



SINTEF

# Verktøy for dimensjonering av blågrønne tak

Klimatilpasningsdagene, 20. september 2022

Edvard Sivertsen

[edvard.sivertsen@sintef.no](mailto:edvard.sivertsen@sintef.no)





SINTEF

# Overvannshåndtering i praksis med nye verktøy?

- Ny sjekklister for risikohåndtering
- Nytt beslutningsstøtteverktøy for å vurdere ytelse og robusthet
- Ny praktisk tverrfaglig verktøykasse (under arbeid)



SINTEF

# www.klima2050.no

[HOME](#) [ABOUT](#) [PARTNERS](#) [PILOTS](#) [PUBLICATIONS](#) [EVENTS](#) [NEWS](#)



## KLIMA 2050

**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 adaptation. The composition of the consortium is vital in order to being able to reduce the societal risks associated with climate change.



SINTEF

# PhD-studiet til Erlend Andenæs (NTNU)

Doctoral theses at NTNU, 2021:333

Erlend Andenæs

Risk assessment of blue-green roofs

Doctoral thesis

NTNU  
Norwegian University of Science and Technology  
Thesis for the Degree of  
Philosophiae Doctor  
Faculty of Engineering  
Department of Civil and Environmental  
Engineering

NTNU  
Norwegian University of  
Science and Technology

**KLIMA 2050**

RAPPORT  
Nr. 30 – 2022

**RISIKORAMMEVERK FOR  
BLÅGRØNNE TAK**

Erlend Andenæs, Berit Time,  
Tone Muthanna og Tore Kvande

FRA EKSPERTENE: NTNU

## Et tak av muligheter

Mangel på tilgjengelig areal på bakkenivå kan gi mange utfordringer i tettbygde bystrøk. Stadig flere ser nå på hvordan takarealer kan tas i bruk for å møte disse utfordringene. Men et tak kan ikke gjøre alt på en gang og risikovurderingen knyttes til valg av løsning er svært viktig.

**Erlend Andenæs**  
Institutt for bygg- og miljøteknikk

I byområder er plassmangel en stadig større utfordring. Et bygg møter mange krav og behov som helst skulle vært møtt ved å sette av rikelig med plass på bakkeplan. For eksempel skal tomter gjerne ha plass til – eller i det minste tilgang til – grøntarealer, overvannshåndtering, rekreasjonsområder, parkering og lokal strømproduksjon. I praksis vil ikke alt dette få plass på én gang, og mye må legges under bakken eller sløyfes helt. Som et alternativ kan noen av behovene oppfylles ved å ta i bruk takflater til brukstak.

### Ulike typer brukstak

I de senere år har det blitt stadig vanligere å bruke takflaten til energiproduksjon. Elektriske eller termiske solceller genererer energi når solen skinner og kan gi positive innbudd i strømregningen når strømprisen er høy. Driftskostnadene er små, men investeringskostnadene kan være store. Solceller er også avhengige av gode solforhold for å fungene godt, og det genereres minst stann midt på vinteren, når det trengs som mest.

Blågrønne tak til overvannshåndtering er også en populær måte å ta taket i bruk. Her brukes taket som et mellomlag for regnvann for å redusere belastningen på det lokale ledningsnett. Blågrønne tak kan være nyttige for biologisk mangfold og kan bygges lette nok til å være egnet ved ombyggingprosjekter. Det at taketingen tildekkes av planter og jord kan være både nyttig og utfordrende. Den blir utsatt for mindre slitasje fra sol, vær og trafikk, men på den annen side er det vanskeligere å oppdage og reparere lekkasjer i en tildekket takteknikk.

Den mest omfattende formen for brukstak er å anlegge rekreasjonsområder på taket som om det var terreng. Et tak kan brukes til alt mulig fra park til idrettsanlegg, her er det bare arkitektens fantasi og bygningsteknologiens bæreevne som setter grenser. Det kan bygges opp store grøntarealer med plener og trær eller noe enklere, som en takterrasse. Det store spennet i muligheter kom-



Taket på Kikern Park er et godt eksempel på hvordan takarealer kan erstatte areal på bakkenivå. Foto: Christian Ganvold Hansen.

mer derimot med en tilsvarende prislag. Parker på tak er dyrt å bygge og vedlikeholde, og de mange kompliserte detaljene og tekniske gjennomføringene gir økt risiko for byggskader.

### Valg av teknologi og risikovurdering

Brukstak er dessverre ingen vidunderløsning på byggets utfordringer. Og så har et plassens begrensning så brukstaket kan ikke oppfylle alle behov på én gang. Det må gjøres en prioritering om hvordan

plassen skal brukes. Det er viktig å huske hvilke behov bygget har, og hvordan behovene blir løst dersom en spesifikk teknologi velges. For eksempel blir det vanskelig å montere solceller på et tak med adkomst for publikum, eller å håndtere overvann på et tak bygget som et idrettsanlegg. Da må disse behovene løses på en annen måte, som å kjøpe all strøm fra stamnettet eller sette av plass til magasinering av overvann på bakkeplan. De ulike teknologiene oppfyller

ulike behov og har sine fordele og ulemper. En god kost/nytte-vurdering bør omfatte ikke bare kostnadene ved å bygge og drive de ulike alternativene, men også se på faktiske og klimagassutslipp. Tabellen under viser resultat fra en slik vurdering av ulike brukstak for Klima 2050 pilotprosjekt Regjeringskvartalet RS.

Vurderingskriterium	Type brukstak			
	Konvensjonell tak	Energiproduksjon	Blågrønt tak	Park
Relativt kostnad - investering	Utgangspunkt	Høy	Middels	Høy
Relativt kostnad - levetid	Utgangspunkt	Redusert/negativ	Middels	Svært høy
Relative utslipp	Utgangspunkt	Redusert/negativ	Redusert/negativ	Middels/høy
Nødvendige ekstra tiltak	Svært høy	Middels	Middels	Middels/høy
Relativt risiko	Utgangspunkt	Middels	Middels	Høy

Tabell: Sammenligning av ulike typer for ulike typer brukstak for tenkt tilfelle Regjeringskvartalet RS.



SINTEF

# Sjekkliste

Kategorier	Prosjekt fase	Konsept	Forprosjekt	Prosjektering	Bygging	Bruk
Blågrønn funksjonalitet		<ul style="list-style-type: none"><li>• Bestemme ...</li><li>• Osv.</li><li>• ...</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Bestemme ...</li><li>• Osv.</li><li>• ...</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Velge ...</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Planlegge ...</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Etablere ...</li></ul>
Organisering		<ul style="list-style-type: none"><li>• Vurdere ...</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Involvere ...</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Kontrollere ...</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Koordinere ...</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Utarbeide ...</li></ul>
Materialers integritet		<ul style="list-style-type: none"><li>• Vurdere ...</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Velge ...</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Velge ...</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Prøve ...</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Vurdere ...</li></ul>
Fuktsikkert design		<ul style="list-style-type: none"><li>• Vurdere ...</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Identifisere ...</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Gjennomgå ...</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Kontrollere ...</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Inspisere ...</li></ul>
Drenering og sluk		<ul style="list-style-type: none"><li>• Estimere ...</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Bestemme ...</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Utarbeide ...</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Kontrollere ...</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Inspisere ...</li></ul>
Laster og vind		<ul style="list-style-type: none"><li>• Estimere ...</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Identifisere ...</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Spesifisere ...</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Vurdere ...</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Begrense ...</li></ul>
Brannsikkerhet		<ul style="list-style-type: none"><li>• Kartlegge ...</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Planlegge ...</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Definere ...</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Vurdere ...</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Fjerne ...</li></ul>
Vedlikehold		<ul style="list-style-type: none"><li>• Vurdere ...</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Bestemme ...</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Utarbeide ...</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Sikre ...</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Følge opp ...</li></ul>
Miljø		<ul style="list-style-type: none"><li>• Definere ...</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Sette krav ...</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Vurdere ...</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Håndtere ...</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Unngå ...</li></ul>



# Sjekkliste-eksempel

Kategorier	Prosjekt fase	Konsept	Forprosjekt
Blågrønn funksjonalitet		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bestemme ...</li> <li>• Osv.</li> <li>• ...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bestemme ...</li> <li>• Osv.</li> <li>• ...</li> </ul>
Organisering		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vurdere ...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Involvere ...</li> </ul>
Materialers integritet		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vurdere ...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Velge ...</li> </ul>
Fuksikkert design		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vurdere ...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identifisere ...</li> </ul>
Drenering og sluk		<ul style="list-style-type: none"> <li>• ...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ...</li> </ul>
Laster og vind		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estimere ...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identifisere ...</li> </ul>
Brannsikkerhet		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kartlegge ...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planlegge ...</li> </ul>
Vedlikehold		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vurdere ...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bestemme ...</li> </ul>
Miljø		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definere ...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sette krav ...</li> </ul>

## 3.6 Drenering og sluk

Denne kategorien handler om å lede vann av taket, når det blågrønne taket tømmes eller har blitt mettet for vann. Takets hydrologiske funksjon er avhengig av at sjiktene for vannlagring kan tømmes mellom regnhendelser, og det er nødvendig å unngå stående vann på taket fra et bygningsfysisk perspektiv. Derfor må taket bygges med korrekt og tilstrekkelig mulighet for drenering. Merk at spørsmålet om drenering ofte er et såkalt grensesnitt, der det ikke er intuitivt hvilken aktør som har hovedansvaret – dette bør avklares i prosjektet før detaljprosjektering og byggefase begynner.

Hovedmål:

- Ledet vann trygt av taket uten fare for frostskafer

Viktige punkter, se tabell 8.

**Tabell 8: Viktige punkter drenering og sluk**

Fase	Utvalgte momenter
Konsept	Estimere behov for vannlagringskapasitet på taket
Forprosjekt	Bestemme dreneringsveier Vurdere problemer med frost
Prosjektering	Utarbeide fallplan Utforme sluk for enkel inspeksjon
Bygging	Kontroll av fall Kontrollere dreneringsveier og deformasjoner
Bruk	Periodisk inspisere drenering og sluk, spesielt når ekstremvær er varslet

Ressurser/litteratur:

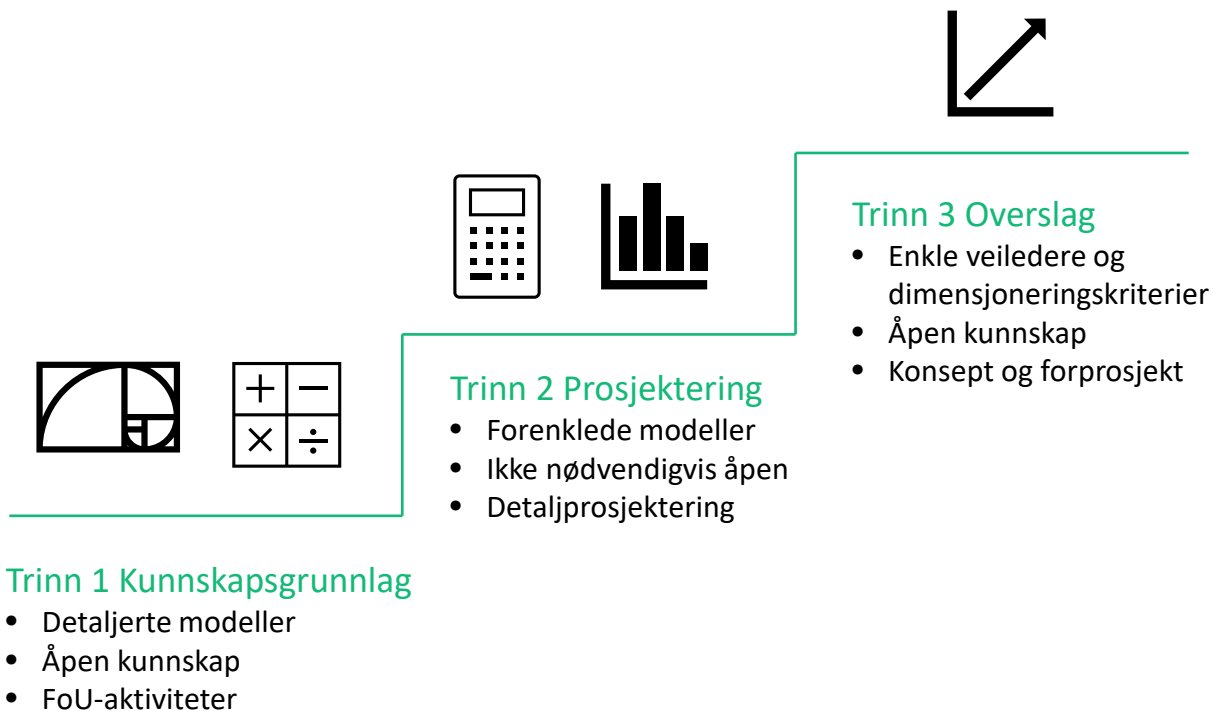
- Byggforskerien 544.204 Tekking med asfalttakbelegg eller takfolie. Detaljløsninger.



SINTEF

# "Tretrinnsstrategien for dimensjonering"

av fordrøyende tak



Eksempler

Klima 2050 master- og PhD-oppgaver

Klima 2050 – HIDES  
RoofTools

Klima 2050 – veileder  
(kommer til jul)



SINTEF

# PhD-studiet til Vincent Pons (NTNU)

Hydrol. Earth Syst. Sci., 26, 2855–2874, 2022  
https://doi.org/10.5194/hess-26-2855-2022  
© Author(s) 2022. This work is distributed under  
the Creative Commons Attribution 4.0 License.



Hydrology and  
Earth System  
Sciences  
EGU

## Forecasting green roof detention performance by temporal downscaling of precipitation time-series projections

Vincent Pons<sup>1,2</sup>, Rasmus Benestad<sup>3</sup>, Edvard Sivertsen<sup>4</sup>, Tone Merete Muthanna<sup>1</sup>, and Jean-Luc Bertrand-Krajewski<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Civil and Environmental Engineering, The Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, 7031, Norway

<sup>2</sup>Univ Lyon, INSA Lyon, DEEP, EA7429, 11 rue de la Physique, 69621, Villeurbanne cedex, France

<sup>3</sup>Norwegian Meteorological Institute, Oslo, Norway

<sup>4</sup>SINTEF AS, S.P. Andersens veg 3, 7465 Trondheim, Norway

**Correspondence:** Vincent Pons (vincent.pons@ntnu.no)

Received: 17 July 2021 – Discussion started: 17 August 2021

Revised: 30 April 2022 – Accepted: 3 May 2022 – Published: 8 June 2022

**Abstract.** A strategy to evaluate the suitability of different multiplicative random cascades to produce rainfall time series, taking into account climate change, inputs for green infrastructures models. The multiplicative random cascades reproduce a (multi)fractal distribution of precipitation through an iterative and multiplicative random process. In the current study, the initial model, a flexible cascade that deviates from multifractal scale invariance, was improved with (i) a temperature dependency and (ii) an additional function to reproduce the temporal structure of rainfall. The structure of the models with depth and temperature dependency was found to be applicable in eight locations studied across Norway and France. The resulting time series from both reference period and projection based on RCP 8.5 were applied to two green roofs with different properties. The different models led to a slight change in the performance of green roofs, but this was not significant compared to the range of outcomes due to ensemble uncertainty in climate modelling and the stochastic uncertainty due to the nature of the process. The hydrological dampening effect of the green infrastructure was found to decrease in most of the Norwegian cities due to an increase in precipitation, especially Bergen (Norway), while slightly increasing in Marseille (France) due to decrease in rainfall event frequency.

### 1 Introduction

Hydrologic performance of stormwater green infrastructure (GI) is usually divided between retention and detention. Retention refers to water stored, infiltrated, or evapotranspired. Actual evapotranspiration can be estimated from a water balance including potential evapotranspiration, accumulated precipitation, a soil moisture evaluation function, and a crop factor (Johannessen et al., 2017; Oudin et al., 2005). The temporal resolution for modelled evapotranspiration process for green infrastructure is typically daily (Stovin et al., 2013) or hourly (Kristvik et al., 2019). Detention refers to water temporarily stored in the GI before being discharged into a downstream stormwater network. The process temporal resolution is typically minutes. Consequently, modelling GI detention performance requires higher-resolution data to estimate its outflow (Schilling, 1991). Therefore, both high-resolution climate data and projections at subdaily and sub-hourly scales are needed in order to model GI and to estimate their potential as a climate change adaptation measure.

In Norway and most of the European countries, precipitation has been measured with tipping buckets in numerous cities from years to decades. Moreover, climate projections at daily resolution for future precipitation and temperature from the EURO-CORDEX project are available at 1 × 1 km spatial resolution in Norway (Dyrdal et al., 2018) and 12 × 12 km resolution in France (Jacob et al., 2014). Consequently, the use of such data by urban hydrologists to assess the resilience of GI solutions to face climate change is conditioned by the possibility to downscale them to a subhourly resolution.

Published by Copernicus Publications on behalf of the European Geosciences Union.

Water Science & Technology



© 2022 The Authors

Water Science & Technology Vol 85 No 5, 1363 doi: 10.2166/wst.2022.023

## Revising green roof design methods with downscaling model of rainfall time series

V. Pons<sup>a,b,\*</sup>, T. M. Muthanna<sup>c</sup>, E. Sivertsen<sup>d</sup> and J.-L. Bertrand-Krajewski<sup>e</sup>

<sup>a</sup>University of Science and Technology (NTNU), N-7491, Trondheim, Norway

<sup>b</sup>Univ Lyon, INSA Lyon, DEEP (EA 7429), 11 rue de la Physique, F-69621, Villeurbanne cedex, France

<sup>c</sup>SINTEF AS, S.P. Andersens veg 3, N-7465, Trondheim, Norway

\*Corresponding author. E-mail: vincent.pons@ntnu.no

VP, 0000-0001-8574-5674

### ABSTRACT

Historically, green infrastructure for stormwater management has been event-based designed. This study aims to realign the green infrastructure design strategies with principles for robust decision making, through the example of green roofs design with the variational method and exemplified using the Norwegian context of the 3-step approach (3SA) for stormwater management. The 3SA consists of planning solutions to handle day-to-day rain at site scale through infiltration (step 1) and detention (step 2), and extreme events with safe floodways (step 3). An innovative framework based on downscaling of rainfall timeseries is suggested as follows: (i) long duration continuous simulation for retention variation and day-to-day discharge, corresponding to step 1 in the 3SA, (ii) intensive sampling of local extreme events to estimate reliability and robustness of solutions, corresponding to steps 2 and 3 in the 3SA. Comparing the traditional variational method to Highly-Informed-Design-Evaluation-Strategy (HIDES), it was found that the variational method possibly leads to incorrect decisions while the suggested novel approach was found to give more informed and reliable results by suggesting a design based on both operating mode and failure mode. It allows to embed solutions within the urban water system by facilitating the link between the steps of the 3SA. Such a framework was found to be data-wise applicable in the Norwegian context.

**Key words:** continuous simulation, event-based simulation, green infrastructure design, robust decision making, temporal downscaling

### HIGHLIGHTS

- Variational Method for design was found to provide unreliable estimates compared to Local Event Sampling and continuous simulation.
- The HIDES framework for aligning design methods with the principle of robust decision making is developed.
- Continuous simulation and Local Event Sampling are necessary for overview of hydrological behaviour of the stormwater solution.

### INTRODUCTION

In Norway, stormwater management follows a 3-step approach (3SA) (Lindholm et al. 2008). Different solutions at different scales (site-scale, neighbourhood scale, catchment-scale) are designed to cope with events of different magnitudes and return periods (RP). The approach is similar to many other countries around the world aiming to infiltrate small events, detain larger events and safe passage of larger more extreme events (e.g. 3PA in Denmark (Fratini et al. 2012)). There is still no consensus in Norway on which RP thresholds to apply to which steps (Paus 2018). However, designing solutions according to this philosophy requires quantification of their robustness and resilience (Liao 2012), which means studying their behaviour under failure condition (i.e. under rainfall events larger than the design events). Ultimately, the objective of the 3SA approach is to provide a decision-making-support framework to select robust or adaptive solutions to cope with increasing urbanization, climate change, and deep uncertainty (Walker et al. 2013).

The hydrological benefits for local green infrastructures, such as green roofs, lie in restoring the natural water cycle through retention (infiltration and evapotranspiration), detention, and efficient urban space management. Although some green roofs can be used to attenuate high RP events (e.g. >20year RP) (Hamoux et al. 2020), they are usually not designed to cope with larger events.

Green infrastructures and green roofs are often sized using methods with design events (Kommune 2015; Kristvik et al. 2019) based on Intensity Duration Frequency (IDF) curves. These methods rely on design hyetographs that may be based

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Licence (CC BY-NC-ND 4.0), which permits copying and redistribution for non-commercial purposes with no derivatives, provided the original work is properly cited (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).





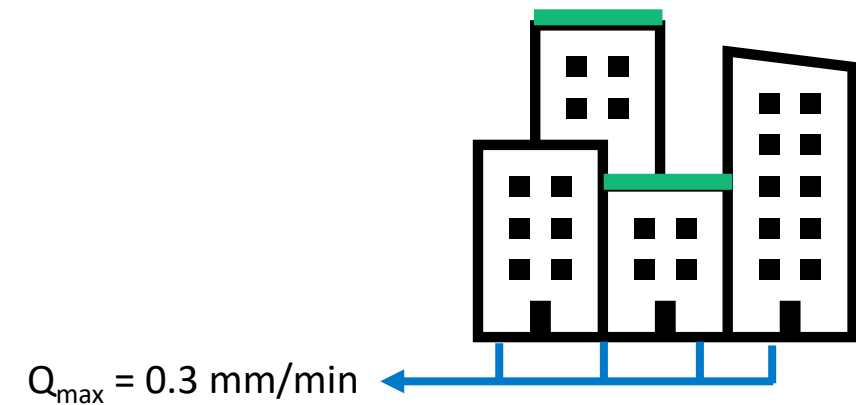
SINTEF

# Dimensjonering av fordrøyende tak

- Sedum + substrat
- Fordrøyende masse
- Har god modell for avrenning
- Dimensjonering:
  - 20 års returperiode
  - Maks avrenning fra tak = 0.3 mm/min



Foto: Edvard Sivertsen





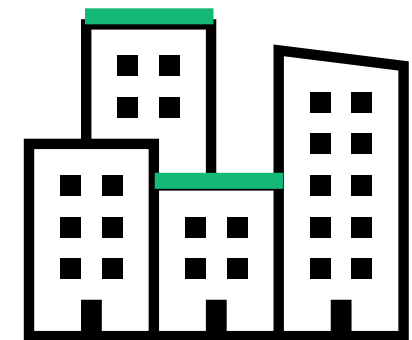
SINTEF

# Dimensjonering av fordrøyende tak

- Sedum + substrat
- Fordrøyende masse
- Har god modell for avrenning
- Dimensjonering:
  - 20 års returperiode
  - Maks avrenning fra tak = 0.3 mm/min
- Er alt ok?
  - La oss sjekke med litt mere modellering ...
  - Og samtidig kople dette til treleddsstrategien for overvannshåndtering



Foto: Edvard Sivertsen



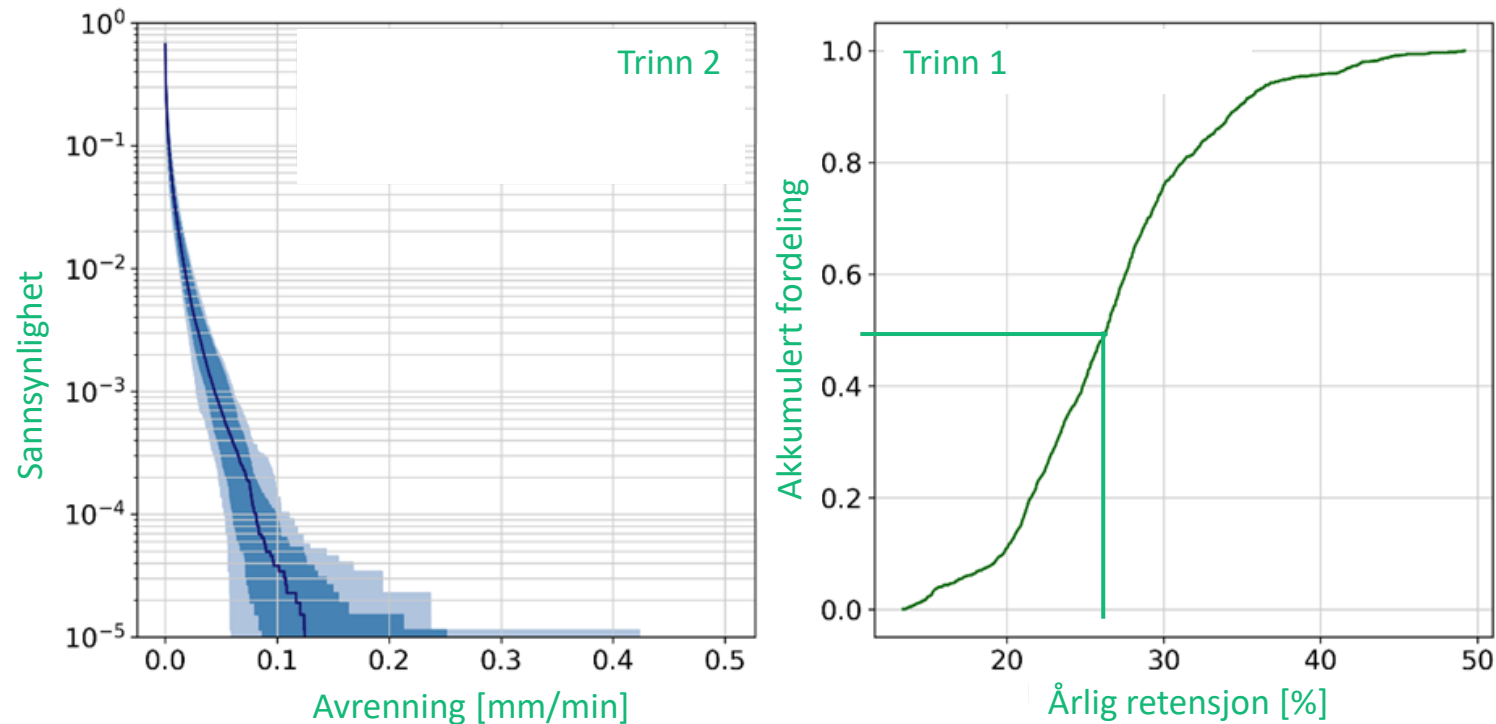
$$Q_{\max} = 0.3 \text{ mm/min}$$



SINTEF

# Kontinuerlig simulering

- 29 år med værdata, 1 min tidsoppløsning
- Varighetskurver og akkumulert fordeling for årlig variasjon

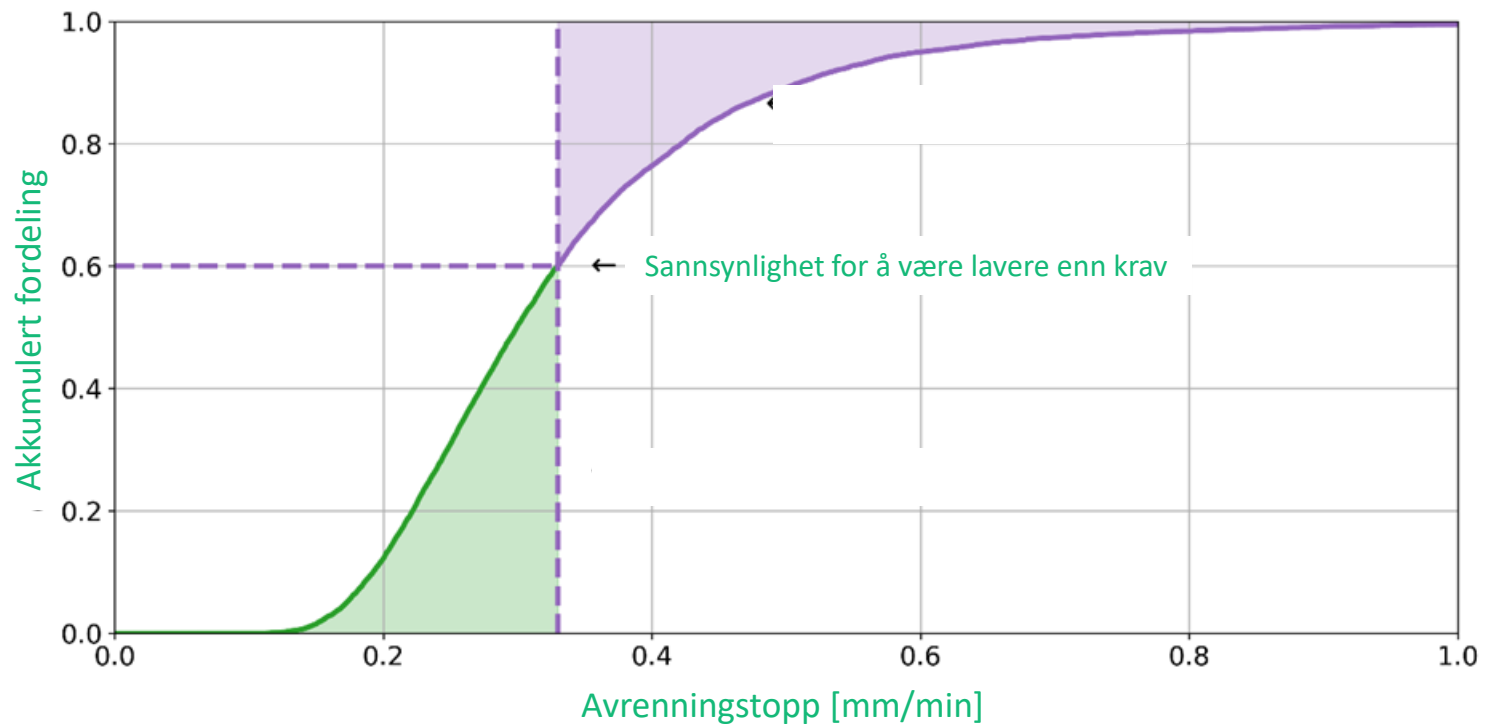




SINTEF

# Tester 10 000 20-års hendelser

- Varierende start-betingelser
- Varierende form hyetograf

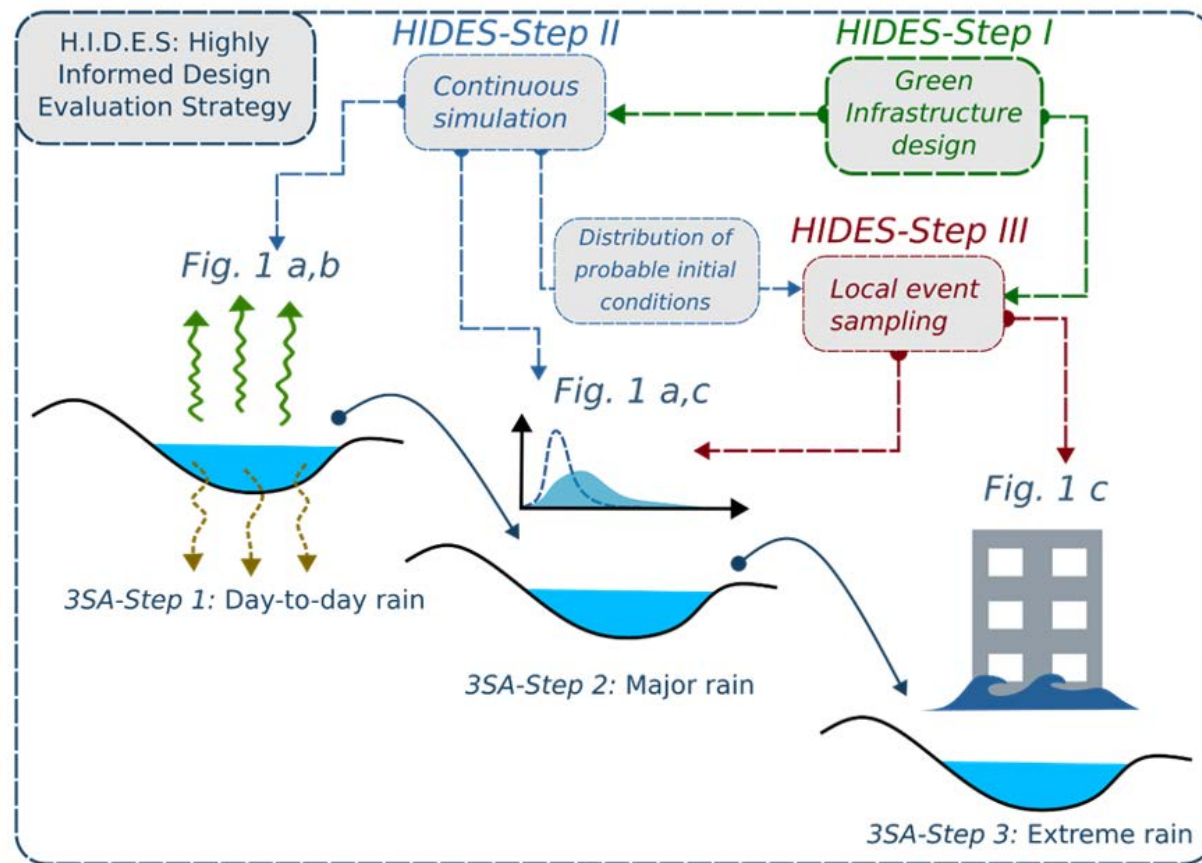




SINTEF

# "Strategi for velinformert design og evaluering"

Snart klar for lansering ...





SINTEF

# RoofTools

- Prosjektets hovedmål er å utvikle en teknisk verktøykasse for planlegging og prosjektering av blågrå og blågrønne tak som inkluderer VA-tekniske, bygningstekniske og helhetlige risikomessige aspekter
- Partnere: Storm Aqua, Skjævelandgruppen, SINTEF
- Work-in-progress

## Urbane fordøyende tak – Verktøykasse for prosjektering og utførelse (RoofTools)

### DEL 1: Innovasjonen

#### 1. Overordnet idé

En av de viktigste nasjonale konsekvensene av de globale klimaendringene i Norge vil være høyere temperaturer, mer nedbør og mer intens nedbør (= nye vann på kort tid). Dette vil ramme hele landet i større eller mindre grad (Hanssen-Bauer *et al.* 2015). Økt nedbør og endring i nedbørsmonster, endringer i arealbruk innenfor nedbørsfelt, i tillegg til økt urbanisering og manglende vedlikehold, er en utfordring for de tradisjonelle overvannssystemene. Tradisjonelt har overvann vært håndtert ved å lede vannet til nærmeste sluk for deretter å bli transportert i rør enten sammen med sanitært avlopsvann (felles system) eller i egne rørledninger (separat system). Ulempen for begge løsningene er at rørene har en begrenset kapasitet som ofte ikke tar høyde for økende overvannsmengder. Det medfører økt risiko for tilbakeslag i kjellere samt oversvømmelse i områder rundt kummer og overløp. Skadeomfanget på bygninger og annen infrastruktur er betydelig.

Overvannshåndteringen har derfor i den senere tid fokusert på løsninger som kan begrense mengden overvann ved at alt eller noe av overvannet håndteres lokalt. I Norge er dette arbeidet forankret i treleddsstrategien (Lindholm *et al.* 2008). Treleddsstrategien kategoriserer overvannstiltak inn i tiltak som (1) reduserer og forsinket avrenning gjennom infiltrasjon til grunnen, (2) forsinket avrenning gjennom fordøyning og (3) sikrer trygg avledning til nærmeste resipient.

Funksjonelle tak, som blågrønne tak og blågrå tak<sup>1</sup>, vil primært være kategorisert som fordøyningstiltak og bidra til overvannshåndteringen ved å forsinke avrenningstoppen fra taket, slik at ikke alt overvannet "treffer" ledningsnett eller bekkeløp nedstrøms samtidig.

Blågrønne og blågrå løsninger innebærer en tverrfaglig tilnærming til overvannshåndtering og grønne/grå områder, og tak er attraktive å utnytte til fordøyning av overvann. Attraktive uterom på taket som i tillegg er overvannstiltak. Denne tilnærmingen krever at takene er tilpasset til overvannssystemet, og omvendt, noe som gjøres i svært liten grad i dag. I tillegg kompliseres dimensjoneringen og prosjekteringen av takene at overvannshåndteringseffekten er en funksjon av oppbyggingen av takene og i liten grad overført til enkle modeller.

Prosjektets overordnede idé er derfor å få utviklet og etablert en ny verktøykasse for planlegging og prosjektering av blågrå og blågrønne tak som tar opp i seg VA-tekniske og bygningstekniske aspekter samt helhetlige risikovurderinger.



Foto: Berglapp



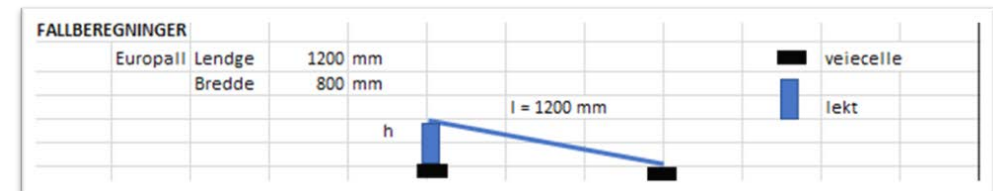
SINTEF

# VA-tekniske aspekter

- Ny testmetode
- Lab-målinger
  - Fordrøyende masser
  - Initiell fuktighet
  - Takvinkel
  - Nedbørintensitet
  - Nedbørsvarighet
  - ...
- => modelleringsverktøy



Foto: Thea Sophie Johannessen

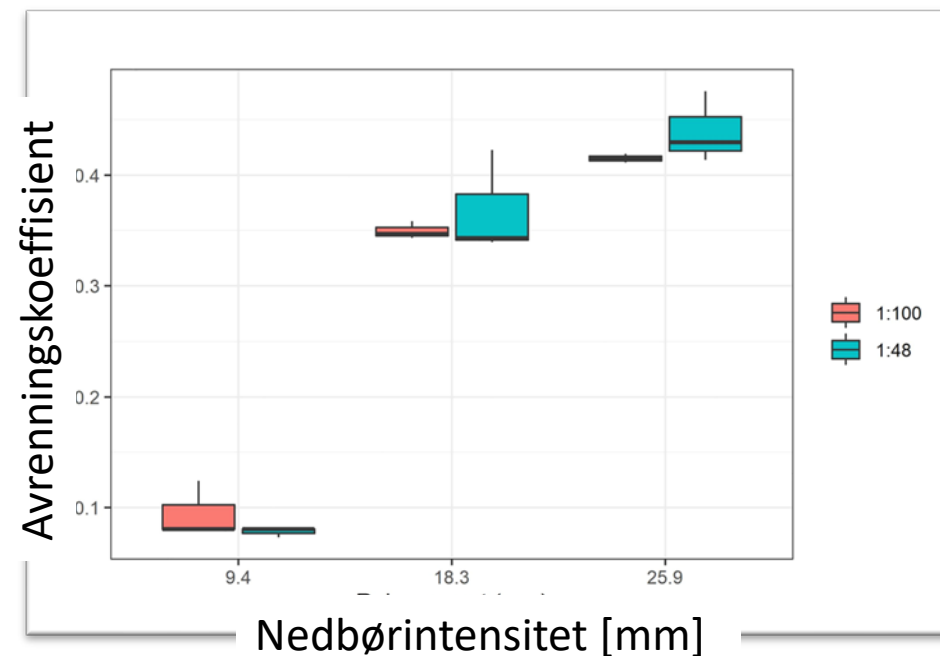
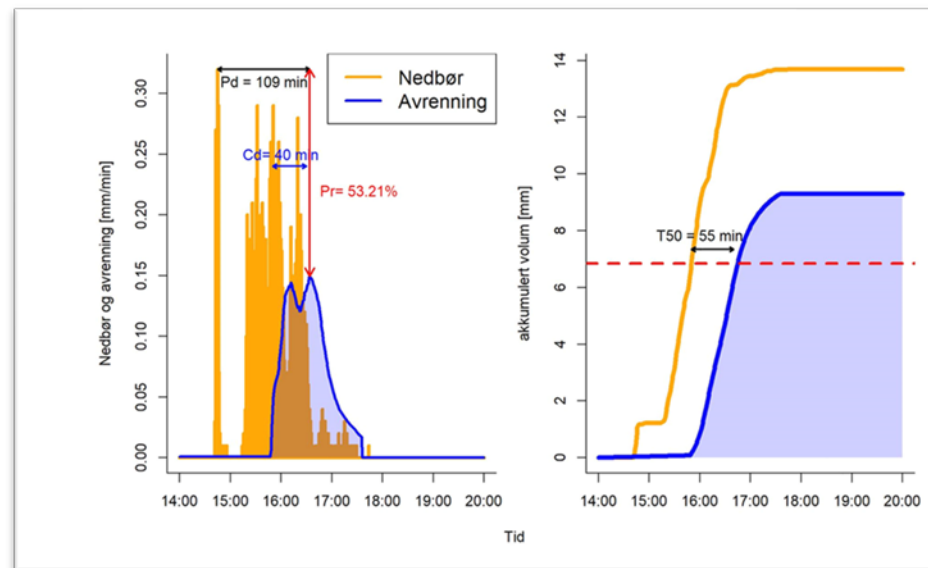




SINTEF

# VA-tekniske aspekter

- Avrenningskoeffisient (C)
- $Pr$  = redusert avrenningstopp
- $Pd$  = forsinkelse av avrenningstopp
- $Cd$  = forsinkelse av avrenning av massetyngdepunkt (sentroid)
- $T50$  = forsinkelse mellom 50% av akkumulert nedbør og akkumulert avrenning







SINTEF

# Bygningstekniske aspekter

- Takoppbygging
- Omvendt tak spesielt interessant oppbygging (dvs. takmembranen ligger under isolasjonen)
- Det er blitt stilt spørsmål knyttet til varmetap p.g.a regn- og smeltevann
- Litt.stadium, lab.forsøk og beregninger
- Foreslår endringer i anvisningen i Byggforskserien



KLIMA  
2050

RAPPORT

Nr. 37 – 2022

## OMVENDTE KOMPakte TAK

*Varmetap på grunn av regn- og smeltevann*

Nora Schjøth Bunkholt,  
Erlend Andenæs, Berit Time og  
Tore Kvande

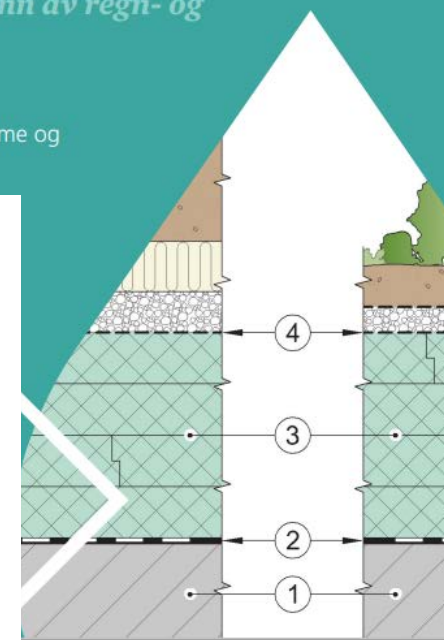
Omvendte kompakte tak | Varmetap på grunn av regn- og smeltevann



Figur 3. Testriggen for andre runde med forsøk, vinteren 2021/2022. På bildet er membran, isolasjon og geotekstil monteret, men ikke ballasten.



Figur 4. Ballast plassert i permeable plastkasser for enklere ombygging.

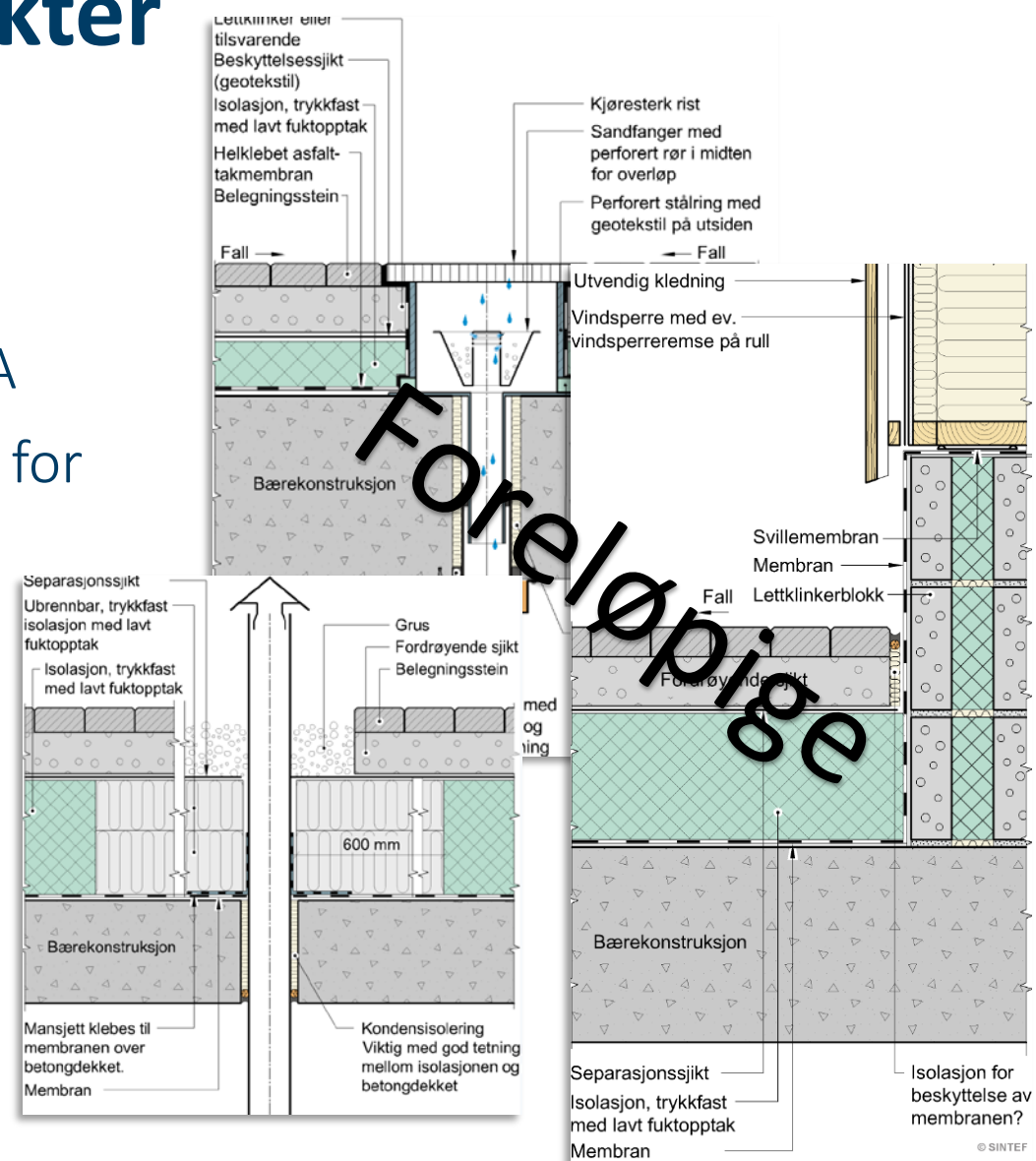




SINTEF

# Bygningstekniske aspekter

- Lastberegninger – verktøy utviklet i *Rooftool*
- Grensesnitt - bygningstekniske aspekter og VA
- Kompakte tak med utvendig nedløp – kriterier for bruk
- Bygningstekniske detaljer under utvikling





SINTEF

# Helhetlige risikoaspekter

- Samle praktiske erfaringer fra pilotprosjekter
- Sette disse i system
- Tverrfaglig

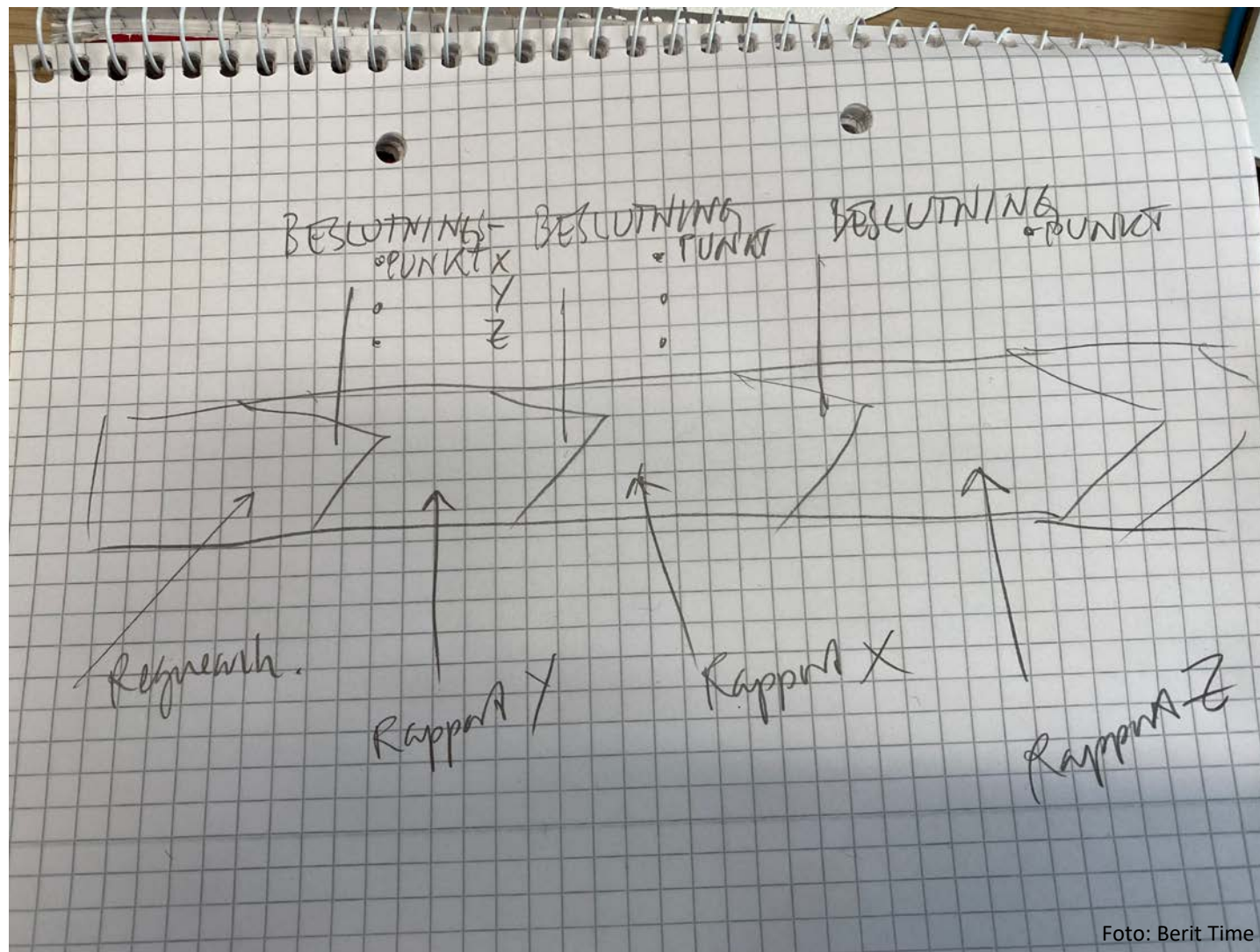


Foto: Edvard Sivertsen



SINTEF

# Helhetlige risikoaspekter (v0.1)





SINTEF

# Oppsummering

- Verktøykassen for dimensjonering av fordrøyende tak vokser -> flere nye verktøy er publisert eller er i ferd med å bli publisert
- Viktig med tverrfaglig samspill mellom bygg og VA
- Risikohåndtering



SINTEF

Takk for oppmerksomheten

[edvard.sivertsen@sintef.no](mailto:edvard.sivertsen@sintef.no)

Sjekk ut Vannforsk nye webinarserie  
[www.vannforsk.no](http://www.vannforsk.no)

Teknologi for et bedre samfunn