

Ny bydel i naturen – Hva har utbygging å si for fremtidig overvannssituasjon ved Martineåsen i Larvik kommune?

Christina P. Ekeheien¹, Christian Almestad², Regula Frauenfelder³, Ingerid Heggelund⁴, Amy Oen⁵

A new neighbourhood in nature – What do building plans mean for future stormwater runoff at Martineåsen in Larvik municipality?

English summary

Urbanization and climate change are expected to increase the frequency and intensity of pluvial flooding in the built environment frequency by 2100. Tackling the challenges caused by extreme precipitation events is therefore important. Martineåsen in Larvik municipality is currently an unbuilt area in the municipality where a new neighborhood is being planned. In order to ensure holistic stormwater management, visualizing how building plans will affect the current flooding situation is a desired tool for the municipality. This paper describes the application of a stormwater model and illustrates how future building can influence the current storm water situation. This information is valuable for further planning by the municipality together with relevant stakeholders.

Key words: Climate change adaption, municipalities, stormwater, urban development, stakeholders

Christina P. Ekeheien, rådgiver, Norges Geotekniske Institutt, Sognsveien 72, 0855 Oslo, Norge (til 31/12-2020). E-mail: christina_ekeheien@hotmail.com

Nøkkelord: Klimatilpasning, kommune, overvann, byutvikling, interesserter

Innledning

Oversvømmelser fra overvann i bebygde områder, som følge av ekstrem nedbør, er forventet å øke vesentlig i både intensitet og hyppighet frem mot år 2100 (Hanssen-Bauer et al., 2015). Kraftig nedbør i løpet av få timer er det som forårsaker flest skader i byer og tettbygde strøk ved at vannet ikke absorberes av bakken, men renner på tette flater. Både urbanisering og endringer i klimaet har bidratt til at overvann har blitt et økende problem de siste tiårene (Bai et al., 2018). For eksempel, i Norge er det anslått at de totale skadepostene forårsaket av overvann er 1,6 til 3,6 milliarder kroner per år og utgiftene er forventet å øke i fremtiden

¹ M.Sc., prosjektrådgiver, Norges Geotekniske Institutt, Sognsveien 72, 0855 Oslo, Norge (til 31/12-2020), christina_ekeheien@hotmail.com

² M.Sc., DHI AS, Hoffsvæien 15, 0275 Oslo, Norge, calm@dhigroup.com

³ Ph.d., Teknisk ekspert, Norges Geotekniske Institutt, Sognsveien 72, 0855 Oslo, Norge, amy.oen@ngi.no

⁴ MNLA, landskapsarkitekt, Larvik kommune, Feyersgate 7, Larvik, Norge, ingerid.heggelund@larvik.kommune.no

⁵ Ph.d., Teknisk ekspert, Norges Geotekniske Institutt, Sognsveien 72, 0855 Oslo, Norge, regula.frauenfelder@ngi.no

(NOU, 2015). En av de største utfordringene knyttet til klimatilpasning er derfor å håndtere ekstremnedbør i eksisterende og fremtidig bebygde områder, både for dagens og fremtidens klima (Georgi et al., 2016; CICERO, 2019).

Kostnader for både tiltak og reparasjoner vil være store, og forebygging vil nesten alltid være mest lønnsomt (Norsk Klimastiftelse, 2019). Derfor, har flere norske kommuner begynt å stille større krav til utbyggere og andre interessenter når det gjelder håndtering av overvann, blant annet ved bruk av åpne blå-grønne løsninger. Økt innslag av grøntarealer, åpne bekker, dammer og bevaring av våtmarksområder er eksempler på tiltak som kan bidra til å infiltrere, forsinke og avlede overvann (Kristvik, 2020). Løsningene kan samtidig gi gevinster i form av økt naturmangfold, rekreasjon, lek og trivsel i nærmiljøet (NOU, 2015), både i allerede utbygde områder og nye byutviklingsprosjekter. For å få dette til har utbyggere behov for informasjon om konsekvenser av klimaendringer og ekstremvær, samt effekt av ulike tiltak som kan redusere fare for oversvømmelse. Selv om det allerede eksisterer en rekke veiledere og nettsider om klimatilpasning, er det ikke sikkert brukere vet om materialet, eller har tid og kapasitet til å ta det i bruk (Hauge et al., 2020). I tillegg bør denne kunnskapen foreligge tidlig i planleggingen, i tett dialog med kommunen, som har ansvaret for at naturfarer blir vurdert og hensyntatt i planlegging og byggesaksbehandling (Plan- og bygningsloven, 2008).

Martineåsen er en helt ny bydel som skal bygges i Larvik kommune. Utbyggingen vil endre dagens arealbruk og etablering av tette flater kan forårsake økt avrenning av overvann. Det som er unikt i denne sammenheng er at skala av eventuell utbygging dekker et stort område med flere grunneiere, utbyggingsområdet er per i dag ubebygget, samt at endelig beslutning rundt utbygging ikke er tatt. Derfor har kommunen i tidlig planfase involvert utbyggere og opprettet en aktiv og gjensidig dialog for å identifisere hvilke behov utbyggere har, for det skal være mulig å etablere gode og helhetlige overvannsløsninger i Martineåsen. For å kunne ha et bedre utgangspunkt for dialog i planleggingsarbeidet og overfor utbyggere og andre interessenter, ønsket kommunen å visualisere hvordan den nye bydelen i fremtiden vil kunne påvirke overvannssituasjonen nedstrøms Martineåsen. Resultatene fra den innledende overvannsanalysen beskrevet i denne artikkelen viser effekt av fremtidig utbygging for Martineåsen og områder nedstrøms sammenlignet med dagens situasjon for et spesifikt designet scenario. Formålet med analysen var å illustrere hvordan en økning i andel tette flater kan påvirke områdets naturlige infiltrasjon og avrenning. Informasjon om effekt av utbygging kan videre benyttes for studier av løsninger som kan redusere risikoen for fremtidige overvannshendelser både for Martineåsen og omliggende områder.

Larvik kommune

Forventede klimaendringer i Larvik

Larvik har som kystby alltid vært værutsatt, med flommer og sterke vinder. I tillegg munner Numedalslågen, Vestfolds største elv, ut i Larvik. Elva har et nedbørfelt som dekker drøyt 5500 km², og selv om vårflommen vanligvis er årets største flom, kan regnflommene også bli store og gi skade (Larvik kommune, 2016). I mindre elver er det gjerne regnflommer om sommeren og høsten som gir de største flommene. I tillegg har overvann grunnet kraftig nedbør vært en økende utfordring spesielt sommer og høst, og i perioden 1988 til 2015 var det hele tolv større overvannshendelser som til sammen medførte 805 skadesaker i Larvik kommune (pers komm. Avdelingsleder Vann, avløy og renovasjon i Larvik kommune, Kjetil Fevik).

Klimafremskrivninger gir et bilde av hvordan klimaet vil se ut i fremtiden, basert på antakelser om utslipp av klimagasser og globale og regionale klimamodeller. Det er store usikkerheter knyttet til prognoser for nedbør (NCCS, 2019), men generelt viser studier at de mest ekstreme nedbørhendelsene vil bli langt mer intense og forekomme omtrent dobbelt så ofte som i dag (Myhre et al., 2019; Hansen-Bauer et al., 2015). Ifølge 'Klimaprofil Vestfold' (NCCS, 2017) forventes nedbørintensiteten for døgn med kraftig nedbør å øke med ca. 15 %. For varigheter kortere enn et døgn blir det trolig enda større økning, og det anbefales i planlegging å benytte et klimapåslag på minst 40 % for hendelser med kortere varighet enn tre timer (NCCS, 2017). Klimaprofilene er en viktig kilde til kunnskap for kommunene, hvor de fylkesvise rapportene beskriver forventede effekter av klimaendringene på et regionalt nivå. Samtidig har kommunene desto større behov for å kartlegge hva resultatene i klimaprofilene betyr for effekten av klimaendringer lokalt (Jordbakke et al., 2016).

For Larvik kommune er det gjennomført studier som viser potensielle påvirkninger og konsekvenser av naturfarer i et endret klima (NGI, 2015). Denne studien danner grunnlag for Larvik kommunes revisjon av sin helhetlige Risiko og sårbarhetsanalysen (ROS) i 2016 med viktige momenter for kommunens arbeid med klimatilpasning inkludert i kommunens Klima- og energiplan (Larvik kommune, 2016). I studiet om påvirkninger og konsekvenser av naturfarer, ble det spesielt sett på flom, stormflo, erosjon og kvikkleireskred, basert på mest sannsynlige hendelser i et 50-årsperspektiv (NCCS, 2017). Studien skulle gi kommunen et faglig grunnlag for å innlemme naturfarer og klimaendringer i sin helhetlige risiko- og sårbarhetsanalyse (NGI, 2015).

Planlegging av ny bydel – Martineåsen

Martineåsen er en ny fremtidig bydel hvor det skal oppføres inntil 2000 boliger, 1,5 kilometer i luftlinje vest for Larvik Sentrum. Området har lenge vært planlagt som et fremtidig utviklingsområde for Larvik for å oppnå et vekstpotensial på 4,8 % (Larvik kommune, 2018) ved å tilrettelegge for vekst og stimulere for økt tilflytting (Larvik kommune, 2015). Området er i dag et populært utfarts- og friluftsområde, med vakkert og variert landskap med mange grøntstrukturkvaliteter (Larvik kommune, 2015). De lavereliggende områdene domineres av vassdraget som leder fra Ulfsbakktjønn ned til Kleivertjern og videre via Knappenålsbekken ut i Farriselva, omgitt av store områder med torv og vasstrukken mark (Helgestad et al., 2016). Arealene rundt Kleivertjern er naturlige lavpunkt i terrenget og fungerer som et stort fordrøyningsbasseng før vannet renner videre ned mot Farriselva (NGI, 2015).

Ifølge 'Planprogram for Områdeplan Martineåsen' skal bydelen ha en egenidentitet som kan skille seg ut i et stadig mer bevisst boligmarked, med løsninger som er gjennomarbeidede, langsiktige og visjonære (Larvik kommune, 2015). I 2019 gjennomførte Mad arkitekter en mulighetsstudie for Martineåsen, som visualiserer hvordan den nye bydelen kan fremstå (Mad arkitekter, 2019). Denne studien har som hovedformål å formidle visjonen for utviklingen av området (Figur 1). Mad har jobbet med ideen om at Martineåsen skal være en bærekraftig bydel i retning av en naturby som tilbyr de langsiktige løsningene.

Mulighetsstudien for Martineåsen har lagt en rekke undersøkelser til grunn for planlegging og utvikling av området. Analysene utført inkluderer blant annet flom og erosjon, vann og myr, samt andre verdifulle naturområder og topografi som gir området stedegenhet (Mad arkitekter, 2019). Overvannshåndteringen er prioritert og viktig å ta hensyn til i forbindelse med den planlagte utbyggingen av Martineåsen, da utbyggingen vil innebære store endringer i områdets naturlige drenering og infiltrasjon. En økning i andel tette flater kan igjen forsterke flomsituasjoner både i og nedstrøms utbyggingsområdet (NGI, 2015). Å respektere naturlige

forhold for vann og flom har derfor vært en del av strategien i mulighetsstudien. For eksempel er naturlige og stedeegne forhold ivare tatt ved at kvartaler nær myrområdet ved Kleivertjern er løftet opp på pæler, slik at vannet kan renne fritt gjennom kvartalet. Knappenålsbekken som renner ut av Kleivertjern mot øst er i mulighetsstudien utvidet for større kapasitet ved store nedbørsmengder.

Overvannmodellering av Martineåsen

Overvannsanalysen i tidlig planfase som denne artikkelen beskriver ble utført i 2020 og ser spesifikt på Martineåsen og tilhørende nedbørfelt. Analysen ser på overflatevann, altså avrenning fra terreng, og er ikke koblet til modell for avløpsnett eller elv. Formålet med denne innledende analysen var å belyse hvordan økt andel tette flater kan påvirke infiltrasjon og naturlige avrenning for en gitt nedbørhendelse. Basert på tilbakemeldingen fra kommune, er det valgt å simulere en ekstrem nedbørhendelse med en times varighet, for ulike gjentakintervall. NGI har utført modelleringen, som også ivaretar lokale forhold knyttet til infiltrasjon (løsmasser) og arealbruk. Det har blitt modellert for to ulike scenarier; Martineåsen slik det ser ut i dag og fremtidens Martineåsen basert på mulighetsstudien til Mad Arkitekter. For den fremtidige situasjonen ble veier, bygninger og bebyggd/ubebyggd fremstilt ved å modifisere kartlag over dagens situasjon, til også å inkludere elementer fra Mad sin mulighetsstudie, som veier og bygninger. Bebyggd referer her til hovedklasse av arealressurser, som fremstilt i arealressurskart (AR5 og AR50).

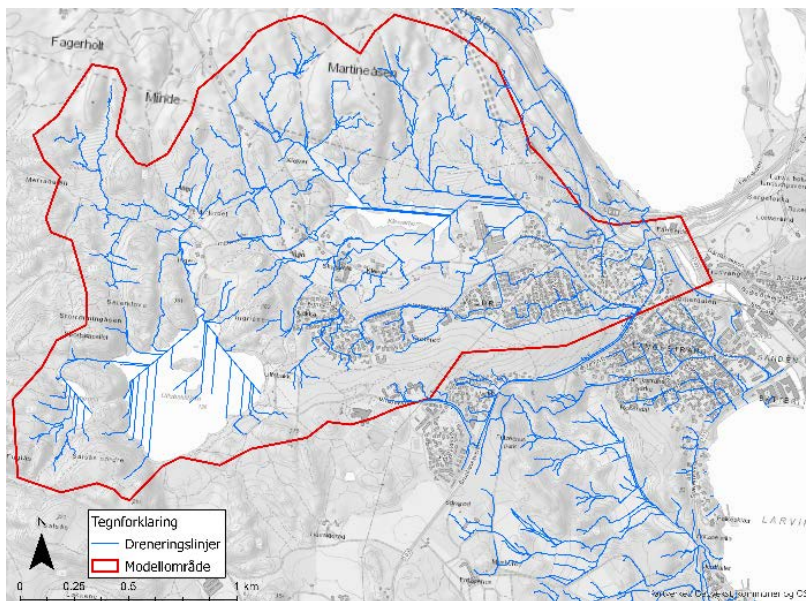
Metode

Overvannmodelleringen ble utført ved bruk av MIKE 21, et modelleringsverktøy utviklet av DHI (Dansk Hydraulisk Institutt), opprinnelig designet for modellering i kyst og marine områder (Warren og Bach, 1992). Modellen benyttes ofte for å simulere urban flom, hvor MIKE 21 'Flow model Flexible Mesh' (FM) er en hydrodynamisk modell som løser gruntvannsligningene i to dimensjoner (x, y). Gruntvannsligningene er ligninger som beskriver oppførselen til grunt vann, og brukes til å beregne hvor vannet vil strømme videre ved modellering av todimensjonal overflatestrømning (DHI, 2017; Ahn et al., 2019). Modellen er dybdemidlet og benytter en tilnærming med fleksibelt beregningsnett (FM) som vil si at terrengmodellen fremstilles i form av trekanter, hvor trekantenes størrelse og form tilpasses terrenget for å gi en så god gjengivelse som mulig. I et FM inneholder hvert hjørne på hver enkelt trekant informasjon om geografisk posisjon og høydeverdier.

Detaljer om modellen og den matematiske oppbyggingen er skrevet i DHI (2017). Kort, MIKE 21 FM inkluderer en forenklet hydrologisk beskrivelse av nedbør, infiltrasjon og avrenning. Nedbøren legges direkte på beregningsnettet i MIKE 21 FM. For hver celle i beregningsnettet i modellen beregnes det for hvert tidskritt tilførsel av nedbør, infiltrasjon og avrenning, samt eventuelt strømning fra og til naboceller. Infiltrasjonsmodulen i MIKE 21 FM er en forenklet beskrivelse av infiltrasjonsprosessen i det øverste jordlaget, og ikke en fullverdig hydrogeologisk modell som beskriver vannutveksling mellom dypere jordlag og grunnvannsmagasin. Infiltrasjonskapasiteten kan modelleres som både konstant og varierende i tid og rom. Modellen er delt inn i områder med ulike Manningstall basert på overflatebeskaffenheten. Tilsvarende for infiltrasjonen er det delt inn områder med ulike infiltrasjonsegenskaper basert på NGU løsmassekart, FKB-kart og tegninger fra Larvik kommune.

Oppbygging av overvannsmodell

For å kjøre en modell i MIKE 21 FM er det en rekke modellparametere som må defineres. Her beskrives kun hovedtrekk i oppbygningen av en overvannsmodell, samt parametere som har vært spesielt viktige for å definere lokale forhold i Martineåsen. En mer omfattende beskrivelse av MIKE 21 FM finnes i DHI sin egen brukermanual (DHI, 2017). For å etablere en overvannsmodell må det defineres et modellområde. Området det er modellert for er avgrenset til å gjelde nedbørfeltet til Knappenålsbekken ved utløp i Farriselva. Som utgangspunkt ble NVEs nettjeneste NEVINA benyttet til å generere nedbørfeltet for Martineåsen (<https://nevina.nve.no/>). NEVINA-genererte nedbørfelt gjelder for naturfelt og kan kun ansees som veiledende i utbygde områder. Derfor er nedbørfeltets avgrensning kontrollert med GIS-analyser med en terrengmodell.



Figur 1. Nedbørfeltets avgrensning (rødt) og dreneringslinjer (blått) for Martineåsen for dagens situasjon.

Terrengmodell for valgt modellområde ble hentet fra kartverket sine nettsider (<https://hoydedata.no/LaserInnsyn/>). Videre ble denne terrengmodellen integrert med et FM. I modellen for Martineåsen var ønsket at endring fra nåværende til fremtidig situasjon skulle fremkomme som en endring av andel tette flater. En økning i andel tette flater vil påvirke både avrenningshastighet (strømningsmotstand) og infiltrasjonskapasitet.

Strømningsmotstanden sier noe om ruhet til overflaten, og angis ofte som manningstall M . I modellen for Martineåsen er strømningsmotstanden satt til å variere, slik at ulike typer overflater har ulik strømningsmotstand. Et høyt manningstall representerer lav overflateruhet, slik at vannet strømmer raskere med mindre motstand. For eksempel tak og veier vil ha et høyt manningstall. Lave manningstall settes typisk der det er vegetasjon som bidrar til å bremse vannhastigheten. Det ble for Martineåsen skilt mellom veier/bygninger, bebygd område og "andre områder" når det kommer til strømningsmotstand.

Infiltrasjon ble inkludert i modellen som infiltrasjon med kapasitet, som vil si at mengden vann som kan infiltreres er definert og begrenset. Basert på områdets løsmasser (http://geo.ngu.no/kart/losmasse_mobil/) ble det definert infiltrasjonskapasitet for de ulike løsmassene. Området rundt Martineåsen består hovedsakelig av marine strandavsetninger, bart fjell/stedvis tynt dekke, noe torv og myr samt morenemateriale. Tette flater som veier og

bygninger ble definert i modellen til å være ikke-permeable, altså at vann ikke kan infiltreres i grunnen.

Valg og simulering av nedbørhendelse

Det er intens nedbør i løpet av noen få timer som forårsaker de fleste skadene i tettbygde strøk (Hanssen-Bauer et al., 2015), og det forventes spesielt en økning i nedbørhendelser med varighet på mindre enn en time og med gjentaksintervall på mer enn 50 år (Dyrddal og Førland, 2019). I tillegg har nedbørfeltet et areal på ca. 3,5 km² og lengde på ca. 3,0 km. Dette gir en estimert konsentrasjonstid på 50 minutter med antagelse om gjennomsnittlig vannhastighet på 1 m/s i nedbørfeltet ved flom. Derfor denne innledende overvannsanalysen valgt å se på ekstremnedbør med en times varighet, for 10-, 20-, 50-, 100- og 200-årsnedbør. Disse ulike returperiodene representerer henholdsvis følgende nominell årlig sannsynlighet på 10 %, 5 %, 2 %, 1 % og 0,5 %. Det er ikke sett på eventuell effekt av en lengre periode med nedbør eller tørke i forkant av skissert scenario i denne innledende analysen, men det er angitt initialverdier ved simuleringstart hvor eksempelvis jord med grunt til berg eller med innslag av torv allerede er nærmest 50 % vannmettet. Vannmetning på 50 % er satt ut ifra løsmassenes egenskaper og representerer sommersituasjon etter en periode med tørrvær. Nedbørfeltet består av løsmasser med middels infiltrasjonsevne iht. NGUs løsmassekart. Selv etter perioder med tørrvær vil det være en viss vannmetning fordi løsmassene har begrenset evne til å infiltrere videre til dypere jordlag.

For å simulere en nedbørhendelse er nedbørintensiteten i modellen antatt konstant i hele modellområdet, en varierende i tid. Det er sett bort ifra fordampning, da dette antas å være neglisjerbart for korte intense byger. Nedbørdata fra målestasjonen Porsgrunn-Kjølnes, hentet fra Meteorologisk institutt sin nettjeneste eKlima (<http://eklima.met.no>), er benyttet for å designe nedbørhendelsene modellen skulle kjøres for. Selv om det finnes målestasjoner nærmere Martineåsen, ble denne stasjonen valgt grunnet lengst historikk i måledata. En målestasjon som har vært operativ i lang tid vil også gi et bedre datagrunnlag for å beregne IVF-verdier (Intensitet-Varighet-Frekvens), som gir informasjon om hvilke nedbørintensiteter som kan forventes å komme med en viss hyppighet (returperiode) for ulike varigheter. Ut fra IVF-kurven til målestasjonen Porsgrunn-Kjølnes ble nedbørintensitet IVF-verdier benyttet til å designe ulike nedbørforløp (Tabell 1). Modellen ble kjørt med nedbørforløp for en times varighet, for 10-, 20-, 50-, 100- og 200-årsnedbør. En nedbørhendelse med en times varighet og frekvens på 200 år for målestasjon Porsgrunn-Kjølnes gir en nedbørintensitet på 38,8 mm (Tabell 1), som tilsvarer 38,8 liter vann på en kvadratmeter for overflate.

Tabell 1 Oversikt over nedbørdata fra IVF-kurve for målestasjon Porsgrunn-Kjølnes. Data representerer intensitet i mm og liter per sekund og hektar for en times varighet for ulike gjentaksintervall..

Gjentaksintervall (år)	mm	l/s*ha
10	24,1	67
20	27,6	76,7
50	32,1	89,1
100	35,5	98,5
200	38,8	107,8

Avgrensninger og usikkerheter

En digital modell som en overvannsmoell vil alltid være et forsøk på å gjenskape og forenkle virkeligheten og med det inneholde usikkerheter. Valg av MIKE 21 FM modellen er gjort

basert på tilgjengeligheten samt en avveining av ressursbruk. Usikkerheten øker ytterligere for en overvannsmoell som skal simulere en fremtidig situasjon, etablert i tidlig planfase, hvor det ennå ikke foreligger endelig informasjon knyttet til bygninger og veier, arealbruk, terrengendringer og klima. For å etablere en slik moell er det derfor nødvendig med en rekke antakelser på bakgrunn av best tilgjengelig data. I modellen etablert for Martineåsen er det enkelte faktorer det er sett bort ifra som kan innebære usikkerheter. Avløpsnettets kapasitet til å ta unna overvann er ikke inkludert i modellen, som kan bidra til et noe konservativt resultat for den utvalgte nedbørhendelsen, spesielt for fremtidens Martineåsen. Det er heller ikke sett på hvordan en lengre periode med nedbør eller tørke i forkant av hendelsen kan påvirke området's infiltrasjonskapasitet, og det er kun modellert for ett nedbørscenario med varighet på en time. I tillegg kan det være usikkerheter ved valg av nedbørdata. Selv om lenge dataserier kan gi bedre grunnlag for beregning av IVF-verdier, representerer de ikke nødvendigvis nedbørsmønstret best.

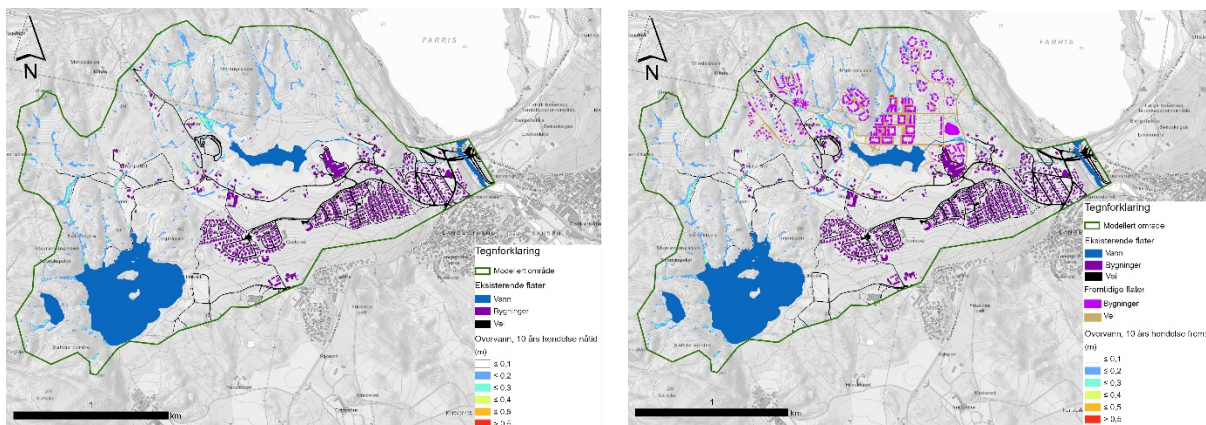
Ved å legge andre og flere forutsetninger til grunn ville modellen kunne gi et annet og muligens mindre usikkert resultat. Formålet med denne analysen har likevel vært å belyse effekt av flere tette flater grunnet utbygging, og det har derfor vært viktig å legge de samme forutsetningene til grunn for både nåværende og fremtidig situasjon når det kommer til infiltrasjonskapasitet og nedbørintensitet.

Selv om en overvannsmoell utarbeidet i tidlig planfase innebærer en rekke usikkerheter, fremstiller resultatene likevel verdifull informasjon. Martineåsen-moellen er unik ved at endringene som oppstår fra nåværende til fremtidig situasjon, som følge av ekstremnedbør, kun skyldes en økning i andel tette flater. Flere tette flater endrer området's infiltrasjonskapasitet og øker avrenningshastigheten. Resultatene viser altså effekt av flere tette flater, samt til en viss grad hvor vannet vil renne og samle seg når andel tette flater øker.

Resultater

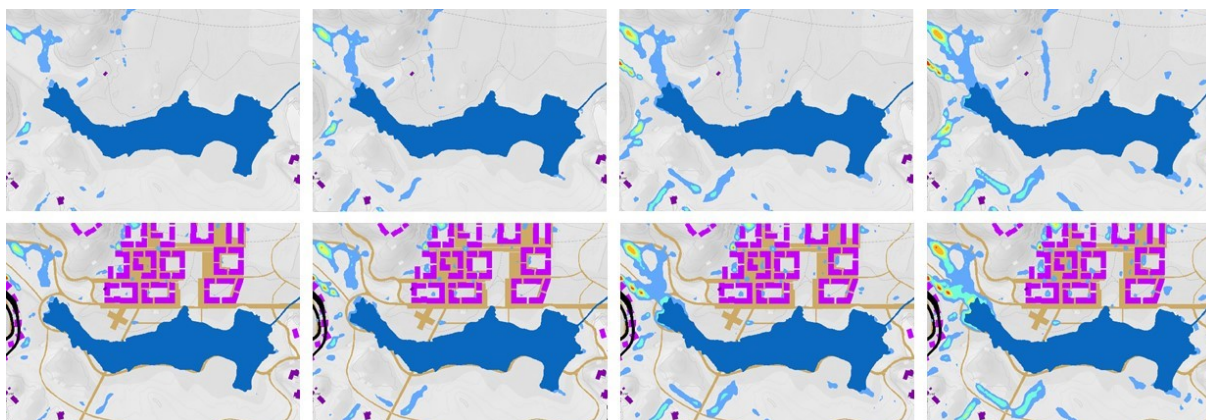
Modellen ble kjørt for nedbørhendelser på en times varighet, for en rekke returperioder. Det er her valgt å vise frem resultatene for en 10-års nedbørshendelse (Figur 2) og en 200-års nedbørshendelse (Figur 4). Dette for å belyse effekten av en økning i andel tette flater, gitt nedbørintensitet. I figurene er eksisterende veier markert med rosa, bygninger i rødt, bebyggd område i sort og vannflater i blått.

For en 10-års nedbørhendelse viser modellen en økning i oversvømte områder lokalt, der hvor nye veier og bebyggelse er anlagt. Det er naturlig at vann vil samle seg opp der det er tettere flater, og i hvert fall i en moell som dette der drenering til overvannsnett eller andre former for fordrøyning ikke er inkludert. Selv etter utbygging vil områdene i og rundt Martineåsen bestå av grøntområder som evner å infiltrere og fordrøye nedbør. Ved en 10-års nedbørhendelse som modellert her, rekker trolig mesteparten av nedbøren å infiltreres i grunnen slik at problemer hovedsakelig oppstår der det eksisterer tette flater.



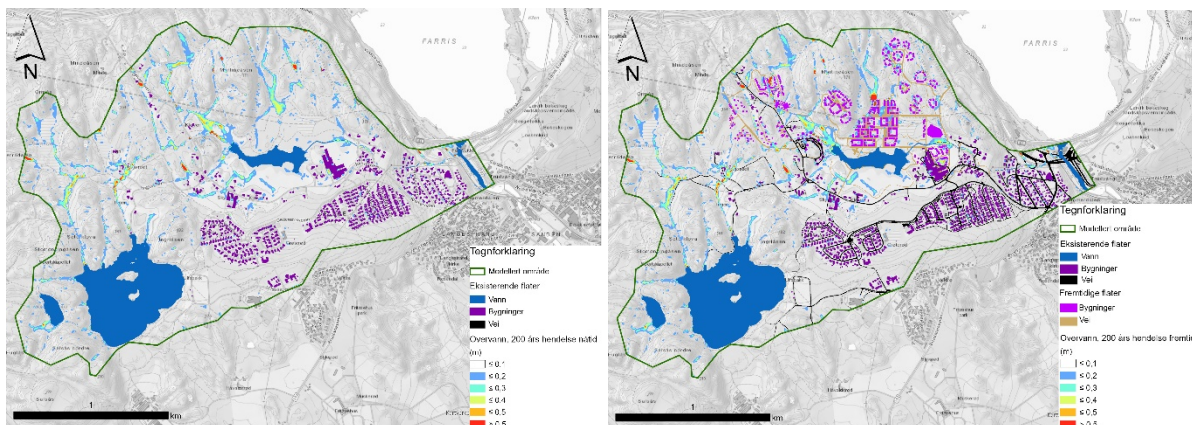
Figur 2. Resultat av overvannmodelleringen for Martineåsen for en 10-års nedbørshendelse: til venstre dagens situasjon med eksisterende bygninger (lilla) og vei (svart), til høyre med fremtidig situasjon inklusiv nye bygninger (rosa) og ny vei (brun). Fargegradient blå til rødt indikerer vannstand.

Allerede ved et 20-årsnedbør kan det virke som om at vannmengdene er for intense til at det kan tas unna ved infiltrasjon, og det starter å samle seg opp vann i enkelte punktområder blant annet rundt Kleivertjern (Figur 3). Dette kommer spesielt tydelig frem for fremtidig situasjon, der det også er flere tette flater.



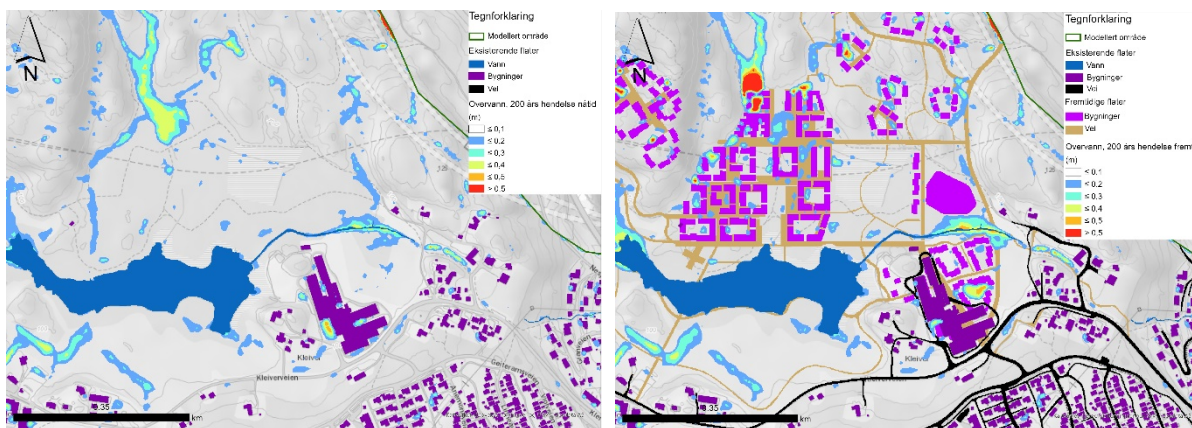
Figur 3. Resultat av overvannmodelleringen for Martineåsen. Øverst dagens situasjon, nederst fremtidig situasjon. Fra venstre; 10-, 20-, 50- og 100-års gjentaksintervall. Fargegradient blå til rødt indikerer vannstand (se Tegnforklaring i Figur 2).

For modellert 200-årsnedbør kommer endringer i avrenning og oversvømmelse tydeligere frem (Figur 4). Spesielt området naturlige dreneringslinjer og flomveier kommer frem, hvor flere av de går nettopp igjennom Martineåsen og ned til Kleivertjern, som er et naturlig siden Kleivertjern er et lavpunkt i terrenget.



Figur 4. Resultat av overvannmodelleringen for Martineåsen for en 200-års nedbørshendelse: til venstre dagens situasjon med eksisterende bygninger (lilla) og vei (svart), til høyre med fremtidig situasjon inklusiv nye bygninger (rosa) og ny vei (brun). Fargegradient blå til rødt indikerer vannstand.

Resultatene viser også at økningen i andel tette flater fører til at nye områder oversvømmes sammenlignet med eksisterende situasjon. Trolig er det ikke endring i infiltrasjonskapasitet alene som står for denne endringen, da det ved en nedbørshendelse av denne størrelsen vil komme så mye vann at det ikke rekker å infiltrere. Flere tette flater i form av veier og tak reduserer strømningsmotstanden, som igjen øker vannhastigheten. Dette gjør at større mengder overvann kan samles i områder med naturlige forsenkninger. Samtidig kommer det frem fra modellen at enkelte områder som ikke bygges ned, men heller bevares i sin naturlige tilstand, håndterer den økte nedbørmengden godt til tross for at større områder blir bebygd oppstrøms. Dette er spesielt synlig i det kvadratiske parkområdet det er tilrettelagt for i Mad sin mulighetsstudie (Mad Arkitekter, 2019), som nettopp er tenkt å skulle fordrøye flomvann som ledes fra sentrumsområdet før utløp i Knappenålsbekken (Figur 5).



Figur 5. Resultat av overvannmodelleringen for Martineåsen for en 200-års nedbørshendelse: til venstre dagens situasjon med eksisterende bygninger (lilla) og vei (svart), til høyre med fremtidig situasjon inklusiv nye bygninger (rosa) og ny vei (brun). Her sentrert ved det nye sentrumsområdet og øvre del av Knappenålsbekken. Fargegradient blå til rødt indikerer vannstand.

Diskusjon

Martineåsen-prosjektet er et foregangsprosjekt som kan inspirere til klimatilpasset utvikling, både innad i kommunen og i bransjen generelt. For å ivareta klimatilpassing fra tidlig planfase til prosjektet er ferdigstilt har kommunen identifisert utbyggere som særlig viktige. Utbyggerne sitter ofte igjen med de reelle kostnadene for å sikre at infrastruktur eller boliger er robuste nok, og de må samtidig ta kostnadene dersom utbyggingen får negative

ringvirkninger i nærliggende områder (Harvold et al., 2010). Å ha kjennskap til utbyggernes økonomiske interesser er derfor viktig for å sikre at visjonene om Martineåsen blir ivarettatt helt ut i byggefasen.

Det kan være utfordrende for kommunene å overføre naturvitenskaplig kunnskap til lokal planlegging og konkrete tiltak. Selv om det allerede eksisterer en rekke veiledere og nettsider om klimatilpasning, er det ikke sikkert brukere vet om materialet, eller har tid og kapasitet til å ta det i bruk (Hauge et al., 2020). Dersom tilgjengelig informasjon skal være nyttig for kommunen og andre sluttbrukere, er det nødvendig at dataene og formatet er tilpasset deres kunnskap og behov. Først da kan kommunene ta i bruk informasjonen for å planlegge og fatte beslutninger som tar hensyn til et klima i endring (Raaphorst et al., 2020).

For at utbyggere skal ha mulighet til å bli en del av de gode løsningene, er det en fordel at de kjenner til kommunens planer og visjoner i forkant av utarbeidelsen av reguleringsplaner. Ved å vise utfordringer knyttet til overvann allerede i tidlig planfase inviteres utbyggere til å se det store bildet for de helhetlige løsningene. Eksisterende informasjon som kommunen besitter, kan langt på vei benyttes for å visualisere hvordan en fremtidig utbyggelse av Martineåsen vil kunne påvirke områdets naturlige infiltrasjon og drenering.

Generelt ønsker Larvik kommune at Martineåsen å være et innovativt og vitalt bolig- og bomiljø, hvor nye boliger, infrastruktur og uterom er trygge og tilpasset fremtidige klimaendringer (Larvik kommune, 2015). Det er fokus på å beskytte eksisterende strukturer mot konsekvensene av klimaendringer og ekstremvær, spesielt med tanke på økt nedbør (NGI, 2019). Kommunen har lagt ned mye arbeid i å utforske hvordan visjonene om Martineåsen, som en bærekraftig og klimarustet bydel, best kan sikres i planprosessen. Martineåsen bygges for fremtidens generasjoner, noe som betyr at det allerede nå må tilrettelegges for de langsiktige løsningene. En slik langsiktig planlegging er nødvendig for at Martineåsen skal bevare sine unike kvaliteter, også om 100 år.

Modelleringen av overvannssituasjonen fra eksisterende til fremtidig Martineåsen fremhever behovet for en god og helhetlig dialog rundt overvann og tiltak allerede fra tidlig planfase. Alt i alt viser modellen og simuleringene at en økning i andel tette flater vil endre områdets naturlige infiltrasjon og avrenning på en slik måte at det vil ha en betydelig effekt for både eksisterende og fremtidig bebygde områder. Effekten vil være størst for nedbørhendelser med høy intensitet, da spesielt avrenningshastigheten øker med andel tette flater. For nedbørhendelser med lavere intensitet er effekten størst lokalt rundt ikke-permeable flater, noe som fremhever behovet for overvannsløsninger som øker lokal infiltrasjonsevne. For håndtering av overvann anbefales treleddsstrategien (Lindholm et al., 2008) som beskriver håndtering av overvann for ulike nedbørintensiteter, og det er en økende trend i bruk av åpne blå-grønne løsninger, ofte kalt naturbaserte løsninger (Wihlborg et al., 2019). Slike tiltak for håndtering av overvann kan også modelleres for å optimalisere plassering av tiltak i forhold til planlagt utbygging på et tomt (Stokseth, 2019). Det kan derimot være utfordrende å håndtere overvann etter disse prinsippene dersom ikke forutsetningene for dette er avklart allerede i tidlig planfase (Paus, 2018; Stokseth, 2019). Spesielt for å etablere gode, åpne overvannsløsninger er det nødvendig med et overordnet blikk, som går utover det enkelte tiltak. Blå-grønne løsninger må ivareta vannets kretsløp i bybildet og oppfylle krav til helse, miljø og sikkerhet samt oppfylle en rekke forventninger fra brukergrupper (Seifert-Dähn et al., 2018).

For å få til de gode blå-grønne overvannsløsningene er det nødvendig med god kommunikasjon og vilje blant de involverte fagaktørene, samt dialog med befolkningen gjennom hele prosessen (Seifert-Dähnn et al., 2018). For kommunen kan en overvannsmodell, som den som er beskrevet overfor, danne utgangspunkt for dialog ved å visualisere effekten som større arealendringer på sikt kan ha for stedegne forhold. Resultatene kan danne utgangspunkt for dialog både mellom utbygger og kommunen og utbyggere imellom. Ved at aktørene allerede i en tidlig fase blir aktivt involvert, kan kommunen forsikre seg om at alle har best mulig kunnskap for å finne de nødvendige overvannsløsningene. En slik tilnærming vil kunne medføre et skifte fra dagens praksis, hvor de individuelle utbyggerne håndterer overvann på egen tomt i reguleringsfase, til at det i fellesskap utvikles en helhetlig strategi for overvannshåndtering.

Programvaren og modellen benyttet i studien av Martineåsen kan bygges på og benyttes videre i prosjektet for mer detaljerte og reelle studier i hele, eller deler av området. Modellen kan for eksempel kobles med kommunens ledningsnett, og slik sett også innlemme effekter av eksisterende (og etter hvert planlagte) overvannsledninger og drenering. Det er også en fordel å benytte modellen for flere nedbørhendelser som ekstrem nedbør etter en lang tørkeperiode, eller nedbør på frossen mark for å sammenligne om dette kan gi større avrenning. I tillegg kan fremtidig situasjon modifieres slik at konkrete tiltak, som for eksempel grønne tak eller områder med permeabel asfalt, inkluderes i modellen. Implementering av konkrete tiltak i modellen vil igjen kunne visualisere helhetlig effekt av planlagte overvannstiltak. Det finnes flere typer programvare som kan benyttes for å gjøre lignende simuleringer, som eksempelvis StormCad og PCSWMM.

Konklusjon

Resultatene fra denne overvannsmodelleringen for Martineåsen utført i tidlig planfase viser at en økning i andel tette flater til påvirke overvannssituasjon for Martineåsen for en nedbørhendelse med en times varighet uansett intensitet. For nedbørhendelser med lavere intensitet (10-årsnedbør) indikerer modellen at overvannsutfordringene hovedsakelig er relatert til ikke-permeable overflater, men allerede ved en 20-års nedbørhendelse er intensiteten for høy til at mesteparten av vannet kan infiltreres og derfor heller renner på overflaten, slik at vann begynner å samle seg.

En overvannsmodell som beskrevet i denne artikkelen vil alltid inneholde usikkerheter, og spesielt for fremtidig situasjon da modellen er utarbeidet i tidlig planfase. Resultatene tolkes til å være konservative for den utvalgte en-times nedbørhendelsen, da blant annet kapasitet til avløpsnett ikke er inkludert i modellen. Det er heller ikke vurdert hvilken effekt langvarig nedbør eller tørke vil kunne ha på overvannssituasjonen for Martineåsen.

Til tross for at modellen og resultatene skissert inneholder usikkerheter og gir et konservativt resultat for den en-times nedbørhendelsen, er likevel resultatene nyttige for å identifisere områder som kan være interessante for ytterligere analyser eller tiltak. En slik tilnærming, å vurdere oversvømmelser i framtidig klima i en tidlig planfase sammen med både kommunens planleggere, saksbehandlere og utbyggere er nyttig og relativt nytt. Å kunne visualisere konsekvenser av endret arealbruk og klimaendringer er en effektiv måte å komme i dialog for å identifisere og velge ulike tiltak. Det anbefales derfor videre analyser av Martineåsen for å synliggjøre effekt av utbygging og nytten av en slik analyse. Dette kan gjennomføres ved å studere effekten av jordens vannmettetthet ved simuleringstart, flere nedbørintensiteter og varigheter, tiltak, avløpsnett og eventuelle terrengendringer for fremtidig situasjon når mer detaljerte planer foreligger.

For å sikre at både eksisterende og fremtidige strukturer er rustet for klimaendringer og ekstremvær, er gode og helhetlige overvannsløsninger er nødvendig i utbyggingen av Martineåsen. Å visualisere effekt av utbygging for overvannssituasjonen i Martineåsen allerede i tidlig planfase kan benyttes av kommunen i dialog med interessenter, som for eksempel utbyggere, fra tidlig planfase og gjennom hele prosjektets levetid.

Takk

Dette arbeidet ble utført som en del av prosjektet EVOKED, som er en del av ERA4CS, et ERA-NET initiativ fra JPI Climate, og finansiert av Norges Forskningsråd (NO), FORMAS (SE), NWO (NL), BMBF (DE) med del-finansiering fra den Europeiske Union (Grant 690462). Arbeidet har også mottatt finansiering fra Norges Forskningsråd, gjennom SFI-KLIMA2050: 'Risikoreduksjon gjennom klimatilpasning av bygninger og infrastruktur', NFR prosjekt 237859. Takk til NGI for finansiering av tid benyttet på modellering og utarbeiding av tekst og til DHI ved Christian Almestad, for testlisens til programpakken MIKE FLOOD og MIKE Urban+, samt Halvor Hardang for god hjelp med oppsett av modell. Videre takkes Larvik kommune for godt samarbeid og innspill underveis i skriveprosessen, kollegaer ved NGI; Ingar Haug Steinholt og Liv Røhnebæk Bjergene for gjennomlesning og korrektur, og til Frank Miller og Nora Nieskens for bearbeiding av data og innledende GIS-analyser.

Referanser

- Ahn, J., Na, Y., and Park, S. W. (2019). Development of two-dimensional inundation modelling process using MIKE21 model. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 23(9), 3968-3977. <https://doi.org/10.1007/s12205-019-1586-9>
- Bai, X., Dawson, R.J., Ürge-Vorsatz, D., Delgado, G.C., Barau, A.S., Dhakal, S., Dodman, D., Leonardsen, L., Masson-Delmotte, V., Roberts, D.C. and Schultz, S. (2018). Six research priorities for cities and climate change. <https://www.nature.com/articles/d41586-018-02409-z?sf183648372=1>
- CICERO (2019). Hvor godt er norske kommuner rustet til å håndtere følgene av klimaendringer? Spørreundersøkelse om klimatilpasning utført våren 2019. Report 2019:09. Oslo.
- DHI (2017). *MIKE 21 & MIKE 3 Flow Model FM. Hydrodynamic and Transport Module. Scientific Documentation*. [https://manuals.mikepoweredbydhi.help/2017/Coast and Sea/MIKE 321 FM Scientific Do c.pdf](https://manuals.mikepoweredbydhi.help/2017/Coast%20and%20Sea/MIKE%20321%20FM%20Scientific%20Documentation.pdf).
- Dyrødal, A. V. og Førland, E. J. (2019). *Klimapåslag for korttidsnedbør. Anbefalte verdier for Norge* NCCS rapport 5/2019). <https://cms.met.no/site/2/klimaservicesenteret/dimensjonerende-nedb%C3%B8r/fremtidig-utvikling/attachment/14869?ts=16b02bdea3a>
- Georgi, B., Isoard, S., Asquith, M., Garzillo, C., Swart, R. J., og Timmerman, J. G. (2016). *Urban adaptation to climate change in Europe 2016: Transforming cities in a changing climate* (EEA Rapport 12/2016). <https://www.eea.europa.eu/publications/urban-adaptation-2016>
- Hanssen-Bauer, I., Førland, E. J., Haddeland, I., Hisdal, H., Mayer, S., Nesje, A., . . . Ådlandsvik, B. (2015). *Klima i Norge 2100 Kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning oppdatert i 2015*. Oslo: NCCS.
- Harvold, K., Innbjør, L., Kasa, S., Nenseth, V., Saglie, I. L., Tønnesen, A., og Vogelsang, C. (2010). *Ansvar og virkemidler ved tilpasning til klimaendringer*. Oslo: NIBR/CICERO/NIVA/TØI.
- Hauge, Å., L., Time, B., Flyen, C., Sivertsen, E., Venås, C., Thomassen; M. (2020). *Klimatilpasning– hvordan få det til å skje? Betydningen av læring i nettverk*. *Kart og plan*, 113(3), 145-167.
- Helgestad, M.R., Knoth, K., Tomprou, M.O., Moldestad, A.S., og Aakerøy, P.A. (2016). *Martineåsen. Utbredelse, mektighet, CO2 problematikk og betydning av myrområdene*. Oslo: Rambøll rapport datert 7. desember 2016.
- Jordbakke, A., Røsjø, M. J., Skogvold, T. and Karstensen, H. (2016). *Kartlegging av 11 kommuners arbeid med klimatilpasning. Analyse & Strategi*. Multiconsult.

- Kristvik, E. (2020). *Climate-Informed Planning and Design of Urban Water Systems*. Doctoral theses at NTNU, 2020:286. <https://hdl.handle.net/11250/2678786>.
- Larvik kommune (2015). Planprogram for Områdeplan Martineåsen. Larvik: Larvik kommune.
- Larvik kommune (2016). Klima- og energiplan Larvik kommune. Larvik: Larvik kommune.
- Larvik kommune (2018). Kommunestyrets vedtak, Strategidokument 2019-2022. Larvik: Larvik kommune.
- Lindholm, O., Endresen, S., Thorolfsson, S., Sægrov, S., Jakobsen, G. og Aaby, I. (2008). Veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering. Norsk Vann rapport. Rapport nummer 168|2008.
- Mad Arkitekter (2019). Martineåsen Naturby, En ny bydel i Larvik - konseptstudie av Mad arkitekter. Oslo: Mad Arkitekter.
- Myhre et al., 2019 Myhre, G., Alterskjær, K., Stjern, C.W., Hodnebrog, Ø., Marelle, L., Samset, B. H., Sillmann, J., Schaller, N., Fischer, E., Schulz, M. og Stohl, A. (2019): Frequency of extreme precipitation increases extensively with event rareness under global warming. *Scientific reports*, 9(1), 1-10. Hentet fra <https://www.nature.com/articles/s41598-019-52277-4.pdf>.
- NCCS (2015). Klimaprofil Vestfold. Oslo: NCCS.
- NCCS (2017). Klimaprofil Vestfold Et kunnskapsgrunnlag for klimatilpassing. Oslo: NCCS.
- NGI (2015). Lardal og Larvik kommuner - tilpassing til klimaendringer, Vurdering av ekstrem nedbør, skred, flom, stormflo og havnivåstigning. Oslo: NGI.
- NGI (2019). Climate services needs inventory. Oslo: NGI.
- Norsk Klimastiftelse (2019). Klimarisiko. Hva kan du gjøre i din kommune? Utgitt av: Norsk klimastiftelse i samarbeid med Kommunalbanken. https://klimastiftelsen.no/wp-content/uploads/2019/02/Hefte_klimarisiko_kommune_LOWRES.pdf.
- NOU (2015). 16 Overvann i byer og tettsteder, Som problem og ressurs. Oslo: Norges offentlige utredninger.
- Paus, K. H. (2018). Forslag til dimensjonerende verdier for trinn 1 i Norsk Vann sin tre-trinns strategi for håndtering av overvann. *VANN*, 53(1), 66-77.
- Plan- og bygningsloven (2008). Lov om planlegging og byggesaksbehandling. LOV-2008-06-27-71.
- Raaphorst, K., Koers, G., Ellen, G.J., Oen, A., Kalsnes, B., van Well, L., Koerth, J., and van der Brugge, R. (2020). Mind the Gap: Towards a Typology of Climate Service Usability Gaps. *Sustainability*, 12 (4), 1512, <https://doi.org/10.3390/su12041512>.
- Seifert-Dähnn, I., Moe, T.F., Sjødahl, E.U., og Kvitsjøen, J. (2018). Åpne blå-grønne overvannsløsninger – utfordringer ved planlegging og implementering av flerfunksjonelle løsninger sett fra ulike fagperspektiv. *Kart og plan*, 1, 36-44.
- Stokseth, G. (2019). *Digitalising optimisation of early phase urban stormwater planning*. Master's thesis in Civil and Environmental Engineering. NTNU.
- Warren, I. R., and Bach, H. (1992). MIKE 21: a modelling system for estuaries, coastal waters and seas. *Environmental Software*, 7(4), 229-240.
- Wihlborg, M., Sörensen, J., and Olsson, J. A. (2019). Assessment of barriers and drivers for implementation of blue-green solutions in Swedish municipalities. *Journal of environmental management*, 233, 706-718. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.12.018>