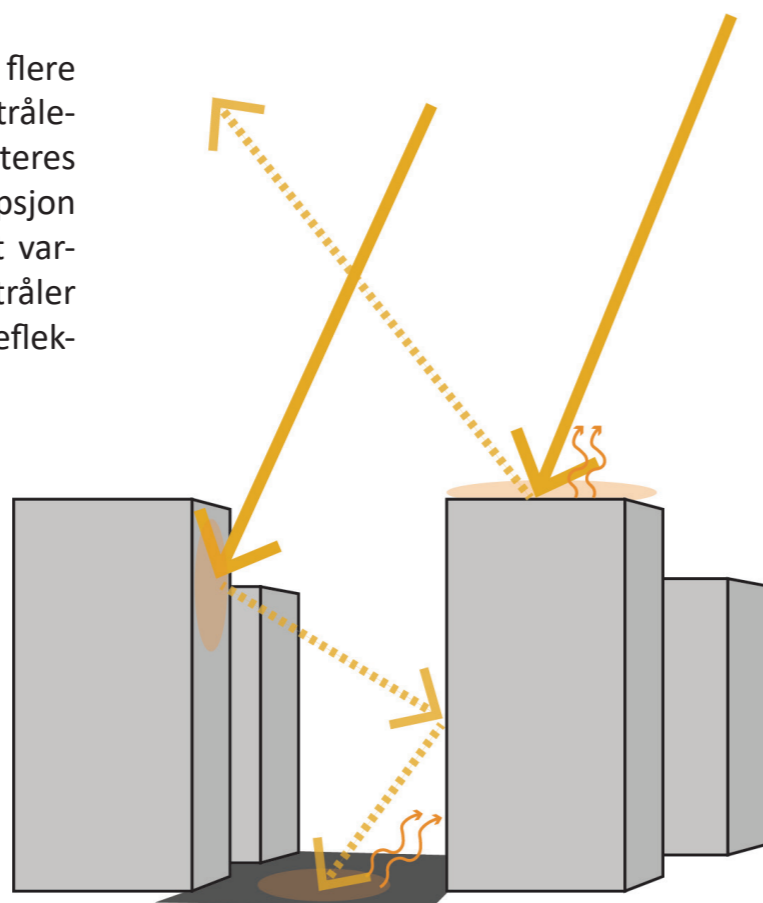
Figur 2.2.5 Viser hvordan sollys reflekteres av overflater med ulike albedo.

BYGNINGER

Byens tetthet av bygninger bidrar også til å øke varmøy-effekten gjennom ulike former. Både bygningenes overflateegenskaper og plassering kan bidra til å øke lokale lufttemperaturer gjennom redusert refleksjon av sollys og forhindring av naturlige luftstrømmer (eget punkt).

I tillegg vil høy tetthet av bygninger også bidra til at solstråler i større grad reflekteres mellom bygninger og hindre varmestråler i å "slippe ut" i atmosfæren (Kelbaugh, 2019, s. 97). Bygninger bidrar i så måte til å "fange sollys" og holde på varmen.

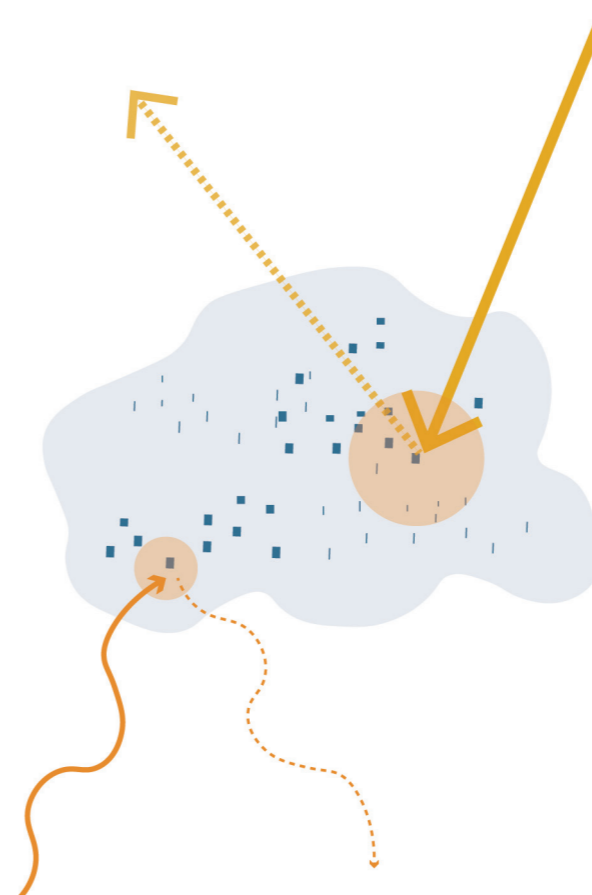
Som vist i figur 2.2.6, vil solstrålene i flere omganger bli delvis absorbert av solstråle-nes ulike berøringspunkter før de reflekteres videre. Dette vil føre til økt total absorpsjon av lysstrålene og bidra til å mer avgitt varmestråling. På samme måte vil varmestråler fra ulike oppvarmede overflater også reflekteres mellom bygninger.



Figur 2.2.6 Viser hvordan bygninger bidrar til å holde på solstråler i byrom og øker den lokale lufttemperaturen.

LUFTKVALITET

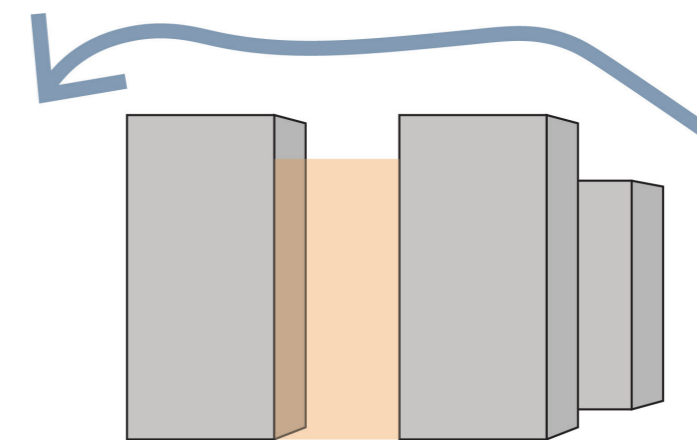
Luften i byene er preget av høyere konsentrasjoner av klimagasser og partikler som følge av blant annet forbrenning fra industri og utslipp fra biler (Rutledge et al., 2011). Partiklene og gassene bidrar til å absorberer solenergi og således lagre varme, noe som gir høyere lufttemperatur (Oke et al, 2017, s. 223). I tillegg vil gasser og partikler i luften på samme måten som for drivhuseffekten, se punkt 2.2.1, bidra til å reflektere tilbake avgitt varmestråler fra ulike overflater, som hindrer varmestrålene i å "slippe ut" av byen (ibid).



Figur 2.2.7 Viser hvordan partikler og gasser i luften bidrar til å reflektere og absorbere sollys og varmestråler.

LUFTSTRØMMER

Byens geometri er også en viktig påvirkningsfaktor for at varmeøyen oppstår. Urbane områder har ofte tett bebyggelse og smale gater, noe som hindre naturlige luftstrømme i å sirkulere luften og frakte varme ut av ulike byrom (Oke et al, 2017, s. 213). Av den grunn kan høyere lufttemperaturer "fanges" i flere lokale områder i byen der vindstrømmer blir redusert.



Figur 2.2.8 Viser hvordan bygningenes plassering kan bidra til å hindre naturlige luftstrømmer i å ventilere byrom.

2.3 Klimautfordringer og konsekvenser av økte temperaturer

Dette delkapittelet vil gå nærmere inn på klimautfordringene *tørke* og *hetebølger* som følge av et endret klima med høyere temperaturer.

Videre vil delkapittelet informere om hvilke konsekvenser disse klimautfordringene kan medføre, med fokus på aktuelle samfunnssektorer for det urbane miljøet. Samfunnsområdene som blir løftet frem i oppgaven er;

- Folkehelse
- Biologisk mangfold
- Vannforsyning
- Energisektoren

Delkapittel 2.1 har vist at det forventes store endringer i fremtidens klima, også for Norge og Oslo. Klimaprognosene for Norge og Oslo, presentert i delkapittel 2.1.4 og 2.1.5, viser til at styrtregn og tørke er eksempler på klimautfordringer vi kan forvente mer av som følge av klimaendringen.

Konsekvensene knyttet til styrtregn i urbane miljøer er blitt et velkjent tema i Oslo. Dette skyldes i stor grad mer erfaring knyttet til oversvømmelser og urban flom, som igjen har medført økt fokus og kunnskap (Intervju, Bent Braskerud 18.03.2022).

Til sammenligning er utfordringene og konsekvensene av tørke og hetebølger mindre kjent. Som følge av tørkesommeren 2018 er det estimert at landbruket led et økonomisk tap på 5,5 milliarder kroner som følge av dårlige avlinger, hvorav 1,8 milliarder ble erstattet av staten (Tallaksen & Hisdal, 2018; Aftenposten, 25. oktober 2018). Dette vitner om at økte temperaturer også kan medføre store samfunnsutfordringer og kostnader.

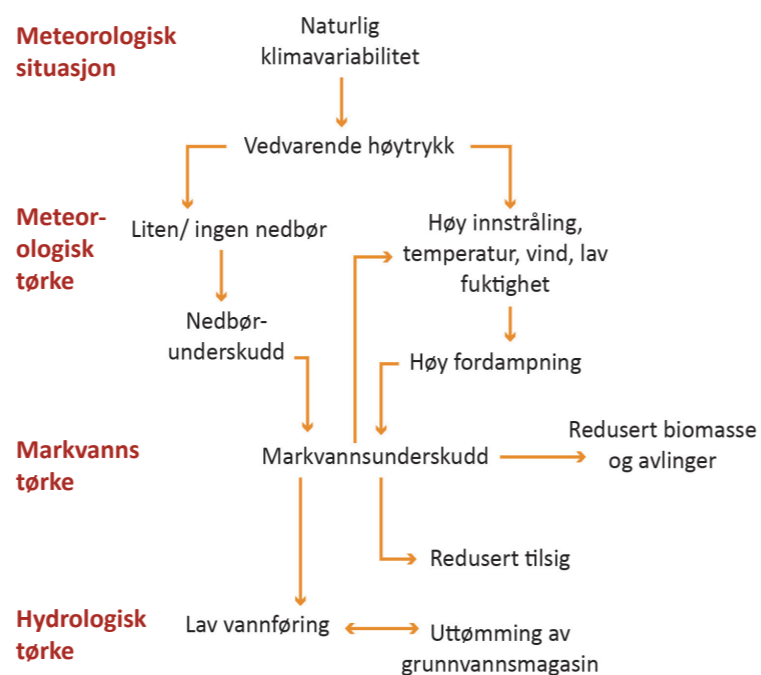


2.3.1 TØRKE

Tørke oppstår som følge av at det forekommer mindre nedbør enn normalt over en lengre periode (Gjelten et al., 2021). Slike perioder påvirker alle komponentene i det hydrologiske kretsløpet og kan gi ulike konsekvenser avhengig av type tørke (NVE, 2021). Figur 2.3.1 viser hvordan ulike tørketyper kan oppstå som følge av ulike påvirkningsfaktorer. Generelt kan vi se at kortere perioder med lite nedbør utløser en *meteorologisk tørke* som kan gi *markvannsunderskudd*, en såkalt *markvannstørke* (Tallaksen & Hisdal, 2018, s 240). Lengre perioder med mangel på nedbør, vil føre til *hydrologisk tørke*, med lav grunnvannstand og videre til lite eller ingen vannføring i elver (ibid).

Flom og tørke er begge klimakonsekvenser av hydrologiske ekstremere, men med ulikt forløp og rekkevidde. Flom utvikler seg raskt med akutte konsekvenser og kan virke lokalt. Tørke derimot, utvikler seg gradvis med langsiktige konsekvenser og dekker store områder (Tallaksen & Hisdal, 2018, s. 240). Det kreves også flere målinger og beregninger for å kunne forutse og varsle tørkeperioder sammenlignet med flomvarslere (NVE, 2021).

Varsling av tørke i landet baserer seg på observasjoner og simulerte data av nedbør, temperatur, grunnvannstand og vannføring (NVE, 2021). Ut ifra meteorologiske- og hydrologiske modeller kan hydrologisk tørke varsles 10 til 4 uker frem i tid (ibid).



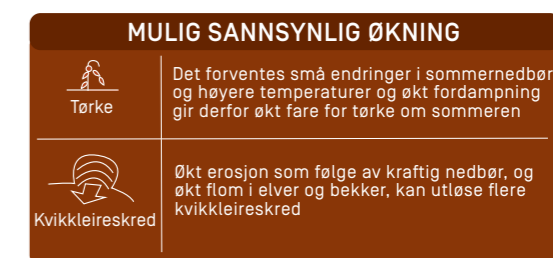
Figur 2.3.1. Viser ulike former for tørke i det hydrologiske kretsløpet (Tallaksen & Hisdal, 2018, s 241).

Varsling av tørke er viktig for å kunne forbedre samfunnet på ulike konsekvenser som følge av tørke. I Norge er det særlig samskillede sektorene jord- og skogbruk, energi-sektoren og vannforsyning som blir påvirket av tørkeperioder (Gjelten et al., 2021). Hvilke konsekvenser tørkeperioder kan medføre for de ulike sektorene med påvirkning for det urbane miljøet vil bli nærmere forklart i delkapittel 2.3.4.

I Norge er høstnedbør og snøsmelting om våren viktig for fornyelsen av grunnvann og således viktig for vannføringen i bekker og elver med stort grunnvannstilsig (Tallaksen & Hisdal, 2018, s. 241). Lite nedbør om vinteren vil derfor kunne medføre en eventuell tørkesituasjon påfølgende sommer.

Av klimaprofilen for Oslo og Akershus, se figur 2.3.2 (Norsk klimaservicesenter, 2021), er tørke vurdert som en mulig klimautfordring for fylket som følge av høyere temperaturer og fordampning. I en undersøkelse av MET og NVE (Andresen et al., 2019, s. 3) gjort i etterkant av tørkesommeren 2018, var hovedårsakene til den ekstreme tørkeperioden i landet, fravær av lavtrykk som førte til lite nedbør og høye temperaturer, som igjen ga høy fordampning.

Figur 2.3.3, illustrerer flere historiske hendelser med tørkeperioder i Oslo og hvilke konsekvenser dette medførte. Det foreligger således flere hendelser og klimaprognoser for at tørke som en klimautfordring også kan ramme et kaldt og fuktig klima som i Norge. Det er derfor viktig å ha tidligere hendelser i minne og se disse i sammenheng med de forventede klimaendringer og klimaprognoser for Oslo. Dette har i stor grad vært bakgrunnen for satsningsområdet for klimatilpasning for overvann i urbane områder som Oslo.



Figur 2.3.2. Viser en mulig sannsynlig økning for tørke (Norsk klimaservicesenter, 2021).



Figur 2.3.3. Viser en oversikt over episoder med skogbrannfare og skogbranner i Oslo (Klimaetaten, 2020, s. 21).

2.3.2 HETEBØLGER

I dag finnes det ingen universell definisjon på hetebølge, og ulike land kan ha ulike definisjoner. Dette skyldes av at hetebølger er regionale fenomener (Energi & Klima, u.å) og ulike regioner vil således kunne anse å ha en hetebølge ved forskjellige temperaturer (Sivle, 2021). Av den grunn har meteorologisk institutt utarbeidet en definisjon som tar hensyn til klimaforholdene i Norge og baserer seg på maksimumstemperatur. Med utgangspunkt i dette inntreffer en hetebølge i Norge "når gjennomsnittet av maksimumstemperaturen over tre sammenhengende dager er større enn eller lik 28,0 grader" (ibid).

Klimaetaten opplyser i klimasårbarhetsanalysen for Oslo (2020, s. 42) at hetebølger i liten grad er blitt trukket frem som en utfordring som følge av et relativt kjølig klima i Norge. Derimot blir det påpekt at land som er lite vandt og tilpasset til høye temperaturer, som Norge, vil kunne få alvorlige utfordringer som følge av temperaturer på rundt 30 grader over lengre tid (ibid).

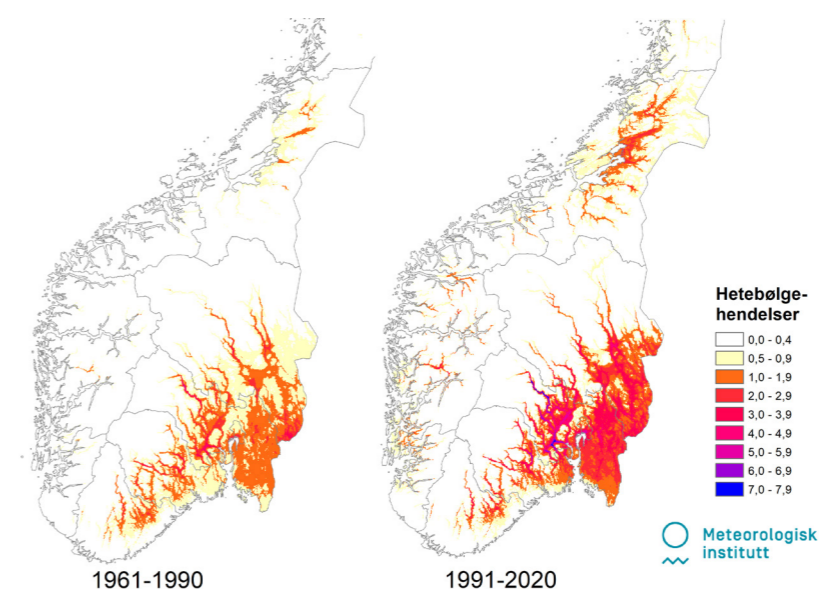
I 2018 hadde Oslo 40 dager med temperaturer over 30 grader i månedene mai og juni (Syverhuset, 2020). Snittemperaturen i perioden lå 4,4, grader over normalen (ibid). Meteorologisk institutt opplyser også at antall hetebølger i landet har økt betraktelig de siste 30 årene (Tajet, 2020, s. 14).

Figur 2.3.4 viser en økning av tall hetebølger fra perioden 1961 - 1990 til perioden 1991 - 2020. Oslo er et av de tre fylkene i landet som har blitt mest utsatt for slike langvarige høye temperaturer (Meteorologisk institutt, 2021-b).

Forskere fra NVE og Meteorologisk institutt påpeker i undersøkelsen av tørkesommeren 2018 (Andresen et al., 2019, s. 4), at flere fremtidige Oslo- sommere vil bli varmere enn sommeren 2018, men ikke nødvendigvis like nedbørsfattede da det også forventes mer nedbør som følge av klimaendringene.

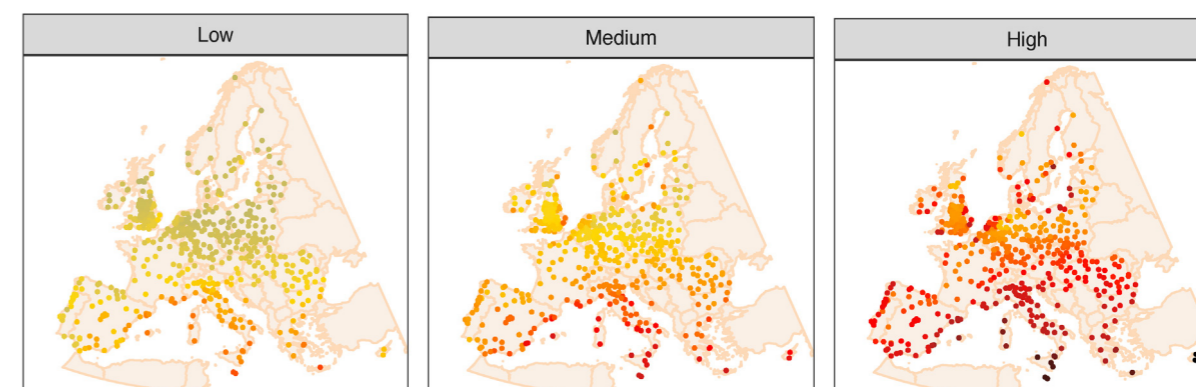
Figur 2.3.5 viser fremskrivninger for hetebølger med beregninger for antall dager og temperaturøkninger frem mot 2100 (Klimaetaten, 2020, s. 46). Ut i fra et føre- var prinsipp der RCP8,5 ("high" i figuren) er lagt til grunn for beregningene, bør Oslo være forberedt på en økning på ca. 20 prosent flere dager med hetebølger (ibid, s. 45). Tilsvarende må det også beregnes en økning for gjennomsnittstemperaturer i disse periodene på 10 - 12 grader over normalen (ibid).

Fremtidige hetebølger kan medføre flere konsekvenser som påvirker ulike områder av samfunn og natur, blant annet folkehelse, energisystemer og økosystemer (Energi og klima, u.å). Delkapittel 2.3.4 går nærmere inn på de ulike konsekvensene hetebølger i samspill med tørke kan medføre for urbane forhold.

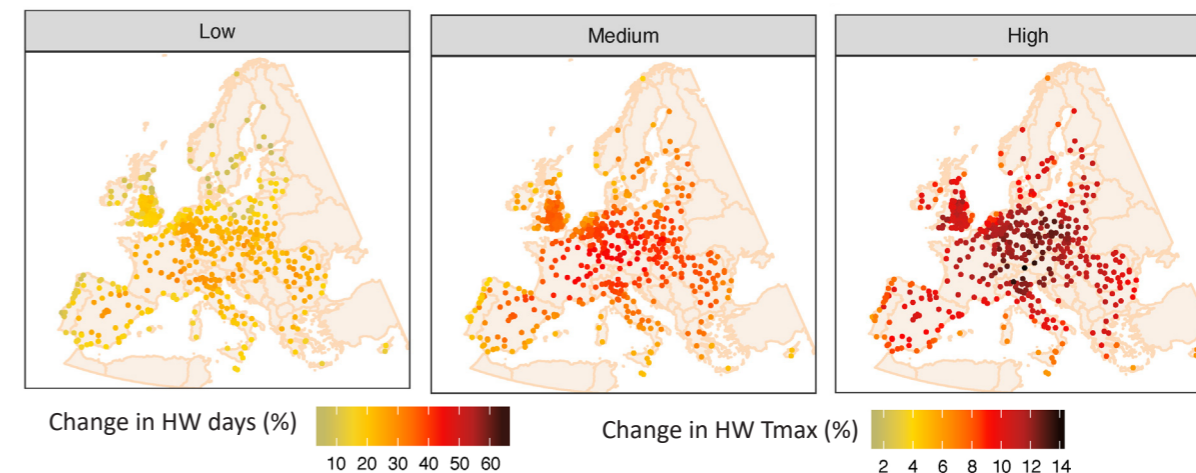


Figur 2.3.4 Viser endringer av antall hetebølge- hendelser for Sør- Norge fra perioden 1961-1990 til perioden 1991- 2020. (Tajet, H. T. T 201/ Meteorologisk institutt).

A) Change in % og HW days



B) Change in % og HW Tmax



Figur 2.3.5 Viser fremskrivninger for hetebølger frem mot 2100. Øverste rad viser endringer i antall dager med hetebølger. Med RCP8,5 (high) vil det for Norge forventes mellom 20 og 30 flere dager med hetebølger. Nederste rad viser endring i maksimumstemperatur. Med RCP8,5 (high) er det forventet at maksimaltemperaturen vil øke med 10- 12 grader (Dawson et al., 2018).

2.3.3 TØRKE OG HETEBØLGER HENGER SAMMEN

Tørke og hetebølger er to klimautfordringer som henger tett sammen og forekommer ofte etter hverandre. Denne sammenkoblingen refereres til som “Feedback loop” (Tauling, 2018). Dette kan oversettes som ringvirkninger og bygger på logikken om at; jo varmere det blir, jo tørrere blir det, og jo tørrere det blir, jo varmere blir det (ibid).

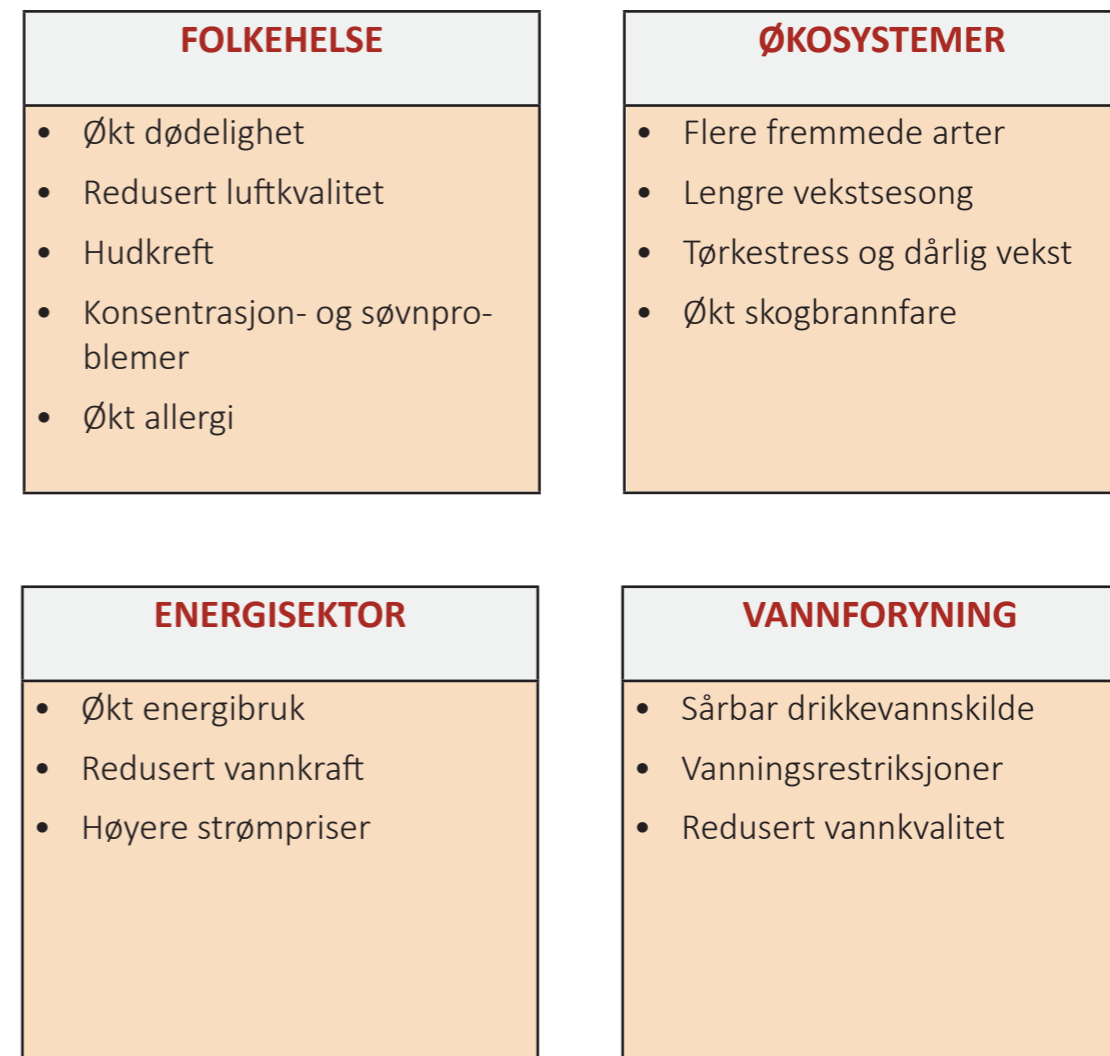
For eksempel vil situasjoner med markvannstørke ofte føre til ytterligere oppvarming og ha stor innvirkning på den lokale temperaturen i et område (Tallaksen & Hisdal, 2018, s. 241). Dette skjer som følge av redusert evaporasjon (se punkt 2.2.5), der mindre energi fra solen blir brukt til fordamping på grunn av tørr jord eller andre overflater, og i større grad til oppvarming av luften avgitt som varmestråler fra bakken (ibid).

Basert på den tette koblingen mellom tørke og hetebølger, er de ulike konsekvensene som følge av de to klimautfordringene presentert samlet i delkapittel 2.3.4.

2.3.4 KONSEKVENSER AV TØRKE OG HETEBØLGER

I likhet med flere klimakonsekvenser rammer også tørke og hetebølger flere samfunnssektorer og har således også flere ulike konsekvenser. For dette delkapittelet er det særlig vektlagt hvilke konsekvenser som har størst innvirkning på det urbane miljøet. Av den grunn er for eksempel konsekvensene av tørkeperioder for landbruket utelukket fra denne oppgaven.

Konsekvensene som er inkludert er inndelt etter kategorier for samfunnssektorer med særlig påvirkning på urbane forhold. Figur 2.3.6 viser hvilke konsekvenser av tørke og hetebølger som er vurdert å inngå i de ulike kategoriene.



Figur 2.3.6 Viser en oversikt over klimakonsekvensene som følge av tørke og hetebølger.

FOLKEHELSE

Et varmere klima med økt forekomst av tørkeperioder og hetebølger kan ha stor påvirkning på folkehelsen, både direkte og indirekte. Direkte vil særlig hetebølger ha alvorlige konsekvenser for folkehelsen da dette kan medføre alvorlige og forverrede helsetilstander, samt død (Energi og klima, u.å).

Dødelighet

Hetebølger har gjennom tidligere hendelser vist seg å medføre økt dødelighet for hjerte- og karsykdommer og lungesykdommer (Øvrebø, 2019), og kan også føre til akutte nyreskader (Røde kors, 2020). De ulike helsekonsekvensene er resultat av heteslag, dehydrering og forverret luftkvalitet (Jakobsen, 2021). Dødsfall som konsekvens av høye temperaturer er sjeldent i Norge, men av de nevnte årsakene er dehydrering mest vanlig (ibid).

I 2003 ble Europa, og særlig Sør-Europa rammet av en alvorlig hetebølge. Varmeperioden medførte at omkring 70 000 dødsfall i Frankrike (Øvrebø, 2019). I kjølevann av hendelsen forskes det på helsekonsekvenser av hetebølger i EU, og Frankrike har som en konsekvens av hendelsen utarbeidet egne planer og strategier for håndtering av fremtidige hetebølger i landet (ibid). En studie publisert av Norsk legeförening (Ranhoff et al., 2019), undersøkte dødeligheten i Norge som følge av hetebølger med utgangspunkt i dødsfallene gjennom sommeren 2018.

Luftforurensning

Luftforurensning er fremmedstoffer i luften som, partikler og gasser, som kan påvirke menneskers helse, dyr og planter (Andersen & Brichmann, 2022). Luftforurensning er ansett som en av de miljøfaktorene som bidrar til mest sykdom og død i Norge og verden (Bølling & Låg, 2022), og i Europa er ca. 300 000 dødsfall i året tilknyttet denne årsaken (Ottesen et al., 2010, s. 26).

Forurenset luft kan forårsake luftveisinfeksjoner og forverre hjerte- og karsykdommer (FHI, 2014). Det kan også irritere slimhinner, forsterke allergi og astmaplager, samt utløse astmanfall (Soleng & Schwarze, 2018). Disse helseutfordringene er hovedsakelig knyttet til lokal luftforurensning, som er spesielt vanlig i byer og tettsteder (Andersen & Brichmann, 2022).

Som følge av høyere temperaturer er det forventet en økning i bakke nær Ozon, som utgjør en av de viktigste luftforurensningene (NOU10: 10, s. 78). Høye konsentrasjoner av Ozon er særlig en utfordring på sommerhalvåret etter som dannelse av bakkenær Ozon krever lys og varme (Miljødirektoratet, 2021-d). Under sommeren i 2018 ble det registrert høye konsentrasjoner av bakkenær ozon, noe som er anslått å ha sammenheng med redusert opptak av ozon i vegetasjonen som følge av midre opptak av partikler under tørkeperioder (Miljødirektoratet, 2021-d).



Foto: 2.7 Age Care Guide (2021).

Sårbare grupper

Dødelighet kan ikke fastslås å være ensidig begrunnet av hetebølger (Ottensen et al., 2010). Det er derimot rimelig å anta at konsekvensene inntreffer hos allerede sårbare grupper som er spesielt utsatt for negative påvirkninger av høye temperaturer (ibid). Tilsvarende gjelder dette også for dødelighet som følge av luftforurensning (FHI, 2014).

Befolkningsgrupper som er spesielt utsatt i møte med høye temperaturer er eldre, mennesker med underliggende hjerte- og karsykdom, lungesykdom, luftveissykdommer (kols og astma) (Bølling & Låg, 2022), nyfødte og små barn (Røde kors, 2020). Yrkesgrupper med tungt utendørs arbeid er særlig utsatt for hetslag under hetebølger (Klimaetaten, 2020, s. 47).

Hudkreft

Norge er landet i verden med høyest forekomst av hudkreft og føflekkreft (Nielsen, et al., 2019, s. 3). Sistnevnte er den mest alvorlige formen for hudkreft, og har ca. 90% sammenheng med ultrafiolett stråling (UV-stråling), fra solen eller solarium (kreftforeningen, u.å.-a). Flere dager med sterk sol vil derfor øke risikoen for denne helseutfordringen i befolkningen.

Hetebølger og tørke er klimautfordringer som følge av lite nedbør og flere dager med høy solinnstråling. For å redusere faren for hudkreft er det viktig med skjerming av solen, og kan gjøres på ulike måter slik som

bruk av solkrem, bekledning og opphold i skyggen (bid). Det er derfor også viktig å etablere plasser med skygge i tillegg til solfylte oppholdsrom i urbane områder for personer som vil unngå direkte solstråling.

Konsentrasjonsvansker

En indirekte konsekvens av hetebølger som påvirker folkehelsen er redusert produktivitet i arbeidsliv og på skole som følge av konsentrasjonsvansker (Energi & klima, u.å.). Høye innetemperaturen kan medføre tretthet og ubehag ved at luften føles tørr og mindre frisk, som igjen fører til nedsatt produktivitet (Arbeidstilsynet, u.å.). Det foreligger ingen regler for hva som er uakseptabel innetemperatur på en arbeidsplass eller skoler i Norge (Klimaetaten, 2020, s. 47). Arbeidstilsynet påpeker at temperaturer under 19 grader eller over 26 grader bør unngås, og anbefaler i perioder med oppvarmingsbehov, temperaturer under 22 grader ved lett fysisk innarbeid (Arbeidstilsynet, u.å.).

I klimasårbarhetsanalysen for Oslo opplyser klimaetaten (2020, s. 47) at flere norske skoler og arbeidsplasser ikke har klimaanlegg og vil være spesielt sårbare for dårlig innelima i møtet med høyere temperaturer. Behovet for klimaanlegg i bygg for å sikre komfortabelt innelima vil således øke i fremtiden. Dette vil kunne øke energiforbruket til bygg og således påvirke energisektoren, se eget punkt.

Søvnproblemer

Hetebølger og høye temperaturer kan føre til redusert søvnkvalitet (Klimaetaten, 2020, s. 160), og høye nattetemperaturer har særlig høy innvirkning på søvnproblemer (Amengual et al., 2014). Tilstrekkelig søvn er viktig for helsen ved for eksempel hjerneutvikling hos barn, emosjonell regulering og kognisjon (Aasvang & Evandt, u.å.). Under hetebølger vil urbane områder være særlig utsatt, etter som varmeøy effekten vil bidra til ytterligere høyere temperaturer, også om natten.

Allergi

I delkapittel 2.2 ble det nevnt at vekstsesongen rundt Oslofjorden er forventet å bli opp til to måneder lengre som følge av et varmere klima. Følgelig vil også sesongen for pollenallergi forlenges (Klimaetaten, 2020, s. 159). Det må derfor påregnes økt risiko for allergi og plager i befolkningen knyttet til denne helseutfordringen (Ottesen et al., 2010, s. 24). Eksisterende pollentyper vil øke i intensitet, samtidig som også nye pollentyper vil etablere seg og bli mer vanlig (ibid). Et eksempel på dette er bjørkepollen som fra midten av 1980-årene og frem til i dag har hatt en markant økning (NOU2010: 10, s. 77), og dette særlig i Oslo-området (Ottesen et al., 2010, s. 24). Plantevalg i urbane grøntanleggsprosjekter vil derfor være viktig med tanke på økte allergier og fremtidige allergier som følge av klimendringene.

Sol er viktig

Til tross for flere negative effekter for folkehelsen tilknyttet et klima med høyere temperatur, er det også viktig å huske at sollys er viktig for folkehelsen.

Sollys, nærmere bestemt UVB-stråler, er ansett å utgjøre vår viktigste kilde til vitamin D (Kreftforeningen, u.å.-b). For Norge som har færre soltimer i vinterhalvåret er befolkningen anbefalt i sørge for påfyll av D-vitamin gjennom andre kilder for denne årstiden (Helsenorge, 2020). Det er av den grunn også viktig å skape gode uterom for opphold i solen, særlig om vinteren.

Helsenorge opplyser derimot at kun små mengder sol på sommerhalvåret vil være tilstrekkelig for å sikre kroppens behov for vitamin D (Helsenorge, 2020). Av den grunn vil det være økt behov for å skape områder med skygge for sommerhalvåret sammenlignet med vinteren. Løvfellende trær kan i stor grad tilfredstille denne variasjonen, da trekronen kan i skygge om sommeren, men gi økt solinnstråling om vinteren.



Foto 2.8 D- vitaminmangel.no (u.å.).

BIOLOGISK MANGFOLD

28. februar la FNs klimapanel frem andre del av sin sjette hovedrapport, *Virkninger av, sårbarhet for og tilpasning til klimaendringene* (Miljødirektoratet, 2022-c). Klimapanelet vurderer nå at klimaendringenes virkning på naturen er mer omfattende enn tidligere antatt (ibid). Høye temperaturer og tørke vil medføre flere konsekvenser for det biologiske mangfoldet.

Fremmede arter

Norsk naturarv (2019) opplyser at Oslo er en av de mest artsrike områdene i Norge, med ca. 80% av landets arter representert i kommunen. Flere av artene har dette som sitt eneste leveområde og enkelte arters eksistens er truet som følge av negative ytre påvirkninger (ibid). Slike utrydningstruede arter omtales som rødlistede arter (Artsdatabanken, 2021).

Høyere temperaturer kan true artsmangfoldet i Oslos blågrønne strukturer og Marka, etter som økte temperaturer gir bedre vekstvilkår for fremmede arter (Klimaetaten, 2020, s. 44). Dette er arter som opptrer utenfor sitt naturlige utbredelsesområder og fortrenger stedegen vegetasjon, slik som rødlistede arter (Artsdatabanken, 2018).

Ved å fortrenge stedegene arter og allerede truede arter, vil høyere tempersturer kunnspredning av flere fremmede arter som truer det naturlige artsmangfoldet i Oslo.

Lengre vekstsesong

Lengre vekstsesong vil også kunne føre til flere utfordringer for artsmangfoldet. Det kan medføre utfordringer knyttet til tørkeperioder og vannmangel for beplantningen, etter som vannbehovet for plantene vil øke med vekstsesongens forlengelse (UngEnergi, 2021).

Forskyvning i vekstsesong og blomstring vil også kunne påvirke mer enn vannbehovet til plantene. Dersom vi får høye temperaturer og hetebølger, særlig tidlig på våren, vil dette kunne resultere i at plantene blomstrer tidligere enn normalt (Klimaetaten, 2020, s. 136). Om blomstringen skjer før plantenes tilhørende pollinerende insekter er blitt aktive, vil det ha stor innvirkning på populasjonen av pollinerende insekter, og som igjen vil kunne resultere i mindre frø og frukter fra plantene (UngEnergi, 2021). På den måten kan høyere temperaturer i stor grad påvirke det naturlige samspillet i naturen, som igjen kan gi ringvirkninger vider i flere deler av økosystemet (ibid).



Foto 2.9 Marie Vestergård Henriksen (u.å).

Tørkestress

Perioder med tørke vil også kunne ha negativ effekt på naturmangfoldet i byen som følge av redusert vannføringsmengde i elver og uttørking av beplantning (Klimaetaten, 2020, s. 142). For eksempel er parkarealer og nyanlagte blomsterenger grøntarealer med store vanningsbehov. Ved tørkeperioder og med eventuelle vanningsrestriksjoner, vil dette påvirke beplantningen negativt i form av tørkestress. Tørkestress medfører redusert fordampning og plantevekst og misfargede blader, kjent som *klorose* (Aarnes, 2021-a). Ved alvorlig tørkestress og lengre perioder med markvannstørke vil dette kunne lede til plantedød (ibid).

Skogbrann

Oslo består av store skogområder tett på byen. Flere og hyppigere tørkeperioder vil i kombinasjon med mer vind, fører til uttørking av skogområder, og har i de senere årene medført økt skogbrannfare særlig i sommersesongen (Klimaetaten, 2020, s. 48). I kommunalt risikobilde for 2021 (s. 26) og 2017 (s. 24) er skogbrann i Østmarka og Nordmarka vurdert som et av scenarioene med størst konsekvenser for natur- og kulturmiljø.

Sett under ett, vil skogbrann medføre sur nedbør og i stor grad kunne endre skogens artsammensetning (klimateaten, 2020, s. 49). Skogbrann kan derimot være positivt for enkelte arter og lokale økosystem, da det gir mulighet for fornyelse av naturen (Gjærevold, 2018).

For Oslos grønne områder vil skogbranner øke risikoen for økt tap av rødlistede arter både i brannen, og ved at de i større grad blir utkonkurrert av andre arter ved reetablering.

Ringvirkninger

Arealendringer er ansett som den største trusselen for naturmangfoldet, da det medfører fragmentering og etterlatt sårbar natur (SABIMA, u.å.-a). Sårbar natur og økosystemer er mindre rustet til å tåle klimautfordringer, og således vil arter og økosystemer i enda større grad bli negativt påvirket av klimaendringene (ibid).

Urbane blå- grønne områder som i mindre grad inngår i sammenhengende blå- grønnestrukturer, vil være eksempler på fragmentert og sårbar natur. Slike blå- grønne områder og det biologiske mangfoldet i Oslo vil således være spesielt utsatt for de negative konsekvensene som følge av tørke og høyere temperaturer.



Foto 2.10 Terje Pedersen / NTB scanpix (u.å.).

VANNFORSYNING

I klimasårbarhetsanalysen for Oslo opplyser Klimaetaten (2020, s. 50) at vannmangel og redusert vannkvalitet vil være to alvorlige konsekvenser som følge av lengre perioder med tørke. Disse konsekvensene påvirker både samfunnssektorer som folkehelse og beredskap i form av drikkevannsressurser og redusert vannkvalitet, men også naturmangfoldet gjennom vanningsrestriksjoner.

Sårbar drikkevannskilde

I dag er Oset vannbehandlingsanlegg ved Maridalsvannet hovedstadens primære drikkevannskilde og dekker hele 90% av byens vannforbruk (Oslo byleksikon, u.å). Som eneste drikkevannskilde gjør dette vannforsyningen til Oslo sårbar for ekstreme tørkeperioder og eventuelle skader på vannforsyningsanlegget. Dette er også utgangspunktet for kommunens varsling om å redusere vannbruken gjennom mars og april i år, se figur 2.3.7. I tørkeperioder vil også drikkevannskvaliteten være utsatt som følge av mulig skogbrannfare i nærheten til byens vannforsyningsanlegg (Klimaetaten, 2020, s. 49).

For å sikre Oslo bedre drikkevannstilgang, pågår det i dag en utbygging av Holsfjorden i Lier kommune som reserveforsyning for hovedstaden (Oslo kommune, u.å). Den nye vannforsyningen er planlagt å stå klar i 2018 (ibid), og vil i stor grad gjøre Oslo bedre rustet med tanke på byens vannforsyning i møtet med flere tørkeperioder.

Vanningsrestriksjoner

Som følge av høye temperaturer og tørke vil byens parker og grøntarealer kreve økt behov for vanning (Klimaetaten, 2020, s. 50). Høye temperaturer gir også økt behov for vanninntak hos mennesker og dyr for å hindre dehydrering. Således vil både det offentlige og private vannforbruket øke under perioder med høye temperaturer, og sette press på vannressursene til kommunen.

I et intervju med Helene Berger fra bymiljøetaten (Intervju, 21.03.2022), se delkapittel 4.3, påpeker hun at kommunen i dag bruker drikkevann til vanning av byen beplantning. Frem til den nye drikkevannsforsyningen er ferdig, vil de fremtidige tørkeperiodene kunne sette press på en allerede sårbar drikkevannskilde. For å kontrollere vannressursen i kommunen, kan lengre tørkeperioder medføre innførte vanningsrestriksjoner (Bugge & Oddestad, 2022).

Under tørkesommeren i 2018 ble det innført totalt vanningsforbud i Oslo i tre dager, og med påfølgende datovanning (klimaetaten, 2020, s. 50). Slike tørkeperioder med redusert vanntilgang, vil som nevnt i delkapittel 2.3.4.2, kunne medføre negative konsekvenser for byens naturmangfold (ibid).

Kommunen ba oss spare på vannet, men få lyttet. Nå nærmer vi oss en vannkrise.

Nå er det så tørt at Oslo må få vann fra nabokommunene

Vurderer vannrestriksjoner: Nær krise i Oslo – må nå få vann fra nabokommuner

Figur 2.3.7 Viser ulike overskrifter i aviser for april 2022 om vannmangel i Maridalsvannet som følge av tørke. (Overfra og ned; Aftenposten 20 april 2022, VG 21 april 2022, Vårt Oslo 25 mars 2022).



Figur 2.3.8 Viser en melding fra Oslo kommune, mottatt 7. Mai 2022, som underretter om knapphet i kommunens vannressurser.

Redusert vannkvalitet

Klimaetaten (2020, s. 50) opplyser at lengre perioder med tørke også vil kunne redusere vannkvaliteten både for drikke- og badevann i Oslo. I tørre perioder vil økt forurensning samle seg på byens overflater og ved neste regnskyll renne ut i vannkilder og således påvirke vannkvaliteten i drikke- og badevann (ibid). Etter Oslo i dag har én primær drikkevannskilde, vil dette øke sårbarheten ved eventuell forurensning av drikkevannet frem til ny reserveforsyning er på plass.

Høye temperaturer medfører som regel økt press på badeplassene i byen for avkjøling og bading. I en artikkel i Vårt Oslo 25. Mai 2020 (Boger, 2020), ble det påpekt at bading på Sørenga ble frarådet opp til seks ganger i løpet av sommersesongen 2019, hvorav kraftig regnskyll også var en av årsakene til dårlig badevannskvalitet (ibid). Oslo kommune fraråder generelt bading 24 timer etter kraftig regnskyll (Rostad, 2021; Hans Kristian Daviknes i Bymiljøetaten).

I perioder med høye temperaturer hvor bading er en viktig avkjølende aktivitet, vil redusert badevannskvalitet være både direkte helseskadelig gjennom bakterieoverføring (FHI, 2020), samt redusere den generelle badeopplevelsen.

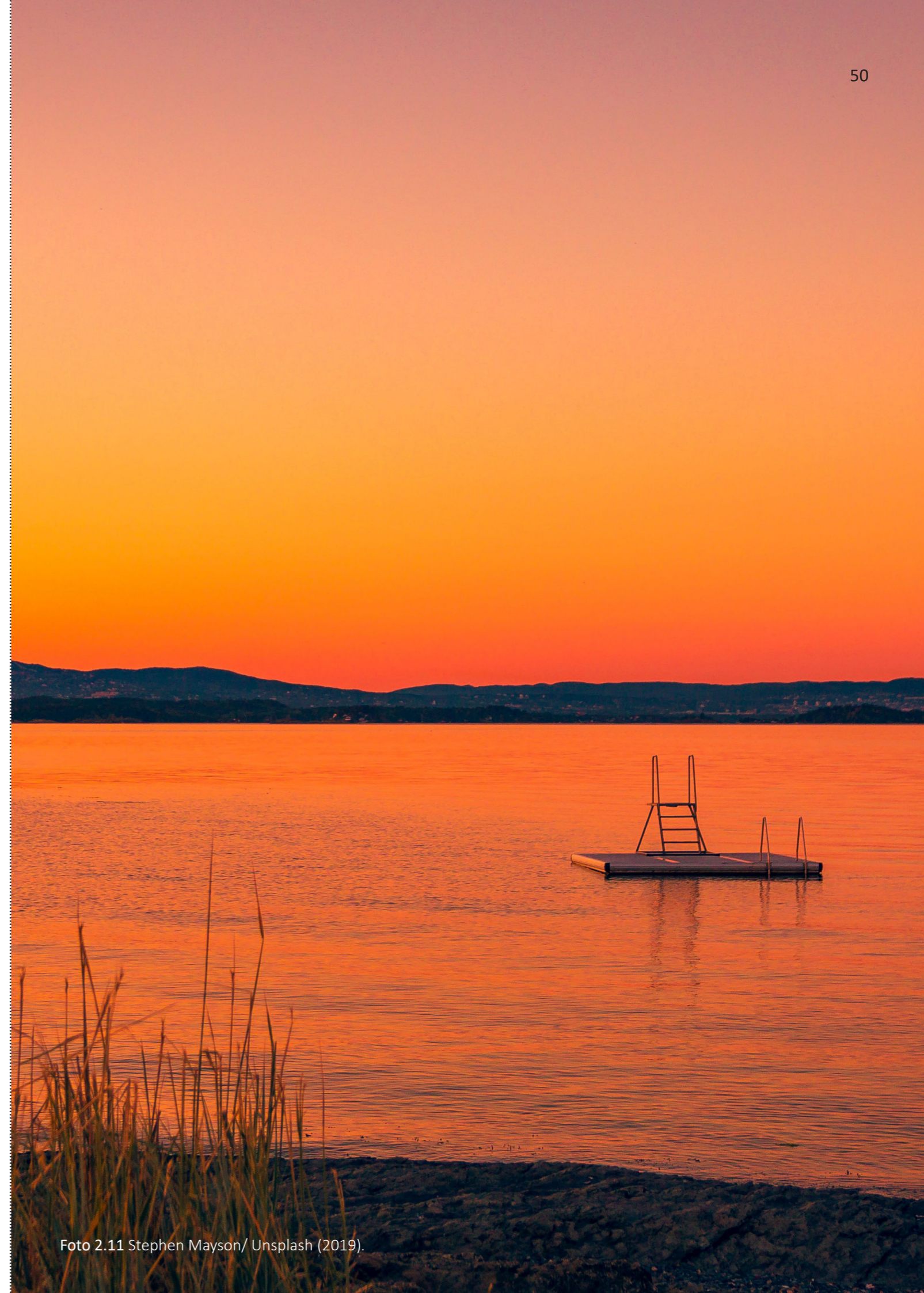


Foto 2.11 Stephen Mayson/ Unsplash (2019).

ENERGISEKTOREN

Økt energibruk

Høye temperaturer fører ofte til økt behov for nedkjøling. Dette gjelder spesielt for samfunn som i mindre grad er vant til høye temperaturer, slik som Norge (klimaetaten, 2020, s. 47). Stort behov for nedkjøling legger press på energisystemet og i disse periodene blir kapasiteten på kraftnettet og kraftverk utfordret (Energi & klima, u.å.). Denne utfordringen er særlig relevant for store byer der høy tetthet av bygninger og arbeidsplasser er samlet.

Under tørkesommeren i 2018 ble etterspørselen av klimaprodukter som vifter og aircondition ekstremt som følge av de høye temperaturene. I en artikkel fra Aftenposten datert 30 juli 2018 (Nærø, 2018), opplyser elektrogigantene Elkjøp og Power at deres omsetning på svalende produkter hadde en økning på 400% i løpet av den varme sommeren. I samme artikkel opplyste salgssjef for småelektronikk Arnstein Værdal hos Elkjøp, at de innenfor åpningstidene under hele varmeperioden solgte ett klimaprodukt i minuttet (ibid).

Høye temperaturer legger press på energisystemet og medfører høyt energiforbruk for nødvendig nedkjøling (Energi & klima, u.å.). I disse periodene blir kapasiteten på kraftnettet og kraftverk utfordret. Denne utfordringen er særlig relevant for store byer der høy tetthet av bygninger og arbeidsplasser er samlet.

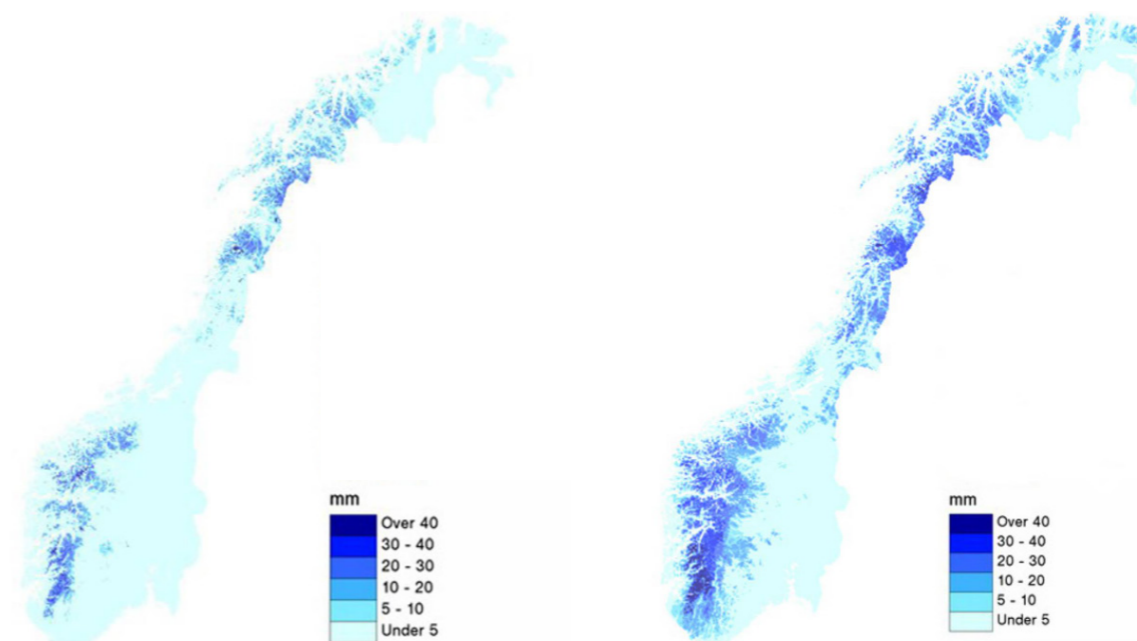
Redusert vannkraft

I Norge utgjør vannkraft 90% av all kraftproduksjon i landet (Statkraft, u.å.). Lengre tørkeperioder vil føre til mindre vannføring i vassdrag og redusere vannmengden i norske vannkraftverk. Slike tørkeperioder kan medføre økende strømpriser (Norgesenergi, 2022). Figur 2.3.9 viser en oversikt over avrenningen i landet for datoen 27 juli i 2020 sammenlignet med avrenningen for 27 juli i 2021. Variasjonen i avrenningen resulterte i store forskjeller i strømprisene for Oslo, Bergen og Kristiansand for de to periodene.

Tall presentert av NRK (Grover & Krüger, 2021) viser at strømprisene for de nevnte byene 29 juli 2020 var på 1,2 øre pr kWh, mens det for samme dato i 2021 var på 52 øre pr kWh.

Varierte strømpriser

Strømprisene i landet påvirkes også av andre faktorer enn nedbørsmengder, slik som samarbeidet i det nordiske kraftmarkedet Nord Pool, elektrifiseringen av Norge og internasjonale situasjoner med påvirkning på kraftproduksjon og handel (Norgesenergi, 2022). Klimaprognosene med økt ekstremvær vil kunne bidra positivt til vannmagasinene under intense nedbørsperioder, noe som kan gi billig strøm. Tilsvarende vil også tørkeperioder kunne påvirke strømprisene, som julemåned i 2021 (Grover & Krüger, 2021).



Figur 2.3.9 Viser en betydelig reduksjon i avrenningen i landet for 27 juli 2021 (t.v) til sammenlign fra avrenningen 27 juli 2020 (t.h) (Grover & Krüger, 2021; Norges vassdrag- og energidirektorat).



Foto 2.12 Glitre energi (u.å).

2.4 Oppsummering

Basert på klimaprognoene for Oslo frem mot år 2100, må vi forvente et varmere klima med mer ekstremvær i fremtiden. Dette vil også innebære flere perioder med tørke og hetebølger.

Oslo forventer en befolkningsøkning og en urban vekst, som vil lede til økt bebyggelse og press på de vegetative arealer i hovedstaden. Dette vil forsterke varmeøy-effekten og bidra til ytterligere temperaturøkninger, som i stor grad påvirke byklimaet i Oslo. Således vil en økning av varmeøy-effekten gjøre Oslo enda mer utsatt for tørke og hetebølger.

Klimaprofilen for Oslo og Akershus viser at tørke er ansett å ha en mulig sannsynlig økning i årene frem mot 2100. De urbane effektene vil i stor grad forsterke denne sannsynligheten, og det bør derfor legges til grunn at tørke utgjør en reell klimautfordring for Oslo. Dette underbygges også av dagens situasjon, der Oslo har høy skogbrannfare og har måtte vurdere vanningsrestriksjoner som følge av svært lavt vannivå i byens drikkevannskilde.

Hetebølger er i mindre grad blir ansett som en pressende klimautfordring på grunn av landets relativt kjølige klima. Klimaprognoene for Oslo tilsier derimot at Oslo kan forvente flere hetebølger og dager på over 30 grader som er ansett å kunne medføre alvorlige konsekvenser.

Internasjonalt foreligger et stort forskningsgrunnlag for de negative konsekvensene for folkehelsen som følge av hetebølger. Klimatetaten har planlagt en større undersøkelse for hvordan høye temperaturer påvirker folkehelsen i Norge (Engeland, Intervju 28.03.2022). Resultatene fra denne undersøkelsen vil være interessant for å avdekke hvordan hetebølger vil være ansett som en relevant klimautfordring for Oslo.

Om de negative konsekvensene for hetebølger er avhengig av et temperaturene oppfyller definisjonen av hetebølge "over tre dager større eller lik 28 grader", er mindre sikker. Flere av de negative konsekvensene som for biologisk mangfold, økt tørke og energibruk også inntreffe ved generelt høyere temperaturer.

Konklusjon

Bakgrunnen for dette kapittelet var å besvare delproblemstilling 1:

"Er det behov for å klimatilpasse urbane uterom i Oslo for tørke og hetebølger?"

Oppgaven vil med utgangspunkt i oppsummeringen konkludere med at det er nødvendig å gjennomføre klimatilpasningstiltak for tørke og høyere temperaturer av Oslos urbane uterom. Dette for å sikre et godt lokalklima og for å forebygge konsekvenser som følge av tørke og høyere temperaturer.



Foto 2.12 Eirik Skarstein/ Unsplash (2021)

Kapittel 3

Klimatilpasning

3.1 Klimarobust gjennom klimatilpasning

Dette kapitlet skal vise til hvordan klimatilpasning kan bidra til å motvirke konsekvensene av overvann, tørke og høyere temperaturer. Strategi og tiltak for høyere temperaturer er basert forslaget til Ingunn Mørk i sin masteroppgave i 2020.

Utførte spørreundersøkelser og dokumentgjennomgang hentet i litteraturen, er benyttet for å avdekke kunnskap, politiske prioritering og fokus i dagens klimatilpasningsarbeid. Følgende delkapitler inngår i kapitlet;

- 3.1 Klimarobust gjennom klimatilpasning
- 3.2 Status i dagens klimatilpasningsarbeid
- 3.3 Oppsummering - Status i dagens klimatilpasningsarbeid

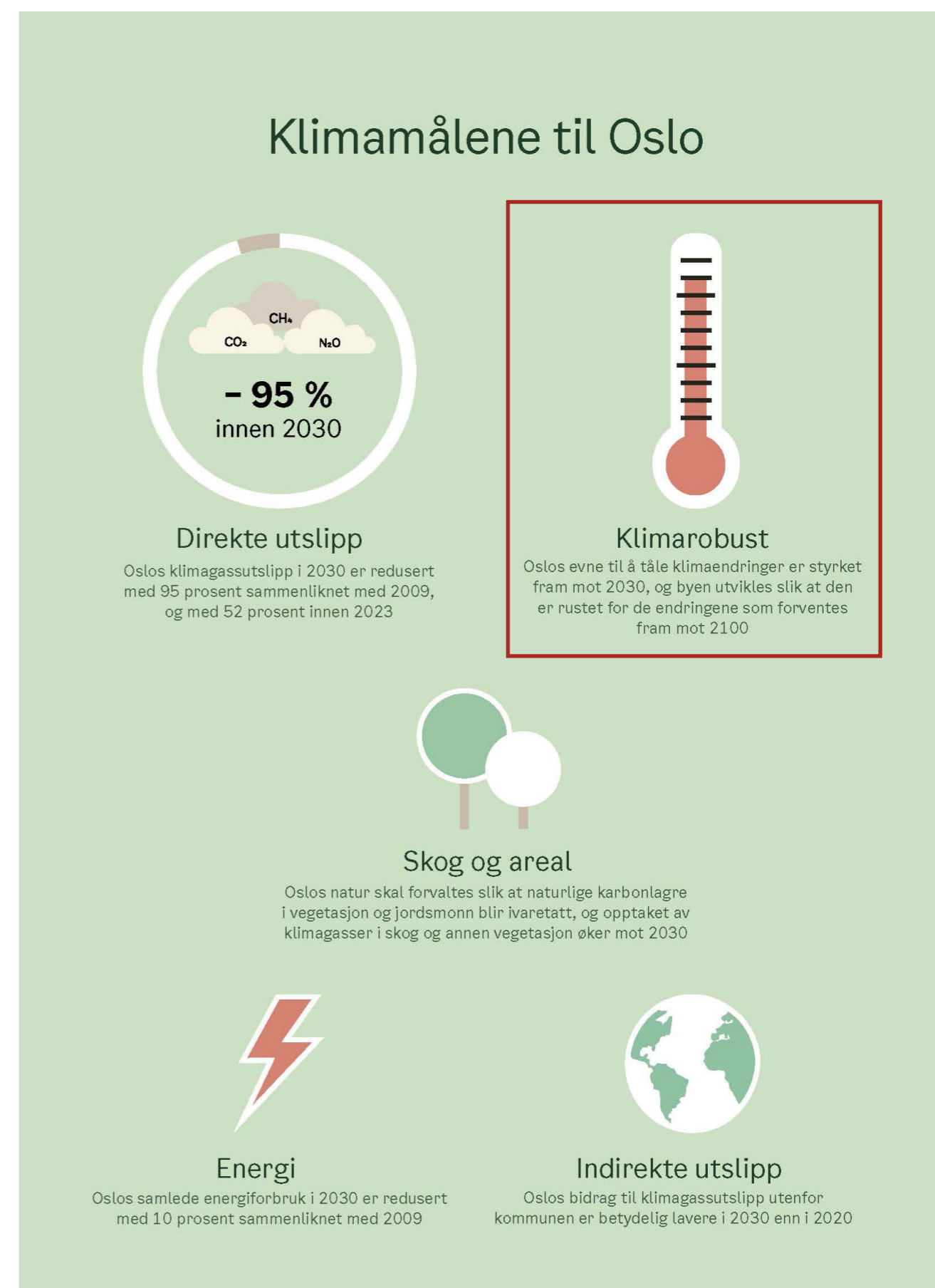
Kapitlet skal besvare delproblemstilling 2;

”Hvordan er dagens status for klimatilpasning for tørke og hetebølger i planlegging av urbane uterom?”

I den nye klimarapporten til FNs klimapanel, poengterer forskerne et akutt behov for å prioritere en klimarobust utvikling ved å kutte klimagassutslipp og i større grad tilpasse oss klimaendringene (Havstam, 2022).

Etter som utslippskutt er ansett å ha størst innvirkning på den globale oppvarmingen, omtales klimatilpasning som ”klimakrisens plan- B” (Libell, 2022). Klimatilpasning baserer seg på å redusere virkningene av mulige negative konsekvenser som følge av et endret klima gjennom ulike tiltak (Miljødirektoratet, 2019). Høyere grad av klimatilpasning vil gjøre samfunnet mer motstandsdyktig mot eventuell konsekvenser av klimaendringene, og er utgangspunktet for en ”klimarobust utvikling”.

Oslo kommune har satt ambisiøse klimamål for å følge opp FNs bærekraftsmål om en bærekraftig utvikling, og skal sikre at Oslo står bedre rustet i møtet med klimaendringene (Oslo kommunen 2020, s. 8). I 2020 lanserte kommunen *Klimastrategi for Oslo mot 2030*, som oppdaterer klimatilpasningsstrategien fra 2015, *Klimatilpasningsstrategi for Oslo kommune* (Oslo kommunen, 2020). Blant kommunens prioriterte mål, se figur 3.1.1, er en klimarobust byutvikling der Oslos evne til å tåle konsekvensene av et endret klima skal være styrket innen 2030 (Oslo kommune, 2020, s. 2).



Figur 3.1.1 Viser prioriterte klimamål for Oslo i klimastrategien for Oslo kommune frem mot 2030. (Oslo kommune, 2020, s. 2)

3.1.1 NATURBASERTE LØSNINGER

I henhold til Statlig planretningslinjer for klima- og energiplanlegging og klimatilpasning (2018, kapittel. 4.3), skal *naturbaserte løsninger* vurderes i planprosesser og beslutningsgrunnlag i kommunal- og regional planlegging. Der naturbaserte løsninger ikke blir benyttet skal dette begrunnes.

Naturbaserte løsninger (NBL) defineres som løsninger som håndterer samfunnsutfordringer ved å ta utgangspunkt i naturens prosesser og økosystemtjenester (Miljødirektoratet, 2019b). Dette innebærer både bruk av natur som løsning, eller løsninger som "hermer" etter naturen prosesser (ibid). I enkelte tilfeller kan det være hensiktsmessig å kombinere tradisjonelle/ tekniske løsninger med naturbaserte løsninger, såkalte *kombinasjonsløsninger* (Miljødirektoratet, 2019-b). For eksempel kan arealknapphet i byer sette begrensning for etablering av rene naturbaserte løsninger da dette ofte krever større plass (Magnussen et al., 2017, s. 43).

Naturbaserte løsninger er karakterisert ved å ha flere positive tilleggseffekter for samfunnet (Miljødirektoratet, 2019-b). For urbane områder kan dette for eksempel være et bekkeåpningsprosjekt. Dette kan blant annet gi forbedret lokalklima gjennom temperaturregulering, estiske og rekreasjonelle verdier og økt biologisk mangfold (ibid).

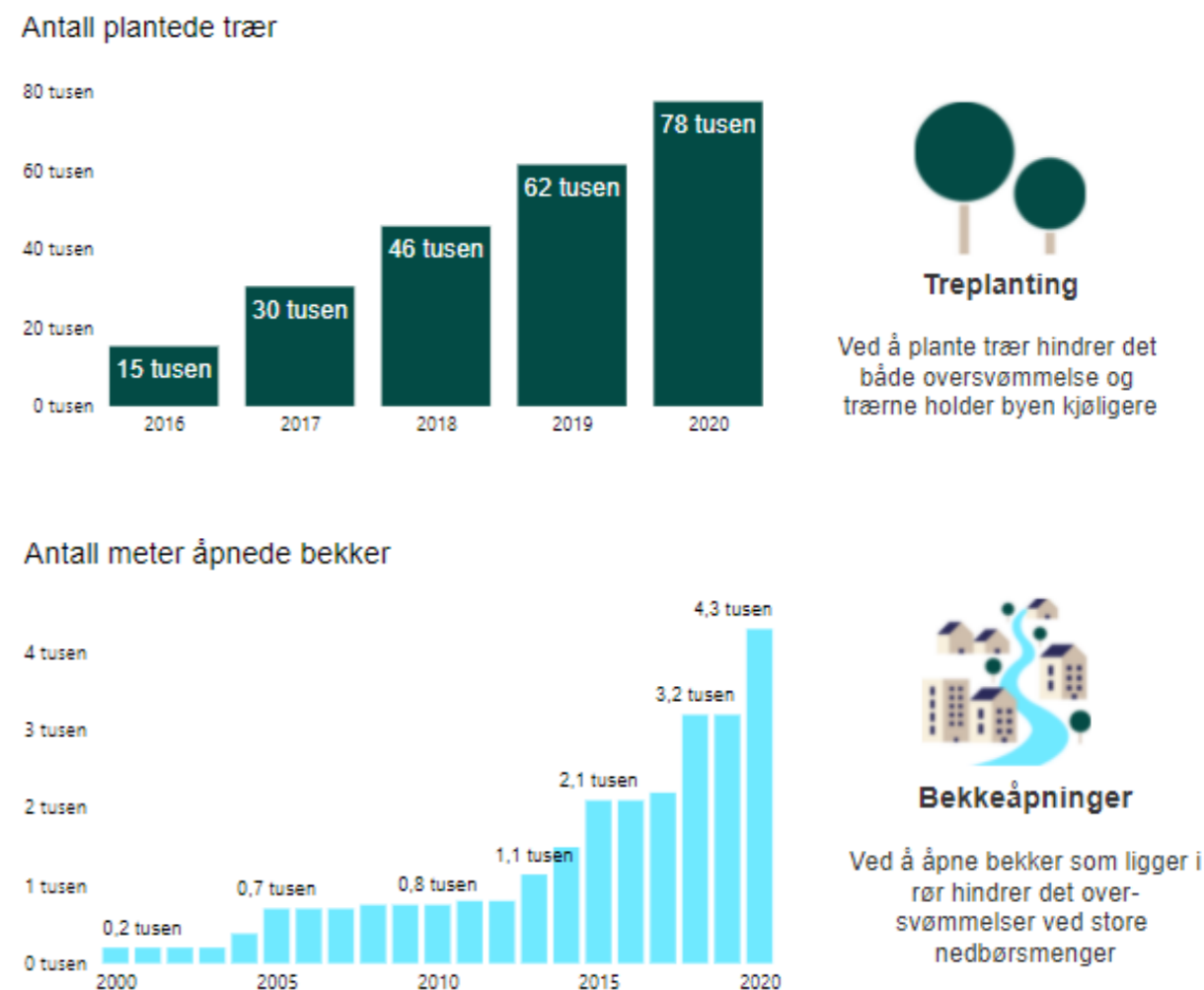
3.1.2 GJENNOMFØRTE TILTAK

Oslo kommune har trukket frem 16 satsningsområder i sin klimastrategi, hvor punkt nr. 2 som omhandler arealbruk, tilsier at; "Oslo skal bevare og restaurere vassdrag, fjord, parker og friområder" (Oslo kommune, 2020, s. 6).

Figur 3.1.2 viser to eksempler på gjennomførte naturbaserte klimatilpasningstiltak i Oslo opp gjennom årene, som begge bygger opp under kommunens andre satsningspunkt. Treplanting er et viktig klimatiltak og bidrar med varmeregulerende effekter gjennom evapotranspirasjon, som ble nærmere forklart i delkapittel 2.2.5.

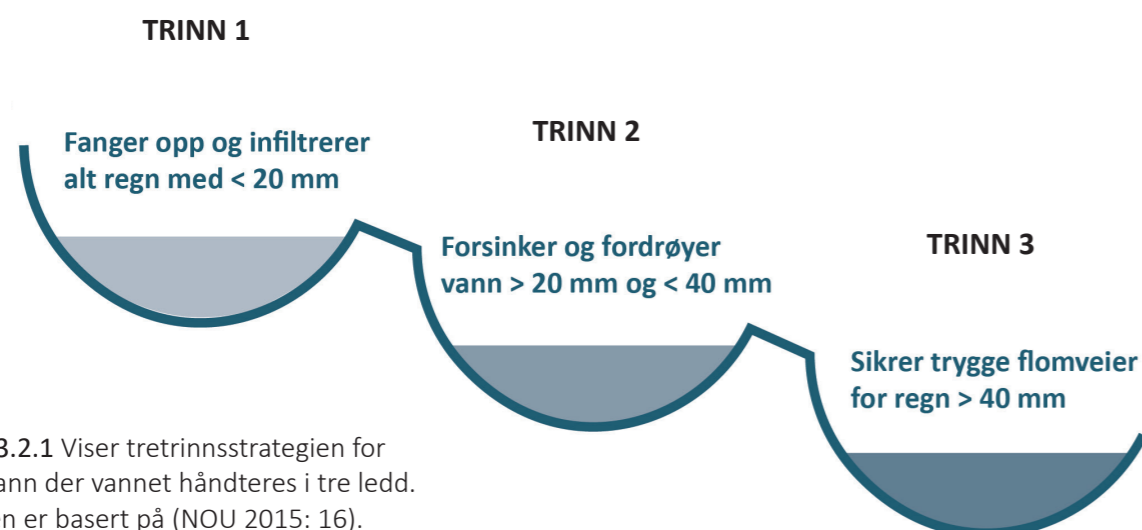
Av figuren 3.1.2 kommer det også frem at treplanting er et direkte tiltak for å redusere høyere temperaturer i Oslo. I dag pågår et omfattende treplantingsprosjekt, *Oslotrær*, ledet av Bykuben (Oslo kommune, u.å-d). Gjennom dette prosjektet har kommunen satt som mål å plante 100 000 nye trær hvert år frem mot 2030 (ibid).

Figren viser også at Oslo siden år 2000 har gjenåpnet 4,3 kilometer bekkedrag i bysonen. Dette har vært et viktig klimatiltak i møte med økte nedbørsmengder for å redusere konsekvensene av overvann som en klimautfordring i urbane områder. Oslo kommune påpeker i klimastrategien at overvann er kommunens satsningsområde for klimatilpasning (Oslo kommune, 2020, s. 19).



Figur 3.1.2. Viser Oversikt over gjennomførte klimatilpasningstiltak i Oslo kommune (KlimaOslo.no).

3.2 Klimatilpasning for overvann



Figur 3.2.1 Viser tretrinnsstrategien for overvann der vannet håndteres i tre ledd. Figuren er basert på (NOU 2015: 16).

Overvann som en klimautfordring, oppstår som følge av det i bysonen er høy tetthet av harde flater og få arealer for naturlig infiltrasjon av regn- og smeltevann. Tidligere er overvann blitt avledet til rør under bakken (NOU 2015: 16, s. 49), men høyere nedbørsintensitet og byutvikling med tette flater, har ført til sprengt kapasitet på ledningsnettet. Dette har resultert i oversvømmelser og flomskader flere steder under intense nedbørshendelser (Klimaetaten, 2020, s. 29).

Arbeidet med håndtering av overvann ble satt på dagsorden da NOU 2015:16 *Overvann i byer og tettsteder - som problem og ressurs*, ble publisert i 2015. Kommunen har i forbindelse med sin satsning på overvannshåndtering utarbeidet en strategi og handlingsplan for å sikre gode overvannshåndtering i kommunen; *Strategi for overvannshåndtering i Oslo 2013- 2030 og Handlingsplan for overvannshåndtering i Oslo kommune* (Oslo kommune, u.å-e).

TRINNSSTRATEGIEN

I NOU 2015: 16 ble tretrinnsstrategien presentert, og anses i dag som det viktigste prinsippet for overvannshåndtering (Plan- og bygningsetaten, 2020, s. 5). Strategien baserer seg på tre trinn for lokal håndtering av økende mengder av overvann (NOU 2015: 16, s. 67);

1. Forsinke avrenning gjennom infiltrasjon

Nedbør skal infiltreres i grunnen der det er mulig.

2. Forsinke avrenning gjennom fordrøyning

Overskuddsvann fra trinn 1 holdes tilbake og forsinker (fordrøyer) videre avrenning.

3. Trygg avledning til resipient

Vannmengder som ikke lar seg håndtere i trinn 1 og 2 skal ledes i trygge flomveier til resipient som vann, bekker og elver.

TILTAK	STRATEGITRINN		EFFEKT
Grønne tak	1, 2		Infiltrasjon og evapotranspirasjon
Grønne vegger	1		Infiltrasjon og evapotranspirasjon
Gress	1		Infiltrasjon og evapotranspirasjon
Permeable dekker	1		Infiltrasjon og evapotranspirasjon
Infiltrasjonsbasseng, Regnbed	1, 2		Infiltrasjon, overflatefordrøyning og evapotranspirasjon
Vadi/ Swales/ Vannveg	1, 2, 3		Infiltrasjon, overflatefordrøyning og evapotranspirasjon
“Våte” basseng med fordrøyningsvolum	1, 2		Overflatefordrøyning
Lommevåtmark	1, 2		Overflatefordrøyning og evapotranspirasjon
“Tørre” bassenger	2		Overflatefordrøyning
Tørre renner	2, 3		Overflatefordrøyning og flomvei
Gjenåpning av bekk	1, 2, 3		Overflatefordrøyning og flomvei

Figur 3.2.2 Viser en oversikt over aktuelle tiltak for overvannshåndtering i urbane områder. Basert på (Ødegård, 2014).

TILTAK FOR OVERVANN

Det finnes flere tiltak for lokal overvannshåndtering (LOH) etter prinsipper fra tretrinnsstrategien.

Figur 3.2.2 viser en oversikt over eksempler på aktuelle overvannstiltak for urbane områder (Ødegård, 2014). En kortfattet beskrivelse av de enkelte tiltakene følger under;

Grønne tak og vegger: Er tak og fasader som er kledd med vegetasjon (Magnussen et al., 2017, s. 25). Vegetasjonen reduserer overvann gjennom evapotranspirasjon (se punkt 2.2.5). Vekstmediet infiltrerer regnvann og således reduserer overvann gjennom reduksjon av avrenning (ibid).

Effekten av overvannshåndteringen for grønne tak avhenger i stor grad av vekstmediumets tykkelse og sammensetning (Oslo kommune, 2016-a, s. 16). Større jordvolum og eller vannlagring som for blågrønne tak, vil kreve at bygningskonstruksjonen er tilpasset dette.

Gress/ vegeterte flater: Gress og vegeterte flater på terrengnivå kan anlegges for å fange opp og infiltrere overvann. Overvann inneholder ofte finstoffer fra ulike forureningskilder som kan føre til at porer i infiltrasjonsmasser tettes igjen og således reduserer infiltrasjonsevnen (Oslo kommune, 2016-b, s. 3).

Rotsystemet til vegetasjonen bidrar til å motvirke gjentetting av porene, noe som fører til høyre infiltrasjonsevne (ibid; Paus et al., 2014). Infiltrasjonsevnen er forventet å øke ved bruk av tett vegetasjon, og således er gress mye brukt for lokal infiltrering av overvann.

Regnbed: Er beplantede forsøkninger i terrenget som fordrøyer, renser og infiltrerer overvann til grunnvannet eller underliggende drencsystem (Magnussen et al., 2017, s. 25). Regnbed kan benyttes som rensiltak for forurenset overvann gjennom kjemiske, biologiske og naturlige prosesser i filtermediet, og for eksempel benyttes til å fange opp overvann fra parkeringsarealer (Oslo kommune, 2016-a, s. 15). Tiltaket bidrar også til et rikt vegetativt artsmangfold (ibid).

Permeable dekker: Er gjennomtrengelige dekker som bidrar til å forhindre avrenning og oppsamling av overvann gjennom lokal infiltrasjon til grunnen (NOU 2015: 16, s. 69). Eksempler på permeable dekker er grus, forskjellige belegningsstein med åpne fugler og permeabel asfalt (Ødegård, 2014, s. 37).

Vadi/ Swales/ Vanneveg: Vadi er gresskleddede grøfter som infiltrerer og fordrøyer overvann, samt fungerer som flomvei ved større nedbørshendelser (Oslo kommune, 2016-a, s. 13).

"Våte" basseng med fordrøyningsvolum: Blir også kalt "rensedammer" eller "overvannsdammer", og består av et permanent vannspeil med mulighet for fordrøyning og rensing av overvann (Magnussen et al., 2017, s. 24). Våte basseng har ofte kantvegetasjon og er dypere enn konstruerte våtmarker (ibid).

Lommevåtmark: Lommevåtmarker er konstruerte små dammer med grunn bunn med stående vannspeil og våtmarksvegetasjon (Ødegård, 2014, s. 25). Tiltaket bidrar til fordrøyning og rensing av overvann, samt økt biologisk mangfold gjennom vannvegetasjonen (Magnussen et al., 2017, s. 29).

Tørre bassenger og renner: Dette er konstruerte forsøkninger og renner uten vegetasjon, med formål om å samle opp overvann eller lede overvannet kontrollert til annet overvannstiltak eller overvannsledninger (Ødegård, 2014, s. 25).

Gjenåpning av bekker: Dette tiltaket går ut på å løfte bekker som tidligere har gått i rør eller kulverter opp i dagen (NOU 2015: 16, s. 69). Åpne bekkeløp bidrar til å infiltrasjon og fordrøyning av overvann ved å holde vannet tilbake i bekkedraget gjennom ulike utformingstiltak, slik som terskler. Åpne bekker fungerer også som trygge flomveier under større nedbørshendelser og stor avrenning (NOU 2015: 16, s. 69). Dette tiltaket har også estiske og rekreasjonelle verdier i bybildet, og kantvegetasjon vil også bidra til økt biologisk mangfold (Magnussen et al., 2017, s. 20).

3.3 Klimatilpasning for høyere temperaturer

I motsetning til et omfattende informasjonsgrunnlag gjennom handlingsplan og flere faktaark om overvann på kommunens hjemmesider (Oslo kommune, u.å), har ikke oppgaven klart å finne noen strategi eller handlingsplan for klimautfordringene tørke og høyere temperaturer.

Ingunn Mørk presenterte som avsluttende funn i sin masteroppgave i 2022 (s. 156), en rød tretrinnsstrategi for et varmere klima. Oppgaven vil som følge av mangel på kommunale strategier basere seg på strategien og de tilhørende tiltakene til Mørk ved presentasjon av klimatilpasning for høyere temperaturer (ibdi).

Mørk opplyser om at strategien har til hensikt å "sikre et godt levemiljø for mennesker og biologisk mangfold i byens uterom i møte med klimaendringene" (Mørk, 2020, s. 156). Den røde tretrinnsstrategien er basert på tretrinnsstrategien for overvann, og består i likhet med denne av tre trinn som skal håndtere økende varmeintervaller:

DEN RØDE TRETRINNSSTRATEGIEN

Trinn 1: Klimareguleringstjenester

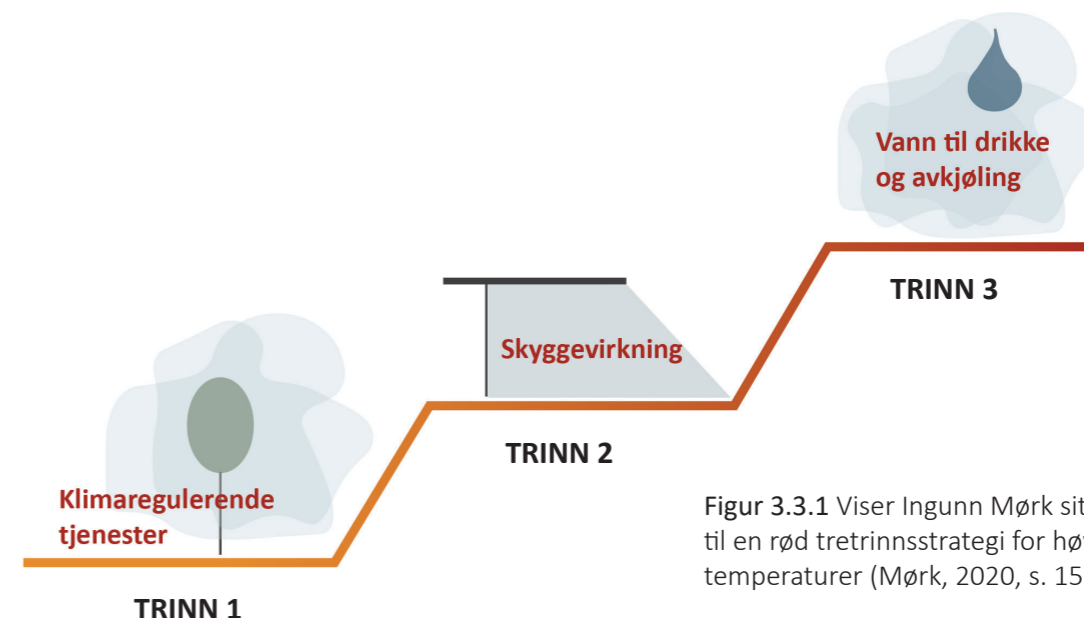
For å motvirke at Oslo blir varmere og tørre, går trinn 1 i strategien ut på å benytte lyse materialer og tiltak med økt vegetasjonsbruk. Således vil vegetasjonens klimareguleringstjenester gjennom evapotranspirasjon, bidra til å skape bedre mikro- og lokalklima, og motvirke varmeøye-effekten. For å sikre vegetasjonens klimareguleringstjenester er vanntilgang viktig, og tiltak som lagrer regnvann til vanning inngår derfor også i trinn 1.

Trinn 2: Skyggeeffekt

Som følge av høyere temperaturer vil det oppstå varmere dager, hvor det vil være behov for ytterligere tiltak der tiltak i trinn 1 ikke er tilstrekkelig for å holde lufttemperaturene nede. Trinn 2 innebærer flere skyggeinstallasjoner som skal forhindre direkte solinnstråling.

Trinn 3: Vann til drikke og avkjøling

Under hetebølger og dager med ekstremt høye temperaturer, vil det for mange være behov for nedkjøling. Trinn 3 består av tiltak som sikrer nødvendig nedkjøling for de varmeste dagene gjennom vann, både som drikkevann og til bading.



Figur 3.3.1 Viser Ingunn Mørk sitt forslag til en rød tretrinnsstrategi for høyere temperaturer (Mørk, 2020, s. 157).

TILTAK	STRATEGITRINN	EFFEKT
Grønne tak	1	Evapotranspirasjon og albedo
Grønne vegger	1	Evapotranspirasjon og albedo
Gress	1	Evapotranspirasjon og albedo
Permeable dekker	1	Evaporasjon
Lyse materialer	1	Albedo
Biokull	1	Holde på vann
Tørketollerante arter	1	Mindre behov for vanning
Oppsamling av regnvann	1	Vanning av vegetasjon
Trær	1, 2	Evapotranspirasjon og skyggelegging
Skyggeinstallasjoner	2	Skyggelegging
Drikkefontener og fuglebad	3	Drikkevann
Tåkefontener	1, 3	Evaporasjon og konduksjon
Badeplasser	1, 3	Evaporasjon og konduksjon

Figur 3.3.2 Viser en oversikt over aktuelle tiltak for å håndtere høyere temperaturer og tørke. Basert på (Mørk, 2020, s.156)

TILTAK FOR HØYERE TEMPERATURER OG TØRKE

I forbindelse med utarbeidelsen av den røde tretrinnsstrategien, undersøkte Mørk klimatilpasningstiltak i andre land blant annet Sverige, Frankrike og Østria (Mørk, 2020, s. 140- 147). Med utgangspunkt i inspirerte tiltak og prosjekter, samt teori om høyere temperaturer, presenterte Mørk følgende aktuelle klimatilpasningstiltak for høyere temperaturer i Oslo (ibid, s. 158- 184);

Grønne tak og vegger: Ved å kle tak og vegger med vegetasjon, vil dette redusere den lokale lufttemperaturen som følge av evapotranspirasjon, som forklart i punkt 2.2.5.

I følge Lenzholzer (2015, s. 162) vil den nedkjølede effekten hovedsaklig virke på de som oppholder seg på taket. Grønne tak og vegger vil også kunne redusere refleksjon av solstråling mellom bygninger og konstruksjoner (se punkt 2.2.5). For at dette skal ha motvirkende effekt på varmeøy-effekten krever det mange nok grønne tak og vegger (ibid). Som en tilleggseffekt vil grønne tak og vegger også kunne bidra til å isolere bygningene for direkte solstråling, og således redusere innetemperatur og energibruk for nødvendig nedkjøling (NVE, 2016, s. 25).

Gress og vegetasjon: Mere gress og andre vegetasjonsdekkede flater reduserer byens andel av tette flater. Dette tiltaket vil virke varmereduserende gjennom evapotranspirasjon. Høyere albedo, refleksjonsevne, vil også redusere varmestråling fra tradisjonelle mørke harde flater som asfalt.

For å opprettholde vegetasjonens klimaregulerende effekt, er det avgjørende at gress og annen vegetasjon får tilstrekkelig vanntilførsel og unngår tørke (Brandenburg et al., 2018, s. 55).

Lyse materialer: Bruk av lyse materialer vil sammenlignet med mørke overflater, som asfalt eller mørke tak på bygninger, redusere avgitt varmestråling som følge av høyere refleksjonsevne, albedo (se punkt 2.2.5). På den måten vil lysere materialer føre til lavere overflate temperaturer.

Permeable dekker: Permeable dekker er som tidligere nevnt gjennomtrengelige flater. Som følge av høy oppsamlingsevne for regnvann og overvann, vil permeable dekker virke varmereduserende gjennom evaporasjon. Høyere albedo, ved bruk av lyse materialer og vegetasjon vil også redusere avgitt varmestråling fra dekket og redusere den lokale overflatetemperaturen (Mørk, 2020, s. 166).

Biokull: Evnen biokull har til å holde på vann vil bidra til å motvirke tørkestress og uttørring av planter (Norsk Biokullnettverk, u.å). Således er biokull et tiltak for å hindre tørke og på den måten sikre de klimaregulerende effektene av vegetasjon gjennom transpirasjon.

Tørketollerante: Flere arter har egenskaper som gjør at de kan tåle lengre perioder med tørke, for eksempel gjennom redusert transpirasjon fra plantens grønne deler (Aarnes, 2021-b). Dette gjør at tørketolerante arter i større grad klarer seg under perioder med lite nedbør eller vanning. Ved å for eksempel benytte tørketålende treslag, vil trærne kunne opprettholde skyggevirking under trekronen (Syverhuset, 2020), og i større grad sikre vekst og overlevelse under tørkeperioder.

Oppsamling av regnvann: Oppsamling av regnvann gjennom frakoblede taknedløp til sisterner og vannmagasiner, kan lagre regnvann for senere bruk til vanning av vegetasjon under tørkeperioder der vannressursene er redusert. Oppsamling av regnvann er således også et tiltak med hensikt om å motvirke reduksjon av vegetasjonens klimaregulerende tjenester som følge av tørke.

Trær: Tærnes trekrone bidrar til skyggevirking og hindrer således direkte strålingsenergi fra solen å nå bakken eller objekter under trekronen. Dette bidrar til å senke den lokale lufttemperaturen gjennom redusert avgitt varmestråling fra bakken og objektene trærne skygger for, samt gjennom evapotranspirasjon av vann.

En undersøkelse utført av Norsk institutt for naturforskning (NINA) (Syverhuset, 2020), viser til at bytrærne reduserte lufttemperaturen med hele 10 grader sammenlignet med asfalterte områder under hetebølger i Oslo i 2018.

Skyggeinstallasjoner: Installasjoner og konstruksjoner som skjermer for direkte sollys vil virke klimaregulerende og bidra til redusert eksponering av UV-stråling for innbyggerne i byen. Flere arealer med skygge vil også redusere absorpsjon og avgitt varmestråling fra ulike overflater og objekter, og således bidra til lavere lufttemperaturer.

Drikkefontener og fuglebad: Dette er installasjoner som øker tilgangen og tilgjengeligheten for drikkevann i urbane byrom og vannspeil for drikke og nedkjøling for fugler og andre dyr. Tiltaket har ikke lokalklimatisk effekt, men er et sosialt tiltak for å motvirke eventuell dehydrering under varme perioder og kan styrte biologisk mangfold (Mørk, 2020, s. 180).

Tåkefontener: Dette er installasjoner som avgir vann i små dråper, og virker klimaregulerende ved direkte kontakt mot hud og gjennom evaporasjon. Små vandrdråper evaporerer lettere enn større vannflater, (Oke et al., 2017, s. 441), og er således et effektivt tiltak for å redusere den lokale lufttemperaturen nær installasjonene. Tåkefontener hindrer også oppvarming av bakken ved at strålingsenergi fra solen ikke når bakken, men blir absorbert eller reflektert av vandrdråpene.

Badeplasser: Bading gir direkte avkjølede effekt gjennom *konduksjon*, hvor varmeeenergi overføres til kaldere omgivelser (UiO, 2020). Fler badeplasser vil øke tilgangen på steder for avkjøling under varme dager for byens innbyggere.

3.4 Status i dagens klimatilpasningsarbeid

Delkapittel 3.1 viser til at det gjennomføres enkelte tiltak, som planting av trær, for å klimatilpasse urbane uterom i Oslo for høyere temperaturer. Mørks forslagsliste for tiltak påpeker derimot at det finnes flere aktuelle tiltak for å motvirke konsekvensene av tørke og høyere temperaturer.

For å få en bredere innsikt i hvordan klimatilpasning for høyere temperaturer og tørke blir gjennomført i dag, er det aktuelt å undersøke dagens status i dette arbeidet.

Med "status" menes det i denne oppgaven, den nåværende tilstanden i klimatilpasningsarbeidet. Tilstanden kan igjen påvirkes av ulike faktorer, blant annet politiske prioriteringer, kunnskap om klimautfordringene og hvordan klimatilpasning kan gjennomføres, samt økonomisk bevilgning.

I denne oppgaven vil **kunnskap**, **politiske prioriteringer** og **fokus**, være utgangspunktet for oppgavens undersøkelse av dagens status i klimatilpasningsarbeidet.

Masteroppgaven til Mørk (2020), avdekket interessante funn om både kunnskap blant norske landskapsarkitekter og prioriteringer i nasjonale og kommunale styringsdokumenter om klimatilpasning. Resultatene til Mørk er basert kvalitative metoder gjennom utført spørreundersøkelse og dokumentgjennomgang med ordsøk (ibid). Funnene og statistikken som blir presentert i punkt 3.2.1 og 3.2.2, er basert på Mørks gjennomførte undersøkelser.

For å avdekke det generelle fokuset for klimatilpasning knyttet til ulike klimautfordringer, tar oppgaven utgangspunkt i en gjennomført spørreundersøkelse til norske kommuner om status i arbeidet med klimatilpasning i 2021.



Kunnskap



Politisk prioritering



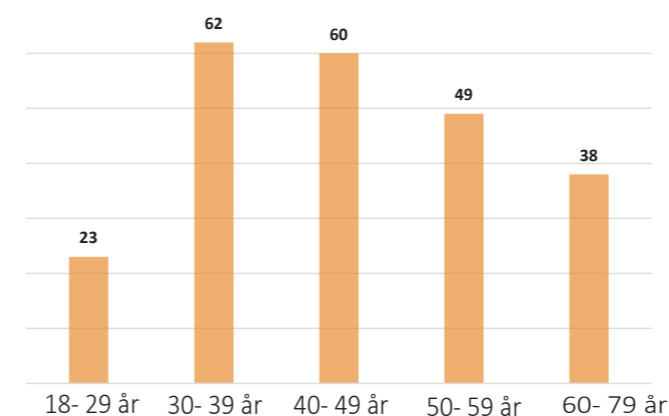
Fokus



3.4.1 KUNNSKAP - SPØRREUNDERSØKELSE 2020

Mørk gjennomførte spørreundersøkelsen i tidsrommet 15 januar til ca. 15 februar 2020, og Norske landskapsarkitekters forening (NLA) ble benyttet som kanal ved distribuering av spørreundersøkelsen. Den ble sendt ut på mail til NLA sine 740 medlemmer, hvorav 233 personer gjennomførte undersøkelsen (Mørk, 2020, s.34).

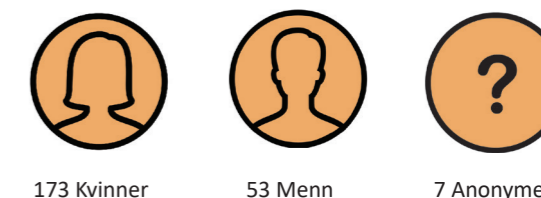
Spørreundersøkelsen besto av 31. spørsmål, hvorav de fleste spørsmålene var lukkede og hadde forhåndsdefinerte svaralternativer (ibid).



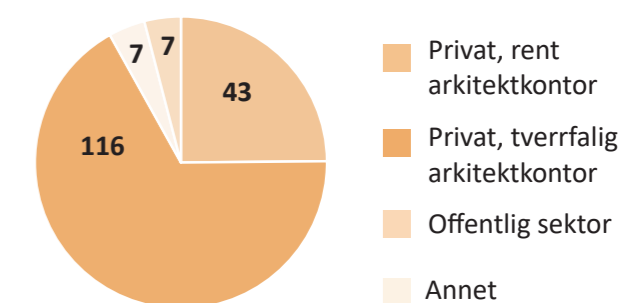
Figur 3.4.2 Viser aldersfordelingen av respondentene som deltok i spørreundersøkelsen for landskapsarkitekter i 2020 (Mørk, 2020, s. 34- 42).

RESPONDENTENE

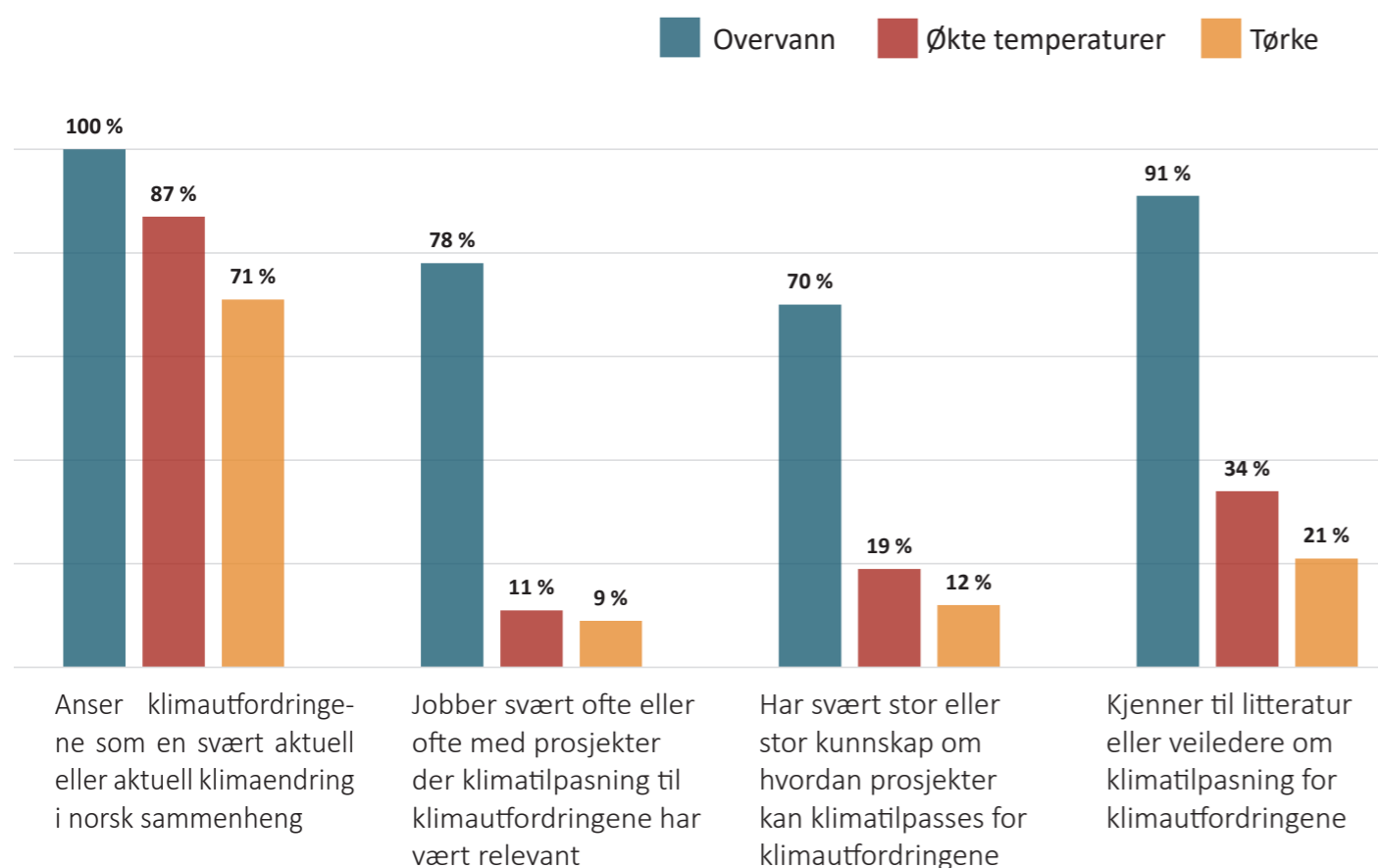
Av deltakerne som besvarte undersøkelsen var fordeling av kjønn, alder og arbeidsplass som vist i figur 3.1.1, 3.1.2 og 3.1.3.



Figur 3.4.1 Viser kjønnsfordelingen av respondentene som deltok i spørreundersøkelsen (Mørk, 2020, s. 34- 42).



Figur 3.4.3 Viser fordelingen i arbeidsplassene respondentene i spørreundersøkelsen jobbet ved (Mørk, 2020, s. 34- 42).



Figur 3.4.4. Viser resultater fra spørreundersøkelsen om klimatilpasning besvart av 233 norske landskapsarkitekter i 2020 (Mørk, 2020, s. 34- 42).

RESULTATENE

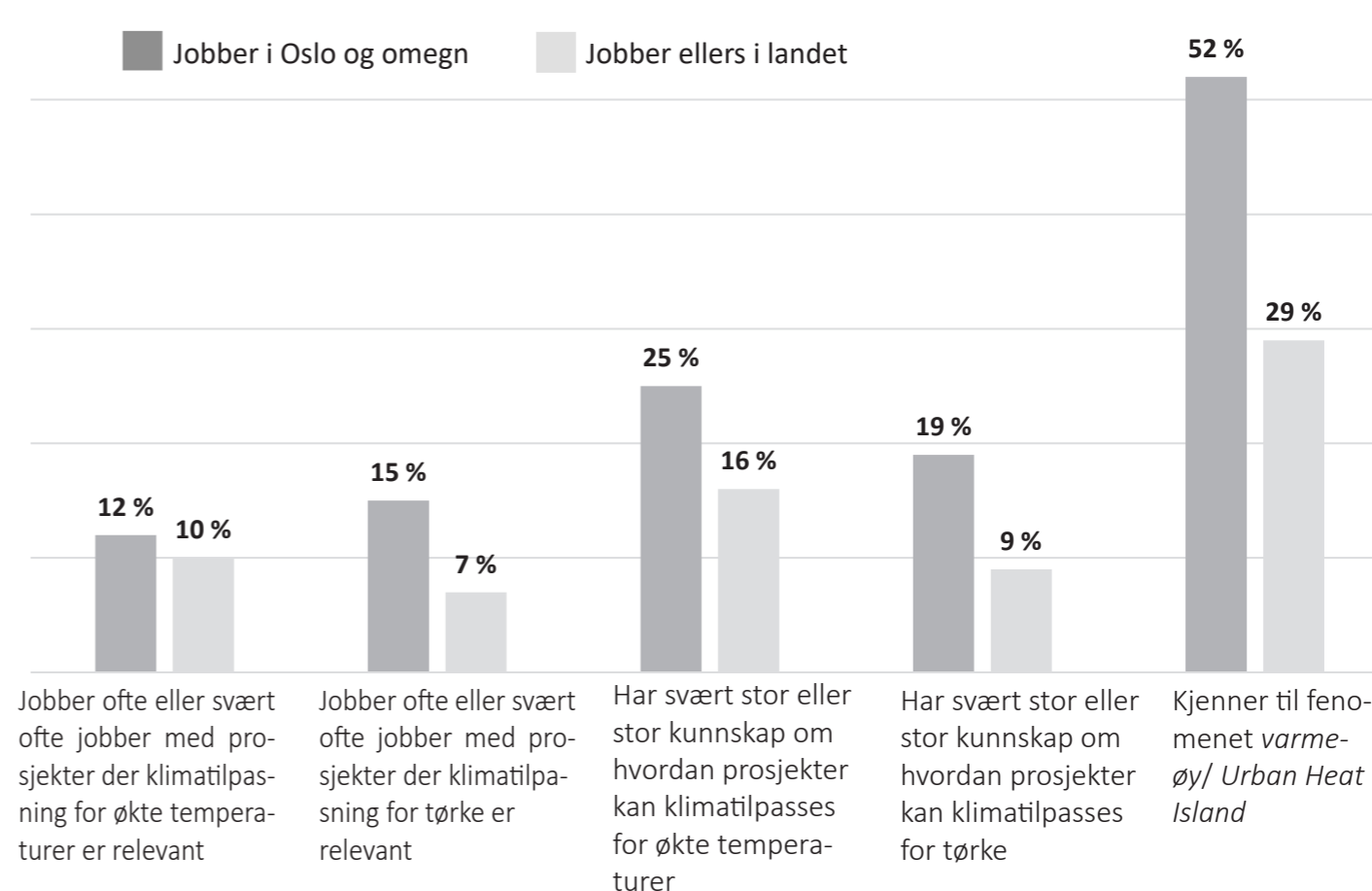
Av spørreundersøkelsen kommer det frem at landskapsarkitekter har god kjennskap til klimatilpasning som tema i forbindelse med sin arbeidshverdag (Mørk, 2020, s. 28). Nesten 50% anser i stor eller veldig stor grad klimatilpasning som en del av landskapsarkitektens ansvarsområde (ibid).

Figur 3.4.4 viser et utvalg av resultatene fra spørreundersøkelsen. Her kommer det tydelig frem at overvann er den klimautfordringen flesteparten av respondentene har kjennskap til og kunnskap om.

Mindre kunnskap om klimatilpasning for økte temperaturer og tørke

På den andre siden avdekket spørreundersøkelsen mindre kunnskap hos respondenterne om klimatilpasning for økte temperaturer og tørke (Mørk, 2020, s. 38). Dette være seg kjennskap til litteratur og veiledere for økte temperaturer og tørke, samt erfaring gjennom prosjekter der klimatilpasning for de nevnte klimautfordringene har vært relevant.

Mørk stilte også spørsmål om respondenterne kjente til fenomenet *varmeøy/ Urban Heat Island*. Her oppga 65% at de ikke hadde hørt om fenomenet (Mørk, 2020, s. 32).



Figur 3.4.5 Viser den geografiske fordelingen av resultatene fra spørreundersøkelsen om klimatilpasning for norske landskapsarkitekter i 2020 (Mørk, 2020, s. 34- 42).

Geografisk fordeling av kunnskap

Resultatene fra spørreundersøkelsen viser også en geografisk fordeling av kunnskap og kjennskap til klimatilpasning for økte temperaturer og tørke. Respondentene med jobb i Oslo og omegn har en jevnt over høyere kunnskap om temaet sammenlignet med respondentene som jobber ellers i landet. Figur 3.4.5 viser resultatene av respondentenes geografiske erfaring- og kunnskapsfordeling.

Ønsker mer kunnskap om høyere temperaturer og tørke

Til tross for manglende kunnskap og erfaring med klimatilpasning for økte temperaturer og tørke, viser spørreundersøkelsen en positiv holdning til relevans og interesse for temaet blant respondentene. Henholdsvis 90% og 70% anser økte temperaturer og tørke som en aktuell eller svært aktuell klimaendring i norsk sammenheng (Mørk, 2020, s.36). Det kommer også frem at respondenterne i stor grad ønsker mer kunnskap om hvordan prosjekter kan klimatilpasses for økte temperaturer og tørke (ibid, s. 43). Ca. 80% ønsker mer litteratur og veiledere om økte temperaturer og tørke.

OPPSUMMERING - KUNNSKAP

Undersøkelsen til Mørk viser et overveien- de høyere kunnskaps- og erfaringsgrunnlag knyttet til klimatilpasning for overvann sammenlignet med høyere temperaturer og tørke.

Mørk omtaler ikke hetebølger i undersøkelsen direkte. Hetebølger som nevnt i punkt 2.3.3 en klimautfordring som kan følge med økte temperaturer og ofte oppstår samtidig som tørke. Av den grunn tolkes resultatene til Mørk å kunne inkludere hetebølger som tema.

De deltagende landskapsarkitektene anser derimot klimatilpasning som en del av sitt ansvarsgrunnlag og ser på økte temperaturer og tørke som relevante klimautfordringer i norsk sammenheng. Det foreligger også et ønske om mer kunnskap hos respondentene gjennom bedre kjennskap og tilgang på litteratur og veiledere om temaet.

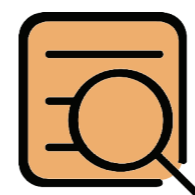
Spørreundersøkelsen viser at det foreligger et skille mellom kunnskapen fagpersonene besitter i forhold til ansvarsfølelsen til klimautfordringene respondentene er bevisst.

I tillegg til å avdekke vesentlig manglende kunnskap om hvordan en kan klimatilpasse for økte temperaturer og tørke, viser resultatene til Mørk også en geografisk kunnskapsfordeling. Dette viste seg særlig gjeldene for spørsmålet om kjennskap til fenomenet

varmeøy/ Urban Heat Island, hvorav majoriteten som hadde kunnskap om fenomenet også jobber i Oslo eller Oslo omegn.

Kunnskap om dette fenomenet er særlig aktuelt for fagpersoner som jobber med prosjekter i større byområder som Oslo. Om nødvendige klimatilpasningstiltak skal gjennomføres krever dette også kunnskap om de ulike påvirkningsfaktorene som kan bidra til at Oslo får ytterligere temperaturøkninger og økt fare for tørke, også utover de primære klimaendringene.

Klimatilpasning er et aktuelt tema og landskapsarkitekter er fagpersoner som jobber tett på tematikken i sin yrkespraksis. Det tas derfor forbehold om en eventuell kunnskapsutvikling i bransjen da Mørks masteroppgaven er fra 2020. Tidsrommet på to år vil likevel anses å være tilstrekkelig kort nok, til å gi en et utgangspunkt for holdninger og kunnskap blant landskapsarkitekter rundt temaet også i 2022.



3.4.2 POLITISK PRIORITERING - ORDSØK 2020

I masteroppgaven fra 2020, gjennomførte Mørk en undersøkelse der hun så på representasjonen av ulike ord i forskjellige dokumenter, et såkalt *ordsøk*. Metoden hadde til hensikt å “undersøke hvordan nettopp klimatilpasning til et varmere klima håndteres i norske planer og føringer [..]” (Mørk, 2020, s. 121).

Resultatene fra Mørks ordsøk er brukt som grunnlag for dette punktet i oppgaven.

Mørk undersøkte 14 ulike styringsdokumenter og søkte for 28 nøkkelord i hver av dokumentene. Søket ble gjennomført med avansert søkemotor i Adobe Acrobat Pro DC, og det ble kun søkt etter hele ord (Mørk, 2020, s. 123). De utvalgte dokumentene brukt i ordsøket er presentert i egen tekstboks, tilsvarende for nøkkelordene på side 75.

De utvalgte dokumentene som ble brukt i ordsøket:

Klima- og miljødepartementet:

Meld. St. 14 (2015- 2016) Natur for livet
Meld. St. 33 (2012- 2013) Klimatilpasning i Norge
Meld. St. 41 (2016- 2017) Klimastrategi for 2050
NOU 2010: 10 Tilpassing til eit klima i endring

Justis- og beredskapsdepartementet:

Meld. St. 10 (2016- 2017) Risiko i et trygt samfunn

Kommunal- og moderniseringsdepartementet:

Meld. St. 18 (2016- 2017) Bærekraftige byer og sterke distrikt
Nasjonale forventninger til regional og kommunal planlegging 2019- 2023

Helse- og omsorgsdepartementet:

Meld. St. 15 (2017- 2018) Leve hele livet
Meld. St. 19 (2018- 2019) Folkehelsemeldinga

Oslo kommune:

Klimaetatens faggrunnlag til klimastrategi 2030
Klimaprofil Oslo og Akershus
Klimaendringer og klimautfordringer i Oslo mot år 2100
Kommuneplan for Oslo 2018
Klimasårbarhetsanalyse for Oslo

NØKKELORDENE

Nøkkelordene som ble brukt i ordsøket ble inndelt i seks kategorier hvorav relevante ord for oppgavens tema ble plukket ut (Mørk, 2020, s. 122). Om det aktuelle dokumentet var skrevet på nynorsk ble ordsøket gjennomført med den nynorske versjonen av ordene (ibid). Kategoriene og ordene brukt i ordsøket er vist i egen tekstboks.

Resultatene fra ordsøket ble samlet i et excel-dokument. Basert på antall treff av de ulike nøkkelordene i de forskjellige dokumentene, ble det regnet ut "et prosentvis treff for de seks kategoriene" (Mørk, 2020, s. 123). De fem styringsdokumentene for Oslo kommune ble samlet som "et dokument" i presentasjonen av ordsøket. Resultatene av ordsøket til Mørk er vist i figur 3.4.6, med en modifikasjon hvor ekstra kolonner for år publisert og total treffprosent/ sider er lagt til.

Nøkkelordene

Klimatilpasning:

Klima, klimatilpasning, tilpasse, tilpasning

Overvann:

Overvann, overvannshåndtering, nedbør, ekstremnedbør, regn

Temperaturer:

Varme, varmere, høy temperatur, høye temperaturer, temperaturstigning, hetebølge, varmebølge, ekstremvarme

Tørke:

Tørke, markvannsunderskudd, lav grunnvannstand, tørkeperiode

Varmeøy:

Varmeøy, varmeøyer, varmeøyeffekten, urban heat island

Klimatisk komfort: *Klimatisk komfort, termisk komfort, uteklime*

Dokument	År publisert	Klima-tilpasning	Overvann	Temperaturer	Tørke	Varmeøy	Klimatisk komfort	Total treffprosent	Total treffprosent/ sider
1	2015	33,25	2,6	0,88	0,75	0	0	37,48	0,24
2	2013	130,25	29,6	4	1,75	0	0	165,6	1,66
3	2017	22,25	0,6	0,75	0,75	0	0	24,35	0,23
4	2010	157,5	26,8	3,5	7,25	0	0	19,05	0,81
5	2016	9,25	2,4	0,38	0	0	0	24,06	0,12
6	2017	19,5	3,2	0,25	0,5	0	0	23,45	0,14
7	2019	2,25	0,8	0	0	0	0	3,05	0,09
8	2018	1,5	0	0,25	0	0	0	1,75	0,01
9	2019	12,5	1	0,25	0	0	0	3,75	0,2
10	2017-2020	30,4	18,32	2,95	3,3	0,6	0	55,57	0,15

Figur 3.4.6 Viser oversikt over prosentvis treff for nøkkelord inndelt i seks kategorier for ulike styringsdokumenter. Figuren er basert på masteroppgaven til Mørk med tilleggskolonne for År publisert og Total treffprosent/ sider (Mørk, 2020, s. 123)

RESULTATENE

Resultatene fra ordsøket til Mørk, vist i figur 3.4.6, viser at klimatilpasning er et aktuelt tema som går igjen i alle planene og føringene som ble undersøkt.

Ordsøket avdekker en markant høyere treffprosent for nøkkelordene knyttet til kategorien overvann sammenlignet med nøkkelordene for kategoriene temperaturer og tørke dokumentene. Den største forskjellen i treffprosent for disse kategoriene er i dokument 2, *Meld. St. 33 (2012-2013) Klimatilpasning i Norge*, hvor det er en forskjell på 26,6% for overvann og temperaturer, og 27,85% for overvann og tørke. Av kategoriene temperaturer og tørke er det temperaturer som har jevnt over høyest representasjonsrate for de ulike dokumentene.

Resultatene viser også at det kun er dokumentene for Oslo kommune som inneholder nøkkelord for kategorien varmeøy.

Av resultatene kommer det frem at den høyeste treffprosenten for nesten alle kategorier; *klimatilpasning, temperatur, tørke*, og nest høyest for kategorien *overvann*, er i det største dokumentet, *NOU 2010: 10 Tilpassing til eit klima i endring (dokument 4)*, på 240 sider. Til sammenligning er det miste dokumentet i ordsøket, *Nasjonale forventninger til regional og kommunal planlegging 2019-2023*, på 32 sider.

Etter som det i ordsøket er undersøkt dokumenter av ulikt omfang kan treffprosenten i ordsøket være noe misvisende for kategoriens aktualitet og representasjonsrate i dokumentene. Et større dokument kan ha et nøkkelord oftere representert enn et mindre dokument, men likevel ha mindre fokus på nøkkelordet og dets kategori sammenlignet med dokumentets øvrige innhold. Av den grunn er resultatene til Mørk undersøkt nærmere ved å sammenligne dokumentenes sideantall og samlet treffprosent for nøkkelordene, for å således kunne sammenligne de ulike dokumentenes totale treffprosent pr. antall sider (vist i figur 3.4.6).

Resultatene av denne videre undersøkelsen viser at det ikke er korrelasjon mellom dokumentenes størrelse og treffprosent for nøkkelordene. For denne konklusjonen må det tas forbehold om eventuelt andre svar, dersom styringsdokumentene til Oslo kommune ble oppført som enkelte dokumenter i oversikten og ikke slått sammen til ett dokument.

Derimot viser resultatene at dokumentenes tematiske aktualitet til kategoriene og nøkkelordene i større grad er avgjørende for nøkkelordenes treffprosent og treffprosent/sider. For eksempel består *Meld. St. 15 (2017- 2018) Leve hele livet* (dokument 8), av 184 sider med en samlet treffprosent for alle kategoriene på 1,75 og treffprosent/ sider på 0,01. Til sammenligning består *Meld. St. 33 (2012- 2013) Klimatilpasning i Norge* (dokument 2) av 100 sider, med en treffprosent 165,6 og teffprosent/ sider på 1,66.

Mørk oppsummerer sitt resultat med å vise til figur 3.4.7, der det kommer frem at overvann får generelt mer oppmerksomhet enn økt temperaturer og tørke, både i nasjonale og kommunale planer for Oslo kommune (Mørk, 2020, s. 124).

	Nasjonale	Oslo
Klimatilpasning	43,13	30,4
Overvann	7,44	18,32
Temperaturer	1,13	2,95
Tørke	1,22	3,3
Varmeøy	0	0,6
Klimatisk komfort	0	0

Figur 3.4.7 Viser "gjennomsnittlig antall ord per dokument, totalt for planene fra Oslo og for de nasjonale planene" (Mørk, 2020, s. 124).

De samlede resultatene i figur 3.4.7, viser derimot at det er en økt representasjon av kategoriene *temperatur* og *tørke* i planene fra Oslo kommune sammenlignet med de nasjonale styringsdokumentene (Mørk, 2020, s. 124).

Mørk trekker også frem at ordene i kategorien *klimatilpasning* er mer representert i de nasjonale planene, og at dette gjenspeiler det overordnet nivået i nasjonale planer sammenlignet med mer konkrete planer på kommunalt nivå (ibid).

OPPSUMMERING - ORDSØK

Gjennom ordsøket avdekker Mørk hvilke nøkkelord i kategorier for klimatilpasning som blir mest vektlagt i styringsdokumenter på nasjonalt plan og for Oslo kommune. Resultatene viser til et overveiende fokus på overvann og mindre fokus på økte temperaturer og tørke i styringsdokumentene. Som nøkkelord i kategorien temperaturer inngår hetebølger konkret i denne undersøkelsen.

Til tross for at tørke og høyere temperaturer er generelt mindre prioritert i de undersøkte dokumentene, viser resultatene til Mørk at fokuset på klimatilpasning for de nevnte klimautfordringene er høyere i Oslo kommune sammenlignet med de undersøkte nasjonale styringsdokumentene.

Mørk avdekker også at det kun er styringsdokumentene til Oslo kommune som inneholder ord i kategorien varmeøy (Mørk, 2020, s. 123). Som følge av at Oslo forventer mer utbygging og flere hetebølger i årene som kommer (Klimaetaten, 2020, s. 46), er det positivt at fenomenet er å finne i enkelte av Oslos styringsdokumenter, da dette inkluderer en relevant faktor for å se på høyere temperaturer som en klimautfordring.

Som tidligere nevnt er masteroppgaven til Mørk skrevet for to år siden, og resultatene av ordsøket utgjør av den grunn status i planer og føringer for klimatilpasning datert til 2020.

Det er siden undersøkelsen til Mørk ikke blitt utarbeidet ny strategi for klimatilpasning på nasjonalt nivå eller kommunalt nivå. Regjeringen adresserte derimot et behov i februar 2022, for å utarbeide en ny strategi for å styrke klimaberedskapen i landet (Regjeringen, 2022).

I 2021 la Klima- og miljødepartementet la frem *Meld. St. 13 Klimaplan for 2021- 2030*, men stortingsmeldingen omfatter ikke temadet klimatilpasning da den fokuserer på utslippkutt av klimagasser for perioden (Meld. St. 13 (2020- 2021), s. 102)

Nye styringsdokumenter som er lagt frem etter 2020 med relevans for klimatilpasning er;

Justis- og beredskapsdepartementet:
Meld. St. 5 (2020- 2021) Samfunnssikkerhet i en utrygg verden

Kommunal- og moderniseringsdepartementet:
Meld. St. 40 (2020- 2021) Mål og mening

Dokument	År publisert	Klima-tilpasning	Overvann	Temperaturer	Tørke	Varmeøy	Klimatisk komfort	Total treffprosent	Total treffprosent/sider
St. Meld. 5	2021	4,75	5,4	1,37	2,25	0	0	14,25	0,08
St. Meld. 40	2021	20,75	5,2	1,25	1,25	0	0	38,93	0,19

Figur 3.4.8 Viser oversikt over prosentvis treff for nøkkelord inndelt i seks kategorier for styringsdokumentene; Meld. St. 5 (2020- 2021) Samfunnsikkerhet i en utrygg verden og Meld. St. 40 (202- 2021) Mål og mening.

Med utgangspunkt i samme fremgangsmåte som Mørk benyttet i ordsøket, ble de to stortingsmeldingene undersøkt for deres prosentvise treff for de ulike kategoriene. Fullstending utregning ligger som vedlegg 2. Figur 3.4.8, viser resultatene av det utvidete ordsøket. Resultatene er sammenfallende med resultatene til Mørk og viser en vesentlig høyere representasjon av overvann som kategori sammenlignet med temperaturer og tørke. Av de sistnevnte kategoriene er tørke også her mer vektlagt enn høyere temperaturer.

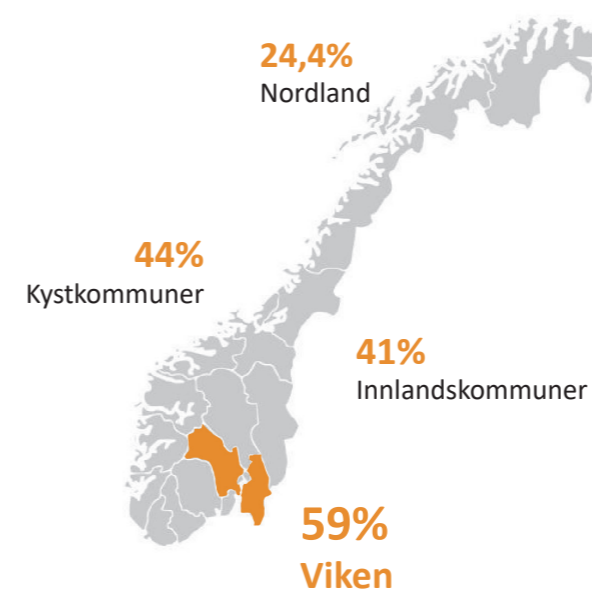
Av den grunn anses resultatene fra ordsøket til Mørk å utgjøre et representativt grunnlag for fokuset innen klimatilpasningsarbeidet i nasjonale og kommunale dokumenter for Oslo kommune.



3.4.3 SPØRREUNDERSØKELSE 2021 - FOKUS

I høsten 2021 gjennomførte Vestlandsforsikring (Aall et al, 2021) på oppdrag fra Kommunesektorens organisasjon (KS) en spørreundersøkelse til norske kommuner om status for 2021 i arbeidet med klimatilpasning. Undersøkelsen inngår også som en del i den årlige granskningen *Norsk klimamonitor* gjennomført av Norsk senter for bærekraftig klimatilpasning (Noradapt) (ibid, s. 5).

En liknende undersøkelse ble gjennomført i 2017. Spørreundersøkelsen ble i hovedsak utformet likt som undersøkelsen i 2017 for sammenligningsgrunnlag (ibid).



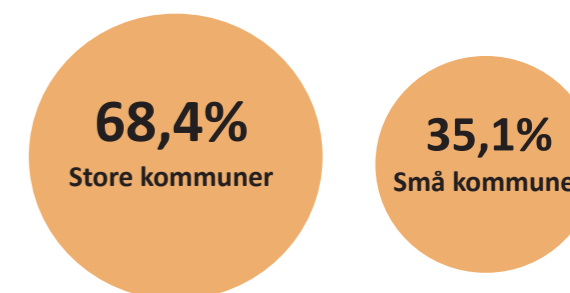
Figur 3.4.9 Viser en grov fylkesvis oversikt over deltagende kommuner i spørreundersøkelsen i 2021 (Aall et al., 2021, s. 18).

RESPONDENTENE

Av kommunene som besvarte undersøkelsen var fordeling av antall deltagende kommuner, kommunestørrelse og grov fylkesvis inndeling som vist i figur 3.4.9 og 3.4.10. (Aall et al, 2021, s. 6).

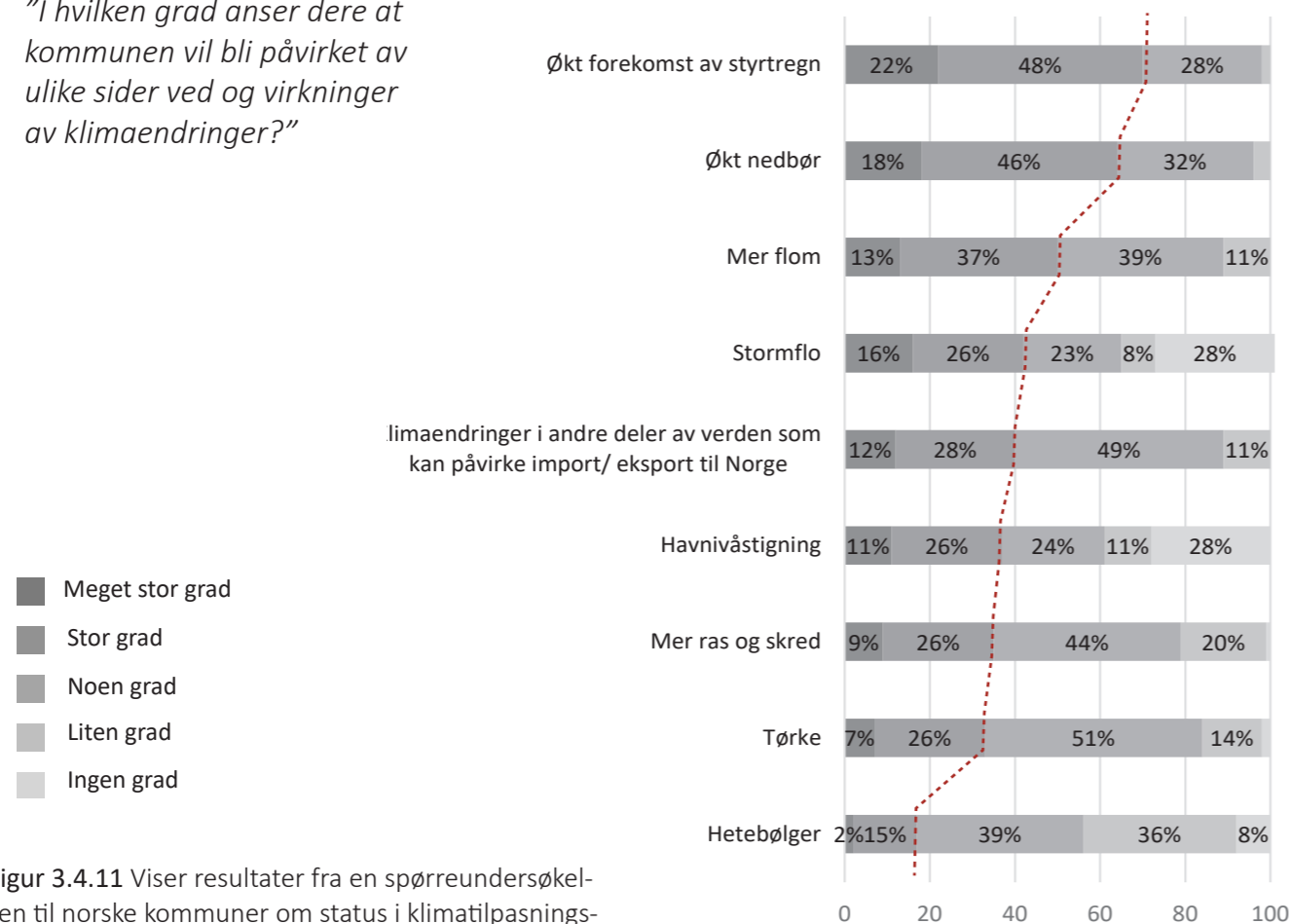
42% 150 kommuner deltok i 2021

27% 96 stk kommuner deltok i 2017



Figur 3.4.10 Viser fordelingen mellom små og store kommuner som deltok i spørreundersøkelsen i 2021 (Aall et al., 2021, s. 17).

”I hvilken grad anser dere at kommunen vil bli påvirket av ulike sider ved og virkninger av klimaendringer?”



Figur 3.4.11 Viser resultater fra en spørreundersøkelsen til norske kommuner om status i klimatilpasningsarbeidet i 2021 (Aall et al., 2021, s. 23).

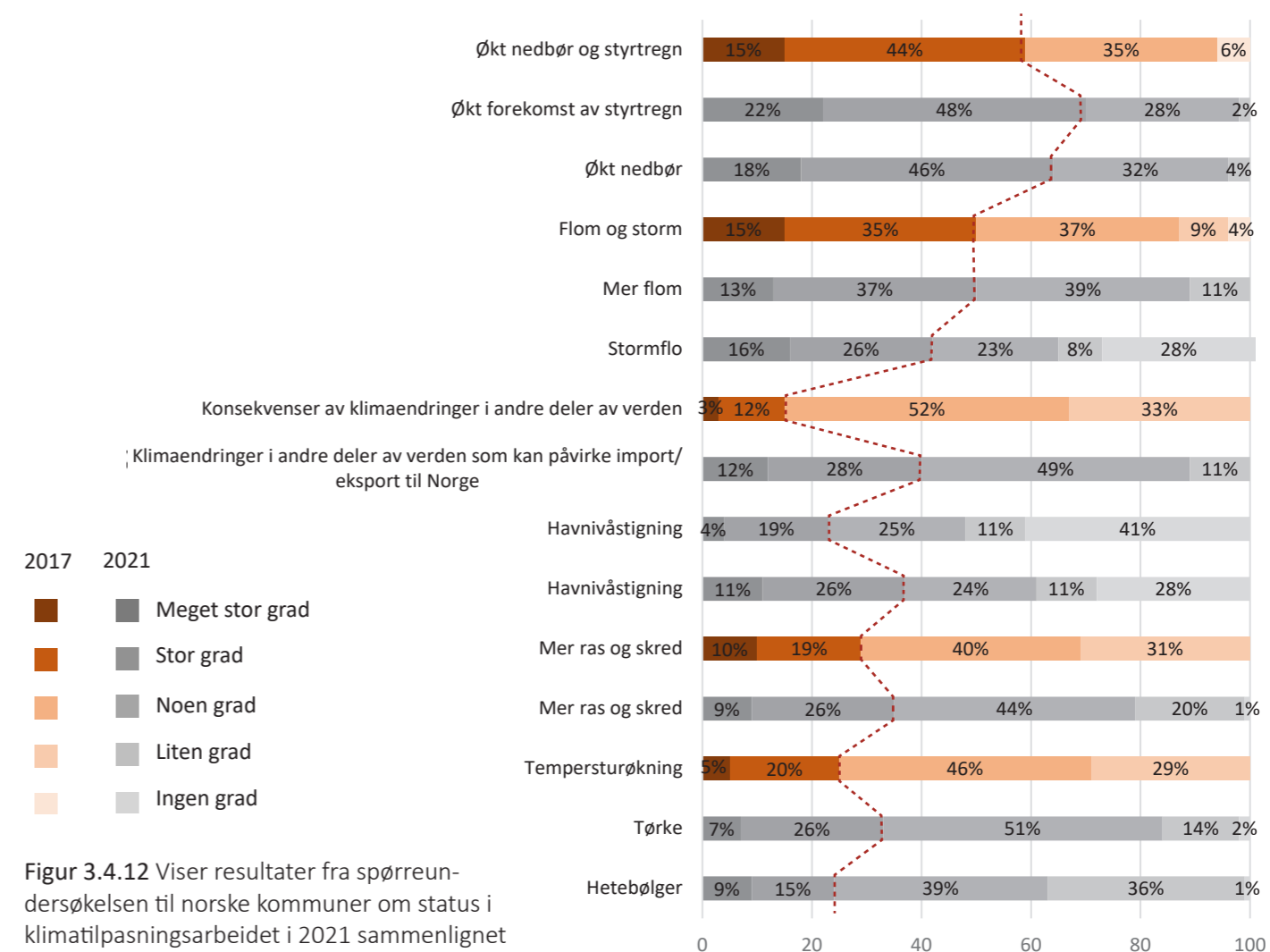
RESULTATENE

Av spørreundersøkelsen kommer det frem at kommunene anser økt nedbør og styrtregn som den største utfordringen i arbeidet med å tilpasse for fremtidige klimaendringer (Aall et al., 2021, s.). Dette gjelder også for resultatene av undersøkelsen som ble utført i 2017, se figur 3.4.12 for sammenligning.

Kommunene anser økt forekomst av styrtregn som den viktigste klimautfordringen som vil påvirke kommunene mest, hvorav 70% av kommunene vurderer dette i meget stor eller stor grad som en pressende klimautfordring.

Mindre fokus på klimatilpasning for hetebølger og tørke

Resultatene viser at kommunene som deltok i undersøkelsen anser hetebølger og tørke som de minst viktige klimautfordringene kommunen vil bli påvirket av direkte og indirekte (Aall et al., 2021, s. 23). Kun 17% av kommunene vurderte i meget stor eller stor grad hetebølger som å ha store påvirkninger for kommunen. Hetebølger er således ansett som den minst pressende klimautfordringen hos de deltagende kommunene.



Figur 3.4.12 Viser resultater fra spørreundersøkelsen til norske kommuner om status i klimatilpasningsarbeidet i 2021 sammenlignet med resultater fra tilsvarende undersøkelse i 2017 (Aall et al., 2021, s. 47).

Minimal fokusutvikling for klimatilpasning for hetebølger og tørke

Gjennom sammenstilling av resultatene fra spørreundersøkelsen i 2017 og 2021, ser man en viss økning av kommunenes oppfatelse av virkningsgraden knyttet til klimautfordringene økte temperaturer/ tørke og hetebølger.

Ved sammenligning av resultatene for 2017 og 2021, foreligger det en usikkerhet knyttet til den eksakte prosentvise utviklingen for hver av kategoriene tørke og hetebølger. Dette følger av at undersøkelsen i 2017 hadde oppført tørke og hetebølger som én felles kategori, økte temperaturer.

Ser man bort ifra dette viser resultatene en total økning på 6% for kommuner som anser tørke som en pressende klimautfordring sammenlignet med resultatene fra 2017. I rapporten anses dette likevel å utgjøre minimale endringer (Aall et al., 2021, s. 46).

OPPSUMMERING - FOKUS

Gjennom spørreundersøkelsen om status i klimatilpasningsarbeidet for norske kommuner i 2021, er det tydelig av resultatene at styrtregn, overvann og økt nedbør er prioriterte klimautfordringer også hos norske kommuner.

Det er få kommuner som i svært stor grad anser å bli påvirket av ulike sider ved tørke og hetebølger. Også i denne undersøkelsen anser kommunene tørke som en mer pressende utfordring sammenlignet med hetebølger. Dette er klimautfordringen som blant de oppnevnte kategoriene i spørreundersøkelser blir lavest prioritert i norske kommuner. Dette til tross for at Viken var fylket med flest deltagende kommuner i undersøkelsen, og samtidig er fylket med høyest forekomst av hetebølger i landet (Tajet, 2020, s. 12).

Norge har et svært varierende klima på grunn av landets geografisk utstrekning og variasjon (Mamen, 2021). Av den grunn vil enkelte kommuner i mindre grad være utsatt for negative påvirkninger knyttet til tørke og hetebølger. Varierende relevans for de to klimautfordringene vil således naturlig påvirke resultatene i kommuneundersøkelsen.

Basert på resultatene fra spørreundersøkelsen konkluderer denne oppgaven med at tørke og hetebølger er mindre prioriterte klimautfordringer for norske kommuner i arbeidet for å klimatilpasse kommunene for et fremtidig klima. Overvann og økt nedbør er klimautfordringene norske kommuner i stor grad opplever som viktigst og prioriterer i sitt klimatilpasningsarbeid.



3.5 Oppsummering

Oslo kommune har gjennom sin klimastrategi satt ambisiøse mål (Oslo kommunen, 2020), og klimatilpasning er et viktig satsningsområde i kommunens arbeid for å bli en klimarobust by innen 2030.

Av delkapittel 3.1, ser vi at det gjennomføres enkelte klimatilpasningstiltak for tørke og høyere temperaturer i Oslo. Kapittelet viser derimot at de nevnte klimautfordringene i mindre grad blir prioritert i klimatilpasningsarbeidet. Overvann er ansett som kommunens satsningsområdet, og hovedvekten av klimatilpasningstiltak er i stor grad rettet mot håndtering av overvann.

Denne prioriteringen gjenspeiles også i det generelle bildet i klimatilpasningsarbeidet også utenfor Oslo. Basert på resultatene fra spørreundersøkelsen til Mørk kommer det frem at det i dag er generelt liten kunnskap og kjennskap til klimatilpasning for tørke og høyere temperaturer hos norske landskapsarkitekter. Det foreligger derimot noe økt kunnskap for de nevnte klimautfordringene for prosjekterende i Oslo. De nevnte klimautfordringene blir også i liten grad prioritert i nasjonale og kommunale styringsdokumenter. Landets kommuner anser også tørke og høyere temperaturer som de minst viktige klimautfordringene for klimatilpasning.

At resultatene for de ulike undersøkelsen i stor grad er enstemmige om det samme utfallet; lite fokus og kunnskap om tørke og

høyere temperaturer, kan underbygges av at kunnskap, fokus og politiske prioritering er faktorer med stor påvirkning på hverandre. Mangel på kunnskap kan gi mangel på fokus som igjen medfører lav politisk prioritering da temaet ikke står på agendaen, og omvendt. Således påvirker alle de tre faktorene status i klimatilpasningsarbeidet.

Konklusjon

Kapittel 3 hadde til hensikt å besvare delproblemstilling 2;

”Hvordan er dagens status for klimatilpasning for tørke og høyere temperaturer”

Basert på oppsummeringen, er klimatilpasningsarbeidet for tørke og høyere temperaturer i planleggingen av urbane uterom i stor grad preget av mangel på kunnskap hos prosjekterende, lite fokus i kommunene og liten politisk prioritering. Til tross for at det i Oslo gjennomføres en satsning på tiltak for tørke og høyere temperaturer gjennom treplanting, er det i dag lite fokus på å motvirke konsekvensene av klimautfordringene tørk og høyere temperaturer.

Kapittel 4

Kombinert klimatilpasning

4.1 Naturlig kobling

I dette kapitlet vil oppgaven undersøke muligheten for å kombinere tretrinnsstrategien for overvann med den røde tretrinnsstrategien for høyere temperaturer (Mørk, 2020). For å avdekke kunnskap og tanker rundt kombinerte tiltak for tørke, høyere temperaturer og overvann, ble det utført fire intervjuer som blir presentert i kapitlet.

Videre vil kapitlet vise til referanseprosjekter der tiltak for de ulike klimautfordringene er håndtert i sammenheng. Kapitlet består av følgende delkapitler;

- 4.1 Naturlige koblinger
- 4.2 Erfaringer og tanker om helhetlig klimatilpasning - intervju
- 4.3 Referanseprosjekter for helhetlig klimatilpasning
- 4.4 Oppsummering

Basert på kapitlets innhold skal delproblemstilling 3 besvares:

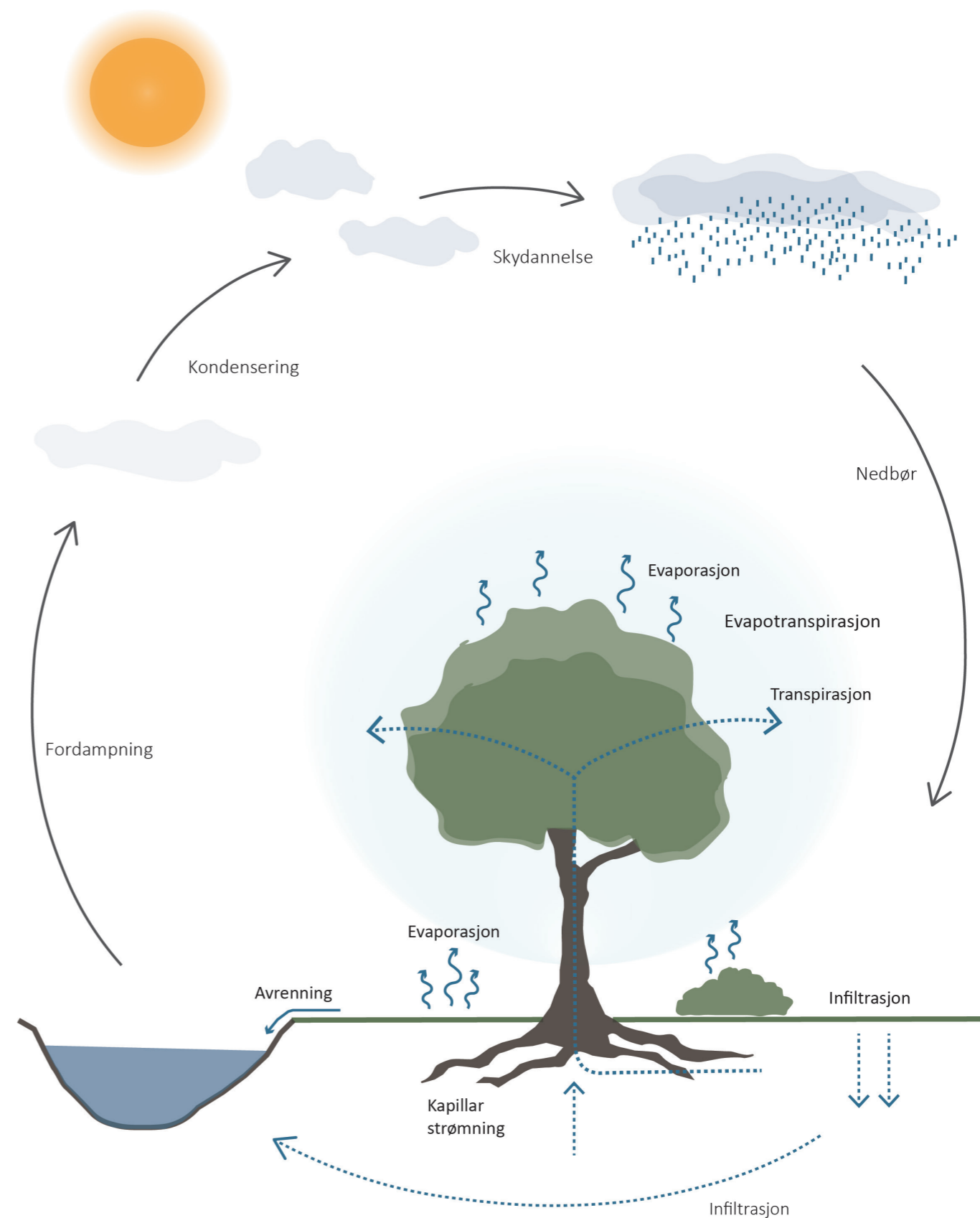
”Finnes det muligheter for å kombinere tiltak for tørke og høyere temperaturer med tiltak for overvann?”

Kapittel 2 konkluderte med et behov for å klimatilpasse Oslo for tørke og høyere temperaturer. Videre påpekte kapittel 3 at det gjennomføres enkelte klimatilpasningstiltak, men at klimatilpasningsarbeidet i mindre grad omhandler tilpasning for tørke og høyere temperaturer.

Av tretrinnsstrategien for overvann og den røde tretrinnsstrategien med tilhørende tiltak (se delkapittel 3.1), kommer det frem at evapotranspirasjon, infiltrasjon og fordrøyning, er de felles tiltakseffektene som både virker varmeregulerende, motvirker tørke og bidrar til lokal håndtering av overvann.

De tre tiltakseffektene henger tett sammen og inngår som naturlige komponenter i vannets kretsløp, som vist i figur 4.1.1. Kretsløpet drives av solen, og består i korte trekk av naturlig sirkulasjon av vann gjennom fordamping, nedbør, avrenning og infiltrasjon, og deretter til ny fordamping (NGU, 2021).

Med utgangspunkt i at flere av klimatilpasningstiltakene for overvann, tørke og høyere temperaturer, bygger på komponenter i vannets kretsløp, vil det være hensiktsmessig å se på klimatilpasning for disse klimautfordringene i sammenheng da de i stor påvirkning hverandre. Dette gjelder tiltak som faller inn under trinn 1 og 2 i tretrinnsstrategien for overvann og trinn 1 for tretrinnsstrategien for høyere temperaturer.



Figur 4.1.1 Viser vegetasjonens rolle i vannets syklus og til å begrense overvann gjennom evaporasjon og infiltrasjon. (Ødegård, 2014., og NGU, 2021).

4.1.1 NATURLIGE KOBLINGER

I 2017 utarbeidet Menon, Norsk institutt for naturforskning (NINA) og Sweco en rapport på oppdrag fra Miljødepartementet; *Naturbaserte løsninger for klimatilpasning*, (Magnussen et al., 2017, s. 2). Rapporten beskriver og vurderer naturbaserte løsninger for klimatilpasning og omhandler blant annet tiltak for overvann, tørke og høyere temperaturer.

I rappen blir det påpekt at flere av tiltakene for flom og overvann også motvirker konsekvenser av tørke (ibid, s. 16). Således kan gjennomførte overvannstiltak anses å utgjøre indirekte klimatilpasningstiltak for tørke og høyere temperaturer, og videre anses som klimatilpasning hvor de tre klimautfordringen håndteres i sammenheng.

Skal Oslo bli en mer klimarobust by i møte med økt tørke og høyere temperaturer, anser oppgaven som det nødvendig med direkte tiltak for å sikre tilstrekkelige fokus, tiltakseffekter og gjennomføring i klimatilpasningsarbeidet.

















Indirekte effekter vil utgjøre positive effekter, men det foreligger en mulighet for at klimatilpasning for tørke og høyere temperaturer "gjennom overvannstiltak" kan bidra til redusert fokus, og således mindre kunnskap og utvikling av praksis for klimatilpasning for et varmer klima i klimatilpasningsarbeidet.

Rapporten påpeker også at flere av tilleggseffektene for overvannstiltakene, slik som økt biologisk mangfold ved gjenåpning av bekker, vil bli redusert som følge av tørke (Magnussen et al., 2017, s. 30). Således fremmer dette behovet for å inkludere tiltak for tørke og høyere temperaturer for å også sikre de ønskede tilleggseffektene av overvannstiltak. Dette argumentet er særlig aktuelt for urbane områder, der arealknapphet gjør at det stilles høye krav til nytte- og merverdien til planlagte prosjekter og tiltak.

Med utgangspunkt i de sammenkoblede tiltakseffektene for overvannshåndtering, tørke og høyere temperaturer, underbygger rapporten fra Menon, NINA og Sweco viktigheten av å se på de tre klimautfordringene i sammenheng i klimatilpasningsarbeidet.

Figur 4.1.2 viser en oversikt over de aktuelle sammenfallende tiltakene og tiltakseffektene (evapotranspirasjon, infiltrasjon og fordrøyning) for overvannshåndtering (trinn 1 og 2) og klimareguleringstjenester for tørke og høyere temperaturer (trinn 1).



EFFEKT	TILTAK	STRATEGITRINN		TILTAK	EFFEKT
Infiltrasjon og evapotranspirasjon	Grønne tak	 1, 2		Grønne tak	Evapotranspirasjon og albedo
Infiltrasjon og evapotranspirasjon	Grønne vegger	 1		Grønne vegger	Evapotranspirasjon og albedo
Infiltrasjon og evapotranspirasjon	Gress/ vegetasjon	 1		Gress/ vegetasjon	Evapotranspirasjon og albedo
Infiltrasjon og evapotranspirasjon	Permeable dekker	 1		Permeable dekker	Evaporasjon
Infiltrasjon, fordrøyning og evaporasjon	Regnbed	 1, 2		Tørketolerante arter	Redusert vanning
Infiltrasjon, fordrøyning og evaporasjon	"Våte" basseng med fordrøyningsvolum	 1, 2,		Oppsamling av regnvann	Vanning av vegetasjon
Infiltrasjon, fordrøyning og evapotranspirasjon	Vadi/ Swales/ Vannveg	 1, 2		Trær	Evapotranspirasjon og skyggelegging
Infiltrasjon og fordrøyning	Biokull	 1, 2		Biokull	Fordrøyning

Figur 4.1.2 Viser en oversikt over sammenfallende tiltak og felles effekter for overvannshåndtering, tørke og høyere temperaturer. Figuren er basert på tiltak for høyere temperaturer (Mørk, 2020, s. 156) og overvannstiltak for urbane miljøer (Ødegård, 2014)

4.2 Erfaring og tanker om kombinert klimatilpasning - Intervju

For å undersøke erfaringer og tanker om felles klimatilpasning for tørke, høyere temperaturer og overvann, ble det ble i forbindelse med oppgaven gjennomført fire intervjuer. Intervjuene hadde også til hensikt å undersøke en mulig utvikling av fokus på høyere temperaturer og tørke sammenlignet med resultatene fra 2020 og 2021 (se dlakpittel 3.2).

Som følge av at lik intervjuguide ble benyttet ved alle intervjuene, er resultatene samlet og hver av svarene fra de intervjuede er presentert under tilhørende spørsmål med fargekode for respondentenes svar.

Personene som ble intervjuet i forbindelse med oppgaven er presentert med navn og yrkestittel i figur 4.1.3. Personene er gjennom ulike fag- og ansvarsområder i arbeidet med klimatilpasning.



Helene Engeland

Klimaleder i Plan- og bygningsetaten, PBE



Helene Georgsen Berger

Avdelingsdirektør i Park- og byrom, Bymiljøetaten, BYM



Bent Braskerud

Sjefsingeniør i Vann- og avløpsetaten, VAV



Kathrine Omnia Strøm

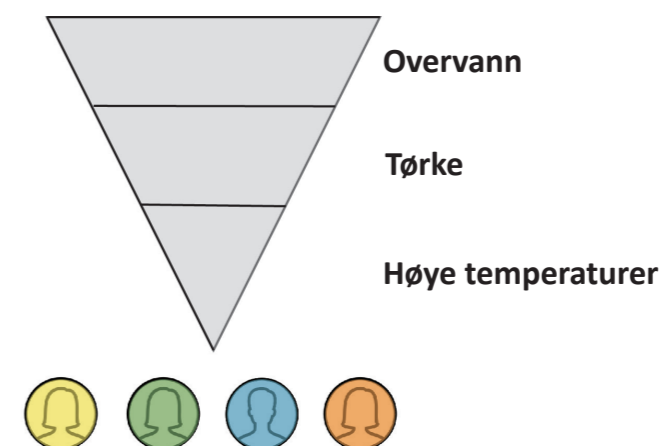
Utviklingssjef for bærekraftig byutvikling i COWI dosent ved institutt for landskapsarkitektur ved NMBU

Figur 4.1.3 Viser en oversikt over de fire personene som deltok i intervjuene i forbindelse med oppgaven våren 2022.

Spørsmål 1. "Hvilke klimautfordringer tenker du er viktig å imøtekomme gjennom klimatilpasning i Oslo?"




Spørsmål 2. "Hvilke av klimakonsekvensene; overvann, tørke og høye temperaturer opplever du blir mest vektlagt i prosjektsammenheng?"





Spørsmål 3. "Hva er bakgrunnen for dette synspunktet?"


Regler og føringer **Lite kunnskap om tørke og hetebølger**
Tydligere konsekvenser av overvann **Normer** **Erfaringsgrunnlag**
Sektoransvar i offentlig forvaltning **Overvann er mer målbart økonomisk**

Spørsmål 4. "Har du erfaring med at klimatilpasning for økte mengder overvann, tørke og høye temperaturer blir bearbeidet samtidig i planleggingsprosesser?"


 "Man kan si at alle de tre klimautfordringene inngår i planarbeidet på overordnet nivå gjennom kommuneplanen som skal fremme å bevare og styrke grønnstrukturen i byen. Økt vegetasjon og flere grønne arealer i urbane områder vil i så måte være det overordnede tiltaket for å bedre lokalklima både med tanke på overvann, men også tørke og høye temperaturer."


 "I konkrete prosjekter opplever jeg veldig sjeldent at disse klimautfordringene blir håndtert i sammenheng. Tørke er et lite tema i prosjektsammenheng. Derimot opplever jeg at det ofte er forvalterne som tenker helhetlig rundt både overvann og tørke, da de har et større driftsperspektiv og tenker praktisk rundt skjøtsel og vedlikehold. Her blir både overvannshåndterin og vegetasjonens behov for vanning vurdert, men dette blir gjerne knyttet til plantevalg og ikke større tiltak eller plangrep."

 "Ikke veldig mye, men i forbindelse med bekkeåpnings- prosjekter planlegges det for både overvann og tørke med tanke på utforming og oppbygning av bekkeløp og plantemateriale. I bekkeåpnings- prosjekter har kommunen et mål om å sørge for en minste vannføring for å hindre at bekker står tørre. For å sikre vann i gitte områder i bekkene kan ulike utformingsgrep som terskler og strupet utløp benyttes. For bekker med liten vannføring ser man også på muligheten for å etablere "grønne bekker" eller fuktdrag, som tilpasses for at det kun renner vann i mindre perioder. I så måte kan man si at overvann og tørke er klimautfordringer som håndteres simultant og sånn sett "helhetlig" i bekkeåpnings- prosjekter."


 "I forprosjekter og tidligfase i arkitektkonkurranser må alle lokale forhold tas i betraktning for å sikre optimal utforming for det aktuelle stedet. Her er landskapsarkitekter og planleggere ofte flinke til å tenke helhetlig og se på de store linjene. Derimot er det ofte spesifikke krav og måloppnåelse i normer som blågrønn- faktor som blir vektlagt videre i prosjektene, noe som gjør at overvann i stor grad blir prioritert og hensyntatt."


Spørsmål 5. "Hva tror du skal til for å at overvann, tørke og høye temperaturer blir behandlet samtidig i planleggingsfasen?"

 "Det er behov for økt kunnskap om tørke og hetebølger og hvordan dette påvirker det urbane miljøet, både for innbyggere, naturen og det biologiske mangfoldet".

 "Generelt tror jeg det kreves mer kunnskap om tørke og tørkeperioders påvirkning, for eksempel knytte til planter og biologisk mangfold. Det kreves også mer kunnskap om ulike sirkulære løsninger. For eksempel kan bruk av vannmagasiner og sisterner som lagrer og renses overvann som kan benyttet til vanning være aktuelle tiltak. Dette krever mer teknisk kompetanse inn prosjektene.

I etterkant av tørkesommeren 2018 har BYM sett store tørkeskader på flere av trærne i Frognerparken. Bymiljøetaten fikk unntak fra vanningsrestriksjonene fra Vann- og avløpsetaten for å vanne beplantningen og trærne i parken. Vannmagasiner, for eksempel under noen av gressområdene i parken, ville både sikre vegetasjonen tilstrekkelig vanntilgang under tørkeperioder og reduserer bruken av knappe vannressurser".

 "Det vil være viktig med økt kunnskap og mer bruk av tekniske løsninger for å rense og sirkulere regnvann og overvann til vanning. For eksempel gjennom bruk av sisterner, vannmagasiner under bakken og *smarte blå- grønne tak* som ikke bare fordrøyer, men også gjenbraker vann."

 "Det vil være behov for å sette flere krav til bruk av flerfunksjonelle løsninger for overvann, tørke og høyere temperaturer. Det er til syvende og sist kravene i for eksempel blågrønn- faktor og bream som blir vektlagt og fører til gjennomførte tiltak i prosjektene. På grunn av den lukrative beliggenheten i landets hovedstad hvor mange utbyggere ønsker å etablere seg, har Oslo kommune et større handlingsrom sammenlignet med andre kommuner til å stille flere krav til utbyggerne. Kommunen har således en mulighet og et viktig ansvar for å sette fokus på klimatilpasning for tørke og høyere temperaturer".

Spørsmål 6. "Hva tenker du kan være utfordringene ved å håndtere overvann, tørke og høye temperaturer samtidig?"



"Det er ønskelig å løse flere problemer samtidig gjennom helhetlig klimatilpasning, men det er ikke alltid at løsninger vil la seg kombinere. Noen ganger er det ulike behov, for eksempel vil større tiltak som flomveier ikke nødvendigvis være forenlig med tiltak for tørke.

Det er også større utfordringer knyttet til konkrete målinger av konsekvensene av tørke. Tilgangen på konkrete tall for forsikringskostnader av skade på bebyggelse og infrastruktur som følge av overvann og urban flom er lett tilgjengelig. Dette gir tydelige og målbare økonomiske incentiver for overvannstiltak. Tilsvarende økonomiske konsekvenser for tørke finnes for landbruket, men ikke på samme måte for konsekvensene i det urbane miljøet".



"For å klimatilpasse Oslo på en helhetlig måte vil det kreve økt kunnskap og mer fokus på tørke og høyere temperaturer i klimatilpasningsarbeidet. Kunnskapsmangel er i stor grad det som hindrer at en helhetlig klimatilpasning blir gjennomført i dag."



"For å sammenkoble klimatilpasning for tørke, høyere temperaturer og overvann, krever dette et velfungerende tverrsektorielt samarbeid. Sektoransvaret i kommunal planlegging kan være en utfordring for å sikre helhetlig klimatilpasning for de nevnte klimautfordringene. I tillegg vil mye infrastruktur under bakken i urbane områder kunne sette begrensninger for etableringer og volumer for vannmagasiner under bakken i byen".



"Flom og overvann kan i stor grad måles gjennom nedbørsmengder og avrenning. Dette gjør det lettere å sette krav til håndtering av overvann i prosjekter, da dette er målbare størrelser. Etter som det ikke foreligger like konkrete mål på konsekvensene av tørke og høyere temperaturer, kan dette gjøre det utfordrende å sette krav til målbare størrelse av disse klimautfordringene i prosjektsammenheng".

Spørsmål 7. Har du en sluttkommentar?



"Med et varmere klima i vente er det behov for økt kunnskap om tørke og hetebølger og hvordan dette påvirker det urbane miljøet i Oslo, både for innbyggere, naturen og det biologiske mangfoldet".



"Gjennom prosjektet Oslotrær, hvor det plantes nye bytrær har man sett store positive effekter av hvordan dette påvirker lokalklimaet og bidrar til avkjøling. Prosjektet i Bygdøy allé der nye kastanjetrær blir plantet, er det også blitt bygget opp nye intrikate vanningsystemer for disse trærne som tar i bruk vann fra taknedløp og overvann fra fortau. Av slike pilotprosjekt kan man hente nyttig erfaring og videreutvikle eksisterende praksis for kombinerte løsninger for klimatilpasning både for overvann, tørke og høyere temperaturer".



"Oslo kommune jobber i dag med å bruke overvann som en ressurs og ikke et problem i bybilde. Overvann er en utfordring fordi det tilfører et akutt problem, men tørke er en skikkelig utfordring fordi det gir fravær av vann som er en viktig ressurs. Tørke er sånn sett et større problem enn større nedbørsmengder.

Vi er nødt til å se på vann som en faktisk ressurs i større grad enn hva som er blitt gjort til nå. Vi må se på mulighetene for hvordan overvann kan brukes på nye måter i fremtiden for å motvirke et varmere klima".



"Landskapsarkitekter og andre yrkesgrupper med grønnfaglig bakgrunn utgjør en viktig ressurs i dagens samfunn hvor mye av samfunnets viktigste arbeid handler om hvordan vi kan møte klimaendringene. Grøntanleggenes tidligere rolle har i stor grad vært knyttet til estetikk og "grønn pynt. Nå utgjør grøntområdene og fagpersonene som jobber med dem en helt sentral rolle i hvordan vi kan håndtere fremtidens klimaendringer. Vi må således bruke og videreutvikle kunnskap om klimatilpasning og hvordan vi planlegger grøntområdene for å bedre kunne møte et endret klima".

4.3.1 OPPSUMMERING INTERVJU

Overvann prioriteres og lite kombinert klimatilpasning i prosjektene

Intervjuene underbygger funnene i spørreundersøkelsen av landskapsarkitekter i 2020 (Mørk, 2020) og kommuneundersøkelsen for klimatilpasning (2017) i 2021. Overvann er fremdeles klimautfordringen som i størst grad blir prioritert i klimatilpasningsarbeidet, men respondentene anser også tørke som en reell klimautfordring for kommunen.

Intervjuobjektene nevner ulike årsaker til den opplevde prioriteringen vist i ordskyen for spørsmål 3. De oppgitte årsakene er blant annet politiske prioriteringer gjennom føringer og regler, større erfaringsgrunnlag og tydeligere konsekvenser av overvann, samt mangel på kunnskap om klimatilpasning for tørke og høyere temperaturer.

Basert på intervjuobjektene erfaringer er det i dag få prosjekter som fremmer en helhetlig tankegang for klimatilpasning der tørke, høyere temperaturer og overvann blir håndtert i sammenheng.

I den grad dette blir gjennomført, opplyser Helene England (PBE) og Katrine Strøm (COWI/ NMBU) at dette gjerne inngår på overordnet plan. Både som et punkt i kommuneplanen om å sikre og fremme grønnsstrukturen i byen, men også i tidligfase i prosjektkonkurranser.

Det er viktig at en helhetlig tankgang kommer tidlig inn i prosjekter for å sikre gjennomføring. Svakheten ved at dette i stor grad gjennomføres tidlig og på overordnet nivå, er derimot som Katrine Strøm påpekte, at den helhetlige tankegangen i stor grad forsvinner utover i prosjektfasen hvor andre utførelser i større grad blir prioritert, slik som håndtering av overvann. På den måten blir tiltak for tørke og høyere temperaturer i dag i stor grad gjennomført som tilleggseffekter av overvannstiltak.

Braskerud (VAV) opplyser at kommunen i økende grad fokuserer på tørke i sine bekeåpningsprosjekter. Om dette er for å forbedre overvannstiltakene og deres tilleggseffekter, som påpekt i rapporten til Menon (2017), eller for å målrettet forhindre tørke er derimot mindre sikkert.

Tilsvarende viser Helene Bergersen (BYM) til at tørke og overvann i større grad sees i sammenheng av driftspersonell med ansvar for forvaltning, skjøtsel og vedlikehold. Ønsket om effektiv drift og smart bruk av ressurser, gjør at både tørke og overvann blir prioriterte fokusområder, for eksempel gjennom artsvalg av planter. For større plangrep og utforming av tiltak som håndterer tørke, høyere temperaturer og overvann, er det derimot nødvendig at dette kommer tidlige inn i prosjektene.



Kunnskap og forslag til løsninger fra forvaltning, drift og vedlikehold er således viktig å inkludere i prosjektenes planprosesser for å gjennomføre en helhetlig klimatilpasning.

Muligheter for sammenkobling av tiltak

Av intervjuene kom det frem at representantene særlig anså tørke som en klimautfordring som i stor grad kan la seg kombinere med klimatilpasning for overvann.

Av oppgavens teori om tørke og høyere temperaturer i delkapittel 2.3, samt koblingene i vanns kretsløp i delkapittel 4.1, vil alle tre klimautfordringene påvirke hverandre og la seg kombinere.

Bent Braskereud og Helene Berger trekker begge frem bruk av vannmagasiner og sisterner for oppsamling og gjenbruk av regnvann og overvann til vanning av beplantning som særlig aktuelle tiltak.

Katrine Strøm påpeker at Oslo kommune har et ansvar for å fremme klimatilpasning for tørke og høyere temperaturer, og har muligheter til å sette krav til helhetlig klimatilpasning. Det vil også være aktuelt å undersøke muligheten for å implementere flere målpunkter i krav og normer som blå- grønne faktor, for å fremme klimatilpasning for tørke og høyere temperaturer. Det er i stor grad måloppnåelser i disse normer som leder

til gjennomførte tiltak i prosjekter.

Utfordringer

Arealbegrensninger og stor infrastruktur under bakken i byen kan sette begrensninger for etablering av vannmagasiner og omfattende tiltak som krever lagring under bakken.

I tillegg blir økt kunnskap om konsekvensene av tørke og høyere temperaturer også nevnt som nødvendig for å avdekke kostnader og negative effekter av klimautfordringene som således kan gi økonomiske incentiver for gjennomføring. Dette gjelder også hvordan tørke og høyere temperaturer kan brukes som målbare størrelser i prosjektsammenheng dersom økte krav og målpunkter i normer skal fungere som tiltaksfremmere for helhetlig klimatilpasning.

Behov for økt kunnskap

I likhet med undersøkelsene i 2020 og 2021, er økt kunnskap nevnt som en nøkkelfaktor for å øke fokuset på klimatilpasning for tørke og høyere temperaturer. Økt kunnskap om konsekvensene og felles løsninger for de tre klimautfordringen, vil også være avgjørende for å etablere prinsippet om kombinert klimatilpasning i klimatilpasningsarbeidet.

4.3 Referanseprosjekter for kombinert klimatilpasning

I dette delkapittelet vil fire referanseprosjekter bli presentert som inspirasjon for hvordan klimatilpasning for overvann, tørke og høyere temperaturer kan kobles sammen.

Prosjektene som blir presentert er;

4.3.1 Bymilen, København

4.3.2 Risilio project, Amsterdam

4.3.3 Bygdøy allé, Oslo

4.3.4 Tåsinge Plads, København

Klimatilpasning et aktuelt tema hvor det gjennomføres mye forskning som følge av de alvorlige konsekvensene verden kan forvente seg av klimaendringene. Av den grunn finnes det i dag mange ulike strategier, prinsipper, løsninger og tiltak innenfor klimatilpasning. Dette gjelder både klimatilpasning med bruk av tradisjonelle/ tekniske løsninger, naturbaserte løsninger og kombinasjonsløsninger som kombinerer disse (se delkapittel 3.1).

Som følge av økt fokus på klimatilpasning finnes det i dag flere eksempler på prosjekter som benytter ulike løsninger for å håndtere klimautfordringene. I oppgaven er det trukket frem fire prosjekter som benytter kombinerte løsninger og ulike tiltak for å håndtere både overvann, tørke og høyere temperaturer.

Utvalget av de presenterte prosjektene har til hensikt å vise til forskjellige tiltak og løsninger for overvann, tørke og høyere temperaturer.



Foto 4.3.1 Viser referanseprosjektet Bymilen i København (MagnusKitten, u.å.)

4.3.1 BYMILEN, KØBENHAVN

Bymilen er et allment tilgjengelig byrom ved Kalvebod Brygge i København. Anlegget ble opparbeidet i forbindelse med at SEB Bank etablerte et kontor i området, og anlegget sto ferdig i 2011 (SLA, u.å).

SLA arkitekter er prosjekterende bak anlegget og prosjektet omtales som "Københavns første klimatilpassede byrom" (Michael, 2020). Bakgrunnen for dette tilnavnet, er at prosjektet både håndterer overvann og er tilpasset for å motvirke lokale høye temperaturer gjennom lyse materialer, vanning av vegetasjonen og nedkjøling av området (ibid).

I hele anlegget er det benyttet hvite betongplater som dekke (SLA, u.å), som på grunn av høy albedo, reduserer varmelagring i bakken og bidrar til å senke den lokale lufttemperaturen. Betongen er også brukt som ulike sittelementer gjennom anleggets terrasse- og utforming, og således vil mindre oppvarming i dekket også gjøre sitteområdene mer behagelige under varme dager.

Anlegget består av et effektivt vanningsystem under hele plassen, med drensrør, to store underjordiske tanker og flere pumper, som samler opp og resirkulerer overvann (Bordas, 2018). Vannet benyttes til vanning av beplantningen og til 110 dampskyer (ibid). Dette er små damp-/ tåkeinstallasjoner, se figur 4.3.2, hvor vanndampen spres med vinden og kjøler ned omkringliggende overflater (Klimatilpassing, 2015).

Dampskyene bidrar til å redusere lufttemperaturen på de varmeste dagene gjennom evaporasjon og vil være direkte avkjølede og for mennesker og dyr. Vanndysene skrues av på vinterstid og når det blir lite vann i vanntankene (ibid).

Ulla Hornsyld, fra SLA, opplyser om at det er viktig å finne rett dimensjonering på vanntankene og vannlagringsmengden, slik at anlegget ikke skal trenge tilført vann eller at vannet står for lenge stille i vanntanken og skaper algeoppblomstring (Klimatilpassing, 2015)

I tillegg til de nevnte klimatiltakene vil generell bruk av vegetasjon og høy andel av trær i anlegget, utgjøre et viktig tiltak både for å samle opp overvann, men også for å skape skygge og sørge for bedre luftkvalitet og lokal nedkjøling av temperaturen gjennom evapotranspirasjon.

Klimatilpassingstiltak benyttet i prosjektet

- Lyse materialer med høy albedo som reduserer avgitt varme fra bakken
- Oppsamling og gjenbruk av regnvann til vanning av vegetasjon
- Dampdyser/ tåkeinstallasjoner for nedkjøling gjennom evaporasjon og konduksjon



Foto 4.3.2 David Bravo Bordas, 2018.



Foto 4.3.3 Magnus Klitten, u.å.



Foto 4.3.4 Magnus Klitten, u.å.

4.3.2 RESILIO PROJECT, AMSTERDAM

Amsterdam kommune har sammen med åtte samarbeidspartnere anlagt 10 000 kvadratmeter smart blå- grønne tak i Amsterdam fra 2018 til 2022 som en del av *Resilio*-prosjektet (Resilo, u.å). *Resilio* står for "Resilience network of smart innovative climate- adapted rooftops" (ibid).

Prosjektet går ut på å etablere smarte- blå- grønne tak som både skal håndtere overvann, og sikre reduserte lufttemperaturer i byen under varme dager gjennom vegetasjonsbruk og resirkulering av oppsamlet regnvann.

Smarte blå- grønne tak skiller seg fra tradisjonelle grønne tak og blå- grønne tak, ved at vannet lagres og resirkuleres til bruk av vanning og gjennom bruk av andre "smarte" løsninger (Intervju, Bent Braskerud 18.03.2022).

De smarte blå- grønne takene i *Resilio*-prosjektet er utstyrt med avanserte sensorer som er koblet til meteorologiske prognoser og som kommuniserer med takenes vannsystem, et såkalt "*Smart Flow Control - System*" (Holstein & Langewen, 2022).

Takene slipper ut eller lagrer større vannmengder avhengig av om det er forventet nedbør- eller tørkeperioder (Resilio, u.å). På den måten sørger de smarte blå- grønne takene for å optimalisere fordrøyningseffekten av overvann under nedbørsperioder og

unngår uttørking av vegetasjonen under varme dager og gjennom vekstsesongen. Således sikres vegetasjonens klimareguleringseffekter og bidrar til lokal nedkjøling av lufttemperaturen gjennom evapotranspirasjon. Sikker vanntilgang under vekstsesongen muliggjør også i større grad tykkere vekstmedium og således også flere plantearter som øker takenes tilleggseffekt gjennom økt biologisk mangfold.

Det er også ønskelig at takenes sensorer og vannsystem i fremtiden kobles til målinger av grunnvannstanden i området, som gjør at regnvann fra takene også kan slippes ut og bidra til å heve grunnvannsnivået under tørre perioder (Holstein & Langewen, 2022, s. 29).

I en evaluering av *Resilio*-prosjektet, viser resultatene at gjennomsnittlig innetemperatur i bygninger med nye smarte blå- grønne tak målte lavere temperaturer om sommeren og høyere temperaturer om vinteren sammenlignet med tradisjonelle tak (Holstein & Langewen, 2022, s. 38). Således bidrar også de smarte blå- grønne takene til å redusere energibruk til oppvarming og nedkjøling, og kan være en attraktiv løsning for nordiske forhold som er utsatt for store temperatursvingninger gjennom året.

Klimatilpasningstiltak benyttet i prosjektet

- Vegetasjonsbruk for nedkjøling av bygninger og lokal lufttemperatur
- Oppsamling og gjenbruk av regnvann til vanning av vegetasjon og fordrøyning av regnvann
- Smart Flow Control- system som tilpasser vannlagring til meteorologiske prognoser for området



Foto 4.3.5 Resilio, u.å.

4.3.3 BYGDØY ALLÉ, OSLO

I 2018 ble det bestemt at den kjente kastanje alleen i Bygdøy allé i Oslo skal bevares av kulturhistoriske årsaker (Fjeld, 2020). Alleen besto opprinnelig av 223 og det skal totalt plantes 65 nye trær langs gaten (ibid).

Sommeren 2020 ble 10 nye hestekastanjer, plantet i deler av gaten i et pilotprosjekt på oppdrag fra Oslo kommune (NAML, 2022). Link Arkitektur har laget løsningene i samarbeid med Ørjan Stål, og med støtte fra Multiconsult (ibid). Link og Multiconsult var rådgivere i prosjektet og Agaia, tidligere Steen & Lund, var entreprenør.

Prosjektet utgjør en del av et omfattende treplantingsprosjekt som bidrar med viktig klimareguleringstjenester ved å senke lokaltemperaturen gjennom evapotranspirasjon og skygge. I tillegg til dette også lagt vekt på økt håndtering av overvann.

For å sikre gode vekstvilkår for trærne er det etablert sammenhengende vekstbed som gir røttene bedre rotvolum (Fjeld, 2020). Dette skaper også større jordvolum for fordrøyning av overvann, og således motvirker også tørke. Jordblandingen som er benyttet er en spesialblanding og består blant annet av biokull som bidrar til å forsterke de nevnte effektene (ibid).

I et intervju med Utemiljø opplyser leder for landskapsteamet i Link, Ivar F. Nielsen, at prosjektet har også til hensikt å rense takvann fra omkringliggende bygninger (Fjeld, 2020). Takvann og overvann ledes åpent med renner til trærne eller til kummer som fører vannet til vekstmediet der vannet renses gjennom ulike prosesser i jordblandingen og av vegetasjonen (ibid).

Løsningene i prosjektet er inspirert av metoder brukt i gjennomførte pilotprosjekter i Sverige (Skoglund, 2020).

Klimatilpasningstiltak benyttet i prosjektet

- Sammenhengende vekstmedium med større jordvolum for fordrøyning og rotutvikling
- Biokull for å fordrøye overvann og sikre vanntilgang til trærne
- Rense forurenset takvann og overvann for vanning av trær



Foto 4.3.6 Tore Fjeld, 2020



Foto 4.3.7 Tore Fjeld, 2020

4.3.4 TÅSINGE PLADS, KØBENHAVN

Tåsinge Plads er et offentlig byrom i Østerbro i København. Anlegget ble ferdigstilt i 2014 og er tegnet av GHB landskapsarkitekter (Malmos, u.å).

Prosjektet bygger på en transformasjon av en 1 000 kvm parkeringsplass til et offentlig grøntareal med formål om å håndtere overvann (Klimakvartalet, u.å). Plassen inneholder derimot flere tiltak som også virker tørke- og varmereduserende og utgjør således et eksempel på bruk av kombinerte løsninger.

Prosjektet har et gjennomgående grøntdrag med vegetasjon og samler takvann i et vannmagasin under bakken for å redusere overvannet (Lytt, u.å). De mest utradisjonelle løsningene i prosjektet er derimot elementene på torget, regnparasollene og lekapparatene.

Regnparasollene er som vist i figur 4.3.9, en omvendt parasoll som samler opp regnvann (Klimakvartalet, u.å). Parasollene inviterer således til opphold under nedbørsperioder, men sikrer også arealer med skygge for varme dager. Parasollene kan reguleres og således kan solskjermingen i stor grad "tilpasses" etter behov når det ikke er behov for å samle regnvann.

Torget inneholder flere lekeelementer og blant dem finnes en "vippeplate" som er koblet til vannmagasinet under plassen (Klimakvartalet, u.å). Ved at barn leker med vippeplaten vil rensset takvann bli pumpet opp i dagen og renne ut på angitte områder som et ytterligere element for lek. (ibid) Under varme dager kan "vanning" av bakken gjennom denne løsningen bidra til å redusere de lokale lufttemperaturene gjennom evaporasjon.

Det anlegget er det også brukt lys granitt som dekke, som på grunn av høy refleksjonsevne sammenlignet med asfalt fra tidligere, vil bidra til å senke de lokale lufttemperaturene.

Klimatilpasningstiltak benyttet i prosjektet

- Lyse materialer med høy albedo som reduserer avgitt varme fra bakken
- Økt vegetasjonsbruk for å redusere lokal lufttemperatur gjennom evapotranspirasjon
- Regnparasoller som samler regnvann
- Vannmagasiner som samler og renser takvann for bruk til lek og avkjøling av dekke



Foto 4.3.8 Klimakvartalet, u.å.



Foto 4.3.9 Malmos, u.å.

4.4 Oppsummering

Delkapittel 4.1 viser at flere av klimatilpasningstiltakene for overvann, tørke og høyere temperaturer bygger på infiltrasjon, fordrøyning og evaporasjon som effekter for å håndtere de tre klimautfordringene. Dette er alle elementer som inngår i vannets kretsløp. Ved å bygge på naturens egne prosesser i det hydrologiske kretsløpet kan tiltak for overvann, tørke og høyere temperaturer la seg kombinere. Basert på de tette koblingene av tiltakseffektene, vil gjennomførte klimatilpasningstiltak for en av klimautfordringene utgjøre indirekte tiltak for de andre klimautfordringene.

Intervjuene som ble utført i forbindelse med oppgaven, viser også at fagpersoner fra ulike etater i Oslo kommune og fra COWI/ NMBU ser verdien og potensialet i å sammenkoble klimatilpasning for overvann, tørke og høyere temperaturer. Intervjuene underbygger funnene i kapittel 3 og viser til at det fremdeles er behov for et økt kunnskapsgrunnlag for konsekvensene av tørke og høyere temperaturer, samt tiltak for å motvirke disse.

Referanseprosjektene i delkapittel 4.3 har vist ulike eksempler for bruk av tiltak, men bygger alle på en helhetlig klimatilpasning. Prosjektene kan fungere som viktige inspirasjonskilder til hvordan økt bruk av varme-reducerende tjenester kan redusere lokale lufttemperatur og motvirke tørke i urbane uterom, i tillegg til å håndtere overvann.

Referanseprosjektene inneholder alle ulike løsninger for oppsamling, rensing og resirkulering av overvann. Dette viser seg således å være viktige løsninger å implementere for å kombinere de tre klimautfordringene ved helhetlig klimatilpasning.

Konklusjon

Kapittel 4 hadde til hensikt å besvare delproblemstilling 3;

”Finnes det muligheter for å kombinere tiltak for tørke og høyere temperaturer med tiltak for overvann?”

Basert på oppsummeringen kan klimatilpasning for tørke og høyere temperaturer gjennomføres indirekte gjennom overvannstiltak. Det er også mulig å i større grad gjennomføre klimatilpasningstiltak for tørke og høyere temperaturer ved å sikre at løsninger som fanger opp, rens og resirkulerer overvann blir implementert i prosjekter. Gjennomføring av dette krever derimot økt kunnskap om behovet for å klimatilpasse for tørke og høyere temperaturer.



Foto 4.4.1 Nick Night/ Unsplash, 2019

Kapittel 5

Helhetlig klimatilpasning

5.1 Helhetlig klimatilpasning

I dette avsluttende kapitlet presenteres oppgavens forslag til å sikre økt klimatilpasning for tørke og høyere temperaturer i kombinasjon med tiltak for overvann. Forslaget er basert på en strategiutvikling som tar utgangspunkt i funnene i oppgavens foregående kapitler.

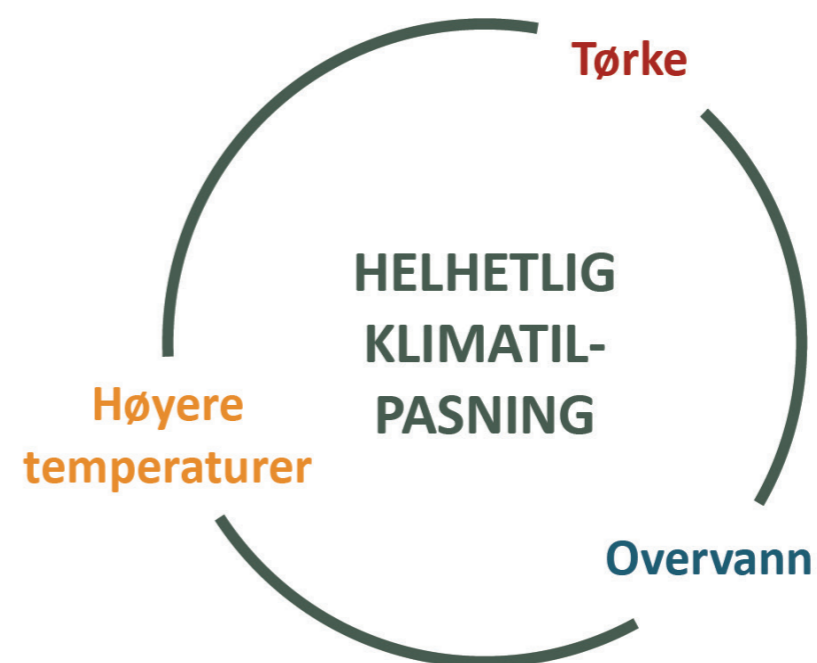
Kapitlet skal besvare oppgavens hovedsproblemstilling;

Hvordan fremme økt klimatilpasning av tørke og høyere temperaturer i samhandling med overvannshåndtering i Oslo?

Delkapittel 4.1 viser til at klimatilpasningstiltak for overvann, tørke og høyere temperaturer beror på de samme tiltakseffektene med komponenter fra vannets kretsløp. Referanseprosjektene Delkapittel 4.3 viser også hvordan ulike løsninger kan benyttes til å håndtere de tre klimautfordringene i sammenheng i ulike prosjekter. Med utgangspunkt i potensialet for samhandling av tiltakene, vil det være tilrådelig å etablere en praksis for *helhetlig klimatilpasning* for de nevnte klimautfordringene i klimatilpasningsarbeidet.

Med "helhetlig" menes det i denne oppgaven en enhetlig og sirkulær tankegang. Dette bygger igjen på naturens egne prinsipper. Etter som naturens prosesser gjennom vannets kretsløp er inspirasjonen for flere av klimatilpasningstiltakene for overvann, tørke og høyere temperaturer, bør også tankegangen i klimatilpasningsarbeidet bygge på en enhetlig tankegang.

Som nevnt i delkapittel 3.1.2 og 3.1.3, foreligger det i dag et stort informasjonsgrunnlag for klimatilpasning for overvann. Kapittel 3 viser derimot at det gjenstår et arbeid med å fremme både behovet for klimatilpasning, men også kunnskap om aktuelle tiltak for tørke og høyere temperaturer. En helhetlig klimatilpasning vil i så måte kunne bidra til å øke fokus og kunnskap om klimatilpasning for tørke og høyere temperaturer.



Figur 5.1.1 Viser en logo hvordan overvann, tørke og høyere temperaturer skal håndteres i sammenheng gjennom helhetlig klimatilpasning.

5.2 Sirkulasjonsstrategien

For å sikre en helhetlig klimatilpasning for overvann, tørke og høyere temperaturer anser oppgaven det som nødvendig å etablere en strategi som inkluderer flere tørke- og varmeregulerende effekter. Oppgaven fremmer derfor forslaget om å innføre sirkulasjonsstrategien, som i likhet med tanken om helhetlig klimatilpasning tar utgangspunkt i vannets kretsloop.

Sirkulasjonsstrategien har til formål å fremme klimatilpasning for tørke og høyere temperaturer, men også sikre nødvendig tiltak for lokal overvannshåndtering. Gjennom smarte kombinasjonsløsninger som bygger på naturens prinsipper, vil strategien i større grad benytte overvann som en ressurs til klimaregulerende tiltak. Sirkulasjonsstrategien og tilhørende tiltak vil bidra til å fremme biologisk mangfold og etablere gode urbane uterom og gjøre Oslo mer klimarobust i møtet med et endret klima.

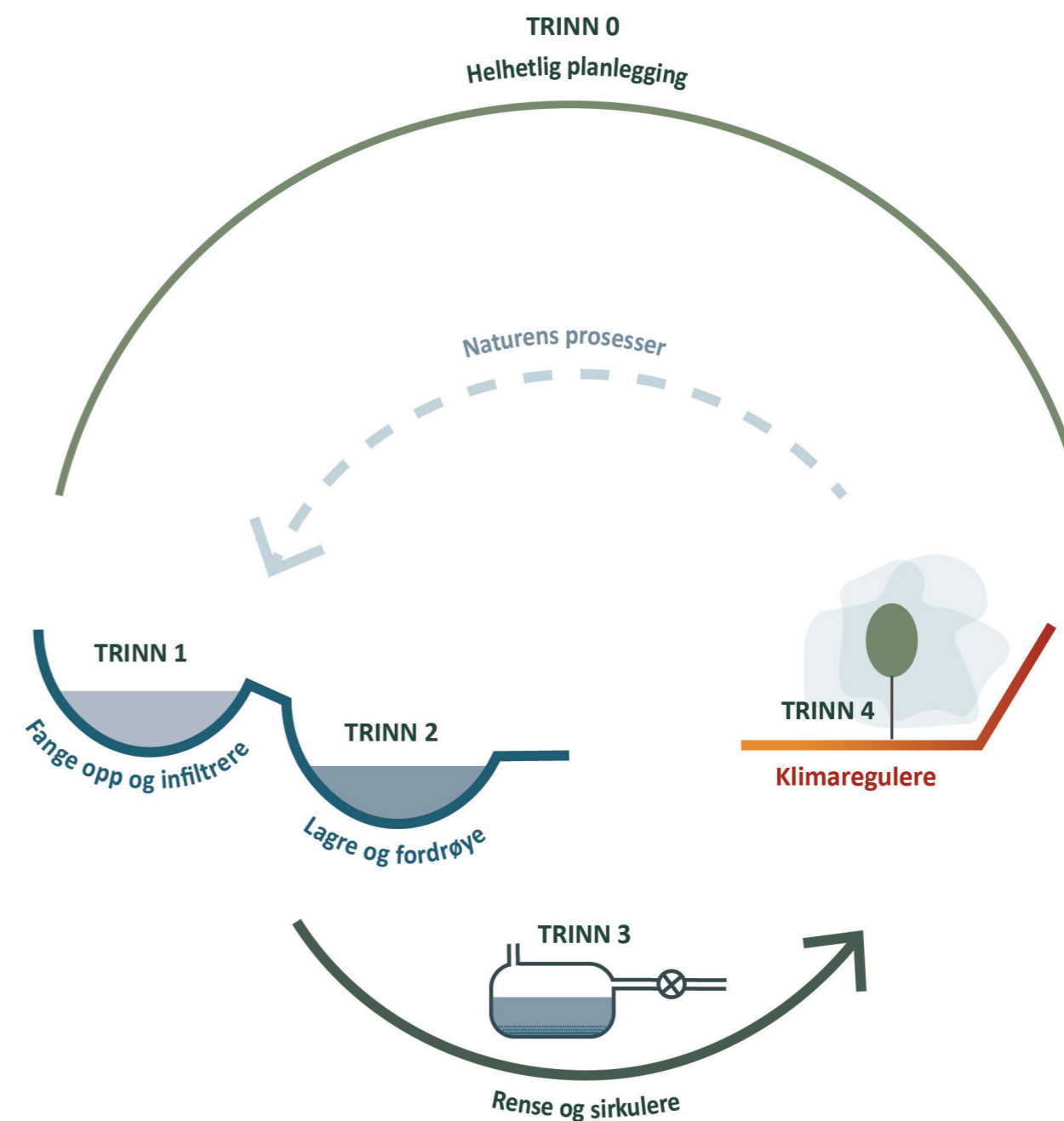
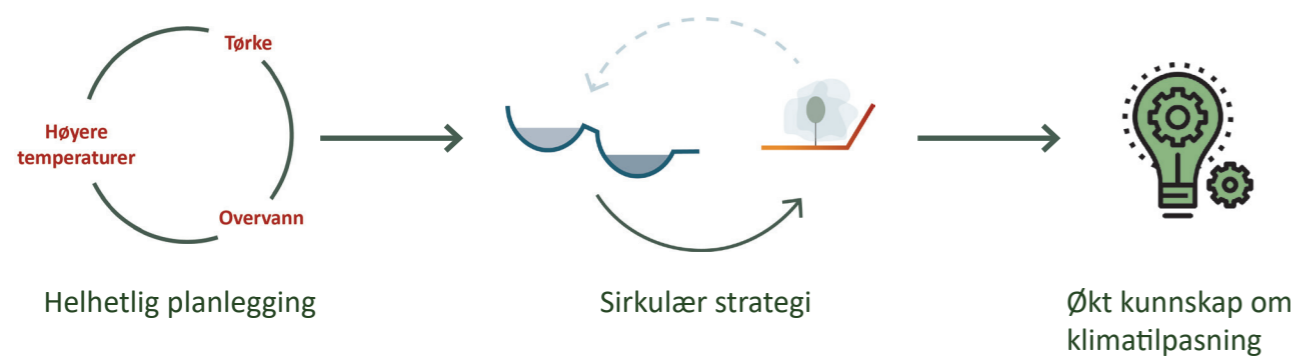
Sirkulasjonsstrategien bygger på enkelte trinn i tretrinnsstrategien for overvann og den røde tretrinnsstrategien for høyere temperaturer (Mørk, 2020) og setter disse i sammenheng.

Strategien består av fem ledd;

SIRKULASJONSSTRATEGIEN

0. Helhetlig planlegging
1. Fange opp og infiltrere
2. Lagre og fordrøye
3. Rense og sirkulere
4. Klimaregulere

Figur 5.2.1 Viser hvordan sirkulasjonsstrategien bygger på en helhetlig klimatilpasning og vil gi økt kunnskap om klimatilpasning for tørke og høyere temperaturer.



Figur 5.2.2 Viser sirkulasjonsstrategien for helhetlig klimatilpasning

Basert på funnene i kapittel 4 er eksempler på tiltak som kan inngå i strategiens ulike trinn presentert i figur 5.2.3. På grunn av nærmere beskrivelser av de ulike tiltakene i delkapittel 3.2 og 3.3 vil ikke oppgaven gå nærmere inn på hver enkelt tiltak. Under følger en nærmere beskrivelsen av strategiens ulike trinn som utdyper hvordan strategien kan bidra til en helhetlig klimatilpasning;

0. Helhetlig planlegging

Trinn 0, skal sikre gjennomførbarhet av sirkulasjonsstrategien ved at forutsetninger for helhetlig klimatilpasning blir løftet frem i planleggingsfasen i prosjekter. Dette være seg for eksempel arealbehov, stedlige betingelser for gjennomføring og konstruksjon av bygninger for å tåle vekt av smarte blå-grønne tak.

1. Fange opp og infiltrere

Som for tretrinnsstrategien skal overvannet fanges opp og infiltreres lokalt der det er mulig. Dette vil redusere avrenning gjennom evapotranspirasjon og mate grunnvannet der det er mulig.

2. Lagre og fordrøye

Ved større nedbørsmengder der vannmengden ikke håndteres i trinn 1, skal overvannet lagres for eksempel i vannmagasiner og sisterner. Ved stor vannlagring skal overflødig overvann holdes tilbake for å redusere (fordrøye) videre avrenning.











3. Rense og resirkulere

Dette trinnet består av å rense overvann gjennom naturbaserte og kombinerte løsninger, for så å resirkulere vannet gjennom ulike sirkulasjonsløsninger for gjenbruk.

Resirkulert overvann kan benyttes til vanning av vegetasjon for økt klimareguleringseffekt gjennom bedre vekstforhold som følge av tilstrekkelig vanntilgang under tørkeperioder. Vannet kan også benyttes til avspyling av dekker og tak for å redusere varmelagring gjennom evaporasjon som sikrer lavere lokale lufttemperaturer. Dette kan også forhindre oppsamling av forurensede partikler på bakken som ved senere regnskyld kan føre til redusert drikke- og badevannskvalitet.

4. Klimaregulere

Trinn 4 består av bruk av vegetasjon og lyse materialer for å redusere økt lufttemperatur gjennom evapotranspirasjon og bevisst albedo. Vegetasjonens klimareguleringseffekter vil også inngå i tiltak i trinn 1 der vegetasjon benyttes.

STRATEGITRINN	TILTAK	EFFEKT	EFFEKT
1, 2, 4	 Grønne tak	Evapotranspirasjon og albedo	Infiltrasjon og evapotranspirasjon
1, 4	 Grønne vegger	Evapotranspirasjon og albedo	Infiltrasjon og evapotranspirasjon
1, 4	 Gress/ vegetasjon	Evapotranspirasjon og albedo	Infiltrasjon og evapotranspirasjon
1, 4	 Permeable dekker	Evaporasjon	Infiltrasjon og evapotranspirasjon
1, 2, 4	 Regnbed	Evapotranspirasjon	Infiltrasjon, fordrøyning og evaporasjon
1, 2, 4	 Oppsamling av regnvann	Vanning av vegetasjon	Infiltrasjon, fordrøyning og evaporasjon
1, 2, 4	 "Våte" basseng med fordrøyningensvolum	Evaporasjon	Overflatefordrøyning
1, 2, 4	 Vadi/ Swales/ Vannveg/	Evapotranspirasjon	Infiltrasjon, fordrøyning og evapotranspirasjon
1, 2	 Trær	Evapotranspirasjon og skyggelegging	Infiltrasjon, fordrøyning og evapotranspirasjon
1, 2	 Biokull	Fordrøyning	Infiltrasjon og fordrøyning

Figur 5.2.3 Viser en oversikt over aktuelle tiltak for overvannshåndtering, tørke og høyere temperaturer som kan benyttes ved bruk av sirkulasjonsstrategien. Figuren er basert på tiltak for høyere temperaturer (Mørk, 2020, s. 156) og overvannstiltak for urbane miljøer (Ødegård, 2014)

5.2.1 VIRKNINGER AV SIRKULASJONSSTRATEGIEN

For å vise til sirkulasjonsstrategiens gjennomførbarhet og virkninger, vil oppgaven presentere forutsetninger, fordeler og utfordringer ved strategien.

POSITIVE EFFEKTER

Styrker biologisk mangfold

Sirkulasjonsstrategien vil kunne ha positive effekter for det biologiske mangfoldet ved å i større grad sikre jevn vanntilgang til vegetasjonen.

I den røde tretrinnsstrategien presenterte Mørk et behov for å benytte tørketollerante arter (Mørk, 2020) i møtet med et varmere klima. I de prosjekter der sirkulasjonsstrategien vil la seg benytte, vil dette behovet kunne reduseres. Dette vil føre til større muligheter for mer variert plantebruk i anleggene, og således motvirke et smalspektret artsutvalg i de grønne urbane byrommene. Økt mangfold av plantearter vil gi positive ringvirkninger og styrke det biologiske mangfoldet i byen ved at flere plantearter også bidrar til økt artsmangfold av innsikter og andre dyr (SABIMA, u.å.-b).

Strategien stiller derimot et behov for at plantematerialet i ulike tiltak for overvann er tilpasset for å tåle perioder med regn. Videre kan salt fra veier utgjøre en utfordring.

Forbedre vannressurser

Ved å fange opp og lagre overvann for gjenbruk vil sirkulasjonsstrategien bidra til å redusere det totale vannforbruket i byen. Lagret og rensset overvann kan brukes til vanning av vegetasjon og spyling av dekker og tak der det ikke stilles krav til vannkvalitet på nivå med drikkevann.

Som en følge av at Oslo i utgangspunktet har gode vannressurser er "sparing" av vann et relativt uvant fenomen for de fleste av oss. Men som følge av at tørke oppstår under lengre perioder uten nedbør, vil det være behov for tilgjengelige vannressurser ved tørkeperioder. Av den grunn er det hensiktsmessig at regnvann blir lagret for senere bruk.

Tørkesommeren i 2018 har vist å ha påført flere trær i Frognerparken skade som følge av redusert vanntilgang (Berger, Intervju 21.03.2022). Slike hendelser kan motvirkes gjennom sirkulasjonsstrategien der sikker vanntilgang under pressede vannressurser i større grad sikrer jevn vanntilførsel for vegetasjon.

Sirkulasjonsstrategien vil også fremme en mer bærekraftig bruk av vannressursene, der overvannet blir brukt som den ressursen det er istedenfor å bygge opp blågrønne uterom i byen som i stor grad hviler på en fremtidig sikker vanntilgang.



Foto 5.2.1 Nick Night/ Unsplash, 2020

Forbedret overvannshåndtering

Jevn vanntilførsel og forhindring av uttørket jord kan også bidra til forbedret overvannshåndtering. Uttørket jord vil føre til at intense nedbørsmengder i stor grad trenger gjennom jordlaget og hindre vannopptak til planter (UiO, 2018). Dette vil derimot kunne øke infiltrasjonsevnen og hindre avrenning på overflaten, men vil medføre dårlige vekstvilkår for planter (ibid).

Ved å sikre en viss jordfuktighet gjennom regulert vanntilførsel, vil dette styrke de kapillære kreftene mellom vandrdåpene som samles i jorden. Dette vil således kunne forbedre jordens vannlagringsevne og vannopptak av vegetasjonen og øke effekten av overvannstiltakene. Dette er særlig gjeldende for grønne tak der det ofte er en utfordring å etablere store nok jordvolumer som kan håndtere større nedbørsmengder (Haslin & Johannessen, 2019, s.16). Regulering av jordens fuktighet kan således øke ytelsen av blå- grønnetak og andre overvannstiltak.

Økt vannlagringsevne som følge av fuktig jord er derimot i stor grad avhengig av jordens innhold og sammensetning (Aarnes, 2022). Avrenningseffekten vil også reduseres dersom vekstmediet er vannmettet (Magnussen et al., 2017, s. 25). Det vil derfor være viktig å finne riktig fuktighetsnivå i vekstmediet for å oppnå denne effekten.

Økt estetiske og rekreasjonelle verdier

Gjennom de ulike tiltakene for overvann, tørke og høyere temperaturer vil sirkulasjonsstrategien også kunne bidra til å øke estetiske og rekreasjonelle verdier i urbane byrom. En økning av disse verdiene er velkjente effekter av innførte overvannstiltak, slik som bekkeåpningsprosjekter og blå-grønne tak (Magnussen et al., 2017, s. 25).

De estiske verdiene av vegetasjon forutsetter i stor grad god vekst av plantematerialet. Sirkulasjonsstrategien vil gjennom økt vanntilgang for vanning bidra til bedre vekstvilkår, og således redusere skade, slik som klorose på vegetasjonen som følge av tørkestress (Aarnes, 2021-a).

Økt arts mangfold og variert plantebruk i urbane uterom kan også bidra til å øke det estiske uttrykket av vegetasjonen. Dette vil føre til økt trivsel og rekreasjonelle verdier av Oslos urbane byrom, som igjen vil virke positivt på folkehelsen (Kommunal- og moderniseringsdepartementet, 2021, s. 2).

Energibesparende

I målsetningen til Oslo om å bli en klimarobust by fokuserer også kommunen på å redusere det totale energibruket med 10% fra 2009 frem mot 2030 (Oslo kommune, 2020, s. 2).

Sirkulasjonsstrategien vil gjennom tiltak som grønne tak og vegger bidra til å isolere bygninger mot sterk solinnstråling og reduserer tak og fasaders varmelagringsevne gjennom evapotranspirasjon (Magnussen et al., 2017, s. 25). Tilsvarende kan dette også oppnås ved spyling og utslipp av vann som i prosjektet Bymilen. Dette vil medføre mindre energibruk for å opprettholde et behagelig innneklima.

I en utført analyse av energibruk i yrkesbygg (NVE, 2016, s. 25) viser tall fra SSB at universitetsbygg med kjøleanlegg bruker ca. 10% mer energi til nedkjøling enn bygg uten kjøleanlegg. For store offentlige bygg og kontorbygg kan de nevnte tiltakene over tid medføre store energibesparelser.

Energibruk for rensning og pumping av overvann, må derimot legges inn i regnskapet for om tiltaket vil redusere det totale energibruken. Solenergi vil kunne være en løsning for dette. Således, ved bruk av smarte løsninger kan sirkulasjonsstrategien også bidra til å økt måloppnåelse av kommunens klimamål og energisparing.



Figur 5.2.4 Viser Oslo klimamål om energibesparelse frem mot 2030. (Oslo kommune, 2020, s. 2)

UTFORDRINGER

Tverrsektorielt samarbeid

Vann- og avløpsetaten har sektoransvar for overvann i kommunen, men klimatilpassningsarbeidet for overvann bygger på et tverrsektorielt samarbeid mellom ulike etater og mellom offentlige og private virksomheter (Oslo kommune, 2014, s. 13).

En helhetlig klimatilpassning gjennom sirkulasjonsstrategien vil i lik linje krever samhandling mellom ulike etater og mellom offentlige og private virksomheter, slik som utbyggere, entreprenører og prosjekterende.

Sirkulasjonsstrategien bygger på en helhetlig tankegang, og vil i så måte kreve et tydelig sektoransvar for å opprettholde dette.

Et stort tverrsektorielt samarbeid kan ha flere positive sider, men vil også kunne være en utfordring ved å sikre en helhetlig tankegang. Dette vil være spesielt viktig for sirkulasjonsstrategien da strategien består av flere ledd som i stor grad skal kobles sammen.

Vedlikehold

Sirkulasjonsstrategien bygger i stor grad på løsninger for å fordrøye, lagre, rense og resirkulere overvann. Løsninger for dette vil også kreve vedlikehold for å opprettholde ønsket effekt.

Flere tekniske løsninger vil også kunne øke skadeomfanget dersom deler i løsningen ikke fungerer eller får komplikasjoner.

For eksempel vil smarte blågrønne tak som skal kunne magasinere store regn- og overvannmengder kunne utgjøre store materielle skader på byggverk dersom det oppstår lekkasje i membranen som sikrer bygget for fuktskader.

Flere yrkesgrupper

Flere tekniske løsninger ved bruk av sirkulasjonsstrategien vil også kreve økt kompetanse for etableringen og drift for ulike deler av løsningene. Dette være seg både hydrologer, landskapsarkitekter, planleggere, entreprenører og skjøtselsavdelinger.

Smarte løsninger som i risilio- prosjektet vil også kreve dataingeniører og annet IT- personell for å kunne sette opp og drifte slike systemer. Som oppgaven har påpekt er økt kunnskap en forutsetning for gjennomførelse av tiltak. I lik linje kreves dette også for å drifte tiltakene for å sikre en optimal virkning.

FORUTSETNINGER

Stedlig tilpassning

Et viktig prinsipp i klimatilpassningsarbeidet, er at løsningene for å håndtere klimautfordringene må være tilpasset de lokale forholdene og utfordringene (Oslo kommune, u.å-a). Prinsippene i klimatilpassningstiltak kan overføres og gjenbrukes, men det bør alltid foretas stedlige vurderinger og tilpassning for optimal og effektiv utnyttelse av tiltakene.

Dette vil også være en viktig forutsetning for trinn og tiltak fremmet i sirkulasjonsstrategien. For eksempel vil infrastruktur under bakken kunne sette begrensninger for vannlagring i magasiner under bakken, eller dårlig infiltrasjonsevne føre til at overvann bør infiltreres andre steder eller benyttelse av andre tiltak. Et områdets mikroklima bør også benyttes i vurderingen av hvilke tiltak som er nødvendig å inkludere. Til tross for økte konsekvenser av tørke og høyere temperaturer, vil ikke alle urbane byrom for eksempel trenge like mange tiltak for høyere temperaturer.

Overordnet blå- grønnstruktur

I samtlige strategier og rapporter om klimatilpassning (*Urbane Heat Island Strategy of Vienna, Naturbaserte løsninger for klimatilpassning*) er bevaring, reetablering og etablering av nye blå- grønne strukturer et klimaregulierende tiltak og overvannstiltak (Brandenburg et al., 2018, s. 27. og Magnussen et al., 2017, s. 25). Etter som blå- grønne strukturer inkluderer flere av klimatilpassningstiltakene for overvann, tørke og høyere temperaturer, vil dette anses som et overordnet klimatilpassningstiltak.

En klimarobust utvikling av Oslo vil kreve større grep utover enkelte tiltak og helhetlige prosjekter. Med utgangspunkt i prinsippet om helhetlig klimatilpassning, er det derfor viktig å påpeke at det er nødvendig å se på den totale blå- grønne strukturen i byen og sikre en byutvikling som styrker denne. Naturens prosesser er bakgrunnen for sirkulasjonsstrategien og for å sikre en effekt av strategien må byutviklingen gi plass til naturen.

5.2.2 ET NØDVENDIG PARADIGMESKIFTE

Skal FNs sjette klimarapport bli tatt på alvor er det viktig med en satsning innenfor klimatilpasningsarbeidet. Førre- var prinsippet er et bærende prinsipp i klimaarbeidet (Miljødirektoratet, 2019-c), og skal Oslo bli en klimarobust by innen 2030 (Oslo kommune, 2020, s. 2), er det nødvendig å videreutvikle etablert praksis og sikre klimatilpasning for flere reelle klimautfordringer.

Lokal overvannshåndtering gjennom tretrinsstrategien utgjorde et paradigmeskifte i måten å håndtere overvannet (Asker kommune, 2014, s.8). Fra at overvannet ble fraktet i rør, er det i dag blitt løftet opp i dagen for lokal håndtering, noe som også har bidratt til å gjøre overvannet til en ressurs i bybildet (ibid).

På samme måte som det av klimamessige årsaker var behov for å håndtere overvannet på nye måter, vil sirkulasjonsstrategien gjenspeile samfunnets behov for å tilpasse seg flere aktuelle klimautfordringer. I dette tilfellet vil strategien være et svar på hvordan Oslo kan møte et vått og varmt klima med økt tørke og høyere temperaturer.

Sirkulasjonsstrategien bygger i stor grad på eksisterende løsninger for resirkulering av overvann og oppsamling av regnvann (Rainwater Harvesting). Således er enkelte av trinnene i strategien en videreføring av eksisterende løsninger. Oppgaven anser det derimot nødvendig å løfte disse løsningene opp på strateginivå for å sikre at oppsamling og resirkulering av overvann i større grad blir inkludert i klimatilpasningsarbeidet.

En helhetlig klimatilpasning basert på sirkulasjonsstrategien, vil således være et aktuelt forslag til ny praksis i klimatilpasningsarbeidet. Sirkulasjonsstrategien vil integrere tiltak for tørke og høyere temperaturer med overvannsløsninger og således bidra til at vannet blir brukt som en ytterligere ressurs i møte med et varmere klima.



5.3 Konklusjon

Hovedproblemstillingen for denne oppgaven er;

Hvordan fremme økt klimatilpasning for tørke og høyere temperaturer i kombinasjon med overvannshåndtering for urbane uterom Oslo?

Gjennom oppgavens ulike kapitler har jeg besvart ulike delproblemstillinger som skal lede til et svar for hovedproblemstillingen. Oppgavens konklusjon vil derfor bygge på følgende oppsummering;

Kapittel 2 påpeker at Oslo er forventet å få et varmere klima hvor tørke og høyere temperaturer vil bli mer vanlig. Dette kan medføre flere negative konsekvenser blant annet for folkehelsen, biologisk mangfold, redusere vannkvalitet og vannforsyning og medføre økt energibruk. Av den grunn er det nødvendig å klimatilpasse urbane uterom i Oslo for tørke og høyere temperaturer for å gjøre Oslo mer klimarobust i møtet med et varme klima.

Kapittel 3 avdekker at det i dag er lite kunnskap og fokus hos landskapsarkitekter og kommunale ansatte i Norge om klimatilpasning for tørke og høyere temperaturer. Overvann er i dag den største klimautfordringen for Oslo, og tørke og høyere temperaturer blir nedprioritert i kommunens klimatilpasningsarbeidet. Oslo har som mål å bli en klimarobust by, og basert på funnene i kapittel 2, vil dette kreve at flere klimautfordringer inkluderes i klimatilpasningsarbeidet.

Kapittel 4 viser at flere tiltak for overvann, tørke og høyere temperaturer bygger på komponenter i vannets kretsløp, og således kan la seg kombinere. Av den grunn fremmer oppgaven et behov for en helhetlig klimatilpasning for de tre klimautfordringene og foreslår en sirkulær strategi som skal sikre dette.

Sirkulasjonsstrategien vi bidra at klimatilpasning for tørke og høyere temperaturer i større grad inkluderes i klimatilpasningsarbeidet i Oslo ved å innlemmes i arbeidet med overvannshåndtering. Dette vil også bidra til å gi økt kunnskap og fokus om klimatilpasning for tørke og høyere temperaturer inn i fagmiljøene som på ulike måter er tilknyttet klimatilpasningsarbeidet.

Helhetlig klimatilpasning gjennom sirkulasjonsstrategien vil i større grad redusere de negative konsekvensene av tørke og høyere temperaturer gjennom resirkulering av overvann til bruk i klimaregulerende tiltak. Klimatilpasning etter sirkulasjonsstrategien vil opprettholde og øke effektene av overvannstiltakene, øke biologisk mangfold, skape gode byrom med estetiske og rekreasjonelle verdier og redusere energibruk.

Således bygger sirkulasjonsstrategien opp under kommunens klimamål om reduserte energibruk, i tillegg til å gjøre Oslo til en mer klimarobust by i møte med et endret klima med økt tørke og høyere temperaturer.



Foto 5.3.1 Nick Night/ Unsplash, 2020

5.4 Refleksjon

TEMATIKK

Gjennom den tørre våren i Oslo i år, har oppgavens tematikk vist seg å være svært dags-aktuell. Økt mediadekning og avisoppslag om tørkeproblematikken i hovedstaden har bidratt til å fremme utfordringene som følge av et endret klima med særlig fokus. På bakgrunn av klimaprognoene for Oslo og konklusjonen for kapittel 2, vil oppgavens aktualitet anses å få økende relevans også i fremtiden.

Funnene i kapittel 3, avdekket en generell mangel på kunnskap om klimatilpasning for høyere temperaturer og tørke hos norske landskapsarkitekter, samt lav politisk prioritering for de nevnte klimakonsekvensene. Av den grunn vil det være nødvendig å sette mer fokus på problematikken og øke kunnskapsgrunnlaget om mulig fremtidige løsninger for høyere temperaturer og tørke i Oslo.

Med utgangspunkt i funnene i oppgaven foreligger det flere positive aspekter av en helhetlig tilnærming og ved å videreutvikle eksisterende praksis i klimatilpasningsarbeidet i Oslo. Oppgaven anbefaler derfor at det bør gjennomføres videre forskning og undersøkelser om temaet.

UTFORDRINGER

Oppgavens tema helhetlig klimatilpasning for overvann, tørke og høyere temperaturer, er et stort tema som det kan skrives mye om. Tilsvarende gjelder også for metoder, strategier og løsninger for klimatilpasning.

Det har således vært en utfordring å begrense oppgavens innhold, men samtidig sikre tilstrekkelig informasjonsgrunnlag til leseren. Oppgavens avgrensning kunne vært gjort annerledes for å nedskalere oppgaven eller gått dypere inn på ulike tiltak for den sirkulære strategien. Ved å gå dypere inn på ulike tiltak for sirkulasjonsstrategien og for eksempel pekt på tekniske og renseprosesser, ville det også vært naturlig å gå nærmere inn på ulike økosystemtjenester og variasjonen av disse.

Etter som det i dag foreligger lite kunnskap om konsekvensene av, og hvordan klimatilpasning for tørke og høyere temperaturer gjennomføres, ønsket oppgaven gjennom kapittel 2 og 3 å gi økt kunnskap om dette. Av den grunn ble oppgaven holdt på et overordnet nivå med formål om å vise de store linjene i klimautfordringene og behovet og potensialet for utvikling i klimatilpasningsarbeidet i Oslo.

METODEBRUK

Oppgaven bygger på en kvalitativ metode gjennom utført litteratur- og dokumentgjennomgang og intervju.

De gjennomført intervjuene avdekket interessante perspektiver om dagens klimatilpasningsarbeid, samt utfordringer og muligheter ved å kombinere tiltak for høyere temperaturer, tørke og overvann.

I etterkant ser jeg at intervjuguiden i større grad kunne hatt mer spesifiserte spørsmål, for å sikre et bedre sammenligningsgrunnlag av svarene. Det er også usikkert om intervjuobjektene uttalte seg som "representanter for sin faglige etat", eller uttalte seg mer personlig. Dette kan også ha innvirkning på svare og sammenligningsgrunnlaget av dem.

Oppgaven hadde ikke til hensikt å gå i dybden på ulike smarte kombinasjonstiltak for helhetlig klimatilpasning, og av den grunn var spørsmålene formulert på et overordnet nivå i tråd med oppgavens dybde i tematikken.

Spørsmål 2 i intervjuguiden; "*Hvilke av de klimatilpasningstiltakene overvann, tørke og hetebølger opplever du bli mest vektlagt i prosjektsammenheng?*", presenterer klimautfordringene i en gitt rekkefølge. Således kan spørsmålet oppfattes som ledende av intervjuobjektene. Dette kan igjen føre til missvisende resultater og er uheldig for avdekke personlige oppfatninger. Oppgaven benyttet derimot flere resultater som

kunne underbygget rangeringen til intervjuobjektene.

Intervjuobjektene bakgrunn var viktig i utvalgsprosessen, da jeg ønsket å nå ulike fagpersoner innenfor klimatilpasningsarbeidet. På grunn av temaets bredde, var det viktig å nå respondentene med ulike innfallsvinkler til klimatilpasningsarbeidet. Dette gjelt både tematisk, som foreksempel økt kunnskap om overvann i Vann- og avløpsetaten, men også at respondentene utgjorde forskjellige "nivåer" i klimatilpasningsarbeidet. For å avdekke flere tanker og erfaringer om helhetlig klimatilpasning kunne det vært aktuelt for oppgaven å ha intervjuet en representant fra Klimaetaten.

Kapittel 3. omhandler status i klimatilpasningsarbeidet. "status" kan også innebære flere forhold enn kunnskap, politisk prioritering og fokus. Om oppgaven ikke hadde fokusert på disse forholdene, kunne for eksempel en kvantitativ metode blitt benyttet for å avdekke antall prosjekter med gjennomførte klimatilpasningstiltak for overvann, tørke og høyere temperaturer i Oslo. Dette kunne bidratt til ytterligere resultater til oppgavens delproblemstilling 2. Dette ville derimot bidratt til å øke oppgavens omfang og løfte oppgaven på et mer overordnet nivå.

VIDERE FORSKNING

Oppgaven har avdekket mangel på kunnskap og fokus, men sett store potensialer for utvikling innenfor temaet helhetlig klimatilpasning. Videre forskning bør derfor undersøke erfaringer og kunnskapsgrunnlag hos andre fagpersoner og yrkesgrupper med tilknytning til temaet.

Kapittel 4 gikk ikke i dybden på utforming og den tekniske delen av mulige kombinasjonsløsninger for helhetlig klimatilpasning. Oppgaven vider derimot til prosjekter og påpeker ulike at løsninger for rensing, filtrering, oppsamling og sirkulasjon av regnvann og overvann vil være viktig for en helhetlig klimatilpasning. Med utgangspunkt i dette, vil det vært interessant å intervjuere levereandører og anleggsarbeidere for å avdekke kunnskap og erfaringer om kombinasjonsløsninger for de nevnte klimautfordringene.

Basert på større økonomiske incentiver for å motvirke tørke i landbruket som følge av reduserte avlinger, kan det også være aktuelt å undersøke om det foreligger løsninger i landbruket som kan overføres til urbane områder. Det er viktig å høste erfaring og kunnskap på tvers av sektorer. Klimatilpasning er tross alt et sektorovergripende arbeid.

I intervjuet med Katrine Omina Strøm, ble krav og normer som nevnt som en faktor som gjør at prosjekter i stor grad fokuserer på overvann. Det vil være interessant å undersøke hvordan for eksempel blå- grønn faktor i større grad kan innlemme krav

om bruk av helhetlig/ sirkulær klimatilpasning og således fremme klimatilpasning for tørke og høyere temperaturer.

Basert på de gjeldene klimaprognoosene for Oslo og de positive aspektene ved helhetlig klimatilpasning for de ulike klimautfordringene, anser denne oppgaven det som svært relevant å undersøke virkningen av forskjellige naturbaserte kombinasjonstiltak. En videre undersøkelse innenfor tema bør inkludere følgende punkter;

- Virkningen av ulike kombinasjonsløsninger for helhetlig klimatilpasning. Hvor godt de aktuelle tiltakene fungerer til sin hensikt.
- Positive og negative tilleggseffekter, og virkningen av disse.
- Ulike stedlige betingelser for bruk av de forskjellige løsningene for helhetlig klimatilpasning
- Hvordan norske forhold gjennom vintertid med snø og frostproblematikk påvirker de ulike tiltakene
- Økonomiske aspekter; Etablering, drift og vedlikeholdskostnader sammenlignet med tradisjonelle løsninger

Videre vil det også være interessant å gjennomføre et case- studium av prosjekter som faller inn under sirkulasjonsstrategien og sammenligne effekten av dem mot andre naturbaserte løsninger for overvann.



Kapittel 6

Kilder

5.1 Litteraturliste

Aall, S., Selseng, T. & Skogvang, B. J. (2021). *Spørreundersøkelse til norske kommuner om status for 2021 i arbeidet med klimatilpasning - En undersøkelse på oppdrag fra KS av situasjonen i 2021 med sammenligning av en undersøkelse fra 2017*. Tilgjengelig fra: <https://www.ks.no/globalassets/fag-omrader/samfunnsutvikling/klima/KTP-kommuneundersokelsen-10122021.pdf> (lest 25.03.2022)

Aarnes, H. (2021-a). Tørkestress. I: *Store norske leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/t%C3%B8rkestress> (lest 25.04.2022)

Aarnes, H. (2021-b). Tørkeresistens. I: *Store norske leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/t%C3%B8rkeresistens> Tilgjengelig fra: (lest 05.05.2022)

Aarnes, H. (2021-c). Evapotranspirasjon. I: *Store norske leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/evapotranspirasjon> (lest 25.04.2022)

Aarnes, H. (2022). Kapillært vann. I: *Store norske leksikon*. Tilgjengelig fra: https://snl.no/kapill%C3%A6rt_vann (lest 13.05.2022)

Aasvang, G. M. & Evandt, J. (u.å.). *Søvn gjennom livsløpet: konsekvenser for helsen*. Tilgjengelig fra: <https://helse-bergen.no/seksjon/sovno/Documents/S%C3%B8vn-gjennom-livsl%C3%B8pet.pdf> (lest 25.04.2022)

Amengual, A., Alonso, S., Brooks, H. E., Gordaliza, M., Homar, V., Ramis, C., Romero, R. (2014). *Projections of heat waves with high impact on human health in Europe*. ScienceDirect. Tilgjengelig fra: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921818114001015?casa_token=LG6WokkOGO8AAAA:GA7hyPH6z37qgTxqXmeN_DY1mTXSffG6c-OiTFU270tK56-cUul8etL-CRIUPJiXoaulT4f6hFw (lest 25.04.2022)

Anderssen, H. B. (2021). Fortetting. I: *Store norske leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/fortetting> (lest 04.04.2022)

Andresen, A. S. H., Benestad, R., Colleuille, Grinde, L., Hanssen- Bauer, I., Heiberg, H., Hygen, O. H., Lundstad, E., Mamen, J., Skaland, R. G., Sidselrud, L. F., Tajet, H. T. T., Tunheim, K. (2019). *Tørkesommeren 2018*. KLIMA 14/2019. ISSN 1894-759X. Tilgjengelig fra: https://fido.nrk.no/ccfc-b66f38035154dd25ba51c2573ae231d397583bee2a4e545ae0b6e3fc2dd/T%C3%B8rkesommeren%202018__.pdf (lest 20.04.2022).

Andersen, G. & Brichmann, B. (2022). Luftforurensning. I: *Store norske leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/luftforurensning> (lest 24.04.2022).

Arbeidstilsynet. (u.å.). *Temperatur - varme og kulde på jobben*. Tilgjengelig fra: <https://www.arbeidstilsynet.no/tema/temperatur/> (lest 17.04.2022)

Arnfield, A. J. (2003). *Two decades of urban climate research: A review of turbulence, exchange of energy and water, and the urban heat island*. Tilgjengelig fra: https://www.researchgate.net/publication/227692003_Two_decades_of_urban_climate_research_A (lest 12.04.2022)

Artsdatabanken. (2018). *Hva er en fremmed art?*. Tilgjengelig fra: https://www.artsdatabanken.no/Pages/239656/Hva_er_en_fremmed_art_ (lest 25.04.2022)

Artsdatabanken. (2021). *Rødlista - hva, hvem, hvorfor?*. Tilgjengelig fra: <https://artsdatabanken.no/rodlisterforarter2021/Rodlistahvavemhvorfor> (lest 25.04.2022)

Berner Jr., E. (2021). Transpirasjon. I: *Store norske leksikon*. Tilgjengelig fra: https://snl.no/transpirasjon_-_botanikk (lest 21.02.2022).

Berner Jr., E. (2021). Evapotranspirasjon. I: *Store norske leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/evapotranspirasjon> (lest 21.02.2022).

Beredskapsetaten. (2017). *Kommunalt risikobilde 2017*. Tilgjengelig fra: <https://docplayer.me/151539710-Kommunalt-risikobilde.html> (lest 25.04.2022)

Beredskapsetaten. (2021). *Kommunalt risikobilde 2021. Oslo kommune*. Tilgjengelig fra: <https://www.oslo.kommune.no/getfile.php/13262149-1641208058/Tjenester%20og%20tilbud/Politikk%20og%20administrasjon/Etater%2C%20foretak%20og%20ombud/Beredskapsetaten/Kommunalt%20risikobilde%202021%20-%20kortversjon.pdf> (lest 25.04.2022)

Birkeland, R. H. (2021). Abiotiske faktorer. I: *Store norske leksikon*. Tilgjengelig fra: https://snl.no/abiotiske_faktorar (lest 29.03.2022)

Boger, C. (2020). *Badevannet på populære Sjørenga får strykkarakter*. Vårt Oslo. Tilgjengelig fra: <https://vartoslo.no/bymiljoetaten-gamle-oslo-hans-kristian-daviknes/badevannet-pa-populaere-sjorenga-far-strykkarakter/224860> (lest 22.04.2022).

Bordas, D. B. (2018). *The City Dune*. Tilgjengelig fra: <https://www.publicspace.org/works/-/project/g363-the-city-dune> (lest 08.05.2022)

Brandenburg, C., Damyanovic, D., Reinwald, F., Allex, B., Gantner, B & Czachs, C. (2018). *Urban Heat Island strategy: City of Vienna*. Tilgjengelig fra: <https://www.lifetreecheck.eu/getattachment/2fff480d-c43d-4bb1-ab53-3ef9b0ea6e7e/attachment%22> (lest 06.05.2022)

Bryhni, I., Olerud, K. & Mamen, J. (2022). Klimagasser. I: *Store norske leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/klimagasser> (03.03.2022)

Britannica. (1998). Urban climate. I: *Encyclopedia Britannica*. Tilgjengelig fra: <https://www.britannica.com/science/urban-climate> (lest 05.04.2022)

Bugge, S. & Oddstad, G. (2022). *Nå er det så tørt at Oslo må få vann fra nabokommunene*. VG. <https://www.vg.no/nyheter/innenriks/i/BjK9jl/naa-er-det-saa-toert-at-oslo-maa-faa-vann-fra-nabokommunene> (Hentet 24.04.2022)

Bühler, O., Tøttrup, C., Borgstrøm, R. & Jensen, M. B. (2010). *Urban Heat Island i København: beskrivelse af fenomenet, vurdering af omfang i København, input til strategier for håndtering. Skov & Landskab: København Universitet*. Tilgjengelig fra: https://static-curis.ku.dk/portal/files/34391374/UHI_i_K_benhavn_25_august_2010_GRAS_LIFE_1.pdf (lest 06.04.2022)

Bølling, A. B. & Låg, M. (2022). *Luftforurensning i Norge*. Tilgjengelig fra: <https://www.fhi.no/nettpub/hin/miljo/luftforurening--i-noreg/> (lest 24.04.2022)

Dannevig, P. & Harstveit, K. (2020). Klima. I: *Store norske leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/klima> (lest 21.02.2022)

Energi & Klima. (u.å.). *Hetebølger*. <https://energiogklima.no/klimavakten/heteboelger/> (lest 07.04.2022)

FHI. (2014). *Luftforurensning i Norge*. Tilgjengelig fra: <https://www.fhi.no/nettpub/hin/miljo/luftforurening--i-noreg/> (lest 28.04.2022)

FHI. (2020). *Kontroll av badevannskvalitet*. Tilgjengelig fra: <https://www.fhi.no/ml/badevann/badevann--forurensning-og-regler/> (lest 22.04.2022)

Fjeld, T. (2020). *10 nye kastanjetrær på plass i Bygdøy allè. Utemiljø*. Tilgjengelig fra: <https://www.utemiljonytt.no/10-nye-kastanjetraer-pa-plass-i-bygdoy-alle/> (lest 09.05.2022)

FN-sambandet. (2021-a). *Bærekraftig utvikling*. Tilgjengelig fra: <https://www.fn.no/tema/fattigdom/baerekraftig-utvikling> (lest 19.01.2022)

FN- sambandet. (2021-b). *Klimaendringer*. Tilgjengelig fra: <https://www.fn.no/tema/klima-og-miljoe/klimaendringer> (lest 28.02.2022)

Gjelten, H. M. (2021). *Albedoeffekten. I: Store norske leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/albedo-effekt> (lest 27.04.2022)

Gjelten, H. M., Halleraker, J. H & Mamen, J. (2021). *Tørke. I: Store norske leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/t%C3%B8rke> (lest 18.04.2022)

Gjærevold, E. (2018). *Livet etter skogbrann*. Tilgjengelig fra: <https://ndla.no/nb/subject:1:671bd263-eee6-4c56-9e23-a6bbd3130f33/topic:3:182640/topic:2:181768/resource:1:9419> (lest 25.04.2022)

Grov, B. & Krüger, A. A. (2021). *Så lite vatn er det i fjellet no - det kan du merke på straumrekninga*. Tilgjengelig fra: <https://www.nrk.no/vestland/torke-i-fjellheimen-og-lite-sno-sommaren-2021-gir-ekstra-hoge-straumprisar-1.15588656> (lest 24.04.2022)

Hanssen- Bauer, I., Førland, E. J., Haddeland, I., Hisdal, H., Mayer, S., Nesje, A., Nilsen, J. E. Ø., Sandven, S., Sandø, A. B., Sorteberg, A., Ådlandsvik, B. (2015). *Klima i Norge 2100 - Kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning oppdatert i 2015*. Rapport nr. 2/2015. Oslo, Miljødirektoratet. Tilgjengelig fra: <https://klimaservicesenter.no/kss/rapporter/kin2100> (lest 25.02.2022)

Haslin, H. M. & Johannessen, B. G. (2018). *Grønne tak som LOD- og miljøtiltak*. NIBIO Rapport 4/172/2018. Tilgjengelig fra: <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/M1153/M1153.pdf> (lest 13.05.2022)

Helsenorge. (2020). *Sol og solarium kan gi hudkreft*. Tilgjengelig fra: <https://www.helsenorge.no/sykdom/hud-og-har/soling-solkrem-og-uv-straler/#sol-gir-oss-dvitamin> (lest 13.05.2022)

Holstein, A. N. & Langewen, J. (2022). *Resilio Final report*. Tilgjengelig fra: <https://resilio.amsterdam/wp-content/uploads/2022/03/Final-Report-RESILIO.pdf> (2022)

Hongve, D. (2018). *Overflatevann. I: Store norske leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/overflatevann> (lest 19.01.2022).

Lybell, H. P. (2022). *Tid for klimatilpasning*. Aftenposten, Innsikt. Nr. 05/2022. (lest 04.05.2022)

Jakobsen, S. E. (2021). *Hvorfor dør folk når det blir skikkelig varmt?*. Forskning.no. Tilgjengelig fra: <https://forskning.no/klima/hvorfor-dor-folk-nar-det-blir-skikkelig-varmt/1884402> (lest 06.04.2022)

Jordbakke, A., Karstensen, H., Røsjø, M. J., Skogvold, T. (2017). *Kartlegging av 11 kommuners arbeid med klimatilpasning*. Dokument; M-647/2016. Analyse & Strategi og Multiconsult. Tilgjengelig fra: <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/m647/m647.pdf> (lest 03.03.2022)

Kelbaugh, D. (2019). *The Urban Fix: Resilient Cities in the War Against Climate Change, Heat Islands and Overpopulation*. Routledge.

Klimaetaten. (2019). *Klimaendringer og klimautfordringer i Oslo mot år 2100*. Tilgjengelig fra: <https://www.klimaoslo.no/wp-content/uploads/sites/88/2020/02/Klimatilpasning-Klimaendringer-og-klimautfordringer-i-Oslo-frem-mot-2100.pdf> (lest 02.03.2022)

Klimaetaten. (2019-b). *Klimaetatens faggrunnlag til klimastrategi 2030*. Tilgjengelig fra: <https://www.klimaoslo.no/wp-content/uploads/sites/88/2019/02/Strategi2030-Endelig.pdf> (lest 17.03.2022)

Klimaetaten. (2020). *Klimasårbarhetsanalyse for Oslo*. Tilgjengelig fra: <https://www.klimaoslo.no/wp-content/uploads/sites/88/2020/03/Klimasårbarhetsanalyse-for-Oslo.pdf> (lest 17.03.2022)

Klimakvarteret. (u.å). *Tåsinge Plads*, <https://klimakvarter.dk/projekt/tasinge-plads/> (Lest 10.05.2022)

Klimatilpasning.no. (2015). *Regnvand bag spændende byrum i København*. Tilgjengelig fra: <https://www.klimatilpasning.dk/cases-overview/regnvand-bag-spaendende-byrum-i-koebenhavn/> (lest 08.05.2022)

Kommunal- og moderniseringsdepartementet. (2019). *Nasjonale forventninger til regional og kommunal planlegging 2019- 2023*. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/contentassets/cc2c-53c65af24b8ea560c0156d885703/nasjonale-forventninger-2019-bm.pdf> (lest 05.05.2022)

Kreftforeningen. (u.å.-a). *Melanom (føflekkreft)*. Tilgjengelig fra: <https://kreftforeningen.no/om-kreft/kreftformer/melanom-foflekkreft/> (lest 27.04.2022)

Kreftforeningen. (u.å.-b). *Vitamin D og kreft*. Tilgjengelig fra: <https://kreftforeningen.no/forebygging/kosthold-og-kreft/vitamin-d-og-kreft/> (lest 13.05.2022)

Lenzholzer, S. (2015). *Weather in the City: How Design Shapes the Urbane Climate*. nai010 publishers: Rotterdam.

Lindholm, O., Endresen, S., Thorolfsson, S. T., Sægrov, S., Jakobsen G. & Aaby, L. (2008). *Veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering*. Hamar: Norsk Vann.

Lytt. (u.å). Tåsinge Plads. Tilgjengelig fra: <https://www.lytt.dk/projekter/tasinge-plads> (lest 10.05.2022)

Magnussen, K., Wifstad, K., Seeberg, A. R., Stålhammar, K., Bakken, S. E., Banach, A., Hagen, D., Rusch, G., Aarrestad, P. A., Løset, F. & Sandsbtåten, K. (2017). *Naturbaserte løsninger for klimatilpassing*. Menon-publikasjon Nr. 61/2017. Tilgjengelig fra: <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/m830/m830.pdf> (lest 03.05.2022)

Malmos. (u.å). *Tåsinge Plads i København*. Tilgjengelig fra: <https://www.malmos.as/projekt/taasinge-plads-koebenhavn/> (lest 10.05.2022)

Mamen, J. (2019). Lokalklima. I: *Store norske leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/lokalklima> (lest 09.03.2022).

Mamen, J. (2021). Klima i Norge. I: *Store norske leksikon*. Tilgjengelig fra: https://snl.no/klima_i_Norge (30.04.2022)

Mamen, J. (2022-a). Drivhuseffekten. I: *Store norske leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/drivhuseffekten> (lest 04.02.2022)

Mamen, J. (2022-b). Klimadebatten. I: *Store norske leksikon*. Tilgjengelig fra: https://snl.no/klimadebatten_-_faglige_sp%C3%B8rsmål (lest 05.04.2022)

Mamen, J. (2022-c). Klimaendringer. I: *Store norske leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/klimaendringer> (lest 04.02.2022).

Meld. St. 5 (2020- 2021) *Samfunnsikkerhet i en usikker verden*

Meld. St. 10 (2016- 2017) *Risiko i et trygt samfunn*

Meld. St. 14 (2015- 2016) *Natur for livet*

Meld. St. 15 (2017- 2018) *Leve hele livet*

Meld. St. 18 (2016- 2017) *Bærekraftige byer og sterke distrikt*

Meld. St. 19 (2018- 2019) *Folkehelsemeldinga*

Meld. St. 33 (2012- 2013) *Klimatilpassing i Norge*

Meld. St. 40 (2020- 2021) *Mål og mening*

Meld. St. 41 (2016- 2017) *Klimastrategi for 2050*

Meteorologisk institutt. (2017). *Det blir varmere*. Tilgjengelig fra: <https://www.met.no/vaer-og-klima/hvordan-blir-vaeret-i-framtiden> (lest 05.03.2022)

Meteorologisk institutt. (2020). *Kva er egentleg skilnaden på vår og klima?*. Tilgjengelig fra: <https://www.met.no/vaer-og-klima/klimasvar/hva-er-egentlig-forskjellen-pa-vaer-og-klima> (lest 29.03.2022).

Meteorologisk institutt. (2021-a). *Klima fra 1900 til i dag*. Tilgjengelig fra: <https://www.met.no/vaer-og-klima/klima-siste-150-ar> (lest 05.03.2022).

Meteorologisk institutt. (2021-b). *Antall hetebølger har økt markant*. Tilgjengelig fra: <https://www.met.no/nyhetsarkiv/antall-hetebolger-i-norge-har-okt-markant> (lest 23.02.2022).

Michael, U. (2020). *The City Dune - SEB Bank*. Tilgjengelig fra: <https://www.danskeark.com/content/bymilen-seb-bank> (lest 08.05.2022)

Miljødirektoratet. (2019-a). *Kapittel 11 - Kommentarer, avløp*. Tilgjengelig fra: <https://www.miljodirektoratet.no/regelverk/forskrifter/forurensningsforskriften/avlop-kommentarer/> (lest 22.02.2022).

Miljødirektoratet. (2019-b). *Vurdere naturbaserte løsninger*. Tilgjengelig fra: <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/klima/for-myndigheter/klimatilpassing/veiledning-til-statlige-planretningslinjer-for-klimatilpassing/vurdere-naturbaserte-losninger/> (lest 04.02.2022).

Miljødirektoratet. (2019-c). *Sentrale prinsipper*. Tilgjengelig fra: <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/klima/for-myndigheter/klimatilpassing/veiledning-til-statlige-planretningslinjer-for-klimatilpassing/sentrale-prinsipper/> (lest 10.03.2022).

Miljødirektoratet. (2021-a). *Klimatilpassing*. Tilgjengelig fra: <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/klima/klimatilpassing/> (lest 29.02.2022).

Miljødirektoratet. (2021-b). *Klimaendringer i Norge*. Tilgjengelig fra: <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/klima/klimaendringer-i-norge/> (lest 28.02.2022)

Miljødirektoratet. (2021-c). *Klimagasser*. Tilgjengelig fra: <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/klima/klimagasser/> (lest 04.02.2022)

Miljødirektoratet. (2021-d). *Bakkenær ozon*. Tilgjengelig fra: <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/forurensning/bakkenar-ozon/> (lest 24.04.2022)

Miljødirektoratet. (2022-a). *Drivhuseffekten*. Tilgjengelig fra: <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/klima/drivhuseffekten/> (lest 29.02.2022)

Miljødirektoratet. (2022-b). *Ekstremvær*. Tilgjengelig fra: <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/Ekstremvar/> (lest 29.02.2022).

Miljødirektoratet. (2022-c). *Hovedfunn i første del i sjette hovedrapport*. Tilgjengelig fra: <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/klima/fns-klimapanel-ipcc/dette-sier-fns-klimapanel/sjette-hovedrapport/hovedfunn-forste-del-sjette-hovedrapport/> (lest 28.02.2022)

Mørk, I. (2020). *Tampen brenner - en rød tretrinnsstrategi for klimatilpasning av norske byers uterom for et varmere klima*. Masteroppgave. ÅS: Norges- miljø og biovitenskapelige universitet. Tilgjengelig fra: <https://nmbu.brage.unit.no/nmbu-xmlui/handle/11250/2673177> (lest 10.02.2022).

NAML. (2022). *Bedre vekstvilkår for trærne i Bygdøy Allé*. Tilgjengelig fra: <https://www.naml.no/artikler/2022/bedre-vekstvilkar-for-trarne-i-bygdoy-alle/> (lest 08.05.2022)

Naturmangfoldloven. (2009). *Lov om forvaltning av naturens mangfold av 19. juni 2009 nr. 100*. Tilgjengelig fra: <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2009-06-19-100> (lest 19.01.2022).

Naturvernforbundet. (2019). *Global oppvarming og drivhuseffekten*. Tilgjengelig fra: <https://naturvernforbundet.no/hva-er-global-oppvarming/category1362.html> (lest 08.02.2022)

NGU. (2021). *Vannets kretsløp*. Tilgjengelig fra: <https://www.ngu.no/grunnvanninorge/alt-om-grunnvann/generelt-om-grunnvann/vannets-kretslop> (04.05.2022)

Nielsen, L. T. N., Saxebøl, G., Kofstadmoen, H., Espetvedt S. L., Sørensen I. L., Nøkleby H., Robsahm T. E., Husaas, E., Husby. M. L. (2019). *Nasjonal UV- og hudkreftstrategi*. DSA-rapport 2019:02. Tilgjengelig fra: https://dsa.no/publikasjoner/dsa-rapport-02-2019-nasjonal-uv-og-hudkreftstrategi/DSA-rapport%2002-2019%20UV_strategi_komplett.pdf (lest 27.04.2022)

Norgesenergi. (2022). *Slik påvirkes strømprisen*. Tilgjengelig fra: <https://norgesenergi.no/stromsmart/dette-pavirker-stromprisen/> (lest 22.04.2022)

Norsk Biokullnettverk (u.å). *Klimaeffekt av biokull*. Tilgjengelig fra: <https://www.biokull.info/klimaeffekt> (lest 07.05.2022)

Norsk klimaservicesenter. (2021). *Klimaprofil Oslo og Akershus*. Tilgjengelig fra: <https://klimaservicesenter.no/kss/klimaprofiler/oslo-og-akershus> (lest 01.03.2022)

Norsk klimaservicesenter (u.å.-a). *Klima i Norge 2100*. Tilgjengelig fra: <https://klimaservicesenter.no/kss/rapporter/kin2100> (lest 28.02.2022)

Norsk klimaservicesenter (u.å.-b). *Klimaprofilene - et kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning*. Tilgjengelig fra: <https://klimaservicesenter.no/kss/rapporter/kin2100> (lest 28.02.2022)

Norsk naturarv. (2019). *Rødlistearter i Oslo*. Tilgjengelig fra: <https://www.naturarv.no/roedlistearter-i-oslo.50464.no.html> (lest 25.04.2022)

NOU 2010: 10. *Tilpasning til eit klima i endring*. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/nou-2010-10/id624355/> (lest 20.04.2022)

NOU 2015: 16. *Overvann i byer og tettsteder: Som problem og ressurs*. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/nou-2015-16/id2465332/> (lest 21.01.2022).

NVE. (2016). *Analyse av energibruk i yrkesbygg*. Tilgjengelig fra: http://publikasjoner.nve.no/rapport/2016/rapport2016_24.pdf (lest 12.03.2022)

NVE. (2021). *Tørke*. Tilgjengelig fra: <https://www.nve.no/naturfare/laer-om-naturfare/torke/> (lest 12.04.2022)

Nærø, S. S. (2018). *Norge tømmt for vifter og luftkjølere*. Aftenposten. Tilgjengelig fra: <https://www.aftenposten.no/norge/i/VRwgk1/norge-toemt-for-vifter-og-luftkjoelere> (lest 22.04.2022)

Oke, R. T., Mills, G. M., Christen, A. & Voogt, J. A. (2017). *Urbane climates*. Cambridge University Press.

Oslo byleksikon. (u.å). *Vannforsyningen*. Tilgjengelig fra: <https://www.oslobyleksikon.no/side/Vannforsyningen> (lest 10.04.2022)

Oslo kommune. (2014). *Strategi for overvannshåndtering i Oslo 2013- 2030*. Tilgjengelig fra: <https://www.oslo.kommune.no/getfile.php/1334879-1426836380/Tjenester%20og%20tilbud/Vann%20og%20avl%C3%B8p/Skjema%20og%20veiledere/Overvann/Strategi%20for%20overvannsh%C3%A5ndtering.pdf> (lest 15.03.2022)

Oslo kommune. (2016-a). *Oslo kommunes faktaark samling. Blågrønne overvannsløsninger: Verktøy for en blågrønn by*. Tilgjengelig fra: <https://www.statsforvalteren.no/siteassets/utgatt/fm-oslo-og-akershus/dokument-fmoa/miljo-og-klima/kurs-og-seminarer/klimatilpasning-og-overvann-2016/presentasjoner/presentasjon-av-hanna-haukoya-storemyr-oslo-kommune.pdf> (lest 06.05.2022)

Oslo kommune. (2016-a). *Oslo kommunes faktaark samling. Blågrønne overvannsløsninger: Vegetasjonsbruk ved åpen overvannshåndtering*. Tilgjengelig fra: <https://www.nve.no/Media/5037/overvann-vegetasjonsbruk-ved-%C3%A5pen-overvannsh%C3%A5ndtering.pdf> (lest 06.05.2022)

Oslo kommune. (2018). *Vår by, vår framtid. Kommuneplan for Oslo 2018*. Tilgjengelig fra: <https://www.oslo.kommune.no/getfile.php/13322921-1572596200/Tjenester%20og%20tilbud/Politikk%20og%20administrasjon/Politikk/Kommuneplan/Vedtatt%20kommuneplan%202018/Kommuneplan%20Oslo%20-%20oppdrag.pdf> (lest 04.04.2022)

Oslo kommune. (2020). *Klimastrategi for Oslo mot 2030*. Tilgjengelig fra: https://www.klimaoslo.no/wp-content/uploads/sites/88/2020/09/Klimastrategi2030_langversjon_web_enkeltside.pdf (lest 05.03.2022).

Oslo kommune (u.å.-a.). *Klimatilpasningsstrategi - en klimarobust by*. Tilgjengelig fra: <https://www.oslo.kommune.no/miljo-og-klima/slik-jobber-vi-med-miljo-og-klima-1/miljo-og-klimapolitikk/klimatilpasningsstrategi/#gref> (lest 27.03.2022)

Oslo kommune (u.å.-b.). *Klimaetaten*. Tilgjengelig fra: <https://www.oslo.kommune.no/etater-foretak-og-ombud/klimaetaten/#gref> (lest 20.02.2022)

Oslo kommune. (u.å.-c). *Slik bygger vi ny vannforsyning*. Tilgjengelig fra: <https://www.oslo.kommune.no/slik-bygger-vi-oslo/ny-vannforsyning-oslo/#gref> (lest 10.04.2022)

Oslo kommune. (u.å-d). *Oslotrær*. Tilgjengelig fra: <https://www.oslo.kommune.no/slik-bygger-vi-oslo/oslotrar/#gref> (lest 04.05.2022)

Oslo kommune. (u.å-e). *Overvannshåndtering*. Tilgjengelig fra: <https://www.oslo.kommune.no/vann-og-avlop/arbeider-pa-vann-og-avlopsnett/overvannshandtering/#gref> (lest 19.04.2022)

Ottesen, P., Alexander, J., Krogh, T., Lassen, J., Lund, V., Nafstad, P., Nygaard, U. C., Schwarze, P., Utkilen, H., Aamodt, G. (2010). *Helsekonsekvenser av klimaendringene i Norge - Bakgrunnsmateriale til NOU Klimatilpasning*. Nasjonalt folkehelseinstitutt og Helsedirektoratet. Tilgjengelig fra: <https://www.fhi.no/globalassets/dokumenterfiler/til-arkiv/rapport-til-nou-klimatilpasning.pdf> (10.04.2022).

Plan- og bygningsetaten. (2020). *Kriterier for vurdering av klimakonsekvenser i planprosesser. En veileder for forslagstillere og fagkyndige*. Tilgjengelig fra: <https://www.oslo.kommune.no/getfile.php/13372564-1592400801/Tjenester%20og%20tilbud/Plan%2C%20bygg%20og%20eiendom/Byggesaksveiledere%2C%20normer%20og%20skjemaer/Klimakriterier%20%E2%80%93%20veileder.pdf> (lest 02.05.2022).

Rafferty, J. P. (2021). Urban sprawl. I: *Encyclopedia Britannica*. Tilgjengelig fra: <https://www.britannica.com/topic/urban-sprawl> (lest 04.04.2022)

Ranhoff, A. H., Hygen, H. O., Ruscio, F. D., Rao, S. & Strand, B. H. (2019). *Var sommer 2018 - økte dødeligheten blant eldre?*. Tilgjengelig fra: <https://tidsskriftet.no/2019/06/kort-rapport/varm-sommer-2018-okt-dodelighet-blant-eldre> (lest 06.04.2022)

Regjeringen (2021). *Internasjonale klimaforhandlinger*. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/no/tema/klima-og-miljo/klima/innsiktsartikler-klima/de-internasjonale-klimaforhandlingene/id2741333/?expand=factbox2741345> (lest 28.02.2022).

Regjeringen. (2022). *Ny strategi for å møte klimaendringene*. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/ny-strategi-for-a-mote-klimaendringene/id2902161/> (lest 29.04.2022)

Resilio. (u.å). *Smart blue- green roofs*. Tilgjengelig fra: <https://resilio.amsterdam/en/smart-blue-green-roofs/> (lest 09.05.2022)

Rostad, M. W. (2021). *Fraråder bading på Sjørenga*. *Avisa Oslo*. Tilgjengelig fra: https://www.ao.no/frarader-bading-pa-sorenga/s/5-128-135384?onboarding_mode=true (lest 24.04.2022)

Rutledge, K., Ramroop, T., Boudreau, D., McDaniel, M., Teng, S., Sprout, E., Costa, H., Hall, H. & Hunt, J. (2011). Urban heat island. I: *National geographic encyclopedia*. Tilgjengelig fra: <https://www.nationalgeographic.org/encyclopedia/urban-heat-island/> (lest 21.02.2022).

Røde kors. (2020). *Humanitære utfordringer 2021: Hetebolger rammer storbyer*. Tilgjengelig fra: <https://www.rodekors.no/aktuelt/hetebolger-rammer-storbyer/> (lest 22.04.2022)

SABIMA. (u.å.-a). *Klimaendringer*. Tilgjengelig fra: <https://www.sabima.no/hva-truer-naturen/klimaendringer/> (lest 25.04.2022)

SABIMA. (u.å.-b). *Humler og andre bier*. Tilgjengelig fra: <https://www.sabima.no/trua-natur/humler-og-bier/> (lest 10.05.2022)

Sivle, A. (2021). *Hetebølge. I: Store norske leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/heteb%C3%B8lge> (lest 05.04.2022).

Skaar, J. (2020). *Albedo. I: Store norske leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/albedo> (27.04.2022)

Skoglund, J. (2020). *Kastanjene i Bygdøy Allé gjenoppstår - og kan bli en viktig brikke i håndtering av overvann*. *Veier24*. Tilgjengelig fra: <https://www.veier24.no/artikler/kastanjene-i-bygdoy-alle-gjenoppstar-og-kan-bli-en-viktig-brikke-i-handtering-av-overvann/498256> (lest 08.05.2022)

Skovbro, A. (2002). *Urban desifcationa - a sustainable urban policy?* The Sustainable City II. Tilgjengelig fra: <https://www.witpress.com/Secure/elibrary/papers/URS02/URS02049FU.pdf> (lest 04.04.2022)

SLA. (u.å). *The City Dune/ SEB Bank*. Tilgjengelig fra: <https://www.sla.dk/cases/the-city-dune-seb/> (lest 08.05.2022)

Soleng, A. & Schwarze, P. E. (2018). *Folkehelse rapporten. Klimaendringer og helse*. Folkehelseinstituttet. Tilgjengelig fra: <https://www.fhi.no/nettpub/hin/miljo/klima-og-helse/#auka-luftforureining> (lest 24.04.2022)

SSB. (2020). *Regionale befolkningsframskrivninger*. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/befolkning/befolkningsframskrivninger/statistikk/regionale-befolkningsframskrivninger> (lest 07.03.2022)

SSB. (u.å.). *Oslo (Oslo)*. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/kommunefakta/oslo> (lest 04.04.2022).

SPR for klima- og energiplanlegging og klimatilpasning. (2018). *Statlige planretningslinjer for klima- og energiplanlegging og klimatilpasning av 28. september 2018*. Kommunal- og distriktsdepartementet. Tilgjengelig fra: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2018-09-28-1469> (lest 15.03.2022).

Statkraft. (u.å.). *Vannkraft*. Tilgjengelig fra: https://www.statkraft.no/var-virksomhet/vannkraft/?gclid=Cj0KCQjw6pOTBhCTARIsAHF23fKA7oiMWF0U9ZttqDz2OgF4W_d5cVDDst8HYa-SiACTzzScgHihcgUcaAhmyEALw_wcB

Syverhuset, A. O. (2020). *Trær i byen gjør hetebolger mer levelige*. Tilgjengelig fra: <https://forskning.no/klima-naturvitenskap-norsk-institutt-for-naturforskning/traer-i-byen-gjor-hetebolger-mer-levelige/1652394> (lest 10.04.2022)

Tajet, H. T. T. (2020). *Hetebolger i Norge fra 1957- 2019*. Meteorologisk institutt. Tilgjengelig fra: https://www.met.no/sokeresultat/_/attachment/inline/b4c3db4c-a967-4ea6-b299-aed5f969e1c0:-ca85cbf2588c8a329d0419a04d8dc2ab5641c18e/METreport_012020_HetebolgeHelgaTajet.pdf (lest 28.02.2022)

Tallaksen, L. M. & Hisdal, H. (2018). *Tørke - en klimafare med alvorlige konsekvenser, også i Norge*. *Naturen*: 6. DOI: 10.18261/ ISSN.1504-3118-2018-06-03. (lest 20.04.2022)

Tauling, A. J. (2018). *A hot future for European droughts*. *Nature Climate Change*. 8: 364- 365. Tilgjengelig fra: <https://www.nature.com/articles/s41558-018-0154-5> (lest 16.04.2022)

Tollan, A. (2021). *Grunnvann. I: Store norske leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/grunnvann> (lest 21.01.2022).

UiO. (2018). *Tørkestress*. Tilgjengelig fra: <https://www.mn.uio.no/ibv/tjenester/kunnskap/plantefys/leksikon/t/torkestress.html> (lest 13.05.2022)

Uio. (2020). *Konduksjon*. Tilgjengelig fra: <https://www.mn.uio.no/ibv/tjenester/kunnskap/plantefys/leksikon/k/konduksjon.html> (lest 06.05.2022)

United Nations. (2021). *Climate change 'Biggest Threat Modern Humans Have Ever Faced', World-Renowned Naturalist Tells Security Council, Calls for Greater Global Cooperation*.

Tilgjengelig fra: <https://www.un.org/press/en/2021/sc14445.doc.htm> (lest 28.02.2022)

UngEnergi. (2021). *Biologiske konsekvenser av klimaendringene*. Tilgjengelig fra: <https://ungenergi.no/miljo-klima-samfunn/miljo-klima/biologiske-konsekvenser/> (lest 25.04.2022)

Utaaker, K. (1991). *Mikro- og lokalmeteorologi*. Bergen: Alma Mater Forlag AS

Varsom.no. (u.å.). *Varsel om styrtregn*. Tilgjengelig fra: <https://www.varsom.no/flom-og-jordskred-varsling/varsel-om-styrtregn/?ref=mainmenu> (lest 25.03.2022)

Ødegård, I. M. (2014). *Klima i endring. Tiltaksliste for håndtering av overvann*. Presentasjon 6. November, 2014. Tilgjengelig fra: <https://www.statsforvalteren.no/siteassets/utgatt/fm-oslo-og-akershus/dokument-fmoa/miljo-og-klima/vann/overvannseminar-2014/tiltaksliste-for-handtering-av-overvann---ingrid-m.-odegard-nmbu.pdf> (lest 04.05.2022)

Øvrebø, O. A. (2019). *Hyppigere og mer intense hetebølger: Tilpasning livsviktig*. Energi & Klima. Tilgjengelig fra: <https://energiogklima.no/meninger-og-analyse/debatt/hyppigere-og-mer-intense-hetebolger-tilpasning-livsviktig/> (lest 06.04.2022)

5.2 Figurliste

Figur 1.1.1 Norsk klimaservicesenter (u.å). Forsider på klimaprofiler. Tilgjengelig fra: <https://klimaservicesenter.no/kss/klimaprofiler/om> (Hentet 28.03.2022).

Figur 1.1.2 Norsk klimaservicesenter (2021). *Klimaprofil Oslo og Akershus*. Tilgjengelig fra: <https://klimaservicesenter.no/kss/klimaprofiler/oslo-og-akershus> (Hentet 01.03.2022)

Figur 1.1.3 Hawkins, E. (u.å). *Temperatur change in Norway since 1901*. University of Reading. Tilgjengelig fra: <https://showyourstripes.info/l/europe/norway/all> (Hentet 30.03.2022)

Figur 1.2.1- 1.2.4 Astrid Seeberg. (2022).

Figur 2.1.1 Lekolar.dk. (u.å.). *Drivhuseffekten*. Tilgjengelig fra: <https://www.lekolar.dk/sortiment/mobler-indretning/visuelle-laringsmiljoer/motiver-til-naturfag/drivhuseffekten/> (Henter 22.04.2022)

Figur 2.1.2 Miljødirektoratet. (u.å.) *Miljødirektoratet i forbindelse med lansering av den femte hovedrapporten fra FNs klimapanel*; Bjerknes Center for Climate Research. Tilgjengelig fra: <https://bjerknes.uib.no/artikler/nyheter/se-jorden-bli-varmere-og-vatere> (Henter 22.04.2022)

Figur 2.2.1 Astrid Seeberg (2022) basert på Utaaker, K. (1991). *Mikro- og lokalmeteorologi*. Bergen: Alma Mater Forlag AS

Figur 2.2.2 EPA. (u.å). *Learn About Heat Islands*. Tilgjengelig fra: <https://www.epa.gov/heatlands/learn-about-heat-islands> (Hentet 18.03.2022).

Figur 2.2.3 Astrid Seeberg (2020)

Figur 2.2.4 Gjelten, H. M. (2021). *Albedoeffekten. I: Store norske leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/albedoeffekt> (Hentet 27.04.2022)

Figur 2.2.5 - 2.2.7 Astrid Seeberg (2020)

Figur 2.3.1 Tallaksen, L. M. & Hisdal, H. (2018). *Tørke - en klimafare med alvorlige konsekvenser, også i Norge*. Naturen: 6. DOI: 10.18261/ ISSN.1504-3118-2018-06-03. (Hentet 20.04.2022)

Figur 2.3.2 Norsk klimaservicesenter. (2021). *Klimaprofil Oslo og Akershus*. Tilgjengelig fra: <https://klimaservicesenter.no/kss/klimaprofiler/oslo-og-akershus> (Hentet 01.03.2022)

Figur 2.3.3 Astrid Seeberg (2022)

Figur 2.3.4 Tajet, H. T. T. (2020). *Hetebølger i Norge fra 1957- 2019. Meteorologisk institutt*. Tilgjengelig fra: https://www.met.no/sokeresultat/_/attachment/inline/b4c3db4c-a967-4ea6-b299-aed-5f969e1c0:ca85cbf2588c8a329d0419a04d8dc2ab5641c18e/METreport_012020_HetebolgeHelga-Tajet.pdf (Hentet 28.02.2022)

Figur 2.3.5 Dawson, Ford, A., R. J., Kilsby, C., Lewis, E., Guerreiro, S. B. (2018). *Future heat- waves, droughts and floods in 571 European cities*. Environmental Research Letters, Vol. 13, Nr. 3. Tilgjengelig fra: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/aaaad3#erlaaad3f1> (Hentet 24.04.2022)

Figur 2.3.6 Astrid Seeberg (2022).

Figur 2.3.7 1: Pettrém, M. T. (2022). *Kommunen ba oss spare på vannet, men få lyttet. Nå nærmer vi oss en vannkrise*. Aftenposten. Tilgjengelig fra: <https://www.aftenposten.no/oslo/i/jaEdje/kommunen-ba-oss-spare-paa-vannet-men-faa-lyttet-naa-naermer-vi-oss-en-va> (Hentet 24.04.2022)

2: Bugge, S. & Oddstad, G. (2022). *Nå er det så tørt at Oslo må få vann fra nabokommunene*. VG. <https://www.vg.no/nyheter/innenriks/i/BjK9jl/naa-er-det-saa-toert-at-oslo-maa-faa-vann-fra-nabokommunene> (Hentet 24.04.2022)

3: Linstad, A. (2022). *Vurderer vannrestriksjoner: Nær krise i Oslo - må nå få vann fra nabokommuner*. Vårt Oslo. Tilgjengelig fra: <https://vartoslo.no/akerselva-alsjoen-anna-maria-aursund/vurderer-vannrestriksjoner-naer-krise-i-oslo-ma-na-faa-vann-fra-nabokommuner/364742> (Hentet 24.04.2022)

Figur 2.3.8 Astrid Seeberg (2022). Skjerm bilde av SMS fra Oslo kommune.

Figur 2.3.9 Grov, B. & Krüger, A. A. (2021). *Så lite vatn er det i fjellet no - det kan du merke på straumrekninga*. Tilgjengelig fra: <https://www.nrk.no/vestland/torke-i-fjellheimen-og-lite-sno-sommaren-2021-gir-ekstra-hoge-straumprisar-1.15588656> (Hentet 24.04.2022)

Figur 3.1.1 Oslo kommune. (2020). *Klimastrategi for Oslo mot 2030*. Tilgjengelig fra: https://www.klimaoslo.no/wp-content/uploads/sites/88/2020/09/Klimastrategi2030_langversjon_web_enkeltside.pdf (Hentet 04.05.2022)

Figur 3.1.2 KlimaOslo.no. (u.å.). *Klimarobust by*. Tilgjengelig fra: <https://www.klimaoslo.no/klimabarometeret/en-klimarobust-by/> (Hentet 03.05.2022)

Figur 3.2.1 Astrid Seeberg (2022). Basert på: NOU 2015: 16. *Overvann i byer og tettsteder: Som problem og ressurs*.

Figur 3.2.2 Astrid Seeberg (2022). Basert på: Ødegård, I. M. (2014). *Klima i endring. Tiltaksliste for håndtering av overvann*. Presentasjon 6. November, 2014. Tilgjengelig fra: <https://www.statsforvalteren.no/siteassets/utgatt/fm-oslo-og-akershus/dokument-fmoa/miljo-og-klima/vann/overvannseminar-2014/tiltaksliste-for-handtering-av-overvann---ingrid-m.-odegard-nmbu.pdf> (lest 04.05.2022)

Figur 3.3.1 - 3.3.2 Mørk, I. (2020). *Tampen brenner - en rød tretrinnsstrategi for klimatilpasning av norske byers uterom for et varmere klima*. Masteroppgave. ÅS: Norges- miljø og biovitenskapelige universitet. Tilgjengelig fra: <https://nmbu.brage.unit.no/nmbu-xmlui/handle/11250/2673177> (Lest 10.02.2022).

Figur 3.4.1 - 3.4.7 Astrid Seeberg (2020), basert på; Mørk, I. (2020). *Tampen brenner - en rød tretrinnsstrategi for klimatilpasning av norske byers uterom for et varmere klima*. Masteroppgave. ÅS: Norges- miljø og biovitenskapelige universitet. Tilgjengelig fra: <https://nmbu.brage.unit.no/nmbu-xmlui/handle/11250/2673177> (Lest 10.02.2022).

Figur 3.4.8 Astrid Seeberg (2020)

Figur 3.4.9 - 3.4.12 Astrid Seeberg (2020). Basert på: Aall, S., Selseng, T. & Skogvang, B. J. (2021). *Spørreundersøkelse til norske kommuner om status for 2021 i arbeidet med klimatilpasning - En undersøkelse på oppdrag fra KS av situasjonen i 2021 med sammenligning av en undersøkelse fra 2017*. Tilgjengelig fra: <https://www.ks.no/globalassets/fagomrader/samfunnsutvikling/klima/KTP-kommuneundersokelsen-10122021.pdf> (lest 25.03.2022)

Figur 4.1.1 Astrid Seeberg (2022). Basert på; Ødegård, I. M. (2014). *Klima i endring. Tiltaksliste for håndtering av overvann*. Presentasjon 6. No vember, 2014. Tilgjengelig fra: <https://www.statsforvalteren.no/siteassets/utgatt/fm-oslo-og-akershus/dokument-fmoa/miljo-og-klima/vann/overvannseminar-2014/tiltaksliste-for-handtering-av-overvann---ingrid-m.-odegard-nmbu.pdf> (lest 04.05.2022)

NGU. (2021). *Vannets kretsløp*. Tilgjengelig fra: <https://www.ngu.no/grunnvanninorge/alt-om-grunnvann/generelt-om-gunnvann/vannets-kretslop> (04.05.2022)

Figur 4.1.2 Astrid Seeberg (2022). Basert på; Mørk, I. (2020). *Tampen brenner - en rød tretrinnsstrategi for klimatilpasning av norske byers uterom for et varmere klima*. Masteroppgave. ÅS: Norges- miljø og biovitenskapelige universitet. Tilgjengelig fra: <https://nmbu.brage.unit.no/nmbu-xmlui/handle/11250/2673177> (Lest 10.02.2022).

Ødegård, I. M. (2014). *Klima i endring. Tiltaksliste for håndtering av overvann*. Presentasjon 6. No vember, 2014. Tilgjengelig fra: <https://www.statsforvalteren.no/siteassets/utgatt/fm-oslo-og-akershus/dokument-fmoa/miljo-og-klima/vann/overvannseminar-2014/tiltaksliste-for-handtering-av-overvann---ingrid-m.-odegard-nmbu.pdf> (lest 04.05.2022)

Figur 5.2.1 - 5.2.2 Astrid Seeberg (2022)

Figur 5.2.3 Astrid Seeberg (2022). Basert på; Mørk, I. (2020). *Tampen brenner - en rød tretrinnsstrategi for klimatilpasning av norske byers uterom for et varmere klima*. Masteroppgave. ÅS: Norges- miljø og biovitenskapelige universitet. Tilgjengelig fra: <https://nmbu.brage.unit.no/nmbu-xmlui/handle/11250/2673177> (Lest 10.02.2022).

Ødegård, I. M. (2014). *Klima i endring. Tiltaksliste for håndtering av overvann*. Presentasjon 6. No vember, 2014. Tilgjengelig fra: <https://www.statsforvalteren.no/siteassets/utgatt/fm-oslo-og-akershus/dokument-fmoa/miljo-og-klima/vann/overvannseminar-2014/tiltaksliste-for-handtering-av-overvann---ingrid-m.-odegard-nmbu.pdf> (lest 04.05.2022)

Figur 5.2.4 Oslo kommune. (2020). *Klimastrategi for Oslo mot 2030*. Tilgjengelig fra: https://www.klimaoslo.no/wp-content/uploads/sites/88/2020/09/Klimastrategi2030_langversjon_web_enkeltside.pdf (Hentet 04.05.2022)

5.3 Fotoliste

Foto 1 Markus Spiske/ Unsplash (2019). [Digitalt fotografi]. Tilgjengelig fra: https://unsplash.com/photos/CeF_z3pEzLg (Hentet 05.03.2022)

Foto 2 Astrid Seeberg (2018) [Digitalt fotografi].

Foto 3 Markus Spiske/ Unsplash (2019) [Digitalt fotografi]. Tilgjengelig fra: <https://unsplash.com/photos/RN14PblTnnM> (Hentet 05.03.2022)

Foto 2.1 Eirik Holm/ Unsplash (2017) [Digitalt fotografi]. Tilgjengelig fra: <https://unsplash.com/photos/zbbZ8TwiZr4> (Hentet 29.04.2022)

Foto 2.2 Graham Ruttan/ Unsplash (2020) [Digitalt fotografi]. Tilgjengelig fra: <https://unsplash.com/photos/p1AZ26mZjTI> (Hentet 10.05.2022)

Foto 2.3 Eirik Skarstein/ Unsplash (2021) [Digitalt fotografi]. Tilgjengelig fra: <https://unsplash.com/photos/sphlovA7Ejl> (Hentet 26.04.2022)

Foto 2.4 Christoffer Engström/ Unsplash (2020) [Digitalt fotografi]. Tilgjengelig fra: <https://unsplash.com/photos/en0CrvuW6Zc> (Hentet 29.04.2022)

Foto 2.5 Christian Lunde/ Unsplash (2020) [Digitalt fotografi]. Tilgjengelig fra: https://unsplash.com/photos/O__UibqU3JQ (Hentet 05.03.2022)

Foto 2.6 Framtida.no/ dasroofless/ CC BY-NC-ND 2.0/Flicker (2019) [Digitalt fotografi]. Tilgjengelig fra: <https://framtida.no/2019/01/04-torka-som-ramma-noreg> (Hentet 23.04.2022)

Foto: 2.7 Age Care Guide (2021) [Digitalt fotografi]. Tilgjengelig fra: <https://www.agedcareguide.com.au/information/hydration-for-elderly-people-and-the-dangers-of-dehydration> (Hentet 26.04.2022)

Foto 2.8 D-vitaminmangel.no (u.å.) [Digitalt fotografi]. Tilgjengelig fra: <https://www.d-vitaminmangel.no/nb-no/helsepersonell/vitamin-d/vitamin-d-et-hormon> (Hentet 05.03.2022)

Foto 2.9 Marie Vestergård Henriksen. (u.å) [Digitalt fotografi]. Tilgjengelig fra: <https://www.nibio.no/nyheter/insektene-i-enga-ma-ha-mat-hele-sommeren> (Hentet 06.05.2022)

Foto 2.10 Terje Pedersen / NTB scanpix (u.å.) [Digitalt fotografi]. Tilgjengelig fra: <https://norwaytoday.info/news/government-strengthens-fire-department-forest-fires/> (Hentet 29.04.2022)

Foto 2.11 Stephen Mayson/ Unsplash (2019). [Digitalt fotografi]. Tilgjengelig fra: <https://unsplash.com/photos/PU9YlwCG6VM> (Hentet 29.04.2022)

Foto 2.12 Glitre energi (u.å) [Digitalt fotografi]. Tilgjengelig fra: <https://www.glitreenergi.no/strom/artikler/derfor-er-stromprisen-historisk-hoy/> (Hentet 26.04.2022)

2.13 Eirik Skarstein/ Unsplash (2021) [Digitalt fotografi]. Tilgjengelig fra: <https://unsplash.com/photos/YiRcSQNd3QY> (Hentet 26.04.2022)

Foto 4.1 Markus Spiske/ Unsplash (2019) [Digitalt fotografi]. Tilgjengelig fra: <https://unsplash.com/photos/iZYJzBWxfYA> (Hentet 03.05.2022)

Foto 4.3.1 Magnus Kitten (u.å.). [Digitalt fotografi]. Tilgjengelig fra: <https://moool.com/en/the-city-dune-by-sla-architects.html> (Hentet 11.05.2022)

Foto 4.3.2 David Bravo Bordas (2018) [Digitalt fotografi]. Tilgjengelig fra: <https://www.publicspace.org/works/-/project/g363-the-city-dune> (Hentet 03.05.2022)

Foto 4.3.3 - 4.3.4 Magnus Kitten (u.å.). [Digitalt fotografi]. Tilgjengelig fra: <https://dac.dk/en/knowledgebase/architecture/bymilen-2/> (Hentet 03.05.2022)

Foto 4.3.5 Risilio (u.å.). [Digitalt fotografi]. Tilgjengelig fra: <https://resilio.amsterdam/en/smart-blue-green-roofs/> (Hentet 03.05.2022)

Foto 4.3.6 - 4.3.7 Tore Fjeld (2020) [Digitalt fotografi]. Tilgjengelig fra: <https://www.utemiljonytt.no/10-nye-kastanjetraer-pa-plass-i-bygdoy-alle/> (Hentet 03.05.2022)

Foto 4.3.8 Klimakvartalet (u.å). [Digitalt fotografi]. Tilgjengelig fra: <https://klimakvarter.dk/projekt/tasinge-plads/> (Hentet 10.05.2022)

Foto 4.3.9 Malmos landskaber. (u.å.) [Digitalt fotografi]. Tilgjengelig fra: <https://www.malmos.as/projekt/taasinge-plads-koebenhavn/> (Hentet 10.05.2022)

Foto 4.4.1 Nick Night/ Unsplash (2019) [Digitalt fotografi]. Tilgjengelig fra: <https://unsplash.com/photos/2b4E6js0Hkl> (Hentet 14.05.2022)

Foto 5.2.1 Nick Night/ Unsplash (2020) [Digitalt fotografi]. Tilgjengelig fra: <https://unsplash.com/photos/09Nj60fFyQY> (Hentet 14.05.2022)

Foto 5.2.2 Markus Spiske/ Unsplash (2019) [Digitalt fotografi]. Tilgjengelig fra: https://unsplash.com/photos/dYZumbs8f_E (Hentet 14.05.2022)

Foto 5.3.1 Nick Night/ Unsplash (2020) [Digitalt fotografi]. Tilgjengelig fra: <https://unsplash.com/photos/NY1CGpvtDI4> (Hentet 03.05.2022)

Foto 5.4.1. Eirik Skarstein/ Unsplash (2021)[Digitalt fotografi]. Tilgjengelig fra: <https://unsplash.com/photos/TMANBfpHuks> (Hentet 05.03.2022)

VEDLEGG 1.

INTERVJUGUIDE

Navn: Bent Braskerud

Arbeidsplass: Vann- og avløpsetaten

Intervjuform: via Teams

Dato og klokkeslett: 18.03.2022, 13:00

Intervjuer: Astrid Seeberg

Varighet: ca. 45 minutter

Navn: Helene Georgsen Berger

Arbeidsplass: Bymiljøetaten

Intervjuform: via Teams

Dato og klokkeslett: 21.03.2022, 14:00

Intervjuer: Astrid Seeberg

Varighet: ca. 45 minutter

Navn: Kathrine Omnia Strøm,

Arbeidsplass: NMBU/ COWI

Intervjuform: via Teams

Dato og klokkeslett: 26.04.2022, 15:00

Intervjuer: Astrid Seeberg

Varighet: ca. 45 minutter

Navn: Helene Egeland

Arbeidsplass: Plan- og bygningsetaten

Intervjuform: via Teams

Dato og klokkeslett: 28.03.2022, 14:00

Intervjuer: Astrid Seeberg

Varighet: ca. 45 minutter

1. Kan du fortelle litt om din faglige bakgrunn?
2. Hvilke klimautfordringer tenker du er viktig å imøtekomme gjennom klimatilpasning i Oslo?
3. Hvilke av klimakonsekvensene; overvann, tørke og høyere temperaturer opplever du blir mest vektlagt i prosjektsammenheng?
4. Hva er bakgrunnen for dette synspunktet?
5. Har du erfaring med at klimatilpasning for økte mengder overvann, tørke og høyere temperaturer blir bearbeidet samtidig i planleggingsprosesser?
6. Hva tror du skal til for å at overvann, tørke og høyere temperaturer blir behandlet samtidig i planleggingsfasen?
7. Hva tenker du kan være utfordringene ved å håndtere overvann, tørke og høyere temperaturer?
8. Har du en sluttkommentar?

VEDLEGG 2.

UTVIDET ORDSØK

Tabellen viser en oversikt over det utvidete ordsøket som supplerer resultatene til mørk i delkapittel 3.4.2

Dokumentene som er undersøkt ved ordsøket er:

*Meld. St. 5 (2020- 2021)
Samfunnssikkerhet i en utrygg verden*

*Meld. St. 40 (2020- 2021)
Mål og mening*

	Meld. St. 5 (2020- 2021)	Meld. St. 40 (2020- 2021)
Klima	5	40
Klimatilpasning/ Klimatilpassing	6	22
Tilpasse	5	10
Tilpasning/ Tilpassing	3	11
Sum	4,75	20,75
Overvann/ Overvatn	15	9
Overvannshåndtering	0	1
Nedbør	9	13
Ekstremnedbør	1	1
Regn	2	2
Sum	5,4	5,2
Varme	7	5
Varmere	2	4
Høy temperatur	0	0
Høye temperaturer	0	1
Temperturstigning	0	0
Hetebølge	2	0
Varemebølge	0	0
Ekstremvarme	0	0
Sum	1,37	1,25
Tørke	6	4
Markvannsunderskudd	0	0
Lav grunnvannstand	0	0
Tørkeperiode	3	1
Sum	2,25	1,25
Varmeøy	0	0
Varmeøyer	0	0
Urban heat island	0	0
Sum	0	0
Klimatisk komfort	0	0
Termisk komfort	0	0
Uteklima	0	0
Sum	0	0



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

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway