



KLIMA 2050

RISK REDUCTION THROUGH CLIMATE ADAPTATION
OF BUILDINGS AND INFRASTRUCTURE



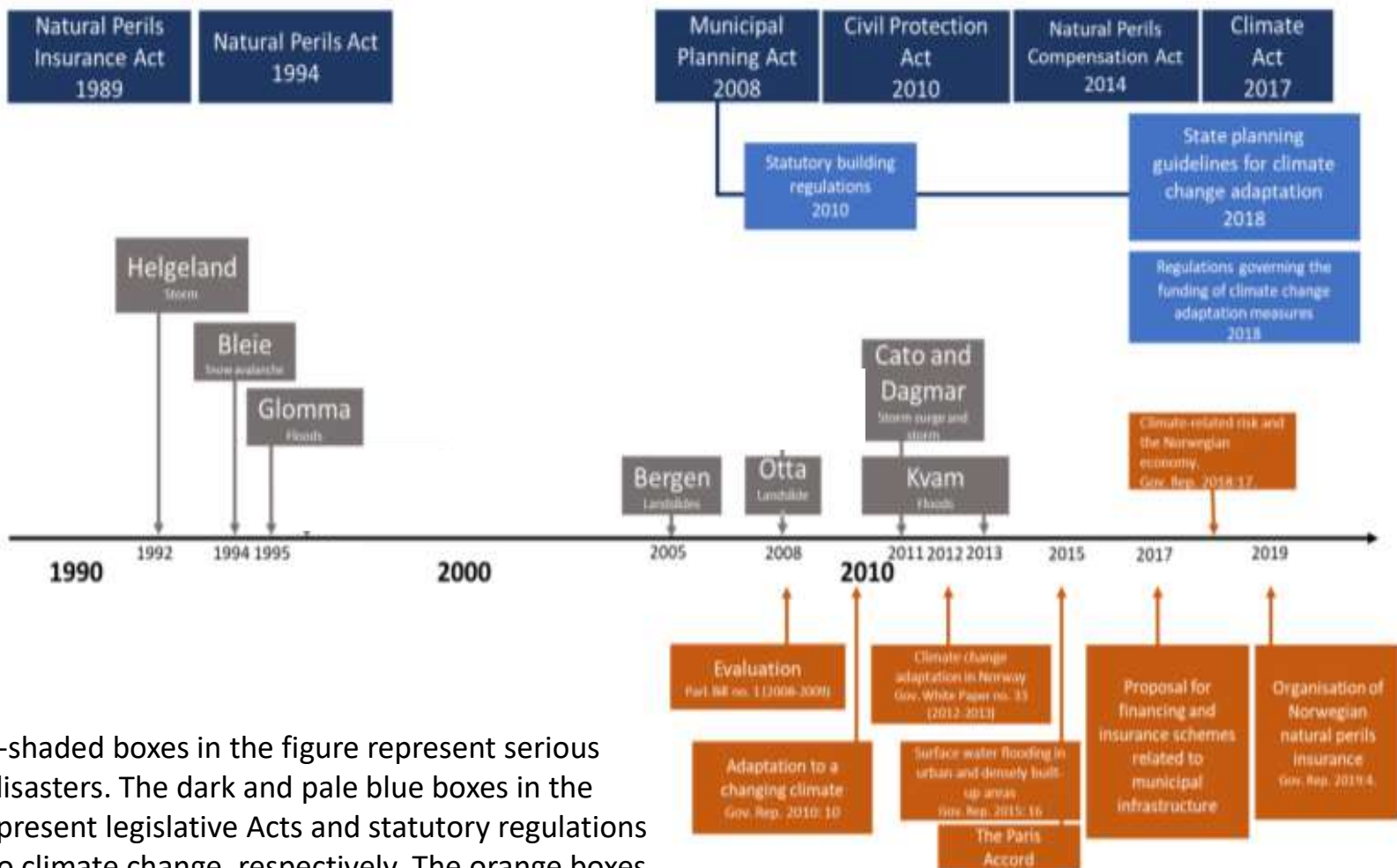
Et annet klima, andre krav til bygg.

Klima 2050 Norge

Jardar Lohne

Forsker, dr. art.

Jardar.lohne@ntnu.no



The grey-shaded boxes in the figure represent serious natural disasters. The dark and pale blue boxes in the figure represent legislative Acts and statutory regulations related to climate change, respectively. The orange boxes represent public reports, political decisions, and studies that address climate change adaptation (adapted from Sandberg et al., 2020).

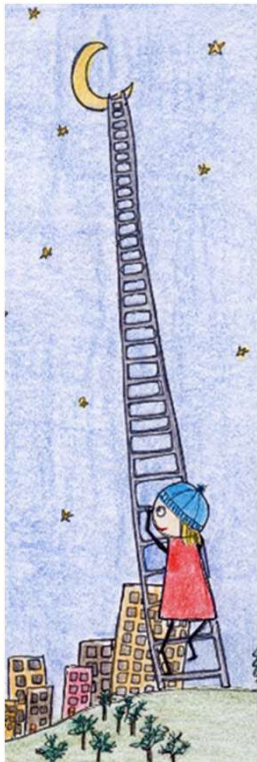




<http://www.yr.no/artikkel/her-melder-hun-vaeret-for-2050-1.12018463>




Klima 2050 – et senter for forskningsdrevet innovasjon (SFI)



SFI-statusen gir mulighet til langsiktig forskning i et nært samarbeid mellom FoU-aktive bedrifter og fremstående forskningsmiljøer med mål om å styrke Norges innovasjonsevne og konkurransekraft

← → ↻ Not secure | klima2050.no 🔍 ☆ J Update

→ KLIMA2050 HOME ABOUT PARTNERS PILOTS RESULTS PUBLICATIONS EVENTS NEWS



Klima 2050 will reduce the societal risks associated with climate changes and enhanced precipitation and flood water exposure within the built environment.

Klima 2050 is a Centre for Research-based Innovation (SFI) financed by the Research Council of Norway and the consortium partners. The SFI status enables long-term research in close collaboration with trade and industry, as well as other research partners aiming to strengthen Norway's innovation ability and competitiveness within climate

- HOME
- ABOUT
- PARTNERS
- PILOTS
- RESULTS
- PUBLICATIONS
- EVENTS
- NEWS
- 🔍

klima2050.no



Klima 2050 i tall

Varighet : 2015 - 2023

Vertskap : SINTEF Byggforsk

20 partnere fra privat og offentlig sektor, og forskning

Budsjett: ~ 220 mill NOK (kontanter og egeninnsats/in-kind)

Ca. 45 % fra Norges Forskningsråd

Ca. 25 % fra privat sektor

Ca. 30 % fra offentlig sektor og forskning

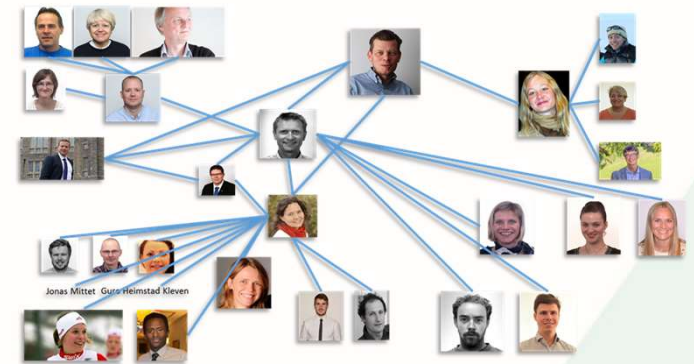
Min. 15 PhDs/Post.docs

Min. 50 Master Thesis

I tillegg har vi 20 - 25 aktivt involverte professorer og forskere fra NTNU, NGI, BI, met.no og SINTEF.

➔ Researcher Training

- Gatherings for the PhD-students twice per year
- Creative writing clusters



0830 Bus from Trondheim (BAT/SINTEF Byggforsk)
0915 Pick-up at Værnes
1200 Lunch at Teveltunet
1300 Welcome to Klima 2050 – Berit Time and Tore Kvande
1320 Petcha Kutcha session with phd's – what have you learnt since the last time?
1600 Climbing the trees – upside-down/diagonal experiences
2000 Dinner at Teveltunet
0830 Breakfast and check-out
0930 Climate and climate change – Hans Olav Hygen
1030 Elements to excellence in publishing – Jardar Lohne
1130 Vancouver schmancouver – what consequences for the research practice of Klima 2050? Jardar Lohne, discussion.
1300 Lunch
1400 Retour to Trondheim





Mastergrader i senteret – gode fagfolk

- Målsetning om minst **50 mastergrader** i Klima 2050
- Kandidatene kan vise seg frem for våre partnere
- Partnerne blir kjent med kandidatene gjennom våre samarbeidsarenaer



Best awards 2016:

BNL-sjef Jon Sandnes delte ut Næringslivsringens pris for beste master til Mareike Anika Becker



KLIMA 2050

CONSORTIUM

Private sector

SKANSKA

MESTERHUS

Multiconsult

Finans Norge

SKJÆVELAND
GRUPPEN

NORGESHUS

weber
SAINT-GOBAIN

isola

powel

Public sector



Statens vegvesen



Noregs
vassdrags- og
energidirektorat

AVINOR



Jernbane-
direktoratet

STATSBYGG



TRONDHEIM KOMMUNE

Research & education

SINTEF

BI

NTNU

Meteorologisk
institutt

NGI

Hovedmål:

Klima 2050 vil redusere samfunnsmessig risiko forbundet med klimaendringer, økt nedbør og flomvann eksponering i det bygde miljø



© SINTEF Byggforsk



Bakgrunnener tydelig i Norge

2016



Illustrasjonsfoto: Svanhild Ringheim / NTB scanpix

Fare for flom og skred på Vestlandet

2017

Drukner i arbeid etter storflommen

Takst- og saneringselskaper kommer ikke ajour med arbeidet etter storflommen i Sør-Norge i forrige uke. Nå hentes fagfolk fra hele landet inn for å bistå.



Takstmenn og selskaper som skal renovere etter flom har mye å gjøre.
FOTO: ODD RØMTELAND / NRK





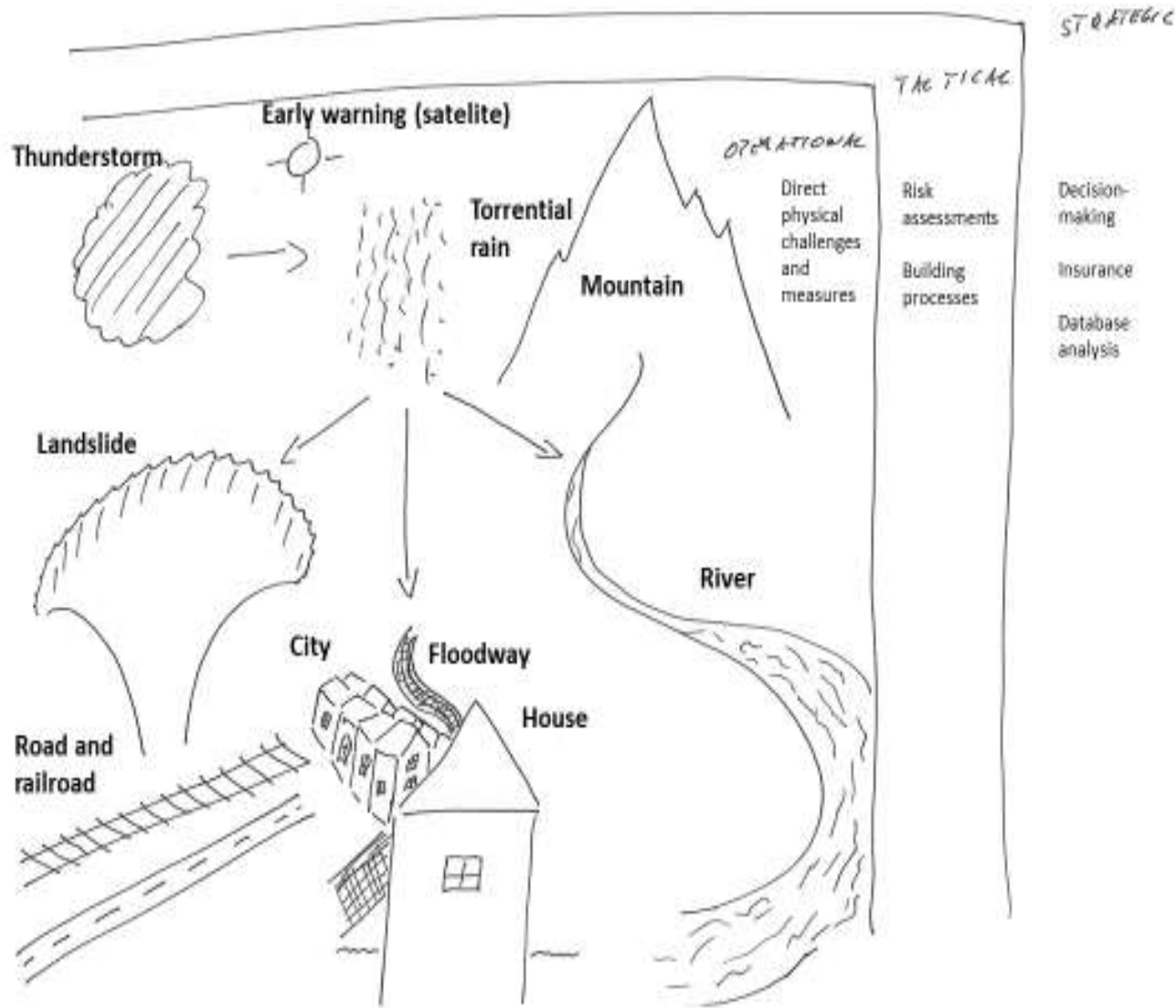
Utgangspunktet

Hovedutfordringen

- Det blir varmere
- Det blir våtere
- Nedbøren kommer oftere som styrtregn (intens nedbør over kort tid)



Illustration of the system affected by increased torrential rain



➔ Arbeidsområder

WP 1

Klimaeksponering og fuktsikre bygninger

WP 2

Overvannshåndtering i små nedbørsfelt

WP 3

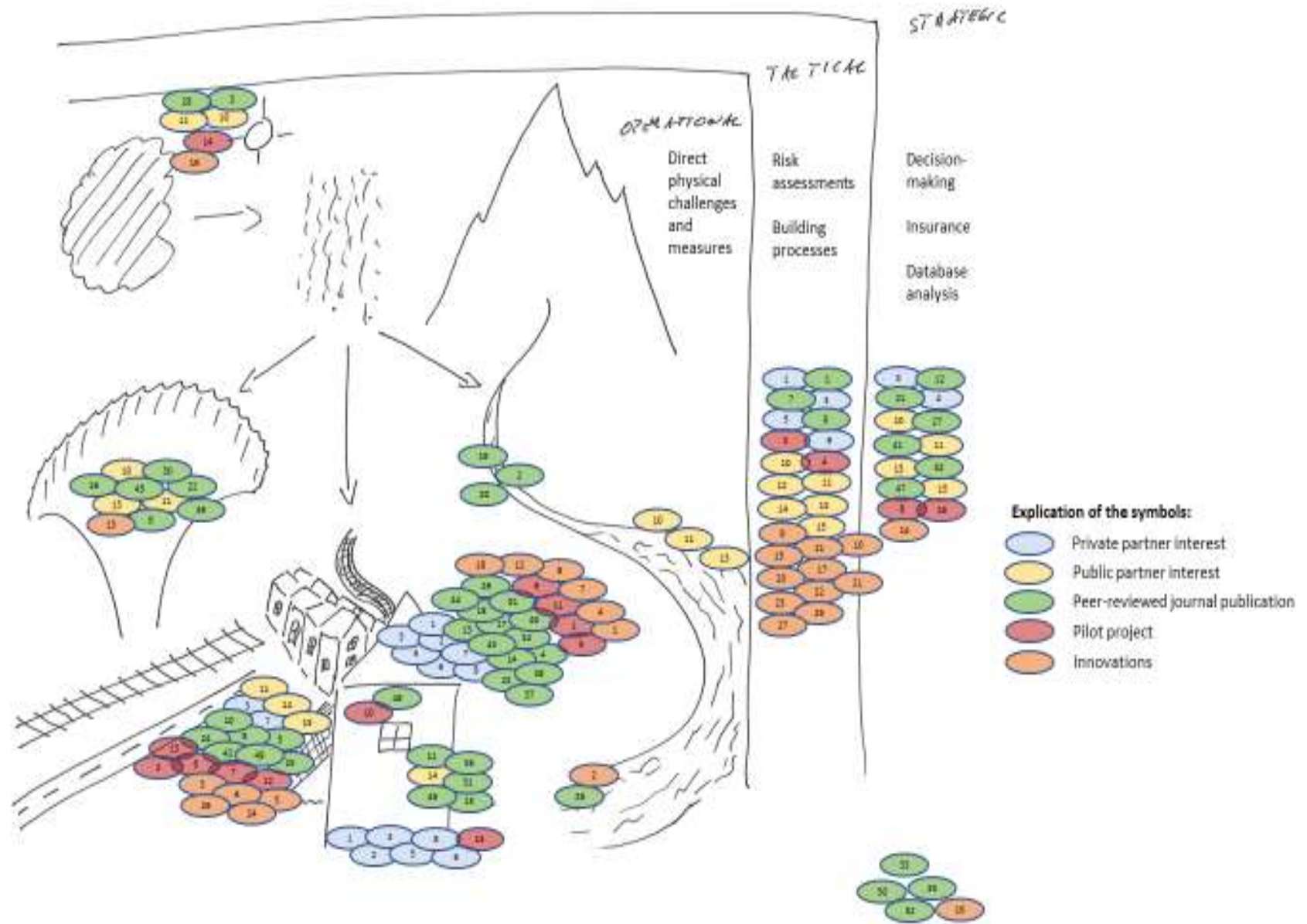
Vannutløste skred

WP 4

Beslutningsprosesser og påvirkning

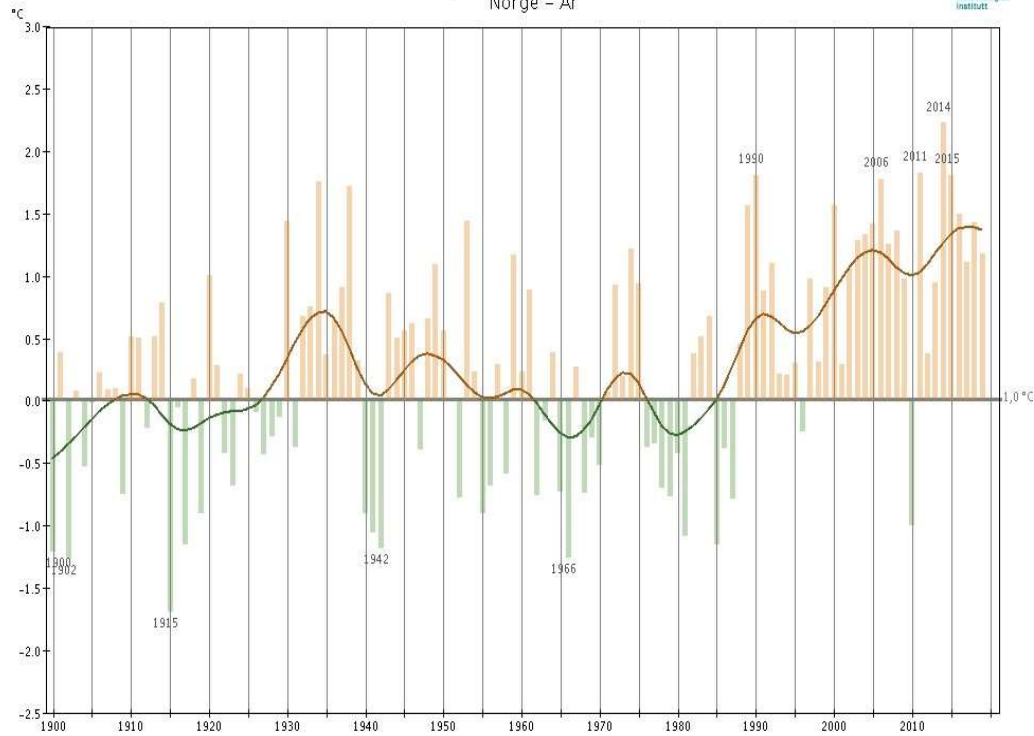


Partner interest, research results, pilot projects and innovations

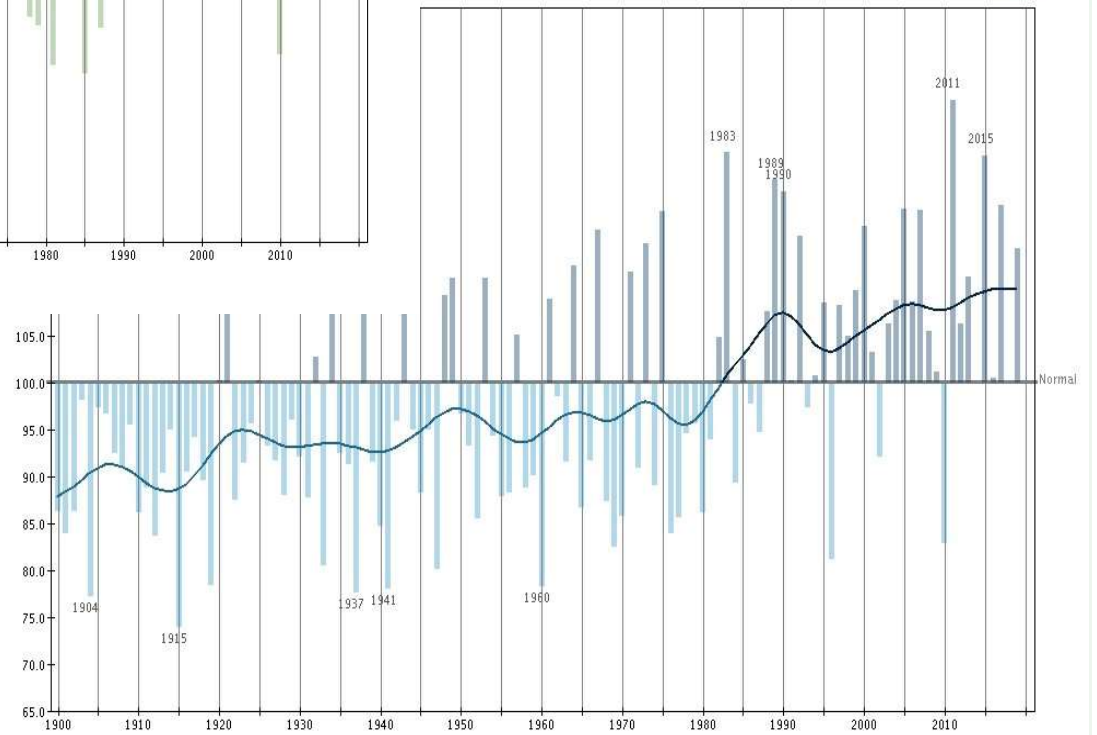




Temperaturavvik fra normal
Norge - År

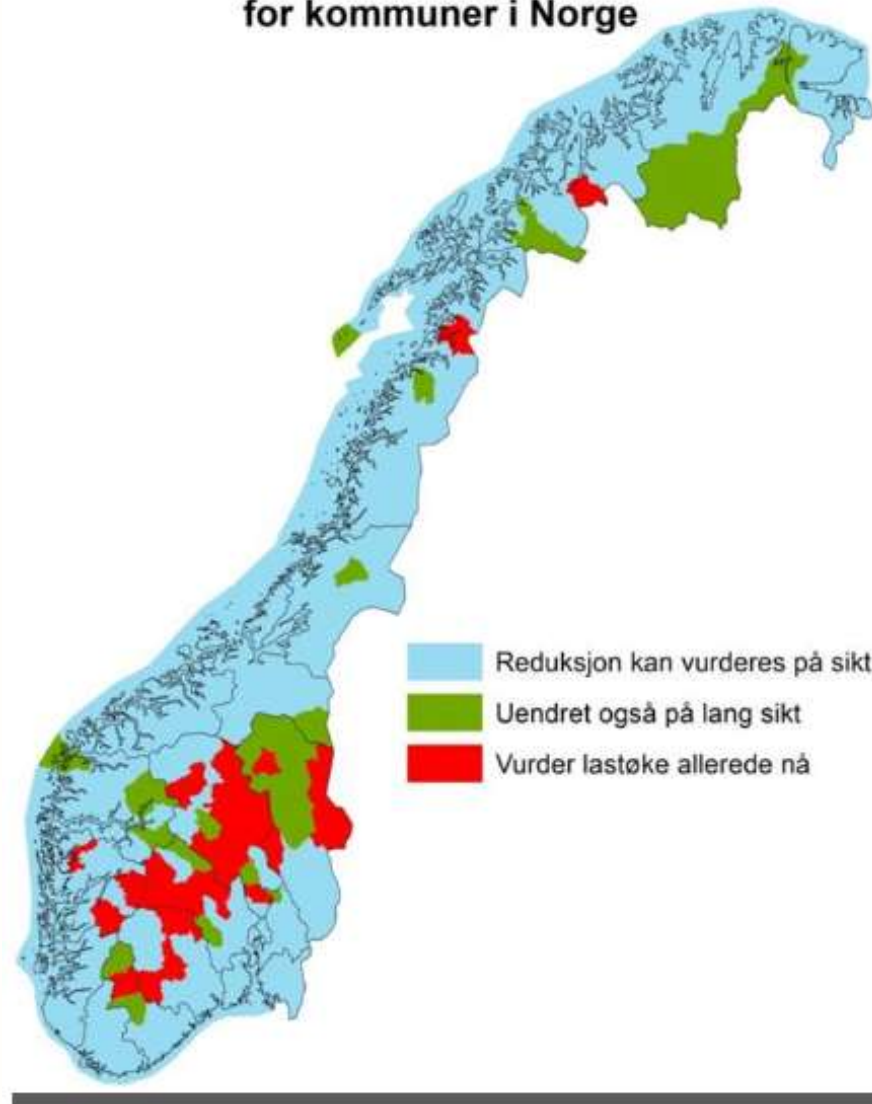


Nedbør i % av normalen
Norge - År





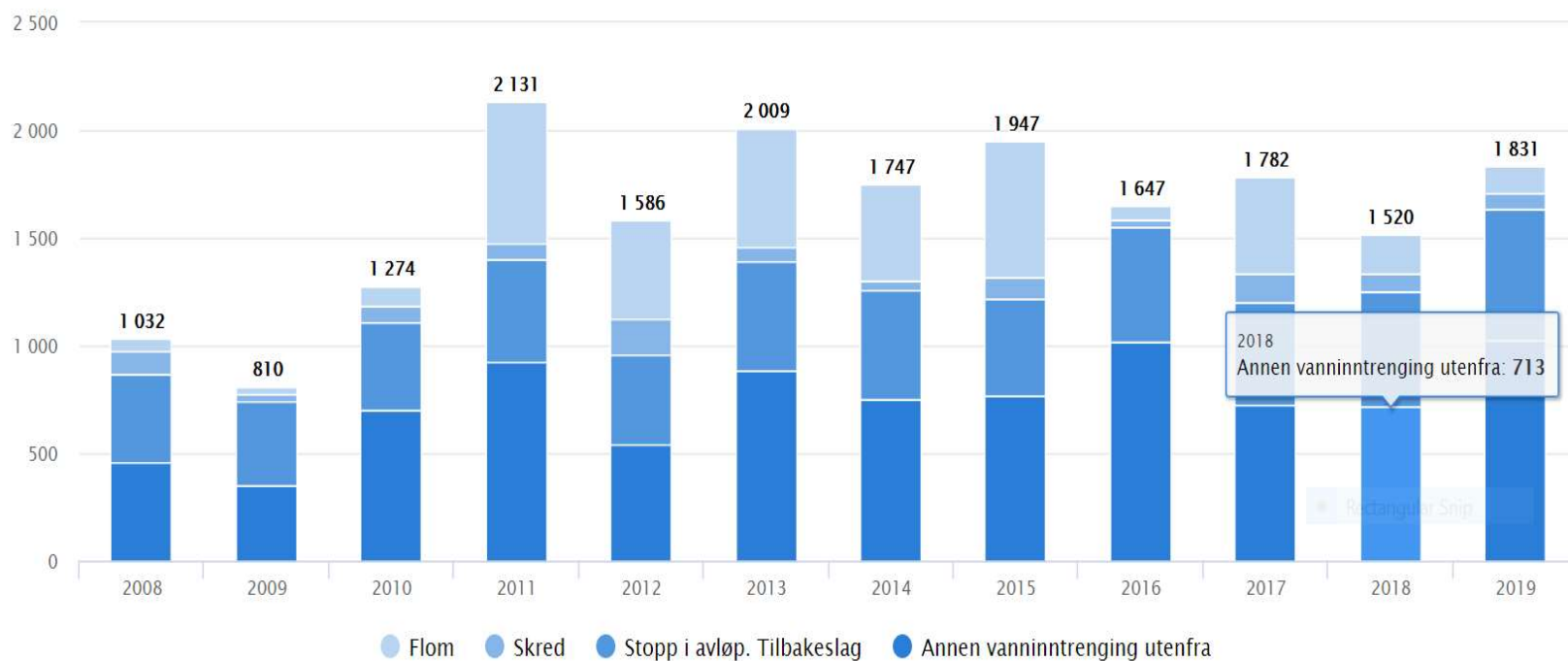
Anbefalte endringer i snølast for kommuner i Norge



Erstatning etter vannskader på bygning/innbo som følge av nedbør

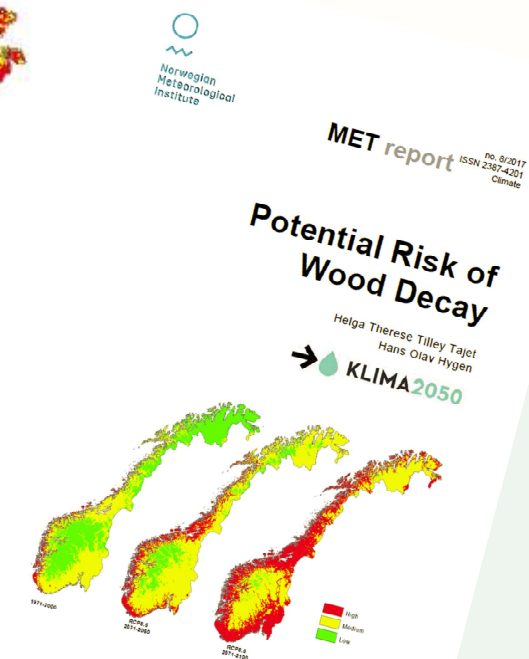
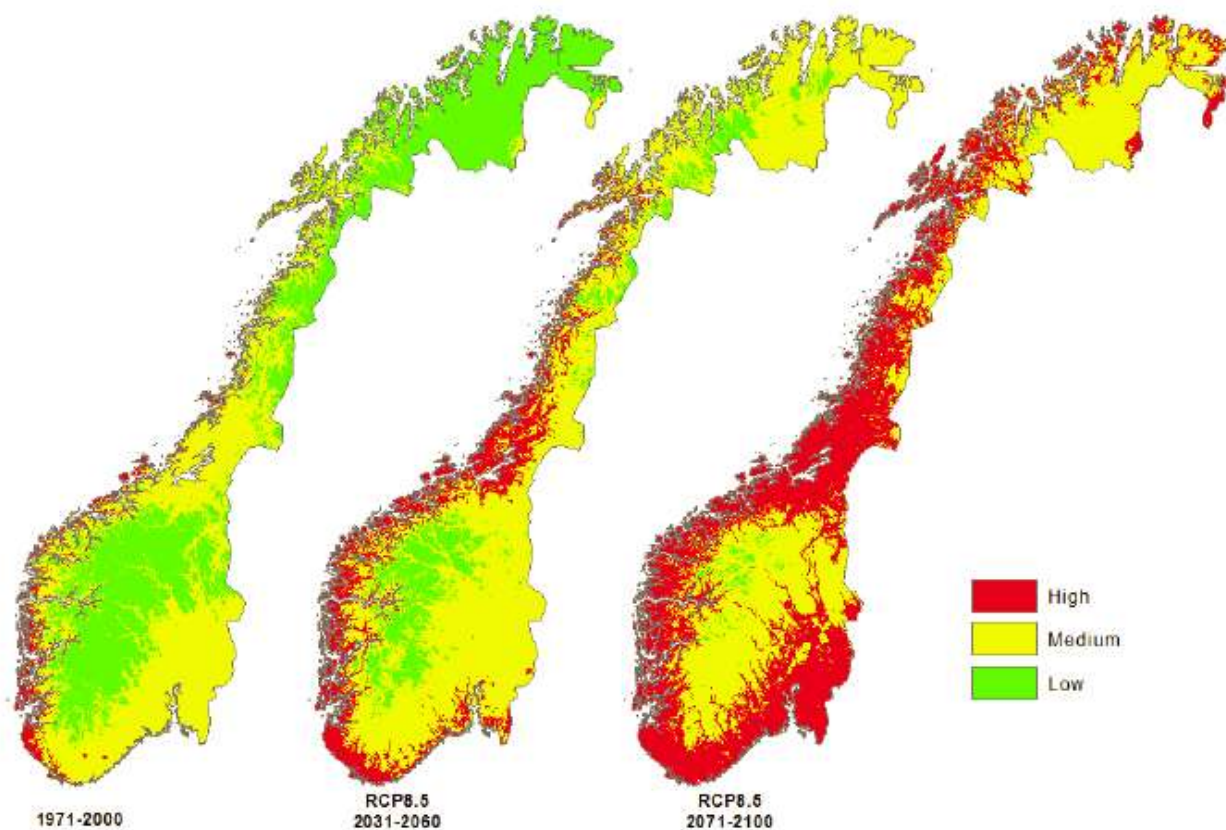


Millioner kroner. KPI-justert



Kilde: Finans Norge og Norsk Naturskadepool

Økt risiko for råteskader i treverk



Tajet, H.T.T & Hygen, H.O: Potential risk of wood decay. MET report no. 8/2017. ISSN 2387-4201

Vinteråpne regnbed

Åpne overflateløsninger som regnbed avhenger av at vann infiltrerer bakken. Mer nedbør og mer våt vinternedbør gjør slik infiltrasjon stadig viktigere også i vinterhalvåret. En fersk masteroppgave fra NTNU har funnet stor endring i regnbeds infiltrasjonsevne fra høst til vinter.

Sondre Balstad
og Tone Muthanna
Institutt for bygg- og miljøteknikk

Edvard Sivertsen
SINTEF Byggeforsk

Regnbed er vegeterte forsøkninger, bygget for å redusere volumet av overvann gjennom infiltrasjon til bakken og/eller holde det tilbake. Det er ofte usikkert hvilken infiltrasjon man kan regne med i åpne overvannsløsninger som regnbed, spesielt på vinters tid. Målet med masteroppgaven til Sondre Balstad har vært å undersøke hvordan infiltrasjonsevnen endrer seg fra høst til vinter. Arbeidet har vært utført i tett samarbeid med Klima 2050.

Hvorfor er det viktig med infiltrasjon om vinteren?

Med klimaendringer er det forventet mer regn og varmere temperaturer vinterstid. Vinteren er ikke lenger en tid hvor snøen ligger og venter på at bakken skal tine. I stedet avleser frost og smelteforhold hverandre stadig hyppigere, noe som utfordrer bruken av regnbed. Lite forskning er imidlertid utført på infiltrasjonsevnen til regnbed vinterstid.

Fremgangsmåte

Det undersøkte regnbedet er en del av Åsveien skole i Trondheim. Fokus for undersøkelsen har vært såkalt mettet hydraulisk konduktivitet (Ksat). Ksat er et vanlig mål på jordens evne til infiltrasjon. Det har blitt fokusert på at metoden skal være enkel og rimelig. Derfor ble det valgt å bruke den modifiserte Phillip-Dunne infiltrometer-metoden (MPD). Dette gjør målingene lettere etterprøvbare. Metoden går ut på å montere plastylindere i regnbed. Sylinderne fylles så med vann og vi registrerer hvordan vannstanden endrer seg som underlag for beregning av Ksat. Slike målinger er gjort med jevne mellomrom i regnbedet gjennom vinteren 2016/2017.

Tidligere har MPD-metoden primært blitt brukt på forhold som ligner norsk vår og sommer. I februar



Måling av infiltrasjonsevne til regnbed ved Åsveien skole i Trondheim.

Foto: Sondre Balstad.

2017 var det ikke mulig å presse plastylindrene langt nok ned i jorden for å gjøre målinger (krav om 5 cm). Vi har derfor ingen måleresultater i februar. Løsning for mars ble en metallylinder montert i enden av plastylinderen. Metallylinderen kan slås ned i froset jord med hardere kraft enn plastylinderen.

Stor forandring i infiltrasjon

Målingene viser en markant nedgang i Ksat fra 1 cm/time (oktober) til <0,10 cm/time (november, januar og mars). I mai ble Ksat målt til 3 cm/time. Dette er mye lavere enn hva som er anbefalt (Ksat > 10 cm/time). Simuleringer viser at andelen av vintermedbøren

som infiltreres/dreneres i regnbedet synker fra ca 60 % til ca 20 % når Ksat går fra 1 cm/t til 0,10 cm/t.

Betydning av forandring i vanninnhold

I analysen av prøveresultatene ble det oppdaget at ved målinger med Ksat < 0,1 cm/time hadde forandring i vanninnhold i bakken lite å si på verdien av Ksat. For høyere verdier hadde den derimot betydelig påvirkning. De fleste av målingene ble avsluttet etter en time. I datanalsen av prøveresultatene ble det observert en stor forskjell mellom målinger hvor vannstanden hadde gått til null og hvor den hadde blitt avsluttet før. For

å gi mest mulig realistiske verdier ble det lagt til verdier som fulgte trenden til målingene. Dette ga en mye mer realistisk sammenheng mellom økning i vanninnhold og Ksat.

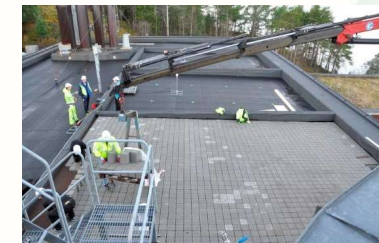
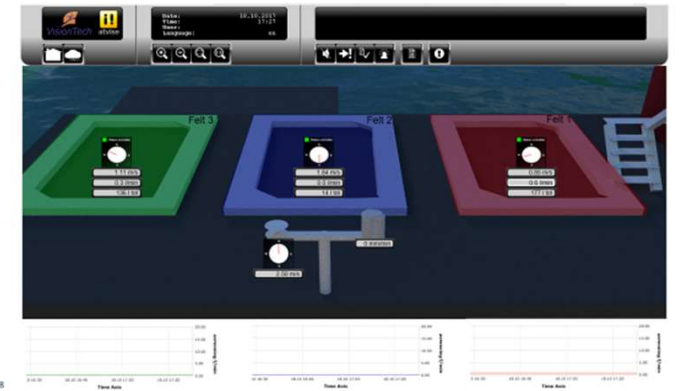
Anbefaling

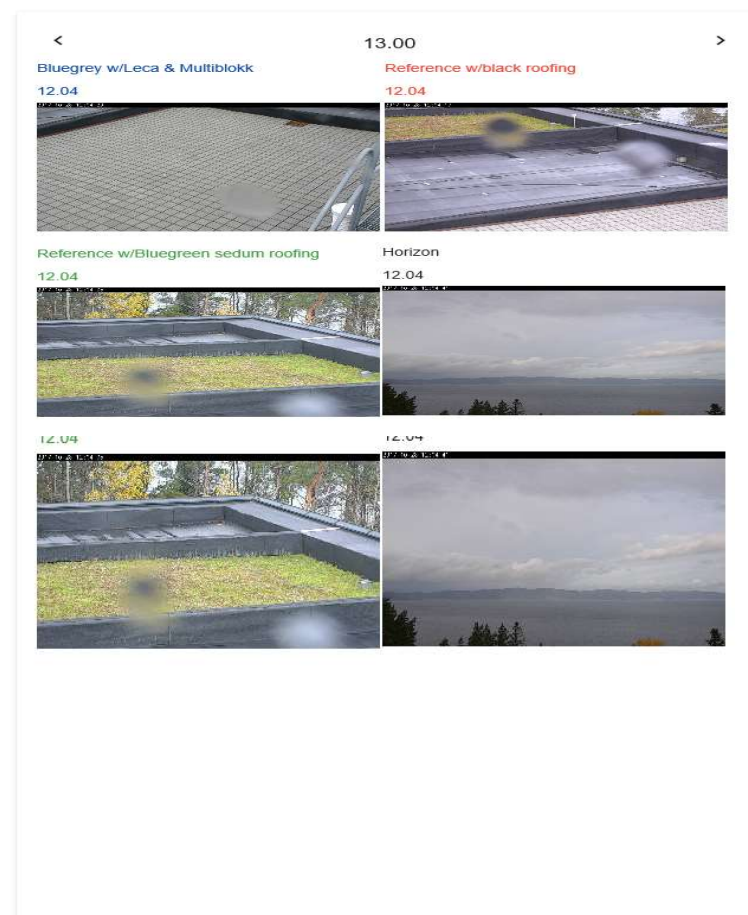
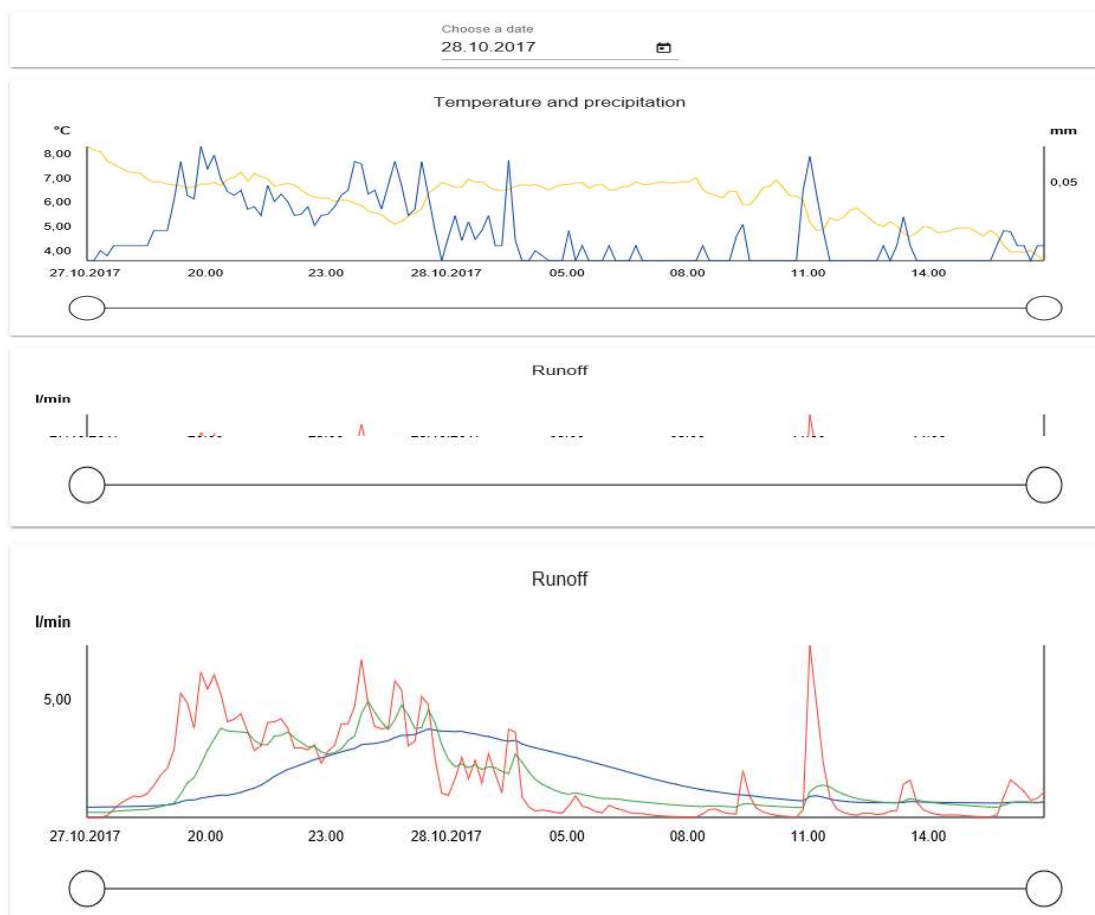
Undersøkelsen viser at man kan forvente stor nedgang i infiltrasjonsevne fra høst til vinter. Dette viser viktigheten av å ta hensyn til begrenset mulighet for infiltrasjon om vinteren. Forholdene i vinterhalvåret vil for mange steder være kapasitetsbestemmende. Vi anbefaler derfor å velge jordmasser i regnbed som gir større infiltrasjonsevne



Blå-grå/blå-grønne tak

Etablert stort testfelt i Trondheim





Følg målingene!

<http://www.klima2050.no/hovringen-data>

Flomrisikomodeller for små nedbørfelt

Flom i små nedbørfelt er et økende problem for infrastruktur som kulverter og stikkrenner ved veier og jernbane. I Klima 2050 utvikler vi hydrologiske modeller som verktøy for å analysere lokale flommer, studere effektene av endringer i klima og arealbruk, og vurdere strategier for å hindre at flommer skader eller ødelegger infrastruktur i vassdrag.

Aynalem Tesochew Tsegaw og Knut Alfredsen
Institutt for bygg- og miljøteknikk

I et fremtidig klima med mer lokal og mer intens nedbør vil hyppigere lokale flommer og dermed flomskader forekomme. Infrastruktur for håndtering av vann i sammenheng med veier og jernbane er utsatt. Skader på slik infrastruktur fører til både kostnader ved reparasjon og kostnader for samfunnet ved at transport av personer og gods stopper opp eller blir mindre effektiv. Skadene kan skje direkte ved at flommen overskrider det infrastrukturen er dimensjonert for, eller indirekte gjennom utløsning av flomskred, transport av sedimenter og andre materialer som fører til tilstopping eller erosjonsskader på infrastrukturen. I slike situasjoner er det viktig med verktøy for dimensjonering og håndtering av risiko. Verktøyet må ta hensyn til fremtidig nedbør, endringer i nedbørfeltet som påvirker flomstørrelsen, og andre faktorer som kan føre til at funksjonen til for eksempel kulverten blir redusert.

Utfordringer ved planlegging i små nedbørfelt

En stor utfordring ved flomrisikoanalyser er mangel på detaljerte data der skader har skjedd. I tillegg har vi en generell mangel på da-



Skade på kulvert på grunn av flom i Kviby.

Foto: Magne Kveseth, Altaposten.

ta for de små nedbørfeltene. Dette gjør en tradisjonell tilnærming med bruk av hydrologiske modeller vanskelig da det ikke er mulig å kalibrere modellen direkte for de nedbørfeltene vi er interessert i. Dette er en ulempe, da hydrologiske modeller kan være et svært nyttig verktøy for å gjøre den type analyser vi er ute etter.

Muligheter

Gjennom bruk av hydrauliske modeller kan vi direkte simulere flomtopper fra nedbør og klimadata. Vi kan bruke scenarier for klima i fremtiden for å finne hva de betyr for avrenning og flom. Vi kan se på hvordan endringer i nedbørfeltet påvirker avrenningen og vi kan simulere vannmetning i grunnen med tanke på skred. Vi kan også estimere data for vurdering av erosjonsfare og transport av sedimenter. Alle disse studiene er viktige for vurdering av fremtidig risiko for infrastruktur, både for planlegging av

beskyttelsestiltak for eksisterende infrastruktur og for planlegging av ny infrastruktur.

Plan for forskning

I PhD-prosjektet til Aynalem er målet og tilpasse en hydrologisk modell for korttidssimulering, for så å anvende denne som et verktøy for scenariosimuleringer og som et ledd i risikovurderinger av infrastruktur.

For å finne en løsning på problemet med manglende data, er det satt i gang et samarbeid med Thomas Skaugen ved NVE. I samarbeidet setter vi opp den hydrologiske modellen DDD (Distance Distribution Dynamics) med tidsoppløsning på en time for de små nedbørfeltene som det finnes data for. Modellen DDD er utviklet for bruk i umålte felt siden den har relativt få parametere som må kalibreres.

Vår samling av kalibrerte hydrauliske

modeller vil bli brukt til å utvikle sammenhenger mellom modellparametere og feltkarakteristikker som kan hentes fra et eksempel geografiske informasjonssystem. På denne måten kan vi flytte modellen fra de målte feltene som vi har tilpasset, og til de umålte feltene vi ønsker å simulere. Gjennom denne regionaliseringen får vi etablert et modellverktøy vi kan anvende til å simulere vannføring i typiske felt som drenerer til den infrastrukturen vi er interessert i.

Målet vårt er å bruke den regionaliserte modellen til å simulere grunnlagsdata for å gjøre studier av arealbruksendringer. Vi vil også bruke modellen til å se på effekt av ulike klimascenarier på avrenningen fra små felt og effekten dette har på infrastruktur. I samarbeidet med Klima 2050 konsortiet vil simuleringene bli brukt for å vurdere tiltak og risikohåndtering.



Overvann forurenses med tungmetaller fra blant annet biltrafikk.

Foto: Audhild Bakken Rognstad.

Vannrensing med søppelrester

Hvis vi kan rense overvann for tungmetaller ved hjelp av bunnaske fra avfallsforbrenningsanlegg, slår vi to fluer i én smekk: Vannrensing og gjenbruk av avfall. En nylig avlagt masteroppgave ved NTNU viser at dette kan være mulig.

Audhild Bakken Rognstad og Tone Herete Muthonna
Institutt for bygg- og miljøteknikk

Tungmetaller er ikke nedbrytbare i naturen og vil dermed kunne bioakkumuleres. De kan derfor gi alvorlige kort- og langtidsvirkninger for både flora og fauna. Tungmetaller kommer fra for eksempel kjøretøy, industri og slitasje på bygninger. I regnvær vil disse havne i overvannet. Filter tilsatt adsorbenter for å forbedre fjerninga av den oppløste fraksjonen av tungmetaller fra overvann oppnår stadig større interesse hos forskere. Adsor-

benten kan være et materiale som vanligvis defineres som et avfallsprodukt. Dette kan for eksempel være sagmugg eller bark fra skogbruk, avfall fra gruvedindustrien eller aske fra kullforbrenningsanlegg.

Bunnaske med store partikler
I sin masteroppgave har Audhild Bakken Rognstad gjennom pilot-skala laboratorieforsøk undersøkt kapasiteten bunnaske fra avfallsforbrenningsanlegg har til å fjerne tungmetaller fra overvann. Tidligere forskning har vist at mindre partikkelstørrelser av bunnaske har god adsorpsjonsevne, men at de har et stort lekkasjepotensiale av uønskede stoffer. Derfor har vi sett på større partikler av bunnaske – større enn 12,5 mm – som kan ha god adsorpsjonsevne og lavere lekkasjepotensiale.

Adsorpsjonstest
Et batch-adsorpsjonsforsøk ble først gjennomført for å undersøke den teoretiske adsorpsjonskapasiteten til bunnaske. Her ble fem forskjellige konsentrasjoner undersøkt. Resultatene viste at bunnaske

hadde evne til å adsorbere 92-100 % av tungmetallene Cu, Ni, Pb og Zn. Etter at disse lovende resultatene ble funnet, ble det gjennomført et kolonneforsøk. Kolonner med høyde 400 mm og 100 mm diameter ble brukt. Et syntetisk overvann bestående av springvann tilsatt 2 mg/L Cu, Pb, Zn og Ni ble beryttet og følgende hydrauliske belastninger ble undersøkt; 100 ml/min, 200 ml/min, 300 ml/min og 400 ml/min. Belastningen simulerte større regnværshendelser for å se om de påvirker rensegraden. Resultatet viste at rensegraden går ned ved økt hydraulisk belastning, men at den øker til nivået før belastningen når den hydrauliske belastningen går ned. Generelt ble det observert en lovende adsorpsjonsevne for materialet. Det viste seg at levetida til bunnaske som adsorpsjonsmateriale, kan være 15 år dersom en rensegrad for bly på 60% var ønsket.

Lekkasjeundersøkelse
Siden bunnaske kommer fra forbrent søppel, kan den inneholde

stoffer som er farlige for miljøet. En pH-avhengig lekkasjetest ble utført med den europeiske standarden CEN/TS 14429 som retningslinje. Dette for å evaluere lekkasjepotensialet til bunnaske. pH 4, askas naturlige pH (-10) og pH 12 ble undersøkt. Lekkasjetesten viste at bunnaske i hovedsak hadde lavere lekkasjeverdier enn utvalgte grenser for overvann gitt i norske og svenske retningslinjer.

Lovende resultater
Resultatene viser at stor fraksjon av bunnaske fra avfallsforbrenningsanlegg kan benyttes som materiale i sorpsjonsfiltre for å fjerne tungmetaller i overvann. Praktisk i dag er at bunnaske legges på deponi. Vi kan altså ha funnet et bruksområde for aske. En utfordring er at bunnaske fra forbrenningsanlegg er et heterogent materiale. Innholdet og dens egenskaper vil kunne variere fra anlegg til anlegg og tidspunkt til tidspunkt. Vi oppfordrer derfor til mer forskning for å framskaffe ytterligere lekkasje- og adsorpsjonsdata for det lovende filtermaterialet.



BÅDE GAMLE OG NYE KJELLERE ER UTSATT FOR FUKTSKADER. Kan løsningene forbedres for å øke fuktsikkerheten?

Foto: Silje Asphaug. Illustrasjon: Byggeforskeren

Bedre løsninger for konstruksjoner under bakken

Dagens bygninger må tåle et stadig tøffere klima. FoU-programmet Klima 2050 setter søkelyset på hvordan bygningsdeler mot terreng bør utformes for å øke fuktsikkerheten.

Kontakt:

Silje Asphaug

Alle prognoser peker mot et varmere, våtere og villere vær. Vi kan forvente mer intens nedbør med større og hyppigere flommer. Det betyr tøffere påkjenninger for bygninger og infrastruktur. Det er viktig at fremtidens bygninger utformes for å tåle et fuktigere klima. Dette gjelder kanskje spesielt for bygningsdeler mot terreng der fuktskader allerede er en stor utfordring. Ved å øke kunnskapen omkring de bygningsfysiske prinsippene som påvirker fuktforholdene i og omkring bygningsdelene, kan det utvikles nye og mer fuktsikre løsninger og materialer.

Endret fuktbelastning med lokal overvannshåndtering

Overvann er en samlebetegnelse på nedbør og smeltevann som renner av på tette overflater. Tradisjonelt håndteres overvann ved at vannet ledes ned i rør og bort fra bygningen via det lokale avløpsnett, men med økt urbanisering og mer nedbør klarer ikke dagens avløpsnett i byer og tettsteder alltid å håndtere overvannet. For å

unngå overbelastning vurderer flere kommuner å innføre krav om at overvann skal behandles lokalt, dvs. på egen tomt. I Klima 2050 jobbes det med nye løsninger for lokal håndtering av overvann der vann fra nedbør og snøsmelting blant annet skal kunne infiltreres og fordrøyes i bakken. Lokal overvannshåndtering og mer nedbør vil kunne medføre at fuktbelastningen på bygningsdeler mot terreng øker.

Også nye bygg får skader

Vegg- og gulvkonstruksjoner mot terreng er spesielt utsatte for skader som følge av store nedbørsmengder, kuldebroer og setningsproblemer. Også nye bygninger er utsatte for fuktskader. Uheldig plassering av isolasjon, dårlig drenering og/eller utletheter i ytterveggen er blant årsakene. Samtidig er det i næringen faglige uenigheter om hvordan nye konstruksjoner bør utformes og lite grunnleggende forskning er gjort for å underbygge dagens anbefalinger. Plassering av dampsperrer, mengde og type isolasjon og plassering av denne samt plassering av grunnmursplater er noen eksempler. Det er behov for mer kunnskap og et bedre grunnlag for å kunne vurdere fuktforholdene i bygningsdeler mot terreng og utvikle nye løsninger og materialer som er bedre egnet for dagens og fremtidens klimautfordringer.

Ny kunnskap skal gi nye løsninger

Klima 2050 er et senter for forskningsdrevet

innovasjon (SFI), som over en åtte år lang periode skal utvikle ny, innovativ kunnskap for å redusere samfunnsrisikoen ved klimaendringene. PhD-kandidat Silje Kathrin Asphaug skal gjennom sitt doktorarbeid forske på fuktsikkerhet i bygningsdeler mot terreng. Målet vi bygger kjellere på i Norge i dag er i stor grad basert på praktisk erfaring, feltundersøkelser av løsninger der skader har oppstått og forenklede beregninger av et fåtall konstruksjoner. Gjennom målinger og utvikling av mer avanserte beregningsmetoder skal Asphaug blant annet se på hvordan fuktforholdene i bakken påvirkes av endringer i klima, og om uttankingsevnen og fuktsikkerheten i yttervegger mot terreng kan økes ved å utnytte naturlig konveksjon i permeable materialer.

Økt kunnskap om de bygningsfysiske prinsippene som påvirker fukt og varmetransport i bygningsdeler mot terreng, vil kunne danne et grunnlag for utvikling av nye fuktsikre løsninger og materialer som kan tåle et stadig fuktigere klima. Doktorgradsarbeidet vil gjennomføres i tett samarbeid med partnere i Klima 2050. Kunnskapen skal danne grunnlag for å inspirere til å utvikle produkter, løsninger og metoder som er robuste, bestandige og kostnadseffektive, med lav risiko for fuktskader.

Når taket dør

I Norge har vi lang tradisjon for og gode erfaringer med torvtak på skrå takfla er. Med blå-grønne tak utsetter vi det grønne taket for større påkjenninger enn våre tradisjonelle torvtak. Taktypen er ikke uten utfordringer, og noen ganger dør taket.

Bridget Thodesen (NTNU)
og Berit Tjøve (SINTEF)

Med økt urbanisering og forespelt klimaendringer med økt frekvens av lokal, kortvarig og intens nedbør er det behov for og ønske om å bruke blå-grønne tak som en aktiv del av den lokale overvannshåndteringen. De grønne takflatene benyttes da bevisst for å øke både fordampningen og fordrøye avrenningen. I et PhD-studie under utførelse i Klima 2050 er nordiske erfaringer og forskningsbehov for grønne tak kartlagt.

Blå-grønne løsninger

Tidligere behandlet ingeniører, planleggere og entreprenører «grønne løsninger» (hager, tak, terrasser, parkeringsplasser og andre grønntområder) og «blå løsninger» (dreneringsystemer, dammer) separat. I begrepet blå-grønne løsninger legger en tverfaglig tilnærming av vannhåndtering og grønne områder.

Fordrøyningseffekt og behov for gode data

Ved regn vil det blå-grønne taket redusere intensiteten i avrenningen, det vil si mengde vann som renner av per tidsenhet. I tillegg vil mer vann fordampe fra takflaten enn fra en tradisjonell takdekning. Fordrøyningseffekten til det grønne taket er knyttet til dreneringslaget, vekstmediet og selve vegetasjonen, se figur 1. Effekten varierer med sammensetning og tykkelse på de ulike lagene. I tillegg har værforholdene og påført vannmengde stor innvirkning. For å kunne utnytte fordrøyningseffekten til det grønne taket som en del av overvannshåndteringssystemet, må vi ha gode data for å kunne predikere og dimensjonere denne effekten. Slike data er mangelfulle i dag.

Klimoutfordring

Grønne tak med samme oppbygging gir ikke samme effekt i ulike klimasoner. Studier tyder på at jo mindre vannmettet vekstmedium er ved innfrysing, desto bedre er fordrøyningseffekten i



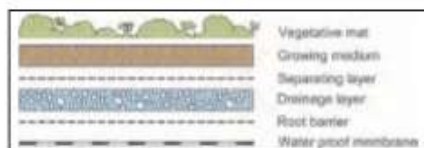
Sedumtak i Trondheim før og etter en litt for tøft vinter for taket. Høyre del av taket er fotografert ett år etter den venstre delen. Begge foto tatt i juli. Illustrasjon: Klima 2050

den påfølgende snøsmeltingen. Figur 2 viser Norden inndelt i ulike klimasoner. Kartet viser med tydelighet utfordringen med å bruke samme takløsning i Bergen med store nedbørmengder og få frostlag og i Helsingfors med mindre nedbør og kalde vintre. Mens taket står i fare for å drukne i Bergen, kan det fryse i hjel eller dø av tørke i Helsingfors.

Feltstudier og innovasjon

Utvikling av blå-grønne løsninger er en sentral del av Klima 2050. Gjennom etableringen av et stort prøvetakfelt på Høyningen i samarbeid med Trondheim kommune kan vi nå studere nærmere og kvantifisere effekten av ulike blå-grønne løsninger for håndtering av overvann i norsk klima gjennom målinger. Vår erfaring er at blå-grønne tak må tilpasses de variasjoner i klima vi har i Norge for å kunne prestere slik vi ønsker i det aktuelle overvannshåndteringssystemet. Det er spesielt effekten og kapasiteten i kaldt vær vi er interessert i.

Selve vegetasjonen er ikke en del av Klima 2050 sitt primære fokus. Vi fokuserer mest på den «blå» funksjonen av det blå-grønne taket. Andre prosjekter blant annet ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU) ser på klimautfordringene for vegetasjonen.



FIGUR 1. Prinsipiell oppbygging av grønne tak. Illustrasjon: Klima 2050



FIGUR 2. Klima er en utfordring for blå-grønne tak - Norden inndelt etter Kjøppen-Geiger klimaklassifisering. Illustrasjon: Meteorologisk institutt og Klima 2050



Murte fasader

- Nye anbefalinger for økt regnmotstand for murte fasader

Slapø, F, Kvande, T, Bakken, N, Haugen, M & Lohne, J:

Masonry's Resistance to Driving Rain: Mortar Water Content and Impregnation. Buildings 2017, 7(3), 70



Best med våt murmørtel

Fredrik Slapø og Tone Kvande
Kvalitet for bygg- og miljøforskning

Når murenen består av murstein og mørtel, er det viktig å sikre at mørtelen er tilstrekkelig våt når den legges på. Dette sikrer at mørtelen fyller de små spårene mellom mursteinene og danner en tett forbindelse. Forskere fra SINTEF har utført forsøk som viser at en høy vanninnhold i mørtelen gir en bedre regnmotstand for murverket.

murstein med 1,5% muliggjør våt mørtel. Dette betyr at det er mulig å bruke en mørtel med et vanninnhold på 170 mm (midtdels) og 190 mm (våt).

gav konstruksjonsmørtel med et vanninnhold på 170 mm (midtdels) og 190 mm (våt).

vægg med helt søgnetts er de ikke fra før. Det er noe vann som kommer inn gjennom søgnettsene. Men med et høyere vanninnhold i mørtelen, kan man få en bedre regnmotstand. Prøving i SINTEF sitt regnapparat viser klar sammenheng.



Bortkastet impregnering mot slagregn

Ulike impregneringsmidler benyttes for å bedre regnmotstanden i teglmurverk, men effekten er sårbær med tanke på ris og andre svakheter i murverket. Forsøk utført i SINTEF sitt slagregnskap viser at ingen av de undersøkte impregneringene fungerte godt selv for rissfritt murverk.

Fredrik Slapø og Tone Kvande
Kvalitet for bygg- og miljøforskning

Teglmurte forblendinger er robuste vegger, men de har en svakhet: de er rissfølsomme. Når det regner på mureverket, kan vannet trenge inn gjennom rissene og forårsake skade. Forskere fra SINTEF har utført forsøk som viser at ingen av de undersøkte impregneringene fungerte godt selv for rissfritt murverk.




Impregneringsbehov
Riktig utført impregnering kan gi en bedre regnmotstand for mureverket. Dette betyr at det er mulig å bruke en impregneringsmiddel som gir en bedre regnmotstand for mureverket. Forskere fra SINTEF har utført forsøk som viser at ingen av de undersøkte impregneringene fungerte godt selv for rissfritt murverk.

Slapø

Klimatilpasning mer enn tekniske løsninger

Landtering av klimaendringene er nært knyttet til

- Organisering, ansvar
 - Holdninger og adferd
 - Tilgjengelige ressurser
 - Verktøy, samarbeid, informasjon
 - kunnskap og kompetanse
- 

Eksempel på håndtering
av overvann.
Illustrasjon:
Link landskap



Gode nettverk gjør klimatilpasning mulig

Når vi skal sikre bygg og infrastruktur mot ekstreme klimapåkjenninger, holder det ikke å utvikle nye tekniske løsninger. Vi må også se på de underliggende samfunnsmessige barrierene. Mer samarbeid på tvers av kommuner og sektorer er ett av de viktigste tiltakene for å få tatt nye løsninger i bruk.

Kontaktpersoner:
Åshild Løppegard Hauge
(SINTEF), **Mia Ebeltoft**
(Finans Norge)

SINTEF har undersøkt hvordan utfordringer av praktisk, politisk og personlig art kan utgjøre drivere eller barrierer for klimatilpasning av bygg og infrastruktur. Intervjuer med eksperter i statlige og private organisasjoner viser at det er en lang vei å gå.

Resultatene er presentert i rapporten Klimatilpasning av bygninger og infrastruktur – samfunnsmessige barrierer og drivere.

Kommunene mangler kapasitet
Mye av ansvaret for lokal klimatilpasning av bygninger og infrastruktur tilfaller kommunene. En barriere for klimatilpasning er at ansatte i mange kommuner ikke har kapasitet utover løpende oppgaver. Da blir det vanskelig å til-

egne seg ny kunnskap og bidra til strategienkning. Klimatilpasning konkurrerer med andre typer prioriteringer i kommunene, og da må det politisk vilje og kunnskap hos kommunepolitikere til for å få klimatilpasning til å skje. Dette fordrer at kommunene har et tydeligere økonomisk ansvar for klimatilpasning.

Samarbeid på tvers av sektorer og kommuner

Klimatilpasning er også sektorovergrepene, og stiller store krav til samarbeid på tvers av avdelinger. I intervjuene for denne undersøkelsen, er det spesielt samarbeidet mellom vann- og avløpsstaten og plan og bygningsstaten som blir trukket fram som essensielt. Også samarbeid mellom kommuner som f.eks. deler samme vassdrag, blir sett på som en driver for klimatilpasning.

Undersøkelsen viser at kom-

muneplaner og risiko- og sårbarhetsanalyser bør ha klare føringer for klimatilpasning, og at planer og ROS-analyser kan brukes mye mer aktivt enn det gjøres i mange kommuner i dag.

Skadedata på felles plattform

Gjennom å få et tydeligere ansvar vil kommunen også i større grad etterspore og anvende skadedata (f.eks. forsikringsskadedata) som viser de sårbare områdene. Det arbeides i dag på nasjonalt plan med å samle og brettelegge for tilgang til data om skader etter naturhendelser. I dag ligger det databaser om flom og skred, kostnader, sikringstiltak, geotekniske data og lignende i mange varianter hos ulike statlige og private aktører. Felles databaser er aktuelt på mange områder, men krever statlig ansvar og koordinering.

Forsikring og kostnader

Forsikringsordningene i Norge gir ikke gode nok insentiver for klimatilpasning og forebygging. Tidligere forskning har vist at naturskade-forsikring, naturskadeerstatning og statens skjønnsmidler etter naturskade fører til gjenoppretting, ikke til forebygging av nye skader. Inter-

vjuundersøkelsen vår viser også at det er et stort behov for kost-nytleanalyser for klimatilpasningstiltak, både for konkrete forebyggingstiltak og for klimatilpasning på overordnet nivå. Dette er tema som Klima 2050 vil adressere, gjennom samarbeidspartnere på BI.

Nettverk for læring og holdningsendringer

Kunnskapsheving og endring av holdninger til klimatilpasning skjer lettest gjennom læring i nettverk. Sosialpsykologien viser at hva andre mennesker – de vi ønsker å ligne – gjør, kanskje er den sterkeste påvirkningen på holdninger. Vi ser til andre i vår omgangskrets for å finne ut hva vi bør gjøre i ulike situasjoner, og vi søker ros og anerkjennelse. Tidligere forskning har vist at også kommuner imiterer hverandres løsninger og klimafokus. Godt fungerende nettverk på tvers av kommuner, organisasjoner og statlige aktører som jobber med klimatilpasning er derfor en av de viktigste måtene å oppnå at nye tekniske løsninger for bedre klimatilpasning av bygninger og infrastruktur tas i bruk.



Et stort antall veiledere er utviklet for å forberede samfunnet på klimaendringene. IL: SINTEF Byggeforsk

Overveldende mange veiledere om klimatilpasning

Klimaendringer vil føre til økende belastning på bygninger og infrastruktur i Norge. For å forebygge skader, og forberede samfunnet på klimaendringene, er det de siste årene utviklet et stort antall veiledere i klimatilpasning.

Kontaktperson:
Åshild Løppegaard Hauge

I senteret for forskningsdrevet innovasjon Klima 2050 ønsket vi å skaffe en oversikt over veiledere i klimatilpasning med informasjon om hvordan man kan unngå skader på bygg og infrastruktur som skyldes overvann, flom og skred. Vi har gjennomgått 84 veiledere/nettsider, samt intervjuet eksperter i private og offentlige overordnede instanser som arbeider med innlæring av klimatilpasning.

For mange veiledere skaper forvirring

Ekspertene frykter at mengden veiledere kan føre til forvirring og usikkerhet hos beslutningstakere i kommuner og private organisasjoner, noe som i seg selv kan være en barriere for å oppnå klimatilpasning.

Den største andelen veiledere (22 %) handler om klimatilpasning av bygninger. 19 % handler om overvann, vannkvalitet, avløp og drenering. 14 % handler

om skred. 9 % handler om flom. 12 % prosent er om arealplanlegging og reguleringsplaner. 8 % av veilederne er om helhetlig planlegging. Ingen av veilederne om helhetlig planlegging forklarer koordinering mellom sektorer, hvordan man planlegger en beslutningsprosess og hvilke aktører som skal være en del av hvilke møter.

Mye bakgrunnsinformasjon – få praktiske tiltak

De fleste veilederne beskriver klimatilpasning på et generelt nivå, og fokuserer svært ofte på bakgrunnsinformasjon om klimaendringer heller enn å gå i dybden på praktiske tiltak. Det er et stort behov for beskrivelse av praktiske tiltak, spesielt for ansatte i mindre kommuner, som ofte mangler spesialkunnskap om prosjektering.

Hvem er målgruppen?

I mange av veilederne er det ikke spesifisert noen målgruppe, og det er dermed vanskelig å vite hvem de henvender seg til. Dette kan

gjøre kommunikasjonen mindre effektiv. De største andelen av veilederne er rettet mot en generell målgruppe (24 %), eller mot kommuner (31 %). Men ansatte i kommunene mangler ofte tid og kapasitet for å søke etter og lese veiledningsmaterieill om klimatilpasning. De har uttrykt ønske om en nettside som samler informasjon om klimatilpasning. Inntrykket blant ekspertene er likevel at nettsider som er mer temaspesifikke ser ut til å være mer i bruk enn generelle nettsider for klimatilpasning.

19 % av veilederne, anvisninger i Byggeforskserien, er kanskje hovedsakelig rettet mot private aktører i byggebransjen, spesielt rådgivere. Bortsett fra Byggeforskserien, er få veiledere spesielt rettet mot utbyggere/entreprenører eller tiltakshavere, men man kan håpe at veiledere med generell målgruppe når fram til disse. Private utbyggere står for 80% av reguleringsforslagene i norske kommuner, det kan derfor være behov for veiledere mynnet spesielt på utbyggere.

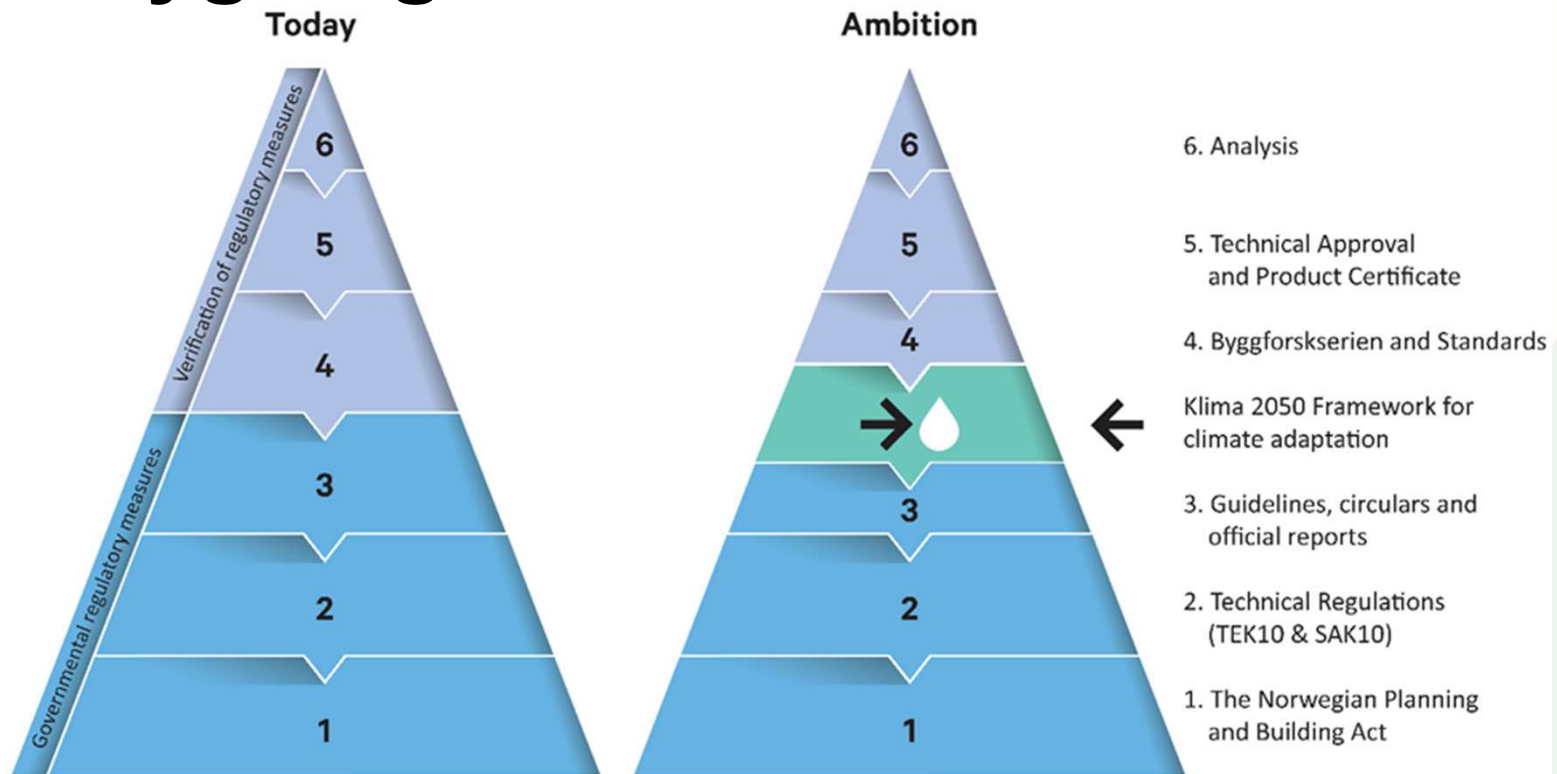
Fortsatt behov for egne veiledere om klimatilpasning

En enkel og rimelig form for kunnskapsspredning, ville være å tilpasse eksisterende veiledere til nye grupper, og spre veilederne i kanaler som kan nå fram til disse nye målgruppene. Det bør også vurderes å presentere veiledningsmaterieill på en annen måte enn før, som gir rask forståelse og muligheter for rask implementering av konkrete tiltak. Bakgrunnsinformasjon om klimaendringer bør være støtte litteratur.

Nettverk og opplæring har stor betydning for om veiledere blir tatt i bruk. For at veiledere skal tas i bruk, må brukerne også ha et reelt behov for informasjonen. Det vil si at bruken fordrer at beslutningstakerne har ansvar for konsekvensene av beslutningene. Bruken av veiledere – og beslutninger om klimatilpasning – påvirkes derfor også av forsikringsmekanismer og de økonomiske konsekvensene dette gir.



Rammeverk for klimatilpasning av bygninger

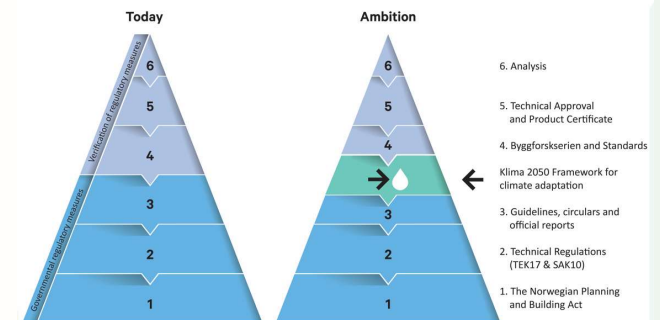
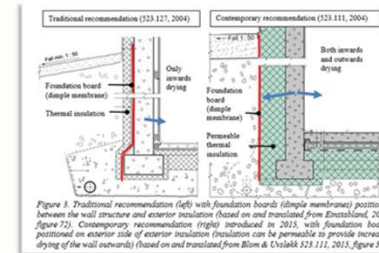


The hierarchy of the Governmental regulatory measures. **Level 1:** The Norwegian Planning and Building Act (performance-based). **Level 2:** The regulations on technical requirements for building works (TEK10) and The regulations relating to building applications (SAK10). These are in part performance-based. **Level 3:** Guidelines, circulars and official reports from the Ministry of Local Government and Modernization that the Norwegian construction industry consider as “Pre-accepted solutions”.



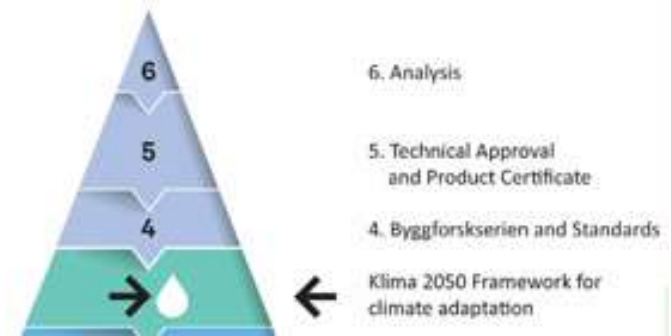
Innovasjoner for klimatilpasning - på ulike nivå

- Regelverket
- Kommuneplaner og byggesaker
- Robust teknologi
- Naturbaserte løsninger
- Insentiver og forretningsmodeller
- Kunnskapsspredning og læring





Rammeverket



Arbeider langs tre hovedakser;

- 1) Utvikling av en omforent definisjon av hva vi mener med en klimatilpasset bygning
- 2) Utvikling av reviderte og omforente klimadata og klimascenariedata for bygningsdesign
- 3) Utvikling av en helhetlig metode for analyse og drift av bygninger som gir et tilstrekkelig nivå for risikoreduksjon knyttet til klimaendringer og klimapåvirkning for bygninger og bygningseiere



Climate adaptation in FM

- 80% of the building mass of 2050 is **already built**. Maintenance and Operations Management and upgrades is therefore an important focus area regarding climate adaptation.
- A mapping of research projects concerning climate adaptation with Norwegian partners within the field of FM showed that most of the research focused on **legislative and strategic** implementation of climate adaptation.
- Lack of adequate research related to implementation of **technical solutions** in existing buildings.





Klimatilpasning i FDV planer

Hvordan kan klimatilpasning konkretiseres og inkluderes i forvaltning, drift- og vedlikeholdsplanlegging ?

Case studier ved 3 aktuelle bygninger hos partnerne Statsbygg, Avinor og Trondheim kommune



Statsarkivet i Kongsberg





Case Study: Large public building owners

Map routines and planning tools based on an analysis of **case buildings** to assess the strategy and main challenges of FM at large public building owners, trying to answer:

- What are the characteristics of present day MOM-system for **climate adaptation**?
- What are the **challenges** to these systems?
- How can these systems be **improved**?





Case Study: Findings from the on-site inspections



Pine needles clogging the roof drainage system.



Pine needles clogging the roof drains.



Case Study: Findings from the on-site inspections



Clogged ventilation aperture of the wooden cladding, and run-off towards the building (building A)



Pine needles stopping the run-off of rain water on the roof (building A)



Results and discussion

Strategies ensuring climate adaptation through FM and upgrade plans should be further developed

Checklists with key climate adaptation factors should be developed based on a systems, solution and component review

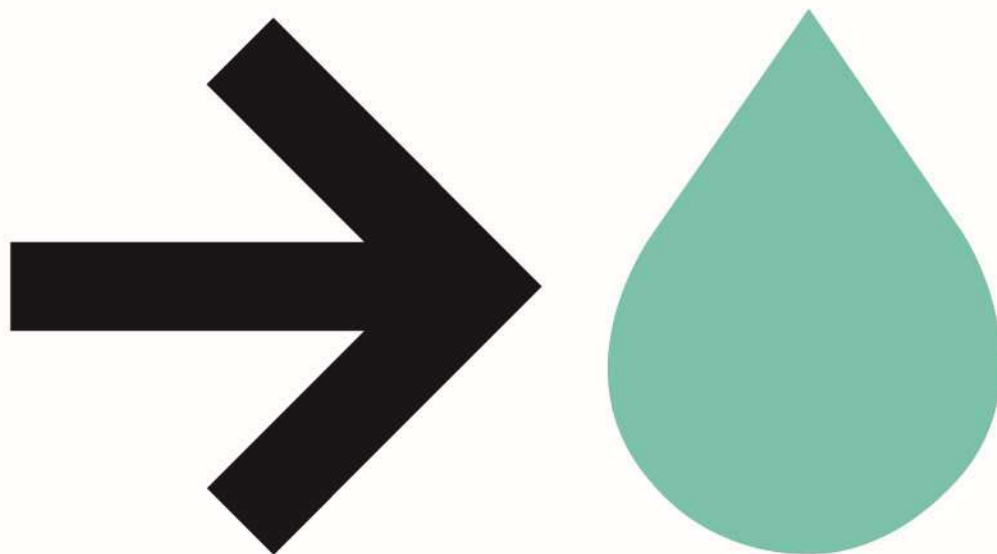
Systems, solutions and components that are key factors in ensuring climate adaptation should be refined and further developed

This must be done in close collaboration with the building industry to ensure that new developments are market-ready, useable and applicable for the entire building sector



Further work

- Compare the FM-systems of several large public building owners, to **map the characteristics** of present day climate adaptation work.
- **Find crucial focus points** to reduce the amount of damages, and increase the life span of the buildings.
- **Suggest specific improvements** to technical solutions and FM-routines.



www.klima2050.no