

Samfunnsøkonomisk analyse av sjablongmessige krav til fordrøyning av overvann

*Av Kim H. Paus, Stig S. Høylye, Stian L. Bjørnsen, Vegard Nilsen,
Torbjørn Friborg, Lars-Gunnar Nordheim*

Kim H. Paus er førsteamanuensis ved NMBU

Stig S. Høylye er sivilingeniør for VA i Sweco Norge AS

Stian L. Bjørnsen er sivilingeniør for VA i Sweco Norge AS

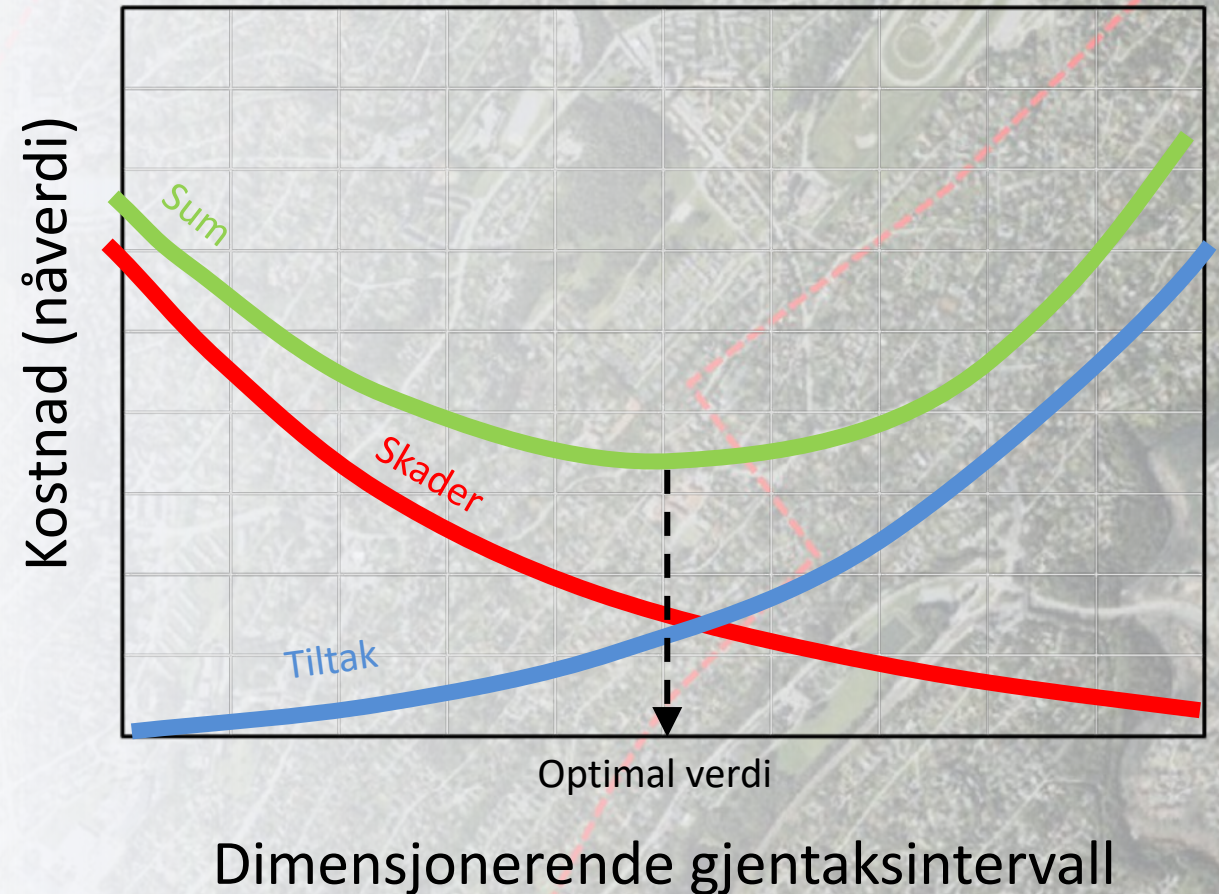
Vegard Nilsen (Ph.D.) er post. doc. ved NMBU

Torbjørn Friborg er sivilingeniør for VA i Sweco Norge AS

Lars-Gunnar Nordheim er sivilingeniør for VA i Sweco Norge AS

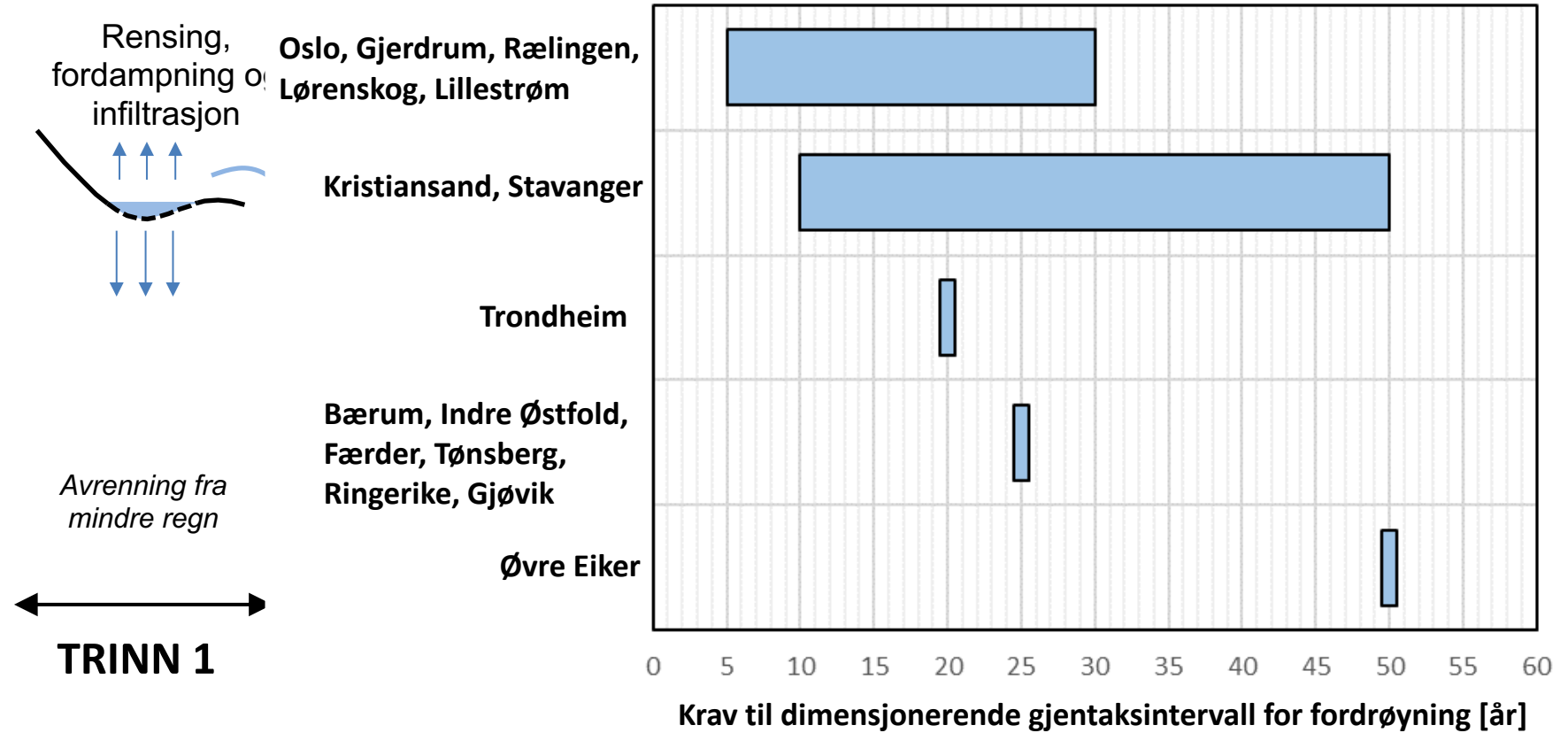


Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet



Introduksjon

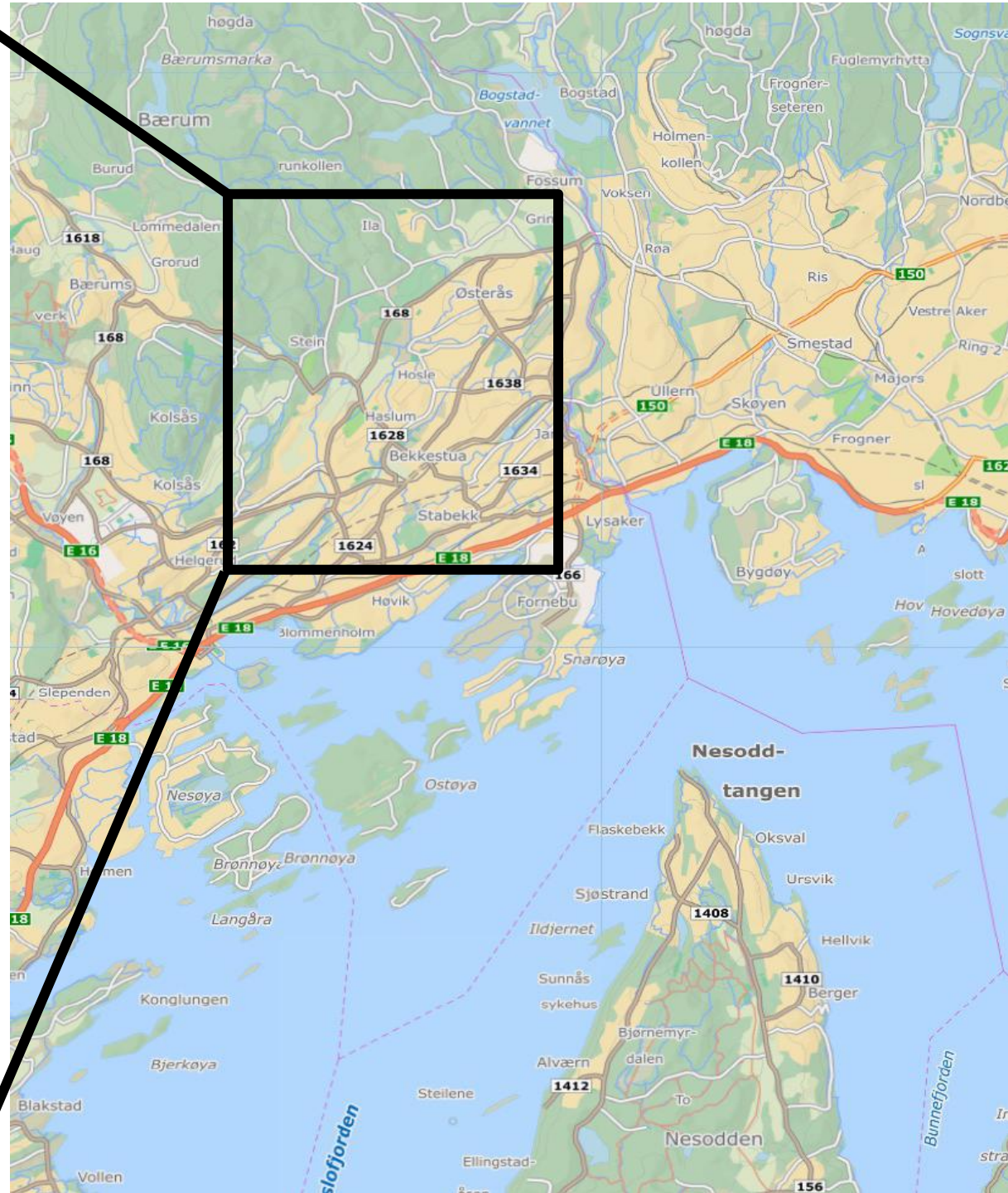
Dimensjonerende gjentakintervall for fordrøyning



Metode

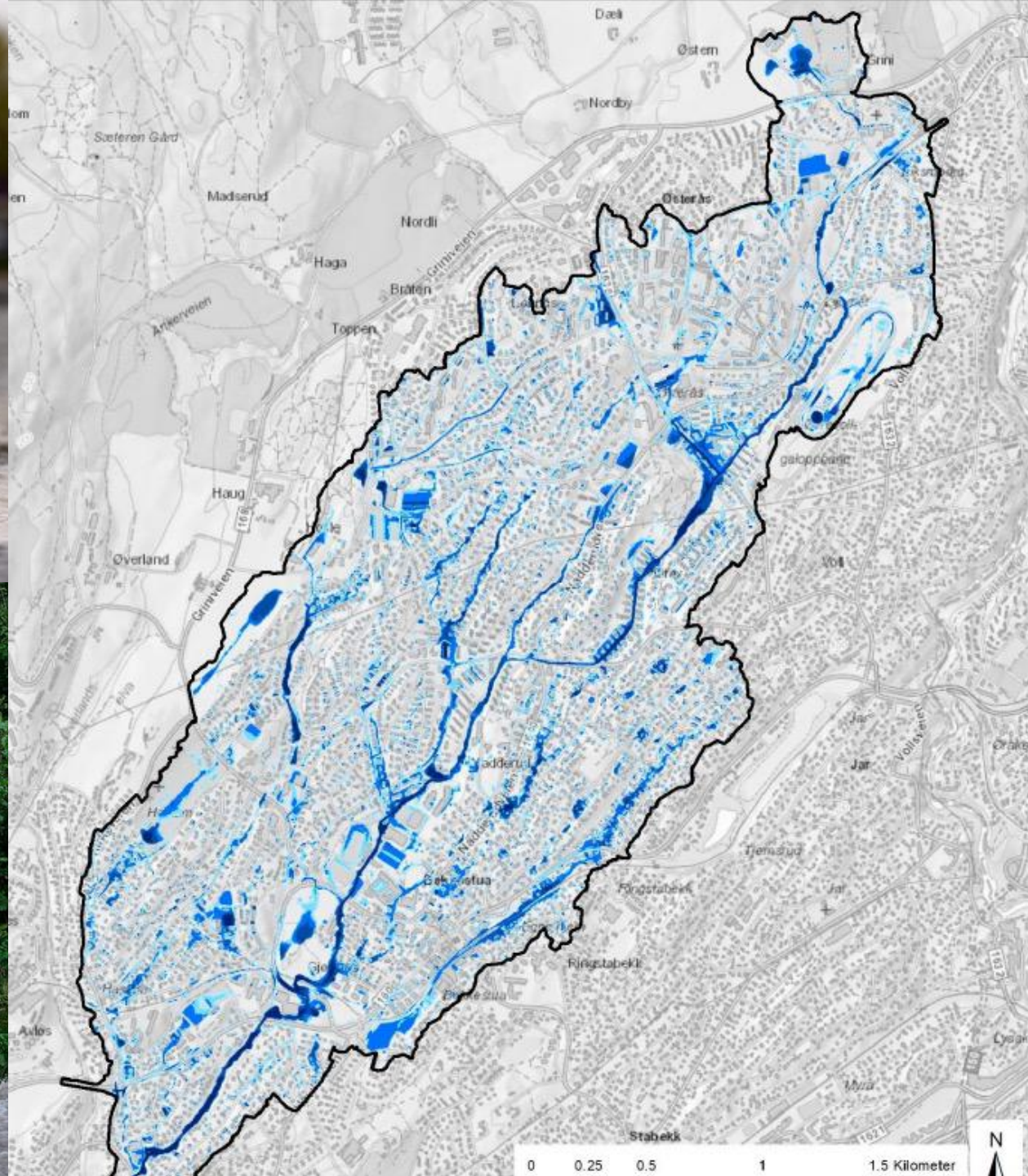
Case-området på Nadderud, Bærum

Areal: **808 ha**
Boligbebyggelse: **70 %**
Konsentrasjonstid: **~2 timer**



Kalibrert hydraulisk modell

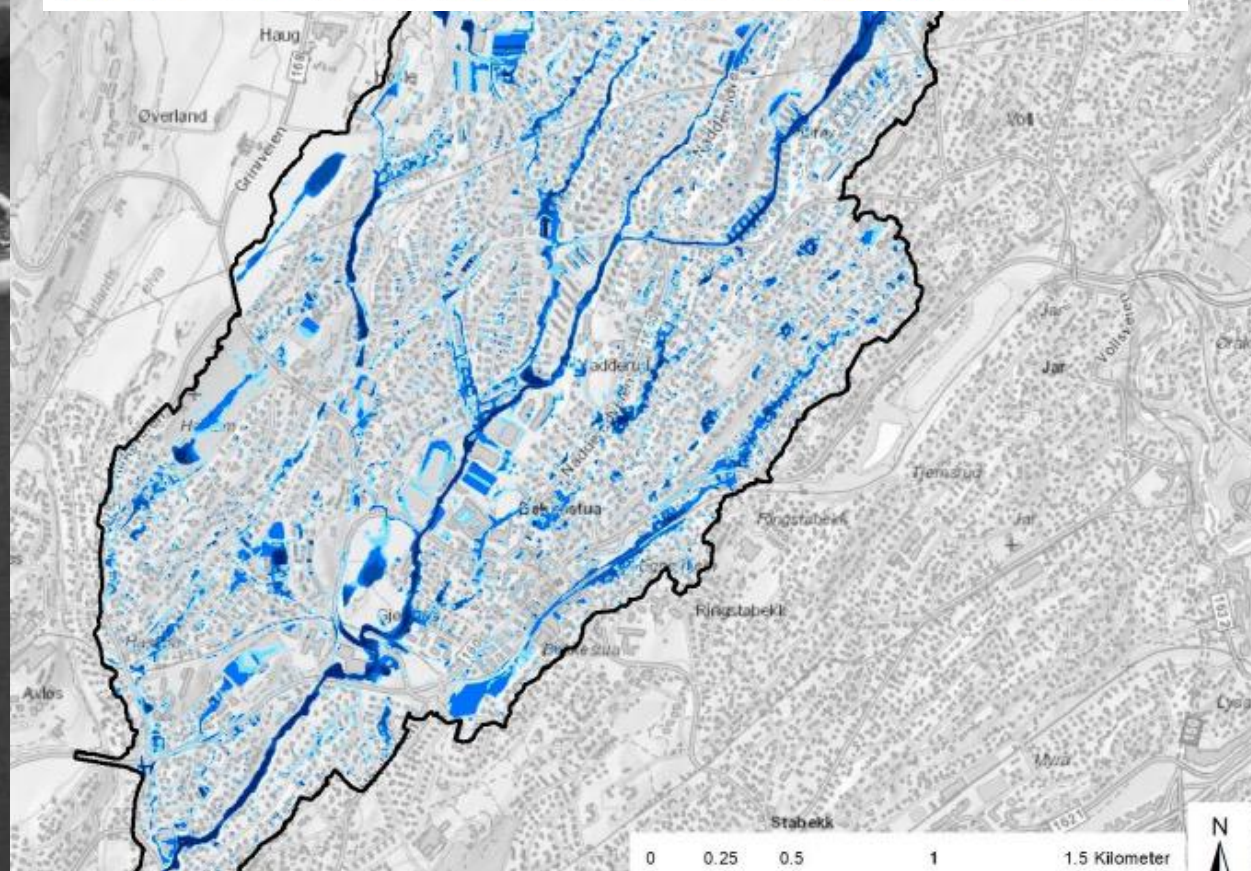
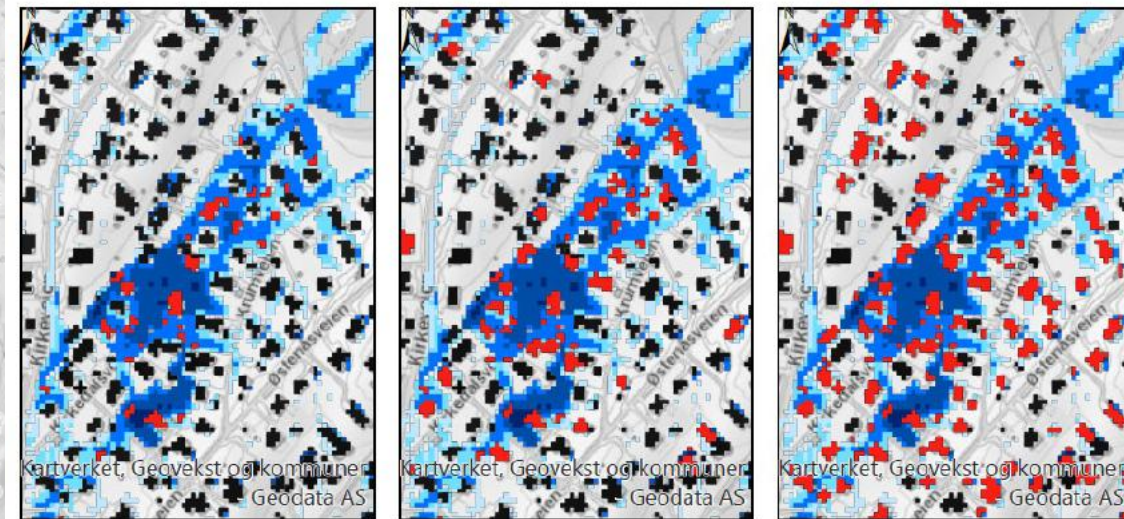
-



Metode

Kalibrert skadekostnadsmodell

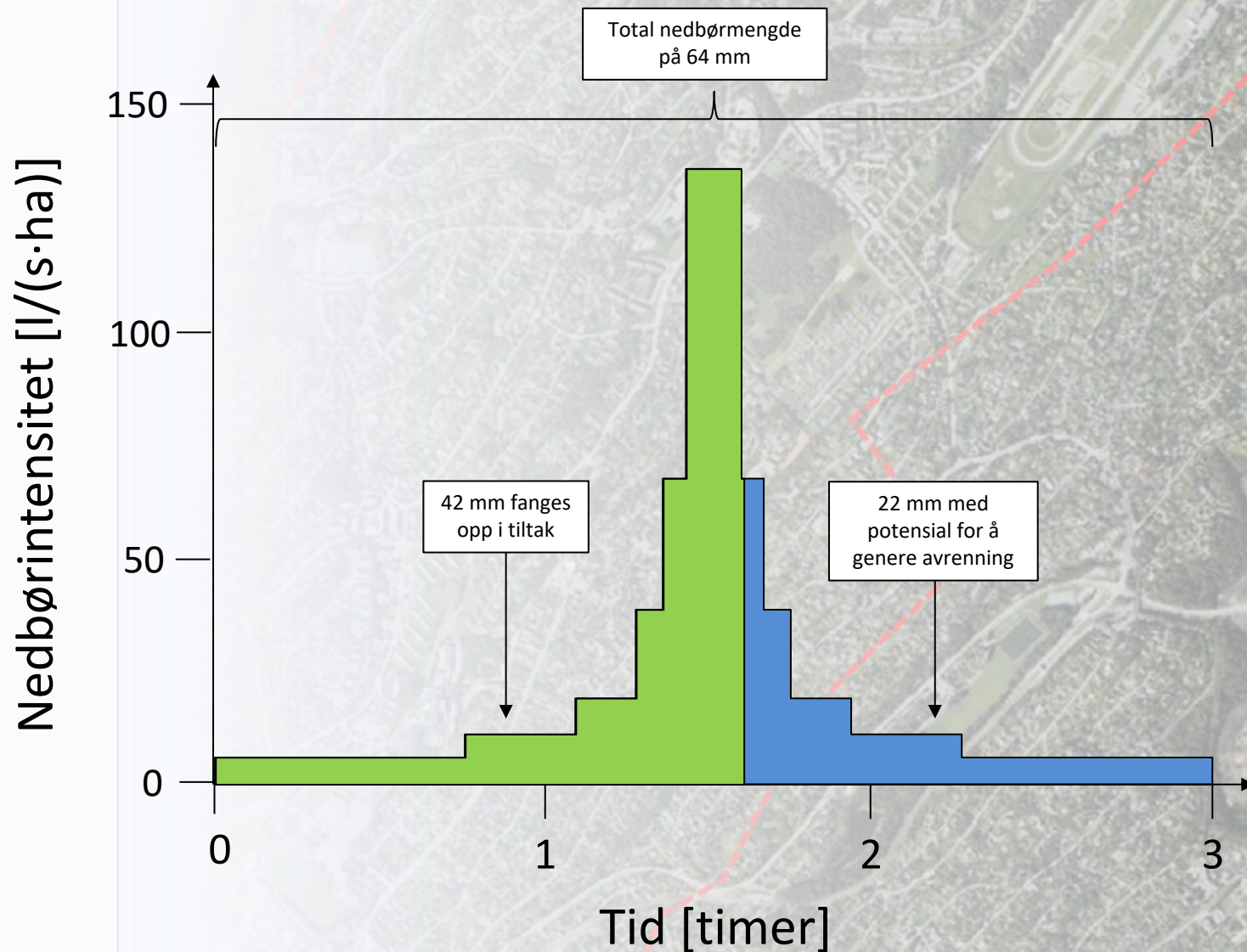
- Skadekostnadsmodell (som kobler hydraulikk til forventede skadekostnader)
- Skadekostnader kalibrert for 6.august 2016 (estimert til 28 MNOK)



Metode

Modellregn og tiltak

- Symmetriske blokkhyetogram med varighet på 3 timer og blokkoppløsning på 5 min
- Gjentakintervall på 2, 5, 10, 20, 50, 100 og 1000 år (ekstrapolert)
- IVF-statistikk fra Øvrevoll SN19510
- Klimafaktorer fra 1,00 til 1,50
- Lokale fordrøyingstiltak ble simulert ved å redusere nedbørmengden som treffer lokalt
- Tiltak dimensjonert for nedbør fra 0 til 47 mm



Metode

Modellering av kostnader

$$K_{tot} = K_{skader} + K_{tiltak}$$

Tiltakskostnad [MNOK]

Skadekostnad [MNOK]

Totalkostnad [MNOK]

$$K_{skader} = EAD \cdot R \cdot F_p$$

Påslagsfaktor [-]

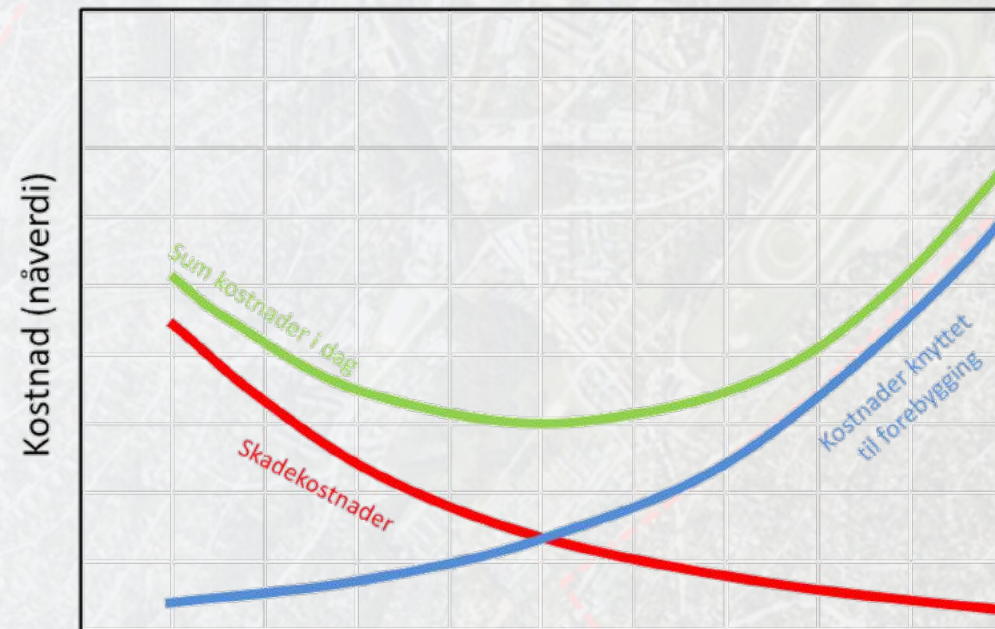
Nåverdifaktor [år]

Forventet årlig skadekostnad [MNOK/år]

$$R = \frac{(1+r)^n - 1}{r \cdot (1+r)^n}$$

Tidsperiode [år]

Diskonteringsrente [-]



Dimensjonerende gjentakintervall

$$EAD = \int_{T_{min}}^{T_{maks}} \frac{D(T)}{T^2} dT$$

Høyeste gjentakintervall som vurderes [år]

Forventet skadekostnad ved T [MNOK]

Gjentaksintervall [år]

Laveste gjentakintervall som gir skadekostnader [år]

Olsen m.fl., 2015

Metode

Modellering av kostnader

$$K_{tot} = K_{skader} + K_{tiltak}$$

Tiltakskostnad [MNOK]

Skadekostnad [MNOK]

Totalkostnad [MNOK]

$$K_{tiltak} = P_{dim} \cdot A \cdot (I_e \cdot F_R + R \cdot I_d)$$

Enhetspris ved drift og vedlikehold av tiltak [MNOK/(år·m²)]

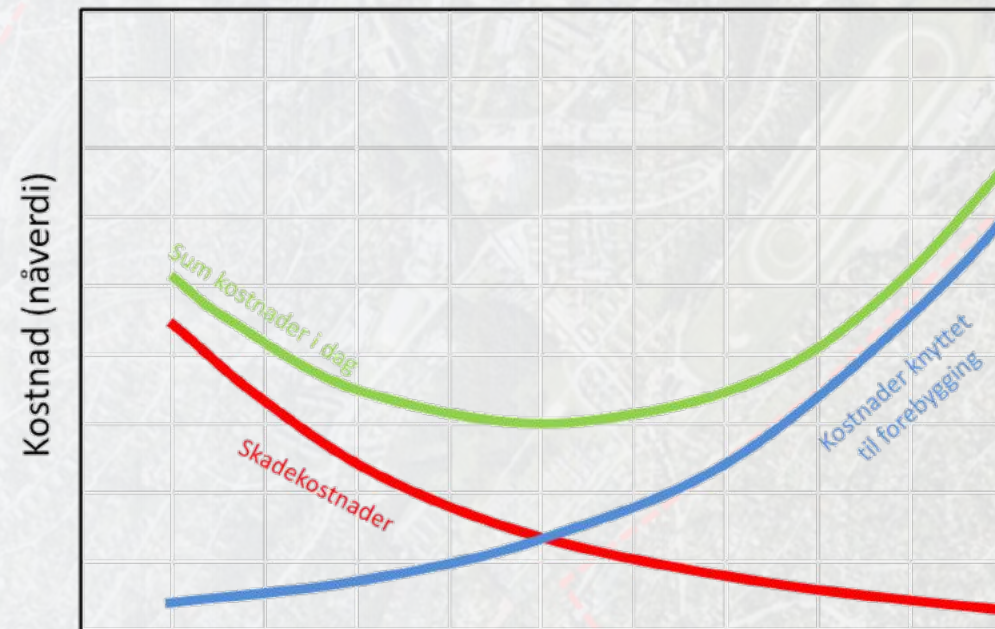
Nåverdifaktoren [år]

Reduksjon i enhetspris som funksjon av størrelse [-]

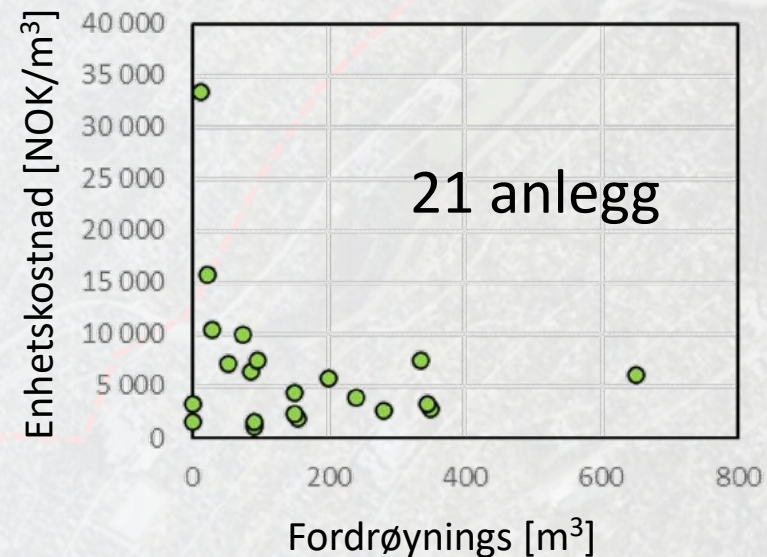
Enhetspris ved anlegging av tiltak [MNOK/m²]

Avrenningsareal som skal fordrøyes [m²]

Dimensjonerende nedbørmengde for fordrøyning [m]



Dimensjonerende gjentakintervall

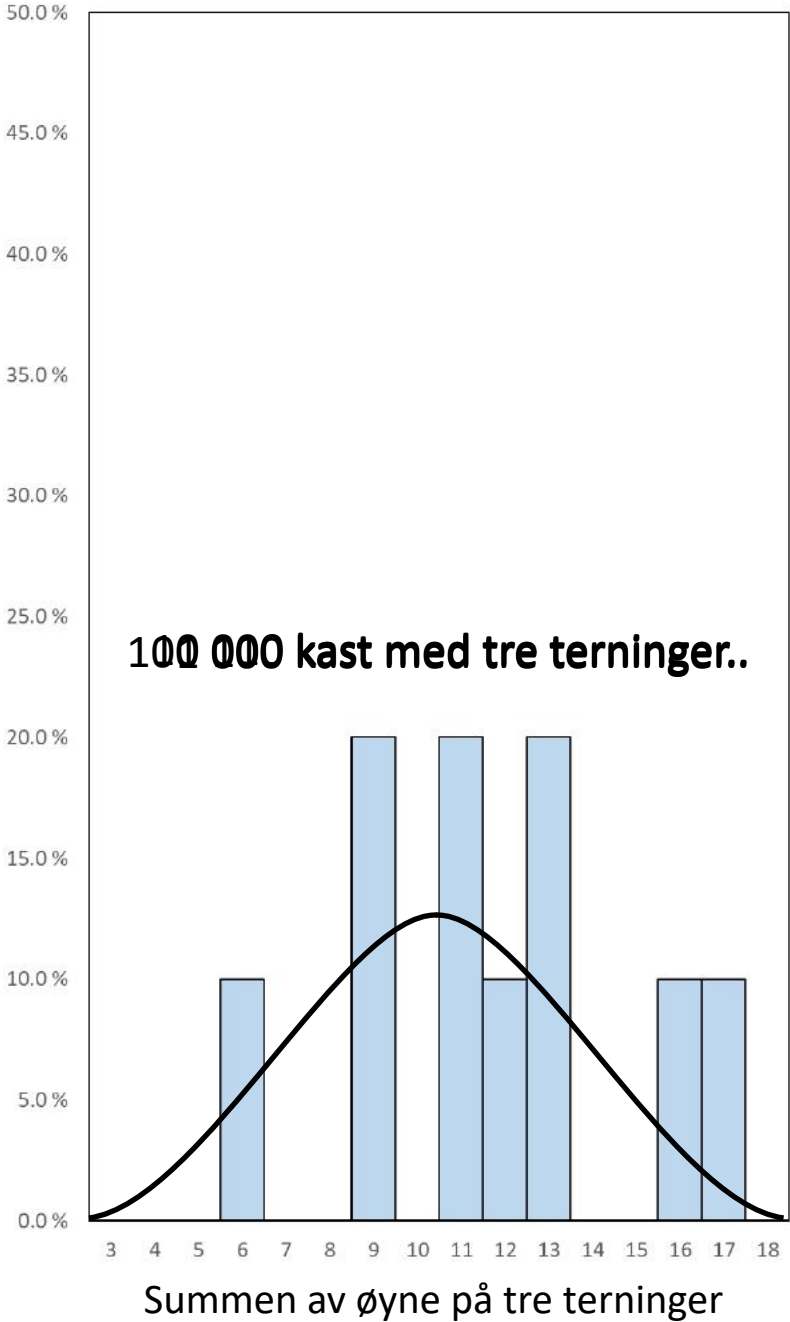


Metode

Variabler i Monte Carlo simuleringer

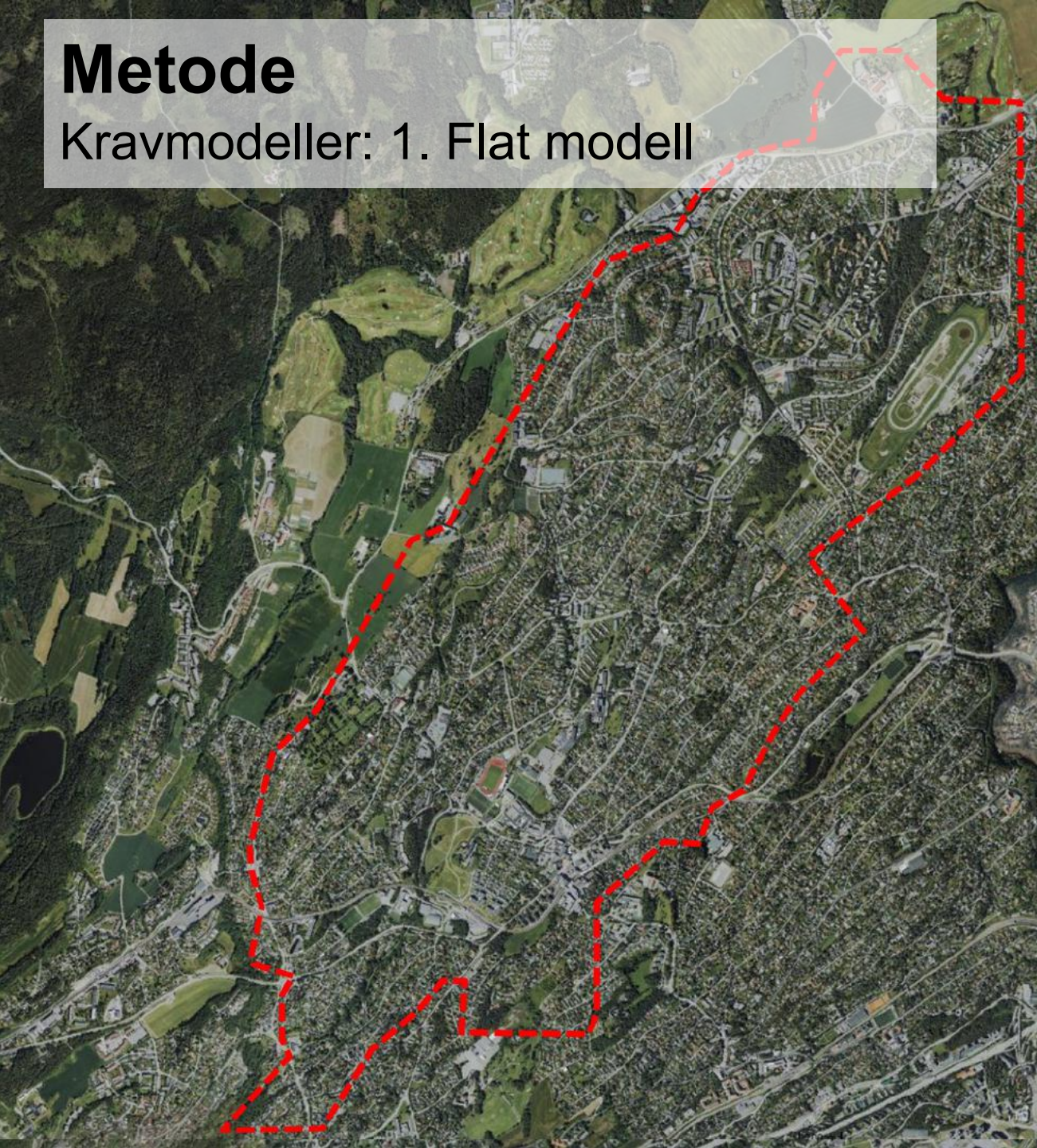
Beskrivelse	Antakelser
Påslagsfaktor (F_p) Faktor som multipliseres med skadekostnader fra skadekostnadsmodell for å ivareta de øvrige skadekostnader modellen ikke hensyntar. I NOU (2015) gjennomgås det to eksempler der fordelingen mellom direkte og indirekte skadekostnader er beregnet. Basert på fordelingen kan påslagsfaktorene estimeres til å være anslagsvis 2 (flom i Gudbrandsdalen) og 4,5 (Frida for Nedre Eiker kommune). Som diskutert av Olesen m.fl. (2017) er det stor usikkerhet knyttet til fordelingen og det er derfor valgt et relativt stort intervall.	Gjennomsnitt: 4 Minimum: 2 Maksimum: 6 Fordeling: uniform
Diskonteringsrente (r) Risikojustert avkastningskrav som benyttes for å beregne nåverdi av fremtidige kontantstrømmer. I NOU (2012) anbefales 2 % etter 75 år.	Gjennomsnitt: 2,0 % Minimum: 0,5 % Maksimum: 3,5 % Fordeling: uniform
Kostnad ved etablering av tiltak (I_e) Engangskostnad for etablering av tiltak med antatt levetid på 100 år. Basert på enhetspriser for fordrøyningsanlegg (Magnussen m.fl., 2015, Hernes, 2018, Paus og Egeberg, 2020).	Gjennomsnitt: 5 300 Standardavvik: 3 300 Fordeling: lognormal
Kostnader ved drift og vedlikehold av tiltak (I_d) Basert på rapporterte verdier (Magnussen m.fl., 2015, Paus og Egeberg, 2020). Laveste verdi er valgt som 0 da det kan argumenteres for at etablering av tiltak vil gi tilsvarende reduksjon for behov for drift og vedlikehold av avløpsanlegg.	Gjennomsnitt: 25 Minimum: 0 Maksimum: 50 Fordeling: uniform
Reduksjon i enhetspriser (f_R) Det er antatt en lineær synkende verdi for reduksjonsfaktoren beskrevet av følgende likning: $F_R = 1 - \frac{P_{dim}}{P_{maks}} \cdot f_r$ Der P_{maks} er største dimensjonerende regn på 47 mm og f_r er reduksjonen i enhetspriser [%]. Basert på prisde fordrøyningsanlegg av Hernes (2018) kan reduksjonen i enhetspriser forventes å være om lag 50 til 70 % når tiltaksvolumet øker med det tidoblede.	Gjennomsnitt: 60 % Minimum: 50 % Maksimum: 70 % Fordeling: uniform

Sannsynlighetstetthet



Metode

Kravmodeller: 1. Flat modell



1. FLAT MODELL

Alle bebygde arealer får samme krav til tiltak.

Grøntområder, grav og urnelund er unntatt krav.

Metode

Kravmodeller: 2. Boligbasert modell

AREALPLAN

IDRETTSANLEGG

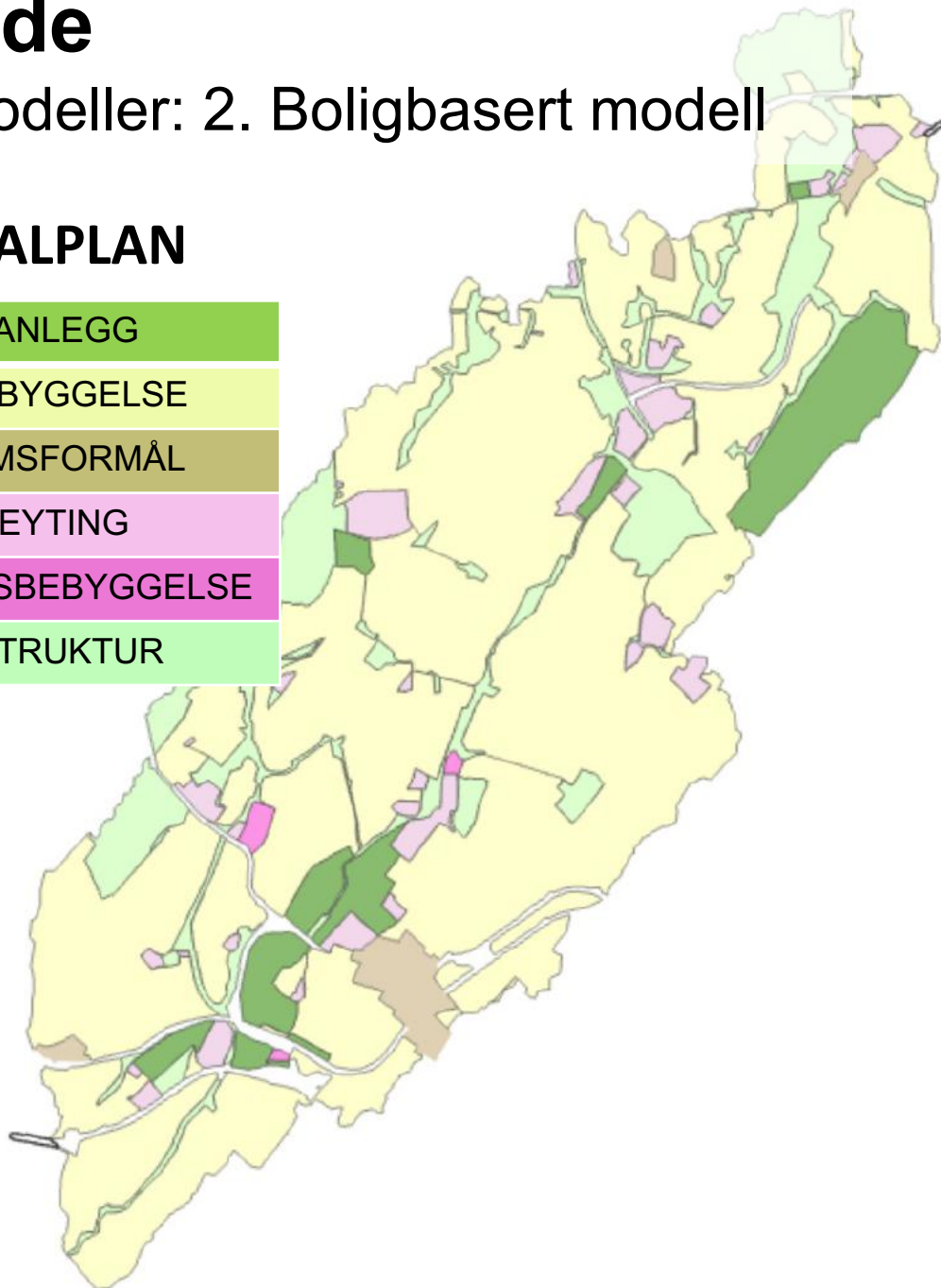
BOLIGBEBYGGELSE

SENTRUMSFORMÅL

TJENESTEYTING

NÆRINGSBEBYGGELSE

GRØNNSTRUKTUR



2. BOLIGBASERT MODELL

Alle boligområder får
samme krav til tiltak.
Andre arealkategorier er
unntatt krav.

Metode

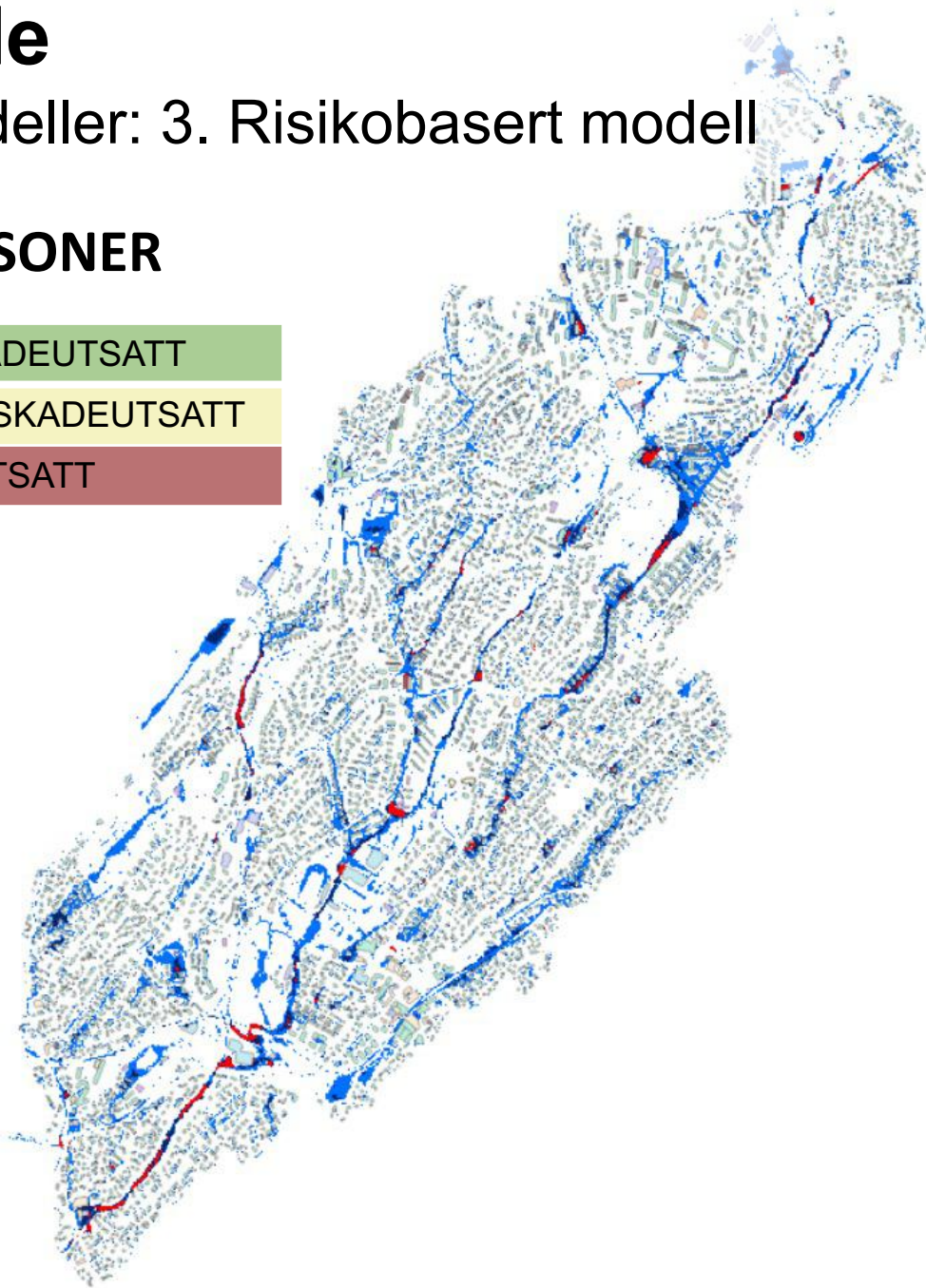
Kravmodeller: 3. Risikobasert modell

RISIKOSONER

IKKE SKADEUTSATT

MINDRE SKADEUTSATT

SKADEUTSATT



3. RISIKOBASERT MODELL

Krav deles i tre
avhengig av hvilken
risikosone arealet er i.
Risikosoner ble basert
på modellresultater for
et 100 års regn.

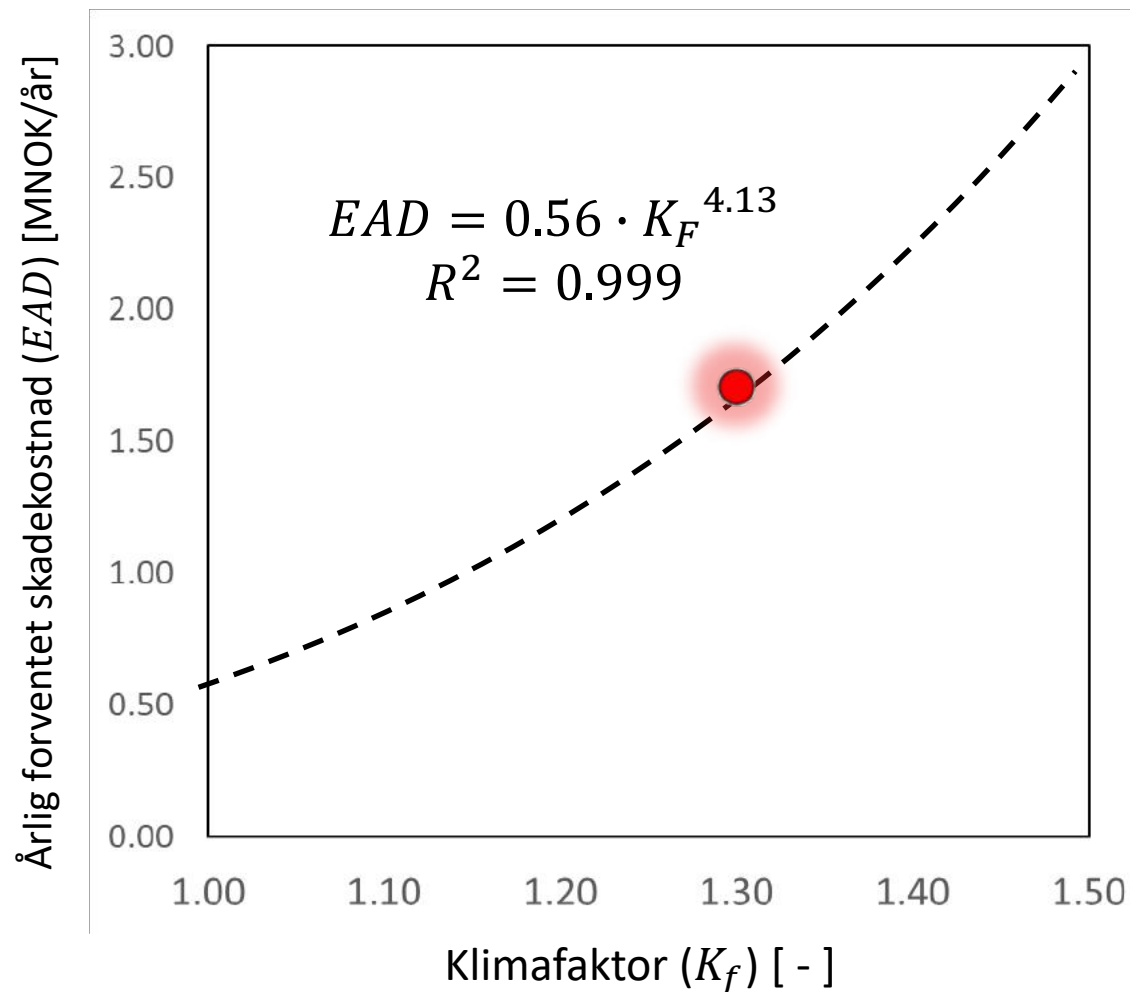
Røde soner omfattet bebygde arealer mindre enn 20 meter fra stor vannføring/vanddybder

Grønne soner omfattet grøntstruktur og idrettsanlegg

Gule soner omfattet øvrige arealer.

Resultater og diskusjon

Skadefunksjonens påvirkning av klimafaktor

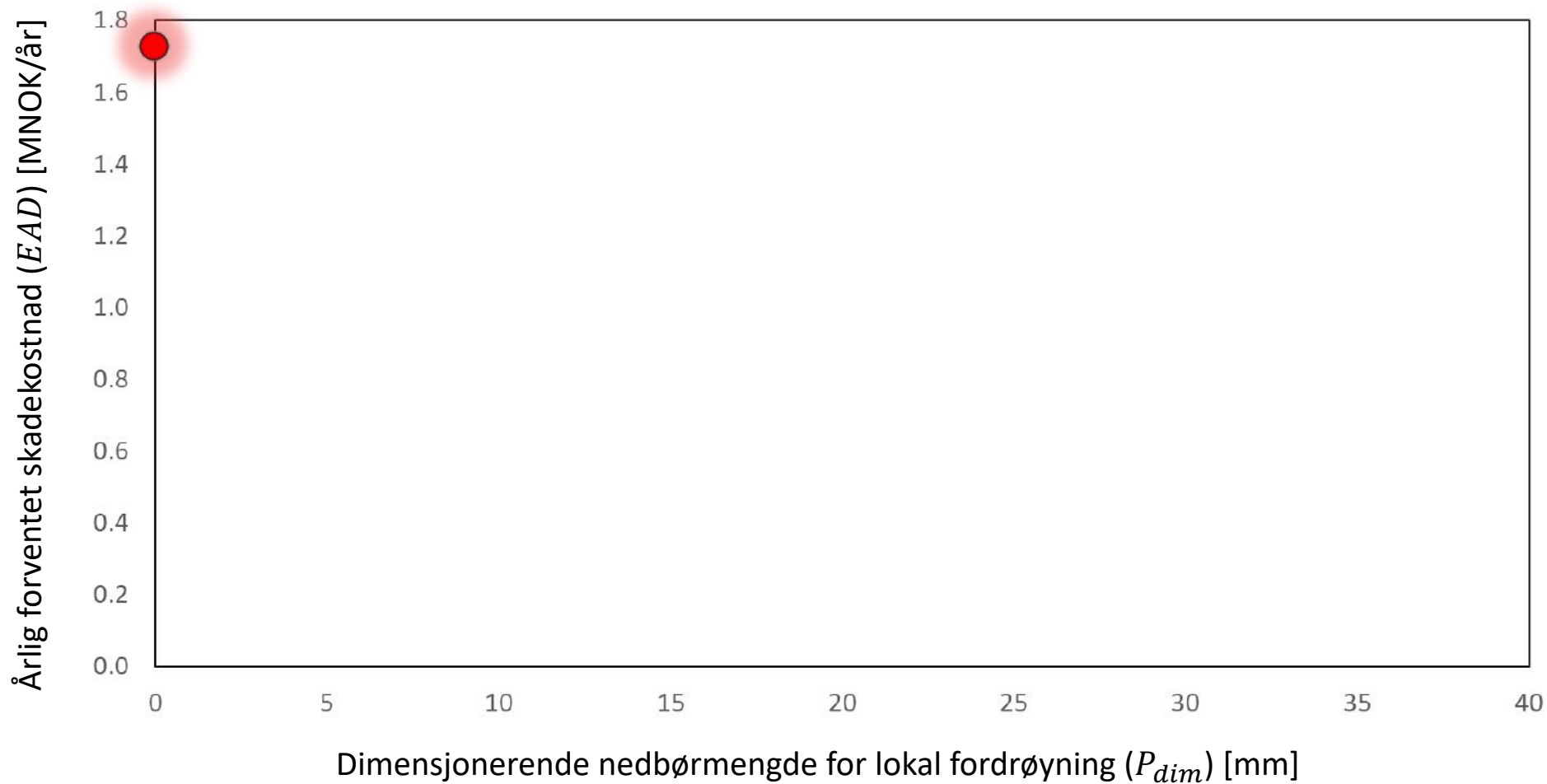


Kurvetilpasning viser at skadekostnaden øker med klimafaktoren i fjerde potens!

Setter vi ikke inn tiltak i dag så vil årlige forventet skadekostnad øke med over 500 % når klimafaktoren økes fra 1,0 til 1,5.

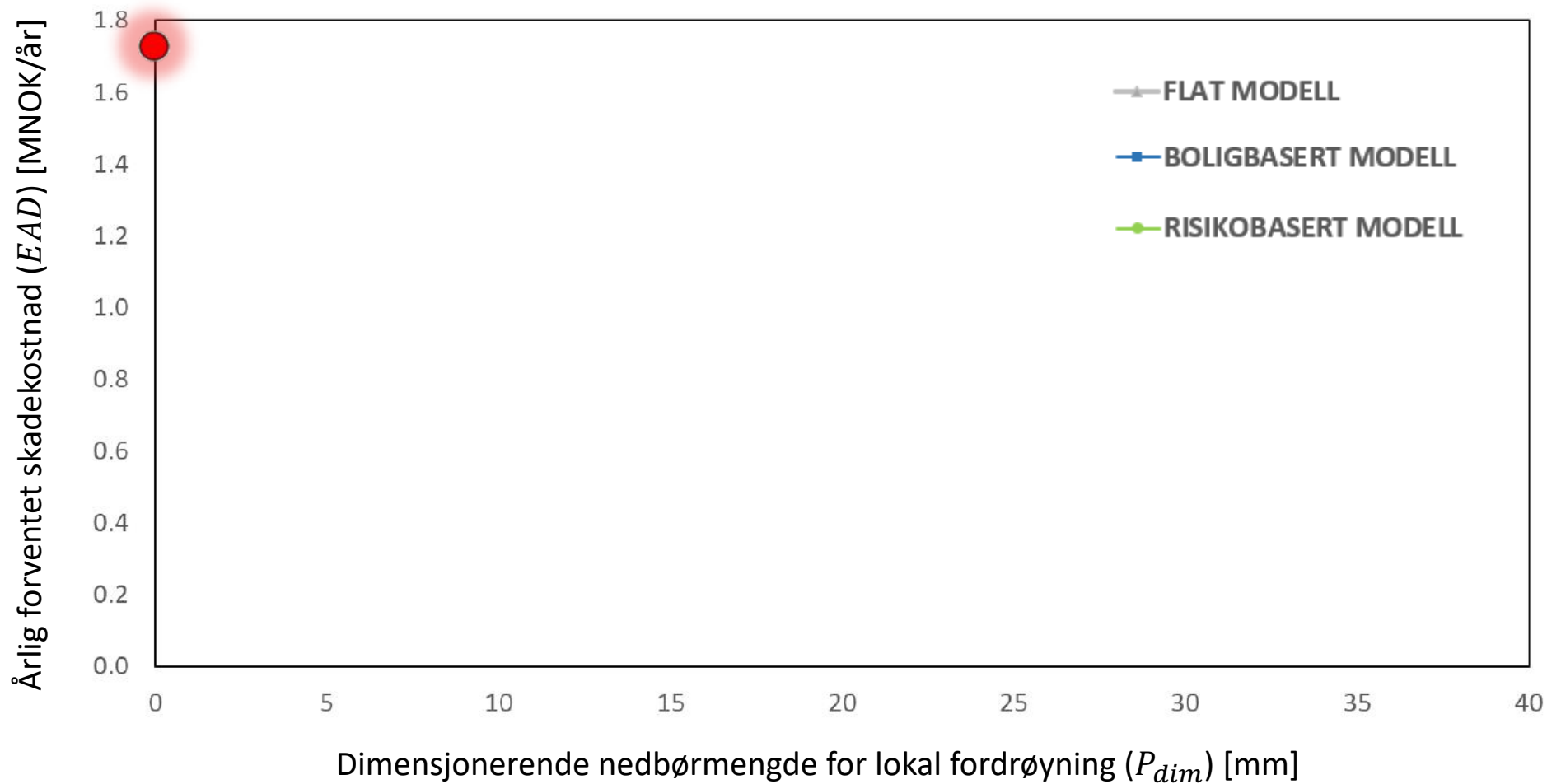
Resultater og diskusjon

Skadefunksjoner for ulike kravmodeller



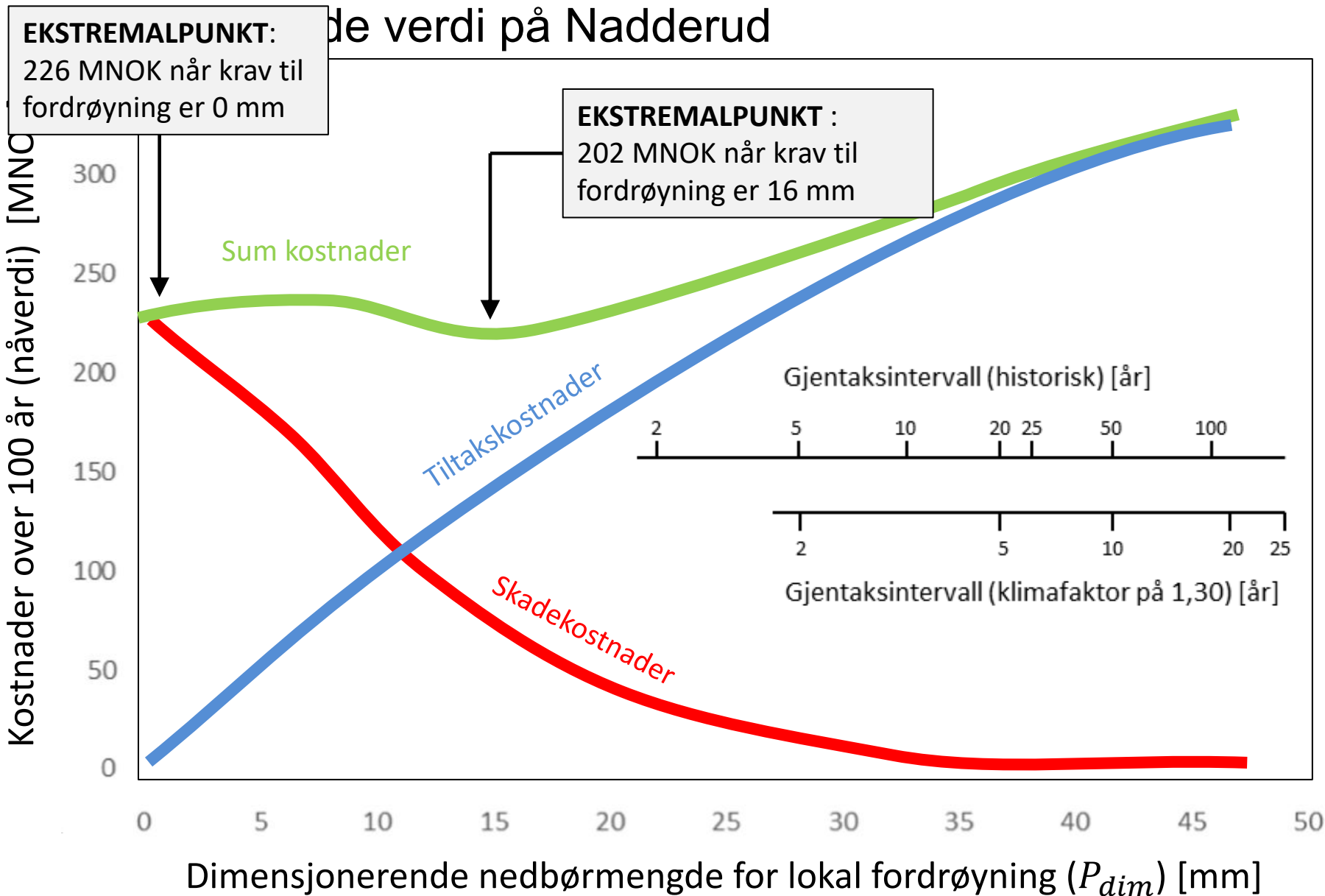
Resultater og diskusjon

Skadefunksjoner for ulike kravmodeller



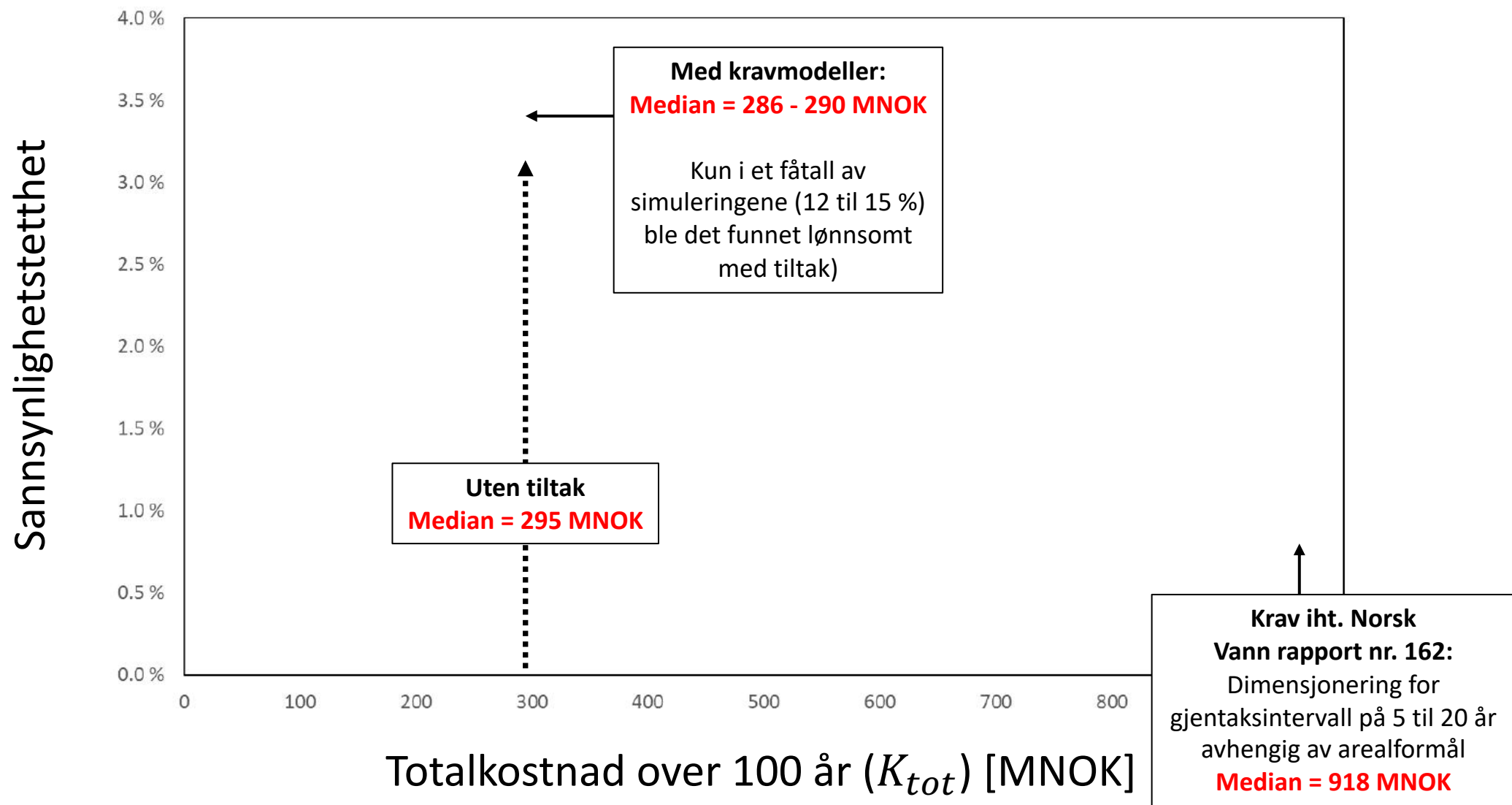
Resultater og diskusjon

Optimalt de verdi på Nadderud



Resultater og diskusjon

Optimal dimensjonerende nedbørverdi på Nadderud



Konklusjoner

1. Det er lav sannsynlighet for at dagens sjablongmessige krav for fordrøyning av overvann er en lønnsom tilnærming (for Nadderud) i et lengre perspektiv (de sparte skadekostnadene ved å øke tiltaksstørrelse kan ikke forsvares av tilhørende økning i tiltakskostnader)
2. For å øke lønnsomheten:
 - Basere krav til fordrøyning i det enkelte utbyggingsprosjekt på resultater fra **detaljerte risikanalyser** der både overflatehydrologi og ledningshydraulikk vurderes (grov risikovurdering er trolig ikke tilstrekkelig)
 - Flytte investeringen fra trinn 2 (lokal fordrøyning) til **trinn 3** (gjennomgående **flomveier**)!
3. Skal sjablongmessige krav (likevel) benyttes viser resultatene at størst lønnsomhet oppnås når fordrøyningstiltak dimensjoneres for et gjentakintervall på ca. 2 år (uten klimafaktor).
Forutsetter:
 - Tiltak har enhetspriser under 2 000 NOK/m³ (midlere rapportert pris er 5 300 NOK/m³)
 - Forventet lang levetid (100 år)
 - Flerfunksjonalitet, fleksibilitet og tilleggskvaliteter (**naturbaserte løsninger**) som kan forsvare investeringen av tiltak!

Referanser

Bjørnsen, S.L. (2020) Optimal tiltaksstørrelse for lokal overvannshåndtering – Samfunnsøkonomisk vurdering av case-område på Nadderud, Bærum. Masteroppgave, NMBU.

Butler, D. og Davies, J.W. (2004) Urban Drainage, Spon Press.

Endresen, S. (2008) Overvann. Valg av dimensjonerende gjentakintervall, VA/Miljø-blad nr. 85, Stiftelsen VA/Miljø-blad.

Friberg, T. og Deggerdal, G. (2018) Overvannskartlegging Nadderud, SWECO.

Government of Ontario (2003) Stormwater Management Planning and Design Manual, Environmental design criteria (3.0), Ontario Ministry of the Environment.

Haugård, P.Å. (2017) Analyse av lønnsomhet for overvannstiltak - En casestudie av avløpsnett ved Grefsen, Oslo kommune. Masteroppgave, NMBU.

Haugård, P.Å.S., Lindholm, O.G., Nilsen, V. og Kvitsjøen, J. (2018). Metode for valg av kostnadseffektive overvannstiltak i et endret klima. Vann 4.

Hernes, R.R. (2018) Kostnader ved lokale overvannstiltak. Fordypningsprosjekt, NTNU.

Høylye, S.S. (2021) Samfunnsøkonomisk vurdering av lokal fordrøyning av overvann og dimensjonerende nedbør : en case-studie i Bærum kommune. Masteroppgave, NMBU.

Jamali, B., Bach, P.M. og Deletica, A. (2020). Rainwater harvesting for urban flood management – An integrated modelling framework. Water Research 171.

Lindholm, O., Endresen, S., Thorolfsson, S., Sægrov, S., Jakobsen, G. og Aaby, L. (2008) Veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering, Norsk Vann rapport 162.

Magnussen, K., Wingstedt, A., Rasmussen, I. og Reinvang, R. (2015) Kostnader og nytte ved overvannstiltak, Vista Analyse og COWI, oppdragsrapport for Miljødirektoratet, Rapport nummer M305/2015.

NJDEP (2020) New Jersey Administrative Code, Chapter 8 - Stormwater Management (§§ 7:8-1.1 — 7:8-6.3), New Jersey Department of Environmental Protection.

Magnussen, K., Wingstedt, A., Rasmussen, I. og Reinvang, R. (2015) Kostnader og nytte ved overvannstiltak, Vista Analyse og COWI, oppdragsrapport for Miljødirektoratet, Rapport nummer M305/2015.

NJDEP (2020) New Jersey Administrative Code, Chapter 8 - Stormwater Management (§§ 7:8-1.1 — 7:8-6.3), New Jersey Department of Environmental Protection.

Nordheim, L.-G. (2019) Utvikling av en kost-nyttmodell basert på urban flommodellering og FKB-data. Masteroppgave, NMBU.

NOU (2012) Norges offentlige utredninger 2012: 16: Samfunnsøkonomiske analyser, Finansdepartementet.

NOU (2015) Norges offentlige utredninger 2015: 16: Overvann i byer og tettsteder - Som problem og ressurs, Klima- og miljødepartementet.

Olesen, L., Löwe, R. og Arnbjerg-Nielsen, K. (2017) Flood damage assessment – Literature review and recommended procedure, Cooperative Research Centre for Water Sensitive Cities.

Olsen, A.S., Zhou, Q., Linde, J.J. og Arnbjerg-Nielsen, K. (2015). Comparing Methods of Calculating Expected Annual Damage in Urban Pluvial Flood Risk Assessments. Water 7(1), 255-270.

Oslo kommune (2016) Hovedrapport - Handlingsplan for overvannshåndtering i Oslo kommune.

Paus, K.H. og Egeberg, J.R. (2020) Evaluerer av kostnader og nytte ved et utvalg av blågrønne overvannstiltak, Asplan Viak oppdragsrapport for Statsbygg.

Rosbjerg, D. (2017). Optimal adaptation to extreme rainfalls in current and future climate. Water Resources Research 53(1), 535-543.