

Håndverknettverkets seminar: Klimaendringer og kulturminner

Klimaendringer
og effekter på bygninger/kulturarv.
Skaderisiko, sårbarhet og tilpasning

Terje Grøntoft - NILU

Kystmusèet i Florø. 19. Oktober 2012

Innhold



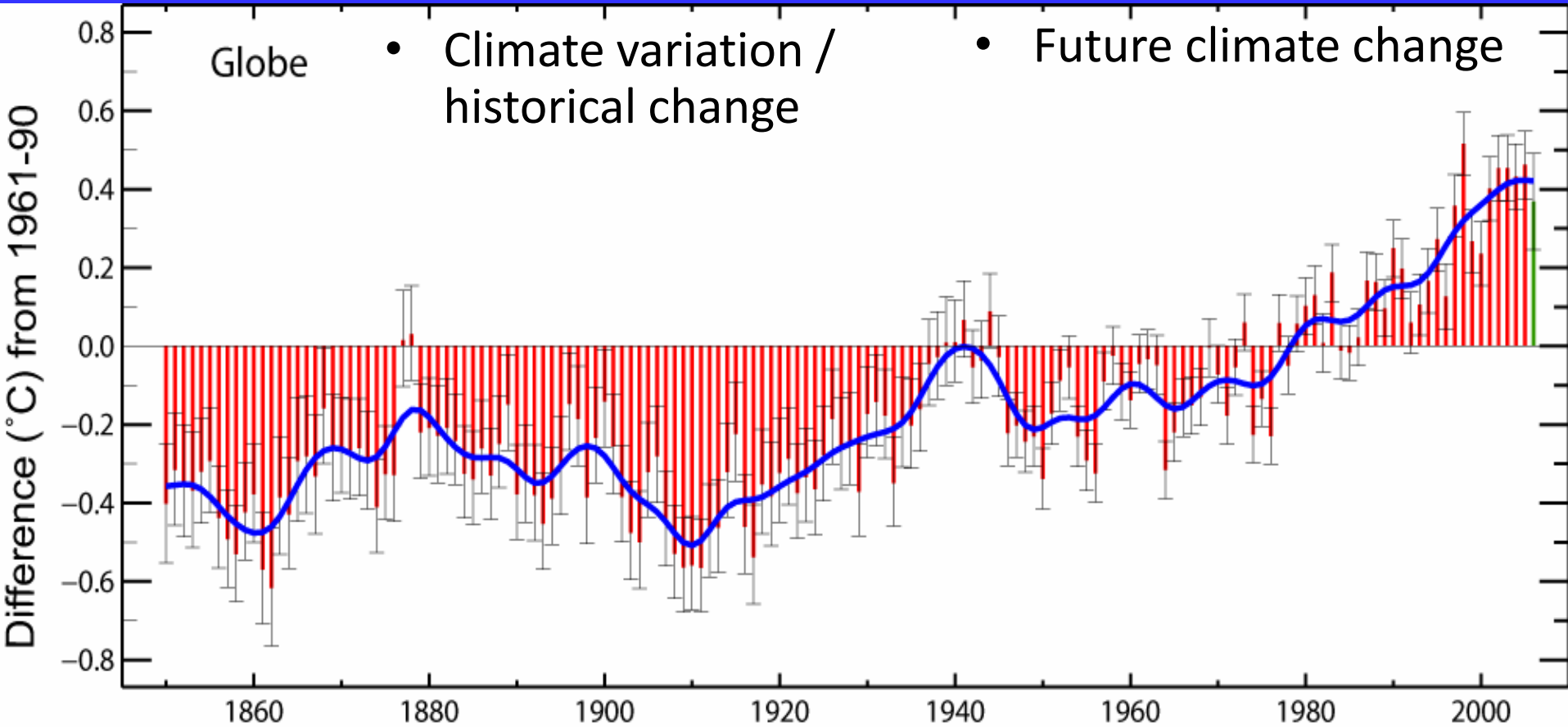
1. Klimaendringer – hva skjer?
2. Hvordan påvirker været våre bygninger / kulturminner
3. Klimaendringer og skaderisiko for kulturarv?
Ekstreme hendelse / gradvis endringer
4. Klimasårbarhet, verdsetting og kostnader
5. Tilpasningsstrategier

Prosjekter:

EU project: NOAH's Ark: <http://noahsark.isac.cnr.it/>

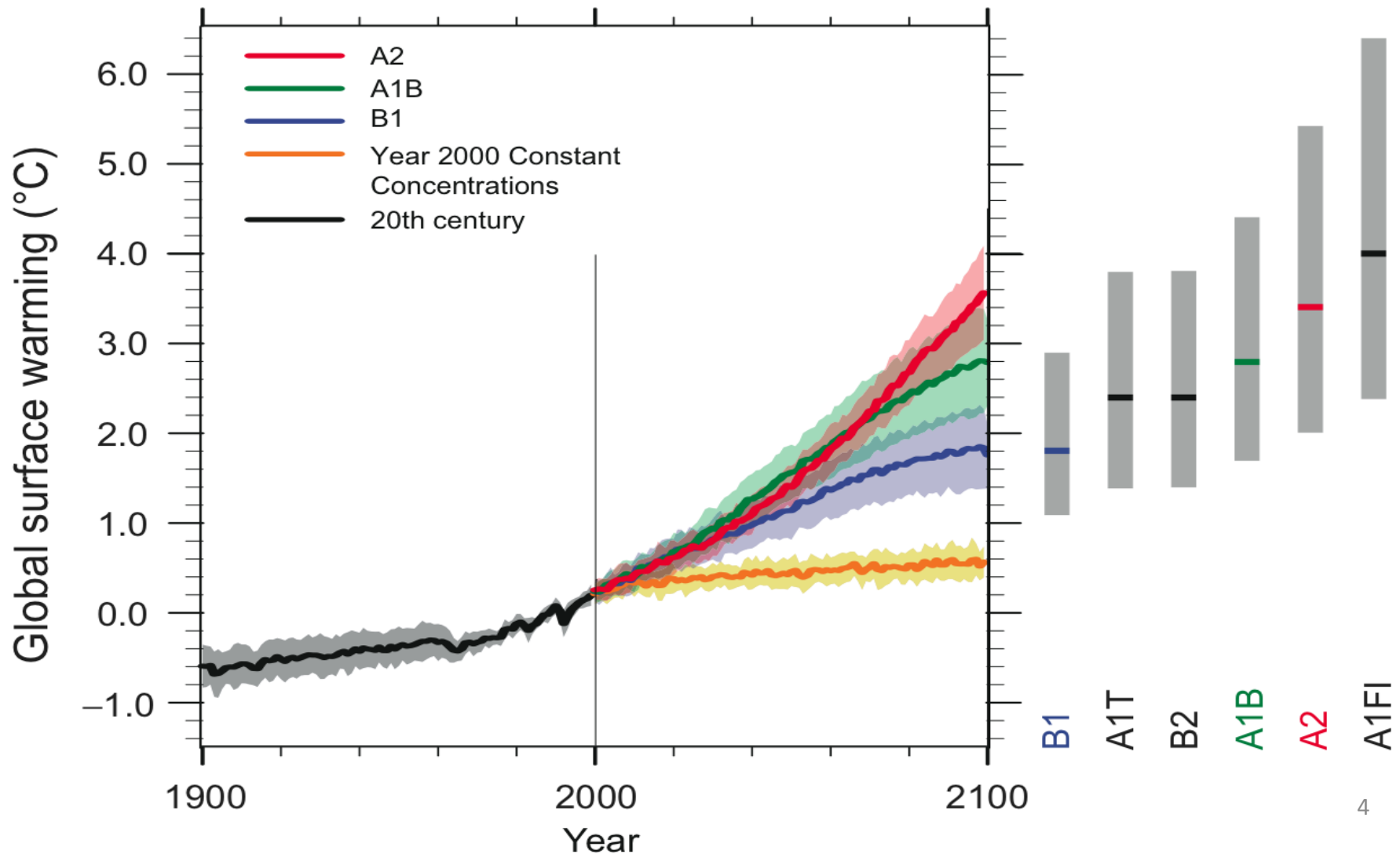
NFR project: Klimatilpasning i Norske Kommuner: <http://www.klimakommune.no/>

Climate change



Climate (change)modelling

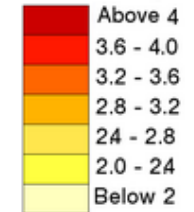
Multi-model Averages and Assessed Ranges for Surface Warming



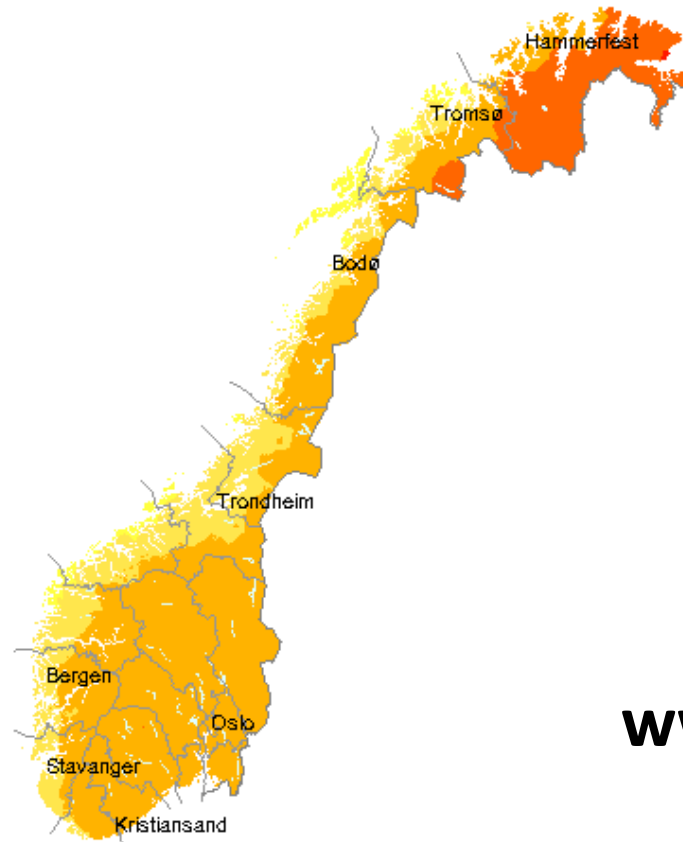
Klimaendringer

Change in normal annual temperature from 1961-1990 to 2071-2100

Degrees Celsius



Oslo Placename
— National boundary
— County boundary
Lake



www.seNorge.no

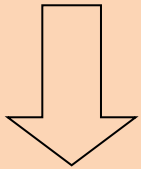
RegClim-Echam/B2 scenario.
www.seNorge.no

Theme from NVE_met.no

Temperatur

Nedbør

Vind



Global
økning

Regionale
variasjoner



1. Hvordan påvirker klimaet våre bygninger?

2

”Værfaktorer”

Stråling:



Elektromagnetisk (IR, synlig, UV – e.g fotooksidasjon)
Initierer kjemiske reaksjoner, oppvarming

Temperatur / Fukt

Rena kirke,
Hedemark



Fra
Hove
kirke i
Vik

Frost

Fukt / Temperatur-variasjon

- Dimensjonsendringer
- Faseoverganger

Temperatur (Varme)

- Øker nedbrytningshastighet, synergi med e.g fukt og forurensninger.



Per Storemyr, "The stones of Nidaros"

Vann



Heradsbygd ved Glomma, Elverum



Nedbrytning p.g.a:

- Havnivå, saltsprøyt, vindrevet regn
- Flom / ras
- Erosjon
- Frysing / tining
- Snølast
- Svelling / krymping
- Salt-krystallisering
- Korrosjon (regn / kondensering)
- Bioaktivitet

Luft

Atmosfærisk korrosjon
av materialer.

(O_2 + forurensninger).

Små mengder **luftfor-**
urensninger kan øke
korrosjonen kraftig (bl.a.
 SO_2 , Cl^- , NO_2 , O_3 , PM)

Korrosjon =

$f(C, RH, T) + f(Rain, H^+)$



Vind

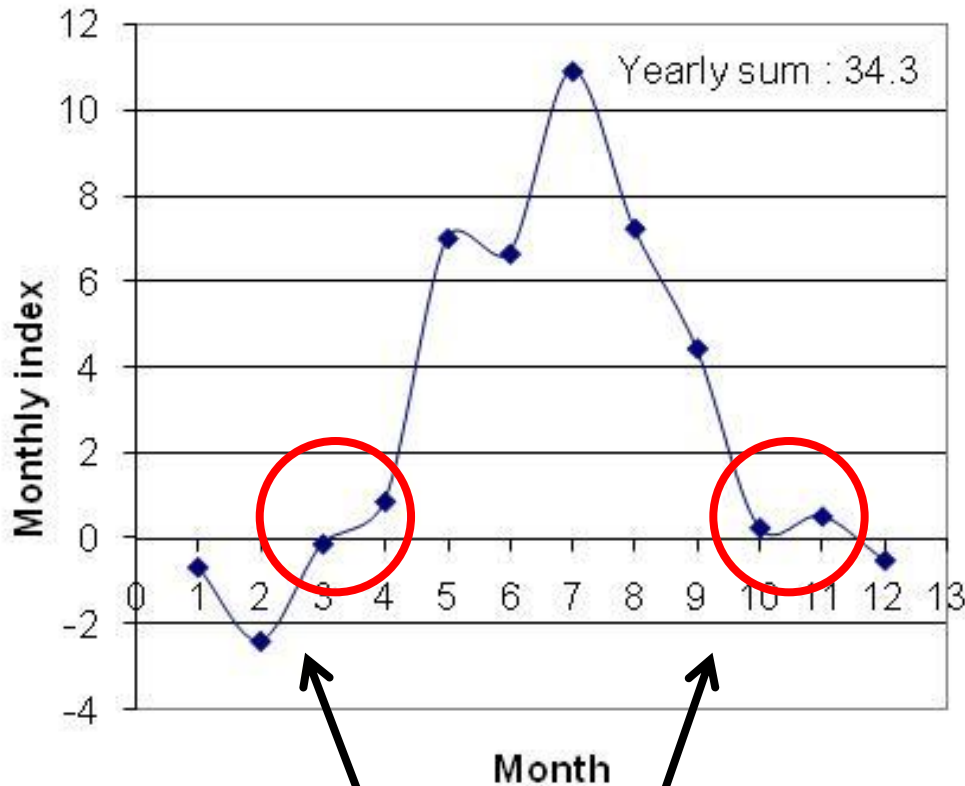
Mekaniske skader



Stormskade, Danmark

**Vinddrevet regn (nedbør) + salt fra sjø/kyst:
Overflateskader og inntrengning i bygninger.**

Synergi mellom værfaktorer



◆ Scheffers index

$$(T-2)*(D-3) / 16.7$$

T = monthly mean temp.

D = No. of days with prec. > 0.25

Scheffers index

Valle Hovin,
Oslo 2003

Klimaendring ?



Råte



Klimaendringer og skaderisiko for kulturarv: ³

Ekstreme hendelser eller gradvise endringer

1. Ekstreme hendelser – effekter

Havnivå

Flom

Ras

Vindlast

Snølast

2. Gradvis endring - effekter

Fysisk / mekanisk

- *Havnivå*
- *Frost*
- *Saltkrystallisering*
- *Væte – tørke sykler*
- *Solsprenging*

Kjemisk

- *Korrosjon av metaller / glass*
- *Nedbrytning av stein*

Biologisk

- *Fukt i tre – råte*
- *Biomasse akkumulering*
- *Insektskade etc.*

1. Ekstreme hendelser – effekter

Flom - Bergen

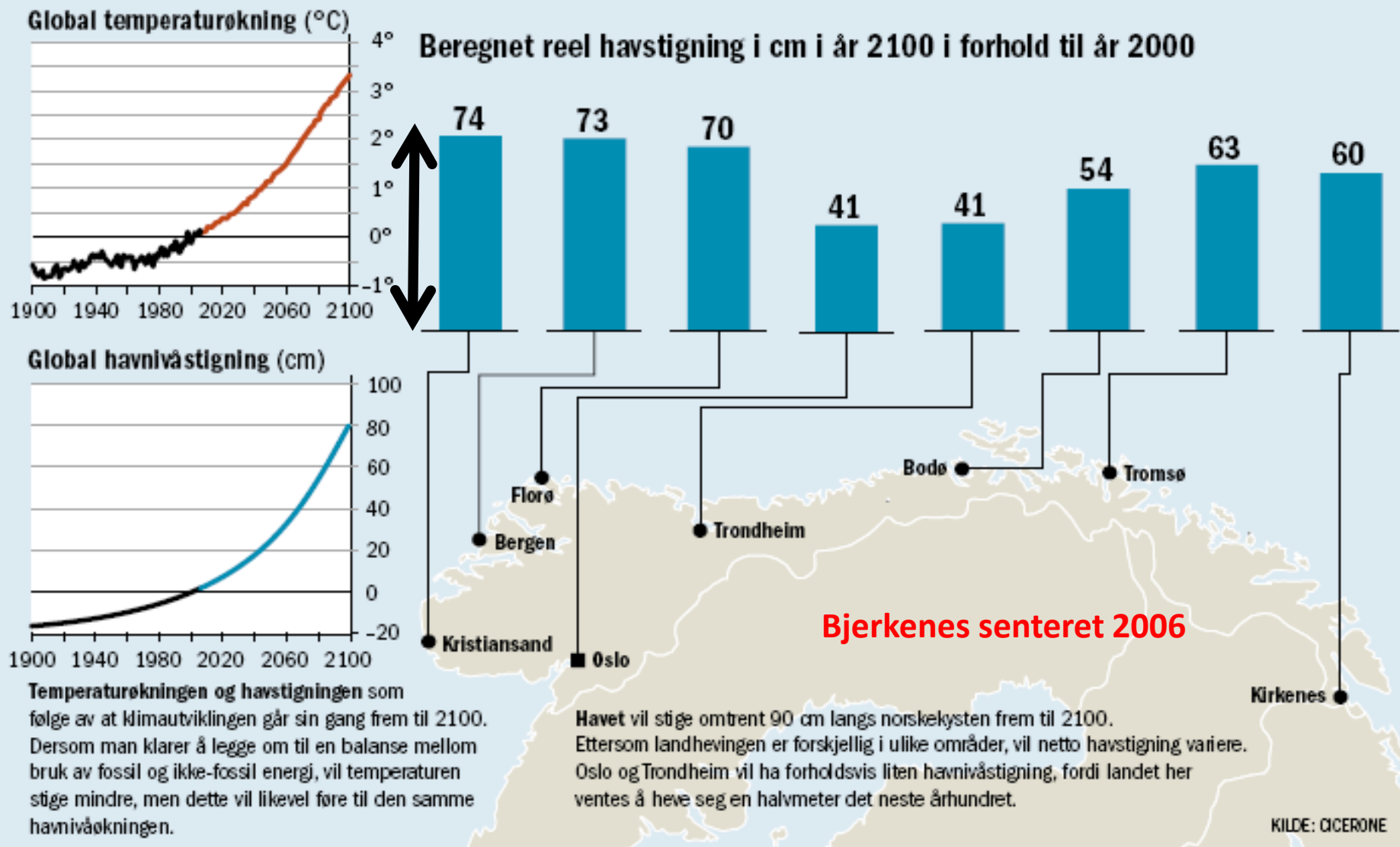


2. Gradvis endringer - effekter

Råte – Tøyen Hovedgård

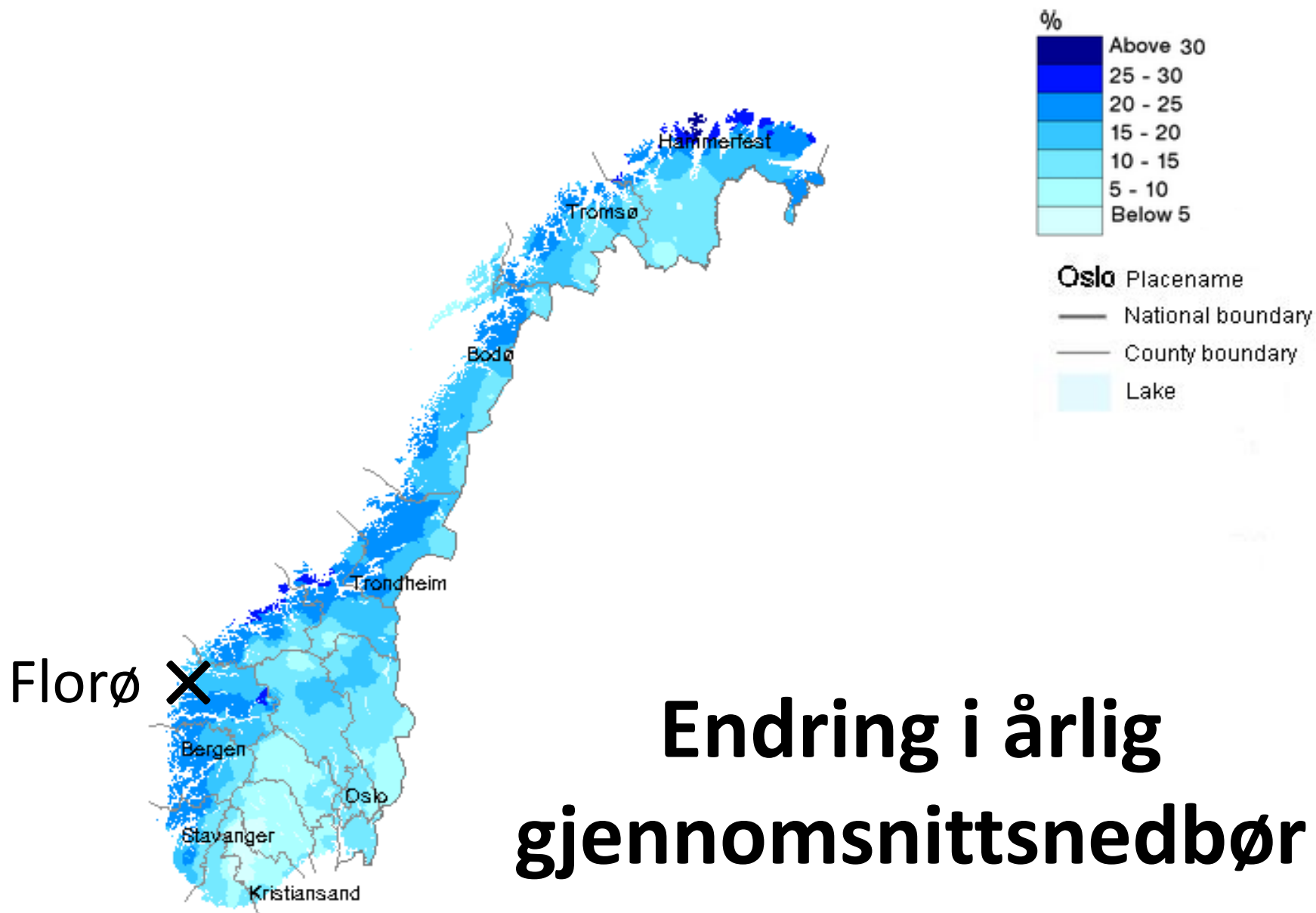


Havnivåstigning:



Men usikkerhet bl.a. p.g.a.: - Synkende gravitasjon når Grønlandsisen smelter
- Land stigning for Norge

Percent change in normal annual precipitation from 1961-1990 to 2071-2100

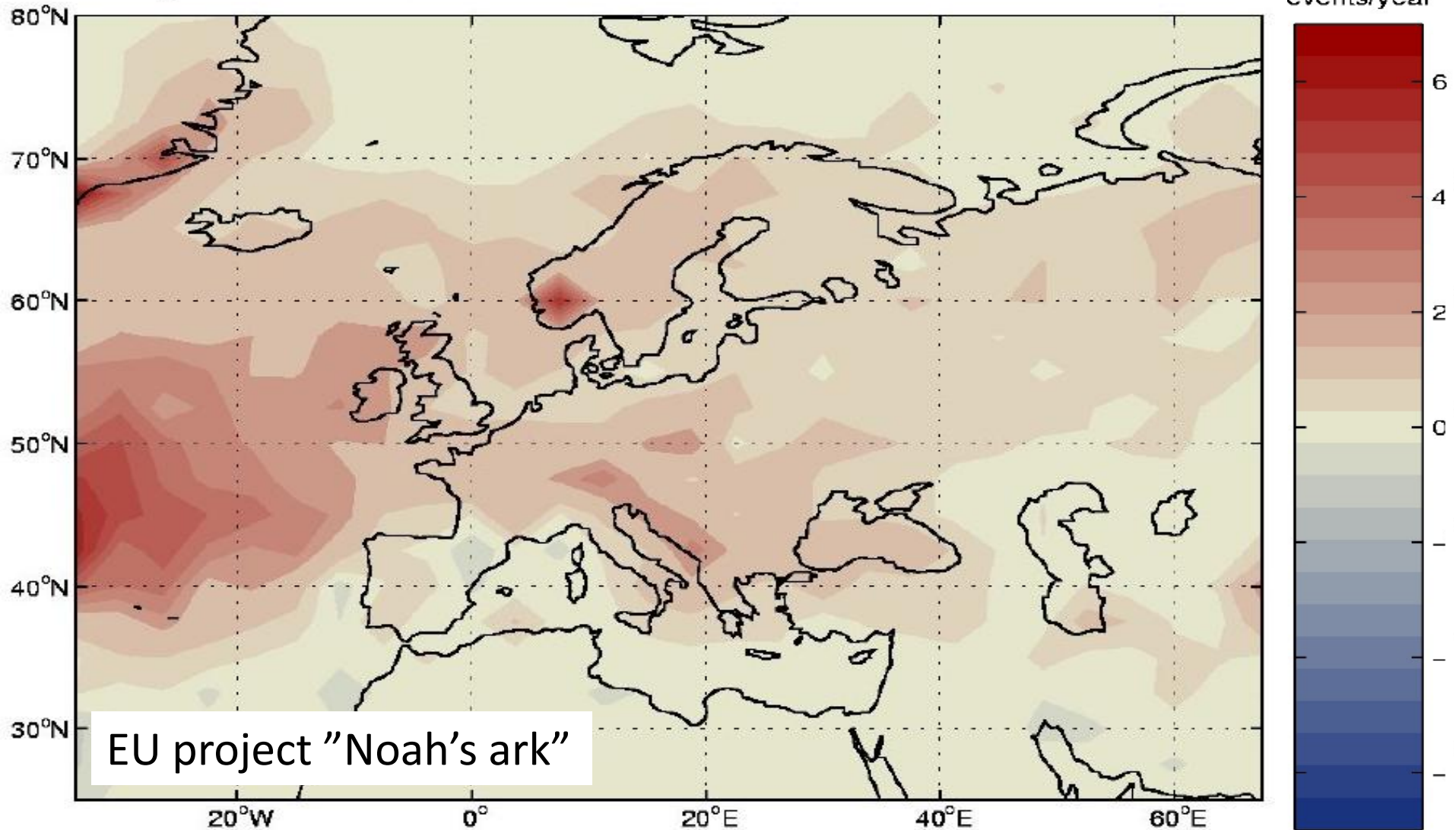


Endring i årlig gjennomsnittsnedbør

1. Flom (1)

Antall regnepisoder > 20 mm

Change from Recent Past to Far Future



EU project "Noah's ark"

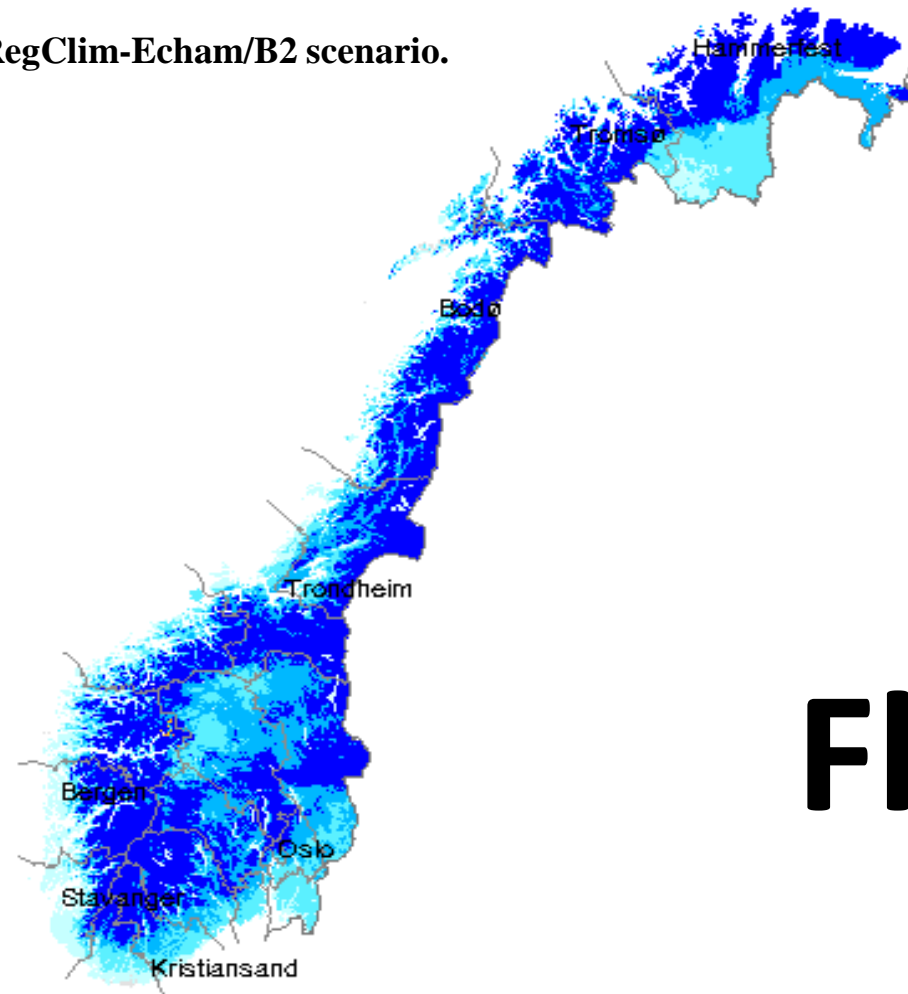
Recent past: 1961 – 1990.

Near Future: 2010 – 2039.

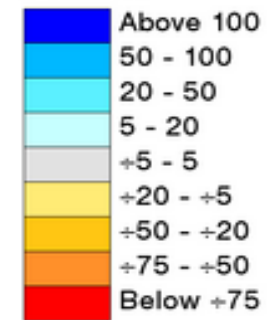
Far future: 2070 - 2099

Percentage change in mean winter runoff from 1961-1990 to 2071-2100

RegClim-Echam/B2 scenario.



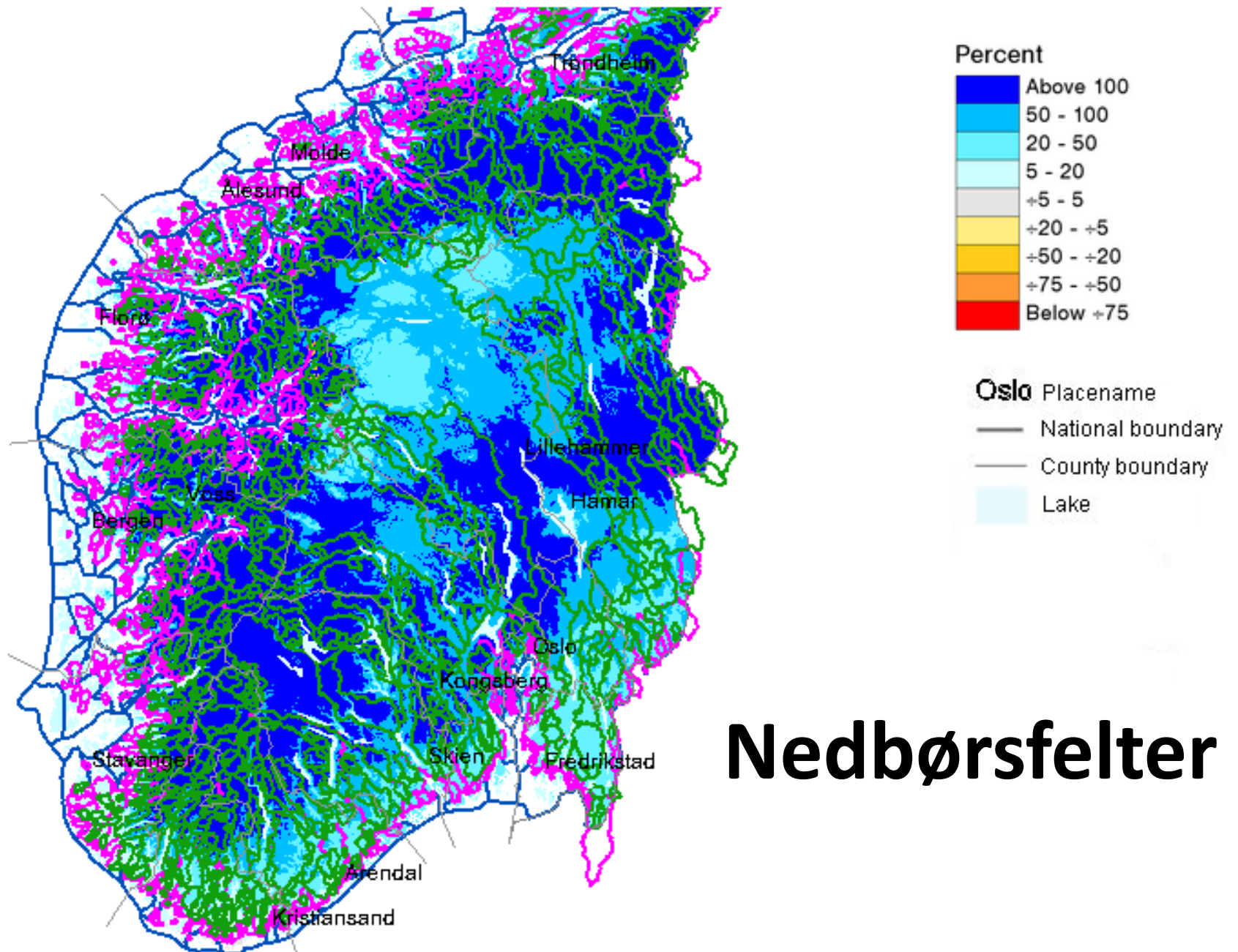
Percent



Oslo Placename
— National boundary
— County boundary
Lake

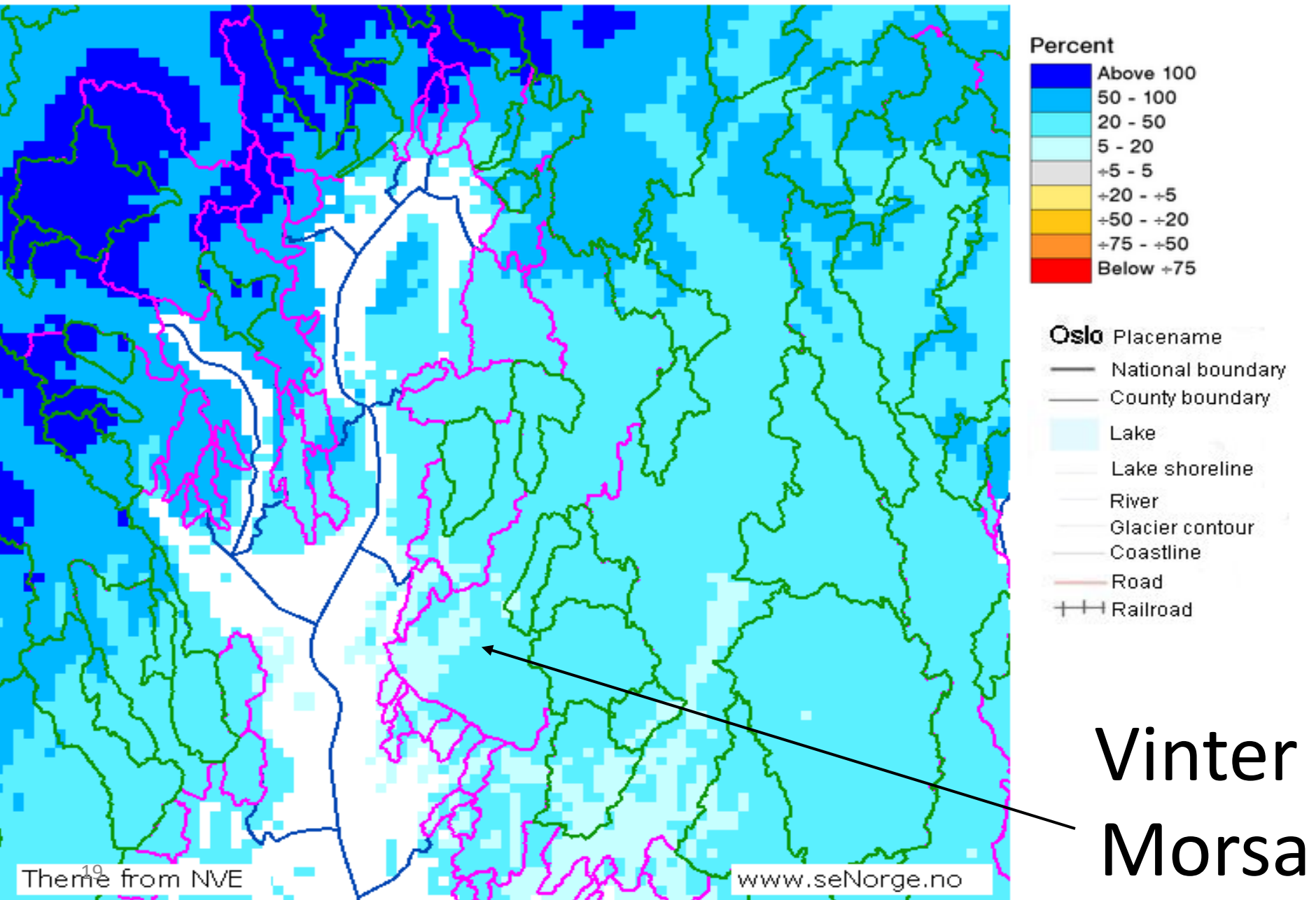
Flom (2)

Percentage change in mean winter runoff from 1961-1990 to 2071-2100

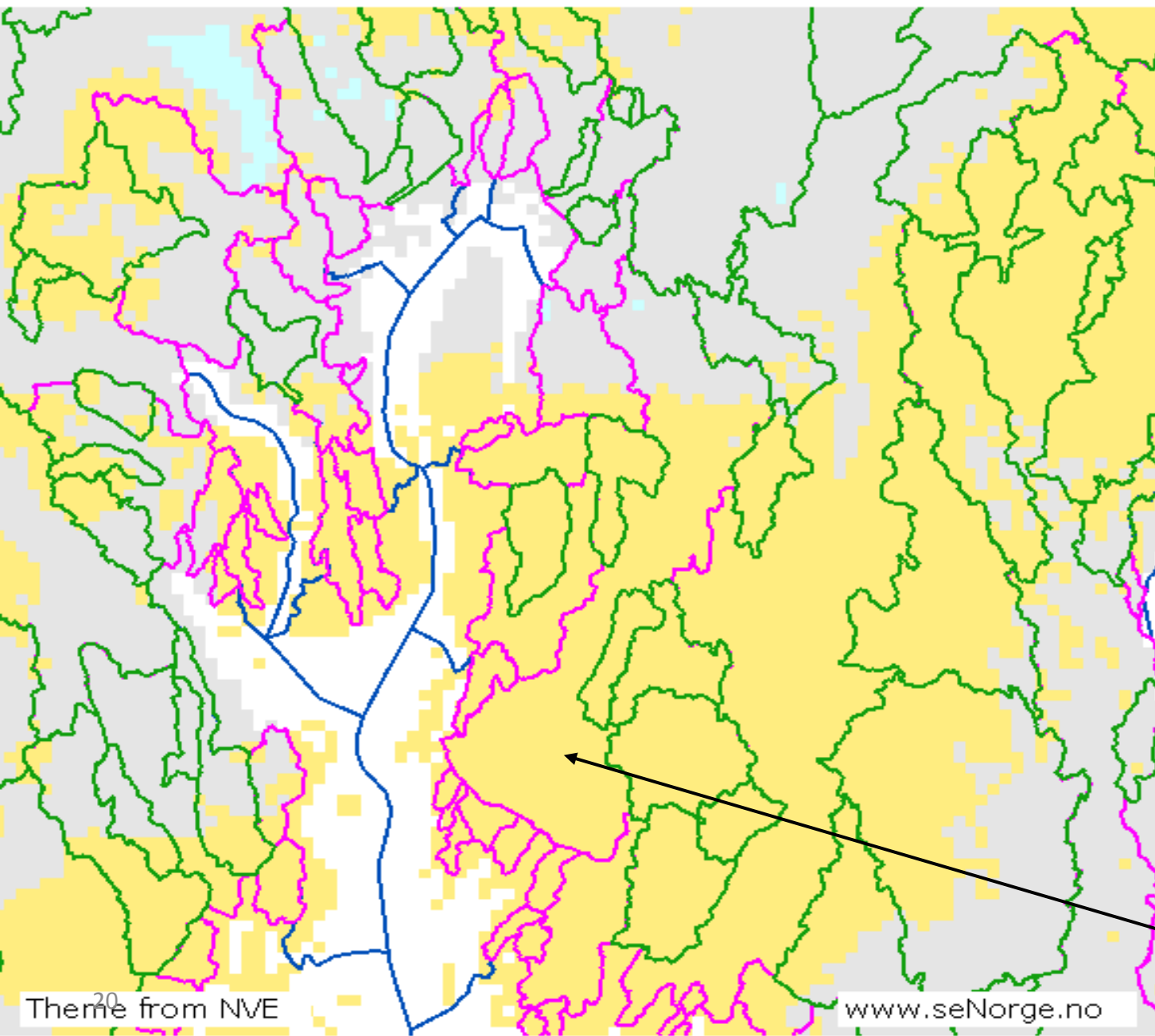


Nedbørsfelter

Percentage change in mean winter runoff from 1961-1990 to 2071-2100



Percentage change in mean summer runoff from 1961-1990 to 2071-2100



Percent

- Above 100
- 50 - 100
- 20 - 50
- 5 - 20
- +5 - 5
- +20 - +5
- +50 - +20
- +75 - +50
- Below +75

Oslo Placename

- National boundary
- County boundary
- Lake
- Lake shoreline
- River
- Glacier contour
- Coastline
- Road
- Railroad

Sommer
Morsa

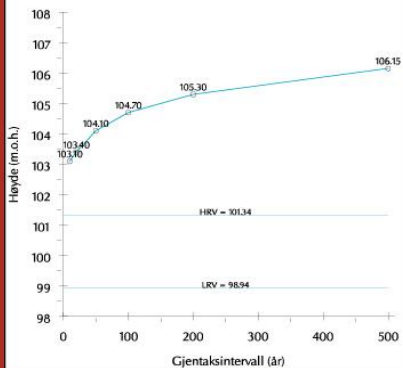
FLOMANNSTANDER I NITELVA VED LILLESTRØM

10 år	20 år	50 år	100 år	200 år	500 år
103.10	103.40	104.10	104.70	105.30	106.15

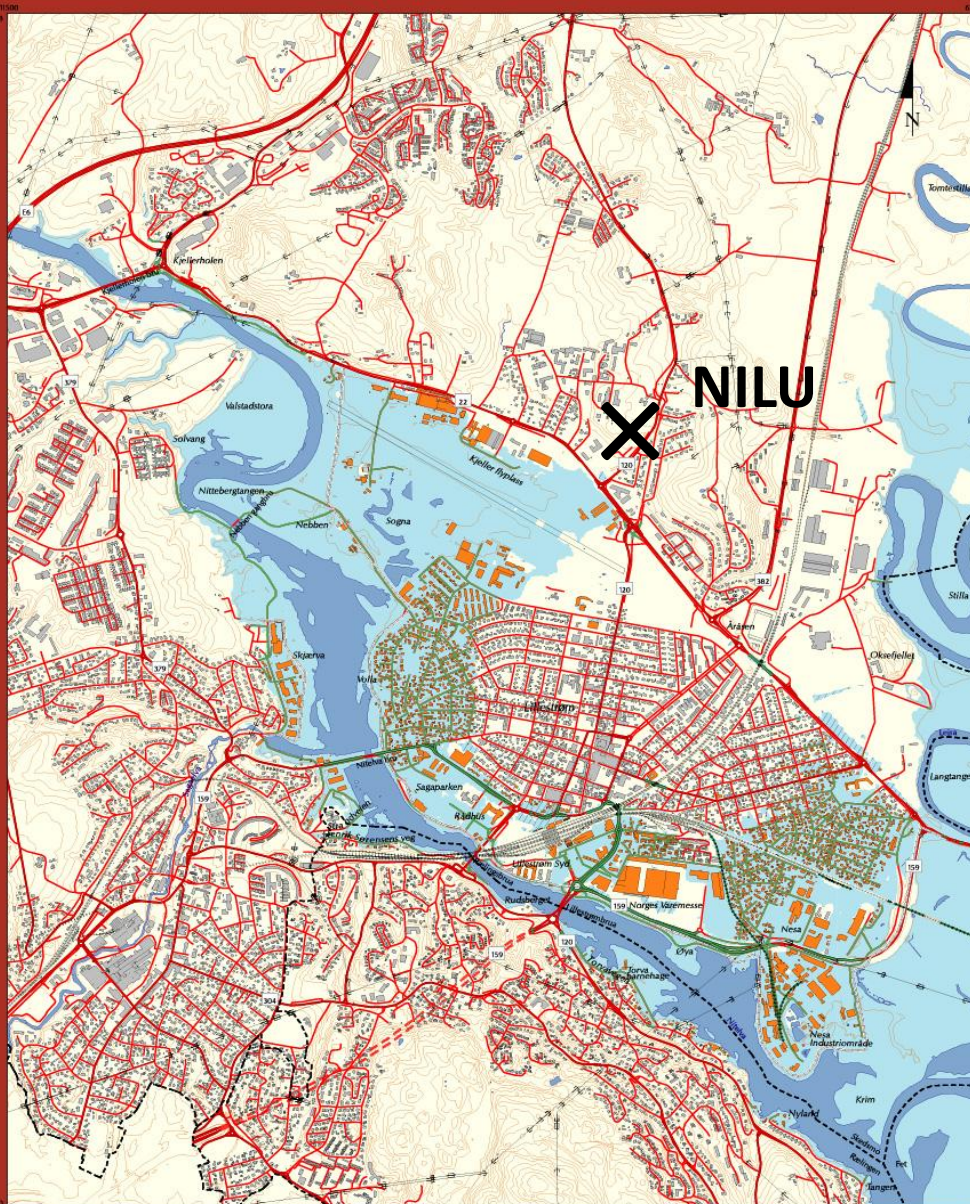
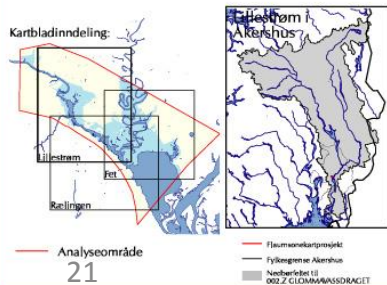
SIKKERHETSMARGIN

Sikkerhetsmargin - bestemmelser arealplaner + 0,3 meter

FLOMANNSTANDER I NITELVA VED LILLESTRØM



OVERSIKTSKART



TEGNFORKLARING

- Europa-, riks- og fylkesvei med veinummer
- Kommunal og privat vei
- Oversvømt riks- og fylkesvei
- Oversvømt kommunal, privat vei og gangvei
- Jernbane
- Oversvømt jernbane
- Flomverk
- Kommunegrense
- Kraftlinje
- Høydekurver med 5 meters ekvidistanse
- Ikke flomutsatte bygninger
- Flomutsatte bygninger
- Elv og vann
- Oversvømt areal ved 500-årsflom
- Lavpunkter - områder som ikke har direkte forbindelse med elva (bak flomverk, kulvert, m.v.). Samsynlighet for oversvømmelse må vurderes nærmere.

FLOMSONEKART

Prosjekt: Lillestrøm
Kartblad Lillestrøm

500-ÅRSFLOM
Godkjent 5. desember 2005

Målestokk 1 : 16000

Koordinatsystem: UTM, sone 32
Kartgrunnlag: Geovekst 2003/2004
Situasjon: Høydedata: 1 m koter
Flomsoneanalyse
Flomverdier: Dek. 15/2000 NVE
Vannlinjer: 2004 NVE
Terengmodell: Oktober 2005
GIS-analyse: November 2005
Prosjekt rapport: Flomsonekart 13/2005
Prosjekt nr: f6002_17

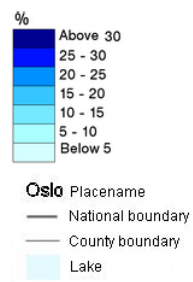
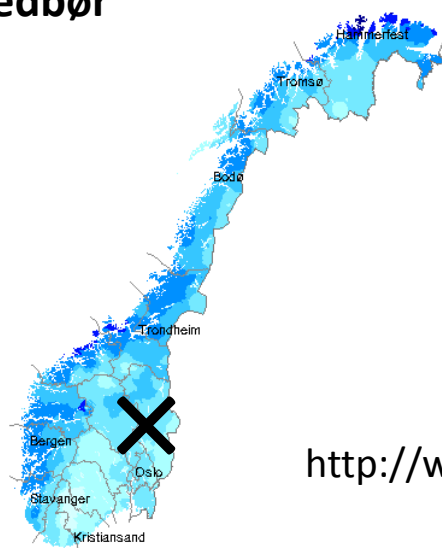
NORGES VASSDRAGS- OG ENERGIDIREKTORAT (NVE)

Pb. 5091 Maj. - 0301 Oslo
Tlf: 22 95 95 95 Fax: 22 95 90 00
Internet adr: <http://www.nve.no/flomsonekart>

Percent change in normal annual precipitation from 1961-1990 to 2071-2100

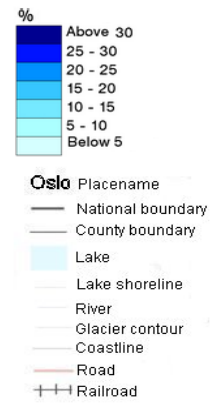
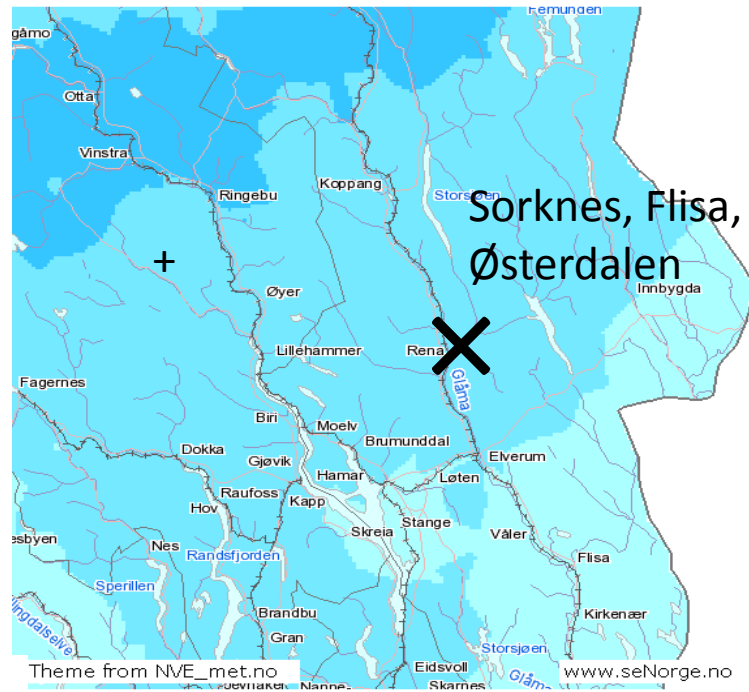
Percent change in normal annual precipitation from 1961-1990 to 2071-2100

Års-nedbør



seNorge:

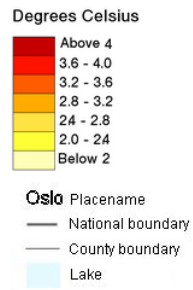
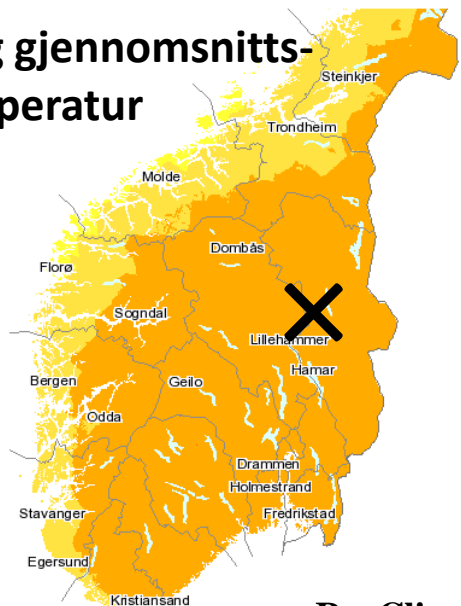
<http://www.senorge.no>



+ 10 – 15 %

Change in normal annual temperature from 1961-1990 to 2071-2100

Årlig gjennomsnittst-Temperatur



+ 2.8 – 3.2°C

RegClim-Echam/B2 scenario.



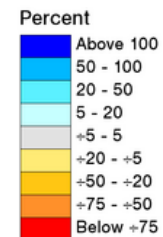
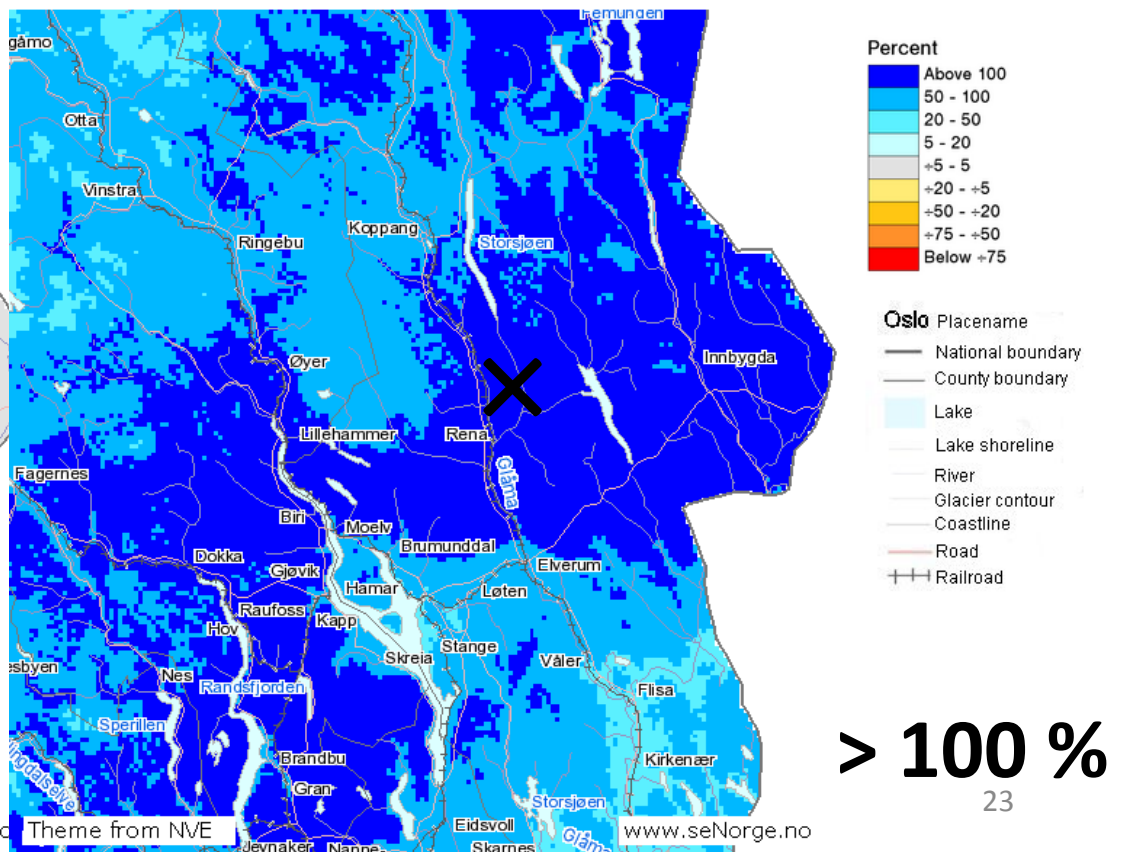
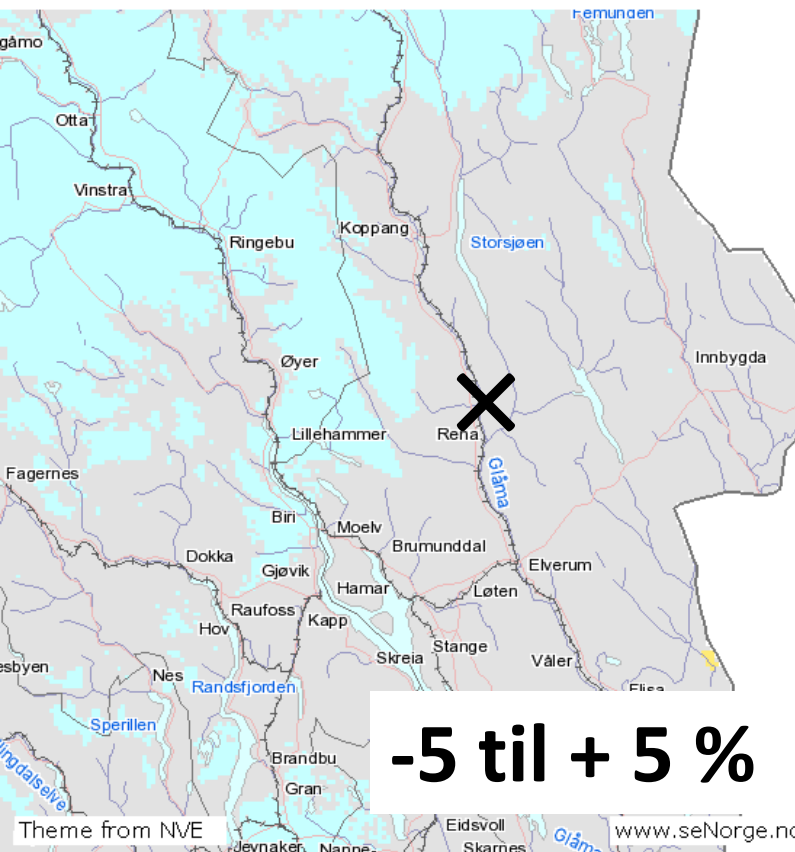


2100

Risiko for oversvømmelse

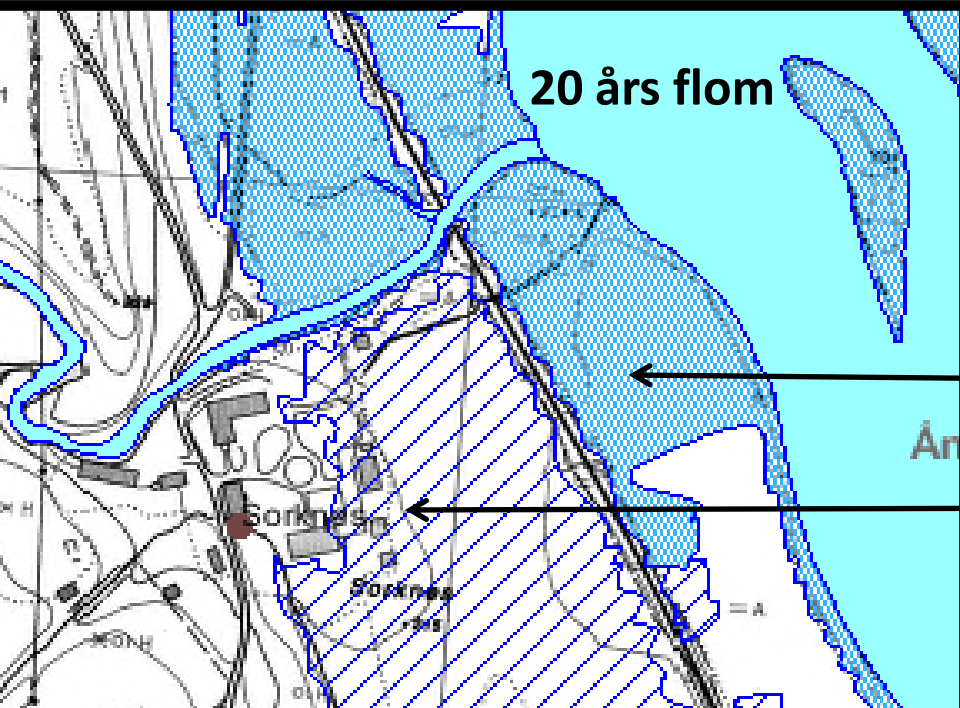
Avrenning

Annual Winter



- Oslo
- National boundary
 - County boundary
 - Lake
 - Lake shoreline
 - River
 - Glacier contour
 - Coastline
 - Road
 - +++ Railroad

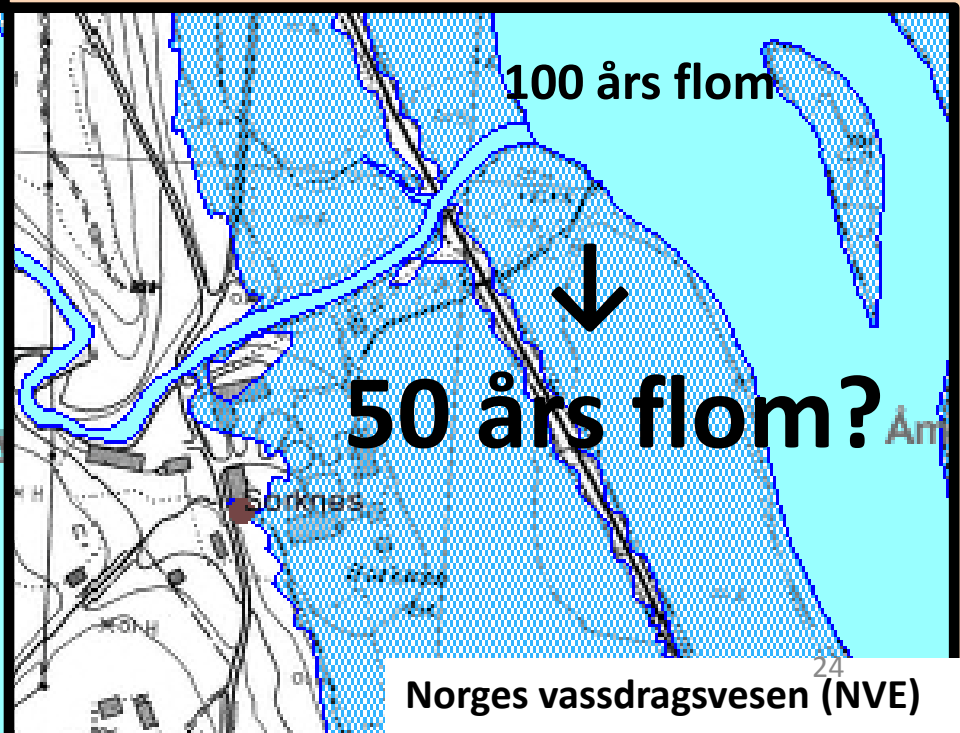
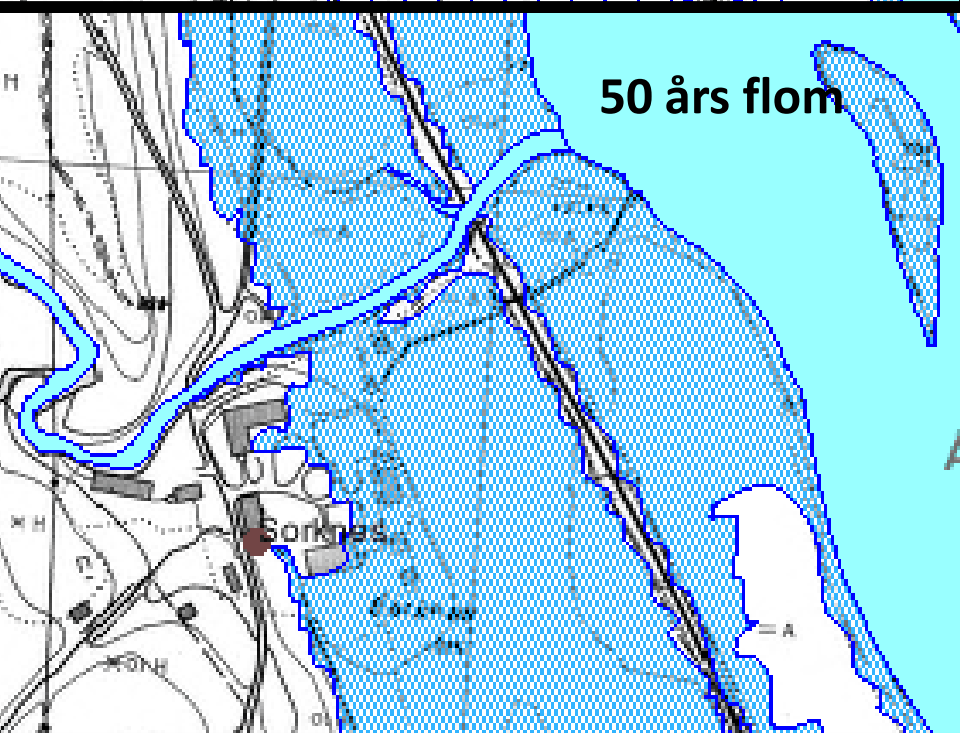
Risiko for oversvømmelse



Oversvømt

Lavtliggende
områder

100 % økning i vinteravrenning?

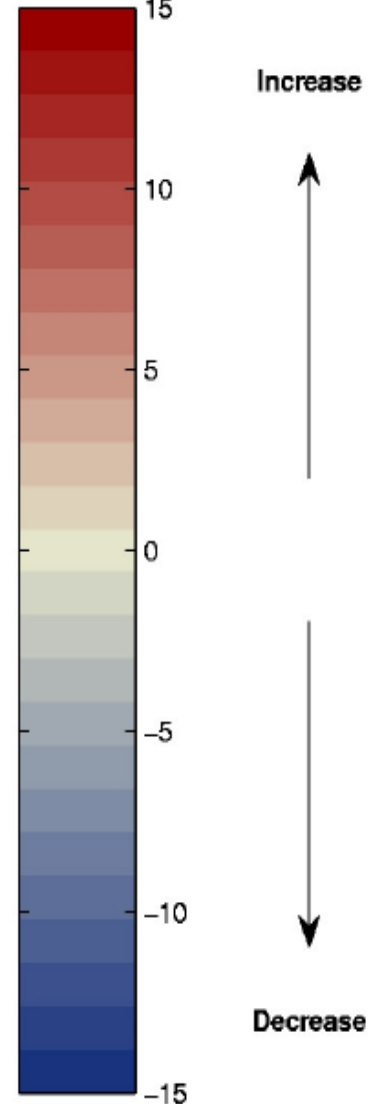
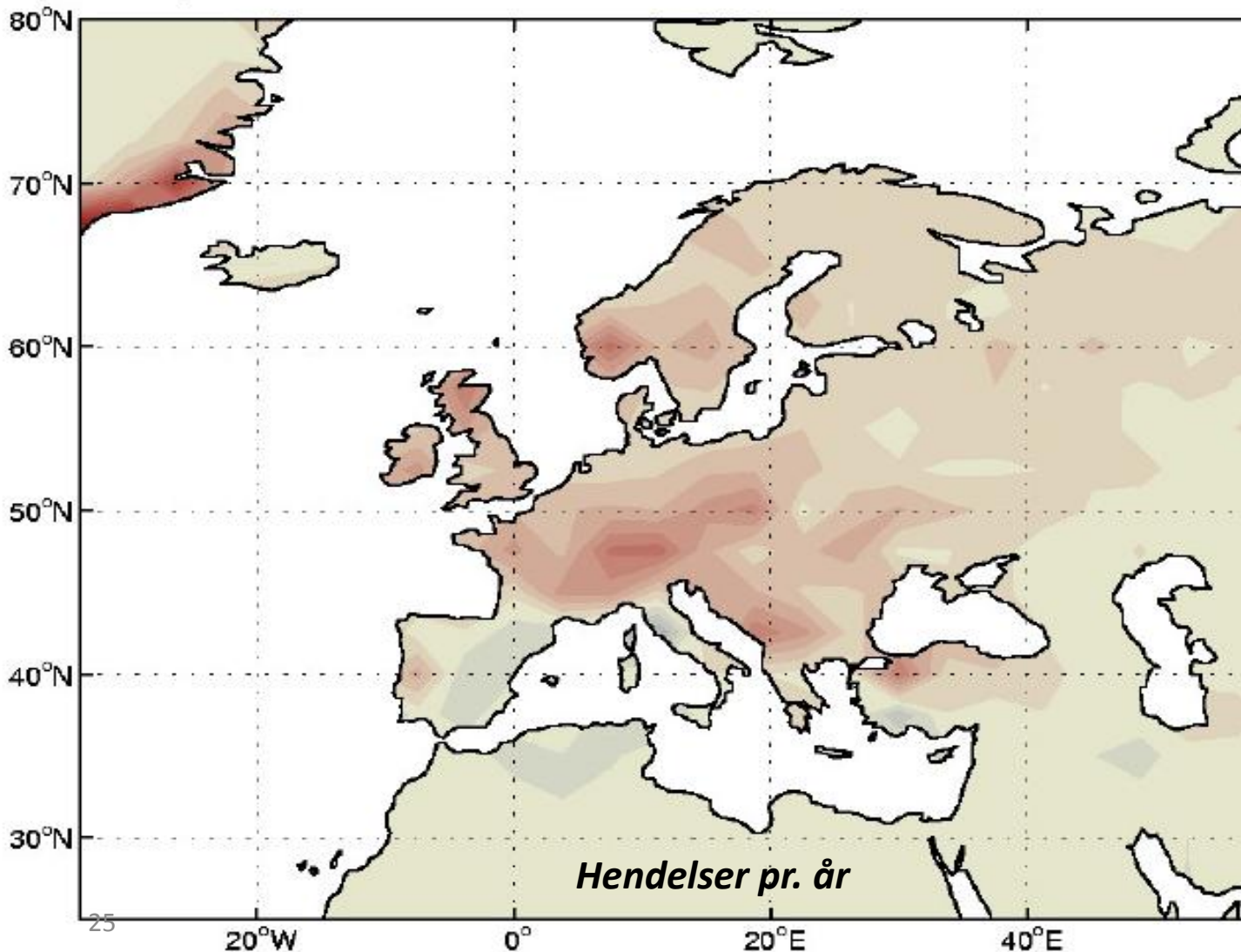


Ras

7 dagers regn perioder *
ekstrem regn > 20 mm pr. dag.

Change from Recent Past to Far Future

propensity to landslides



Ras (Stein, jord og snøras)

- Kan virke på store områder. Skaden er som regel uopprettelige.
- Bygninger forflyttes ofte fra sin opprinnelige lokalitet og veltes ofte om.
- Generell årsak til ras er **forutgående langvarig nedbør etterfulgt av kortvarig kraftig nedbør**. Kan arte seg ulikt for forskjellige typer ras.
- Mekanismene for leirras, jordras, steinras/sprang og snøras er forskjellige.



Rissa i Nord-
Trøndelag (1978)

Change from Recent Past to Far Future

events/year

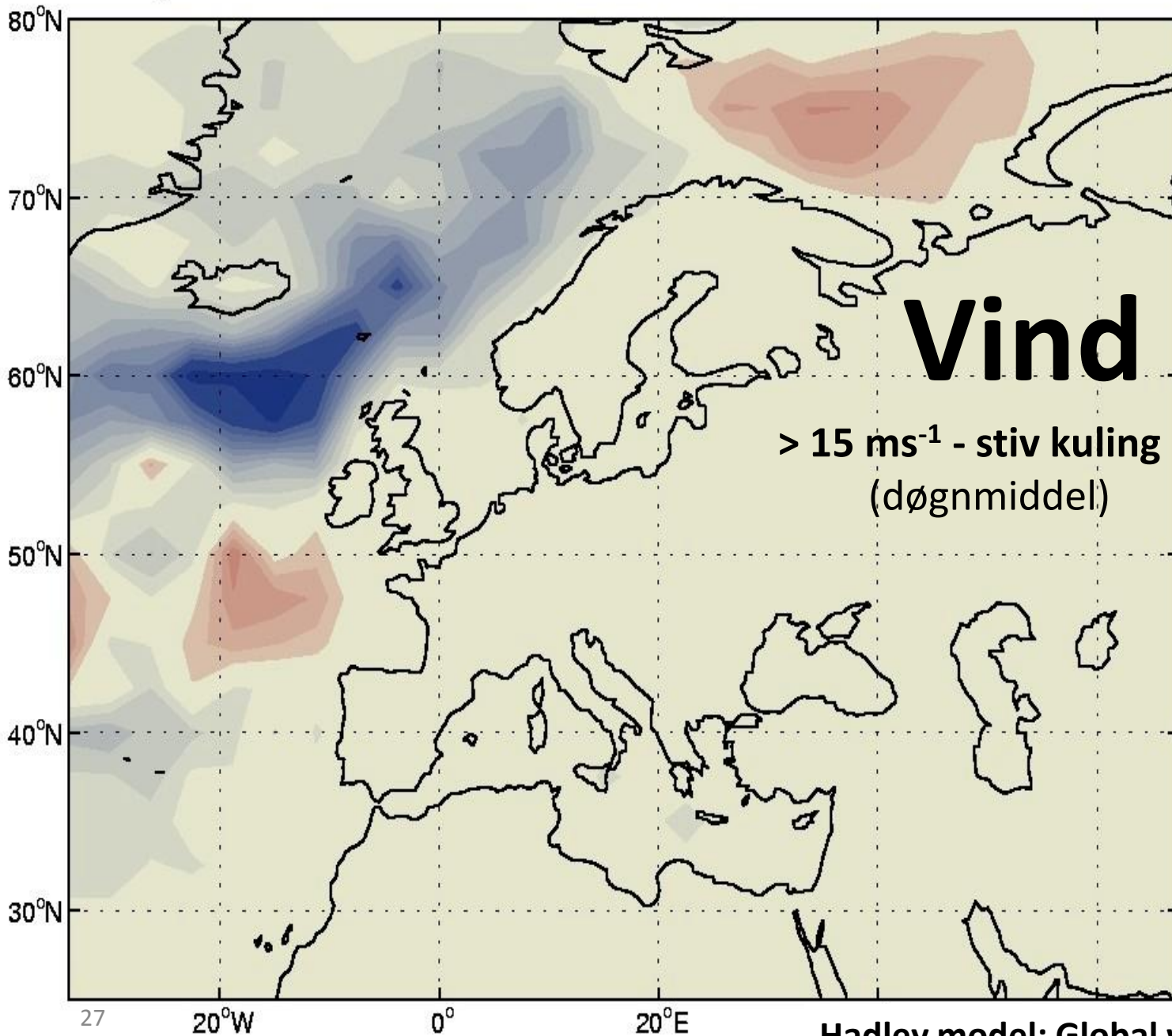
5

Increase



Decrease

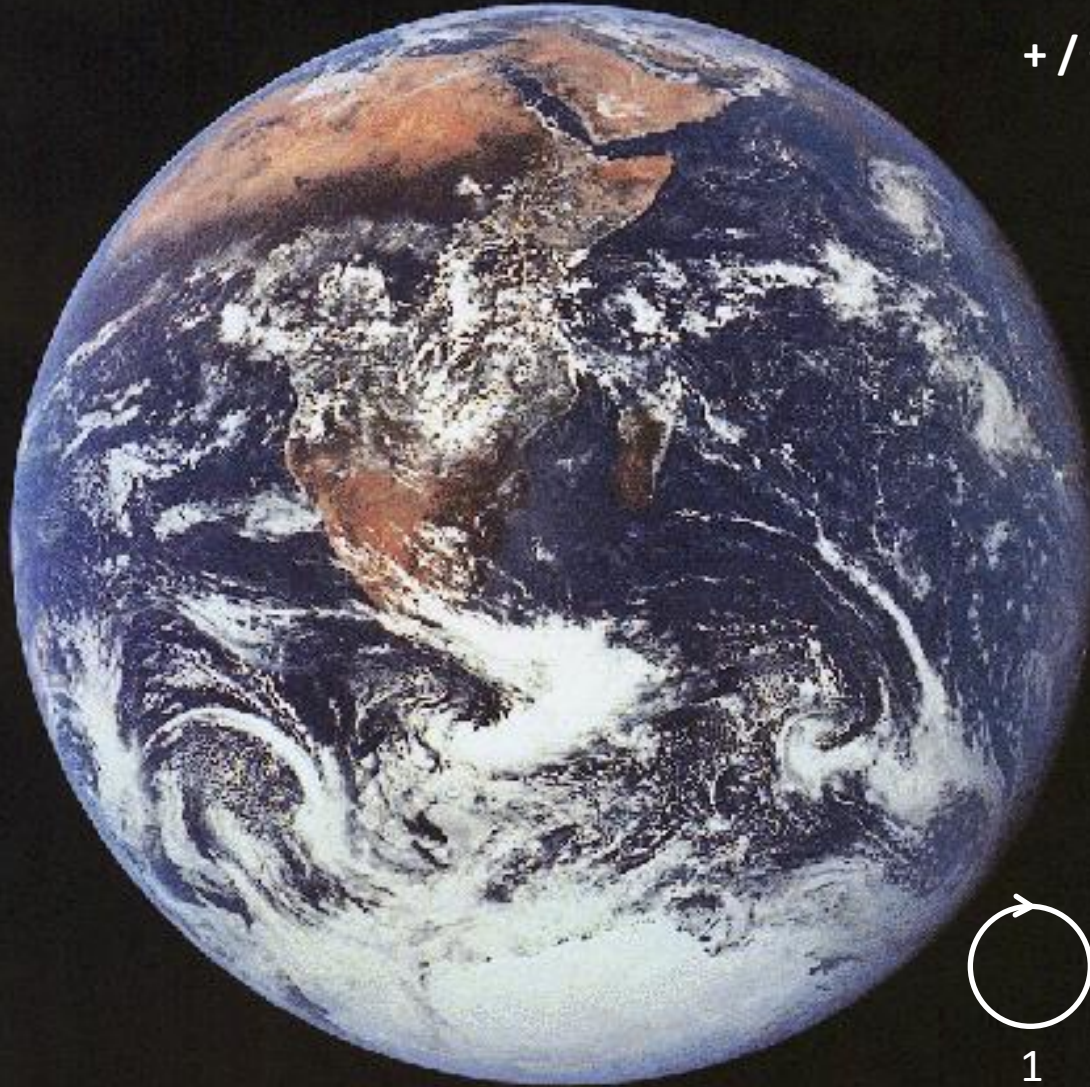
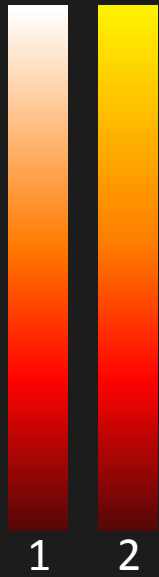
-5



State of the art: Heating \rightarrow Storms?

A

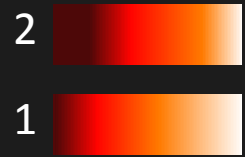
\div



+ / \div effect on storms

B

+



C



Atmosphere depth $\sim 1/1000$ * Earth diameter

Sterke vinder, stormer, orkaner

Kraftige vinder er farlige for **høye bygninger, høye og lette tak, enkle og lette bygningselementer** og alle **objekter i nærheten av høye trær**.

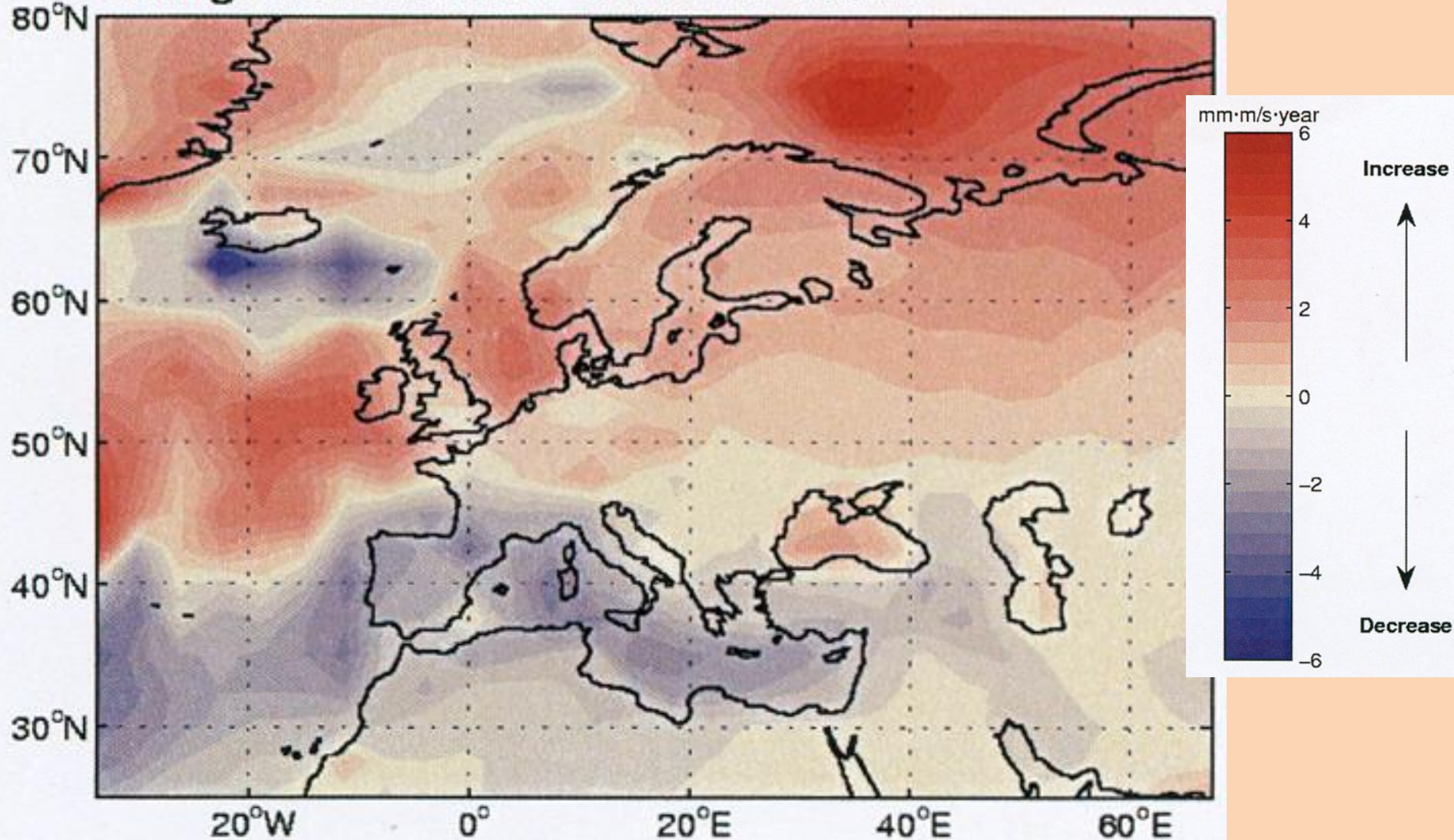


Orkansgade (USA)

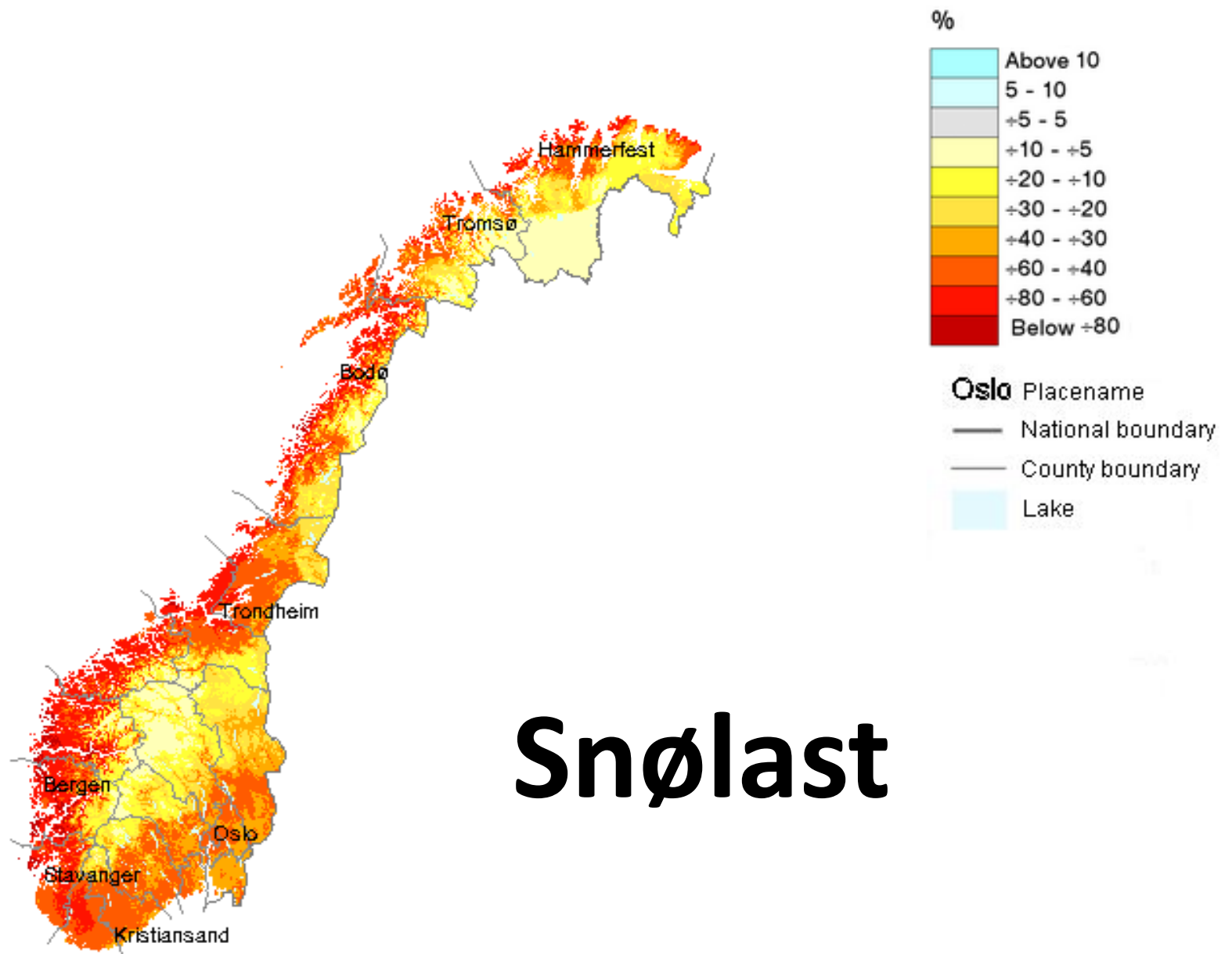
Vinddrevet regn

Vindhastighet * nedbørsmengde

Change from Recent Past to Far Future



Change in average annual maximum of snow amount in % from period 1961-1990 to 2071-2100



Snølast

Snølastskade



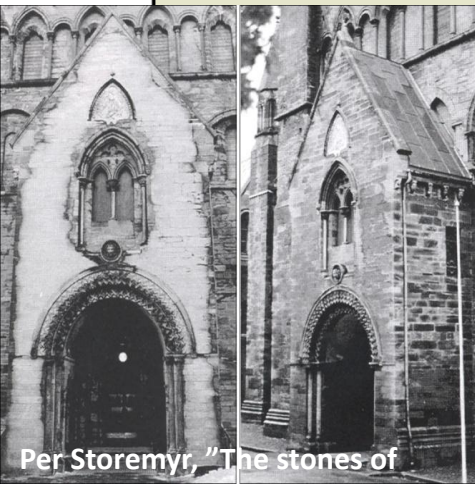
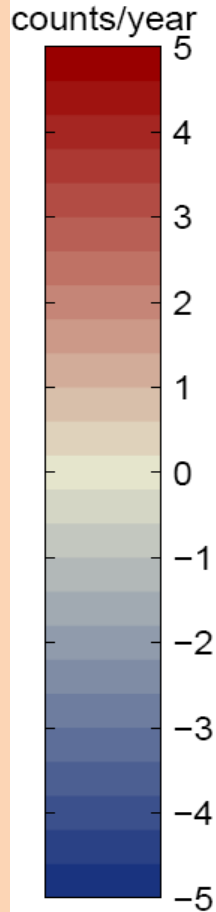
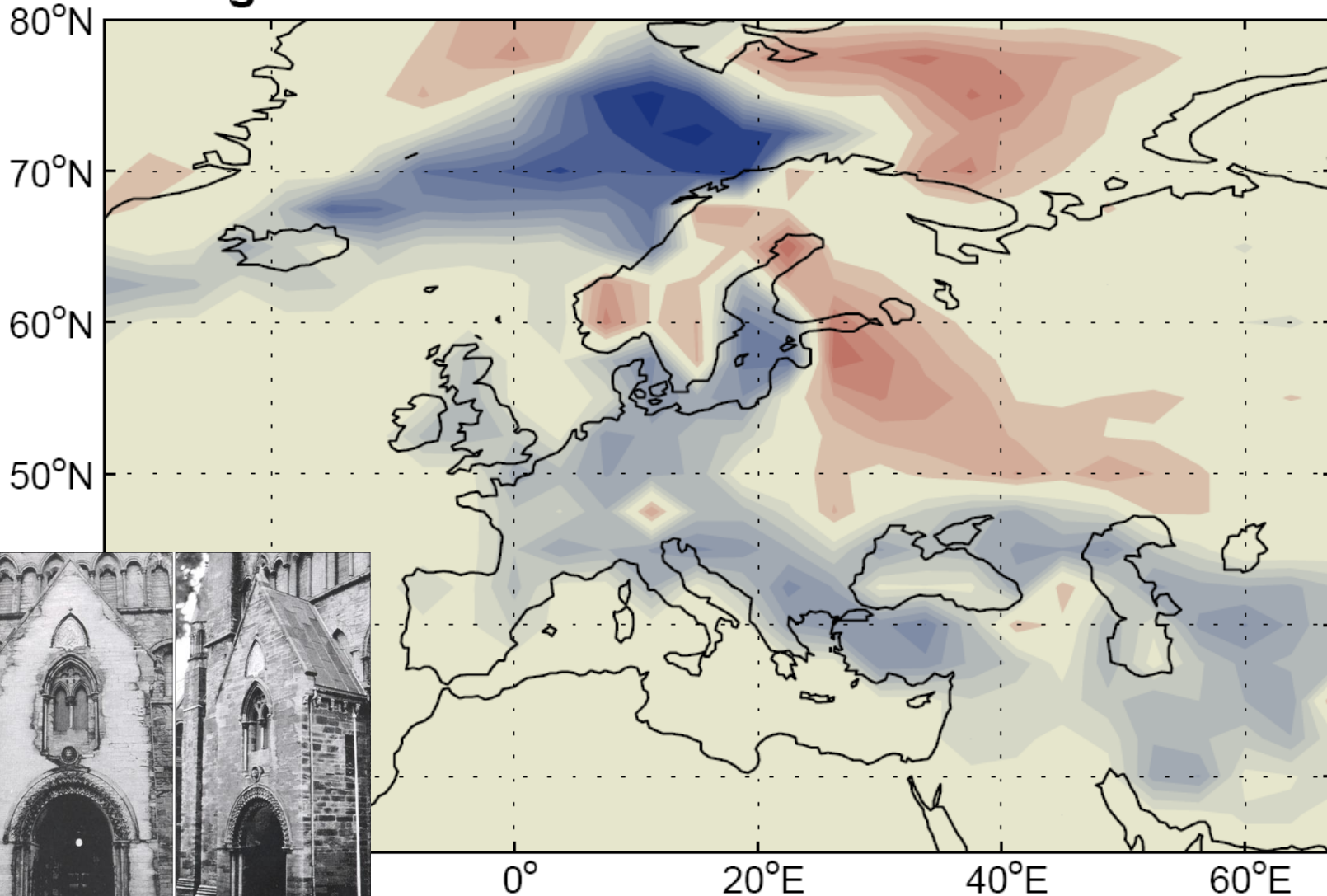
**Vinteren 2008 raste
15 bygninger sammen
i Norge p.g.a. snølast**

Stokkebekken i Bamle, Telemark, 30. Mars 2008

2. Fryse - tinesykler

$T < -3^{\circ}\text{C}, > 1^{\circ}\text{C}.$

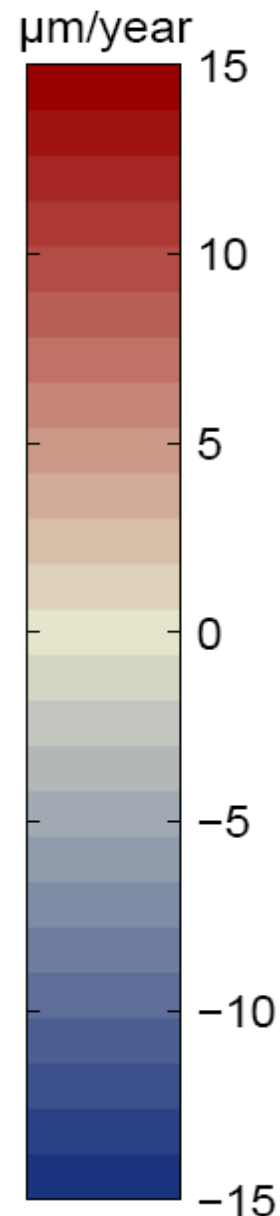
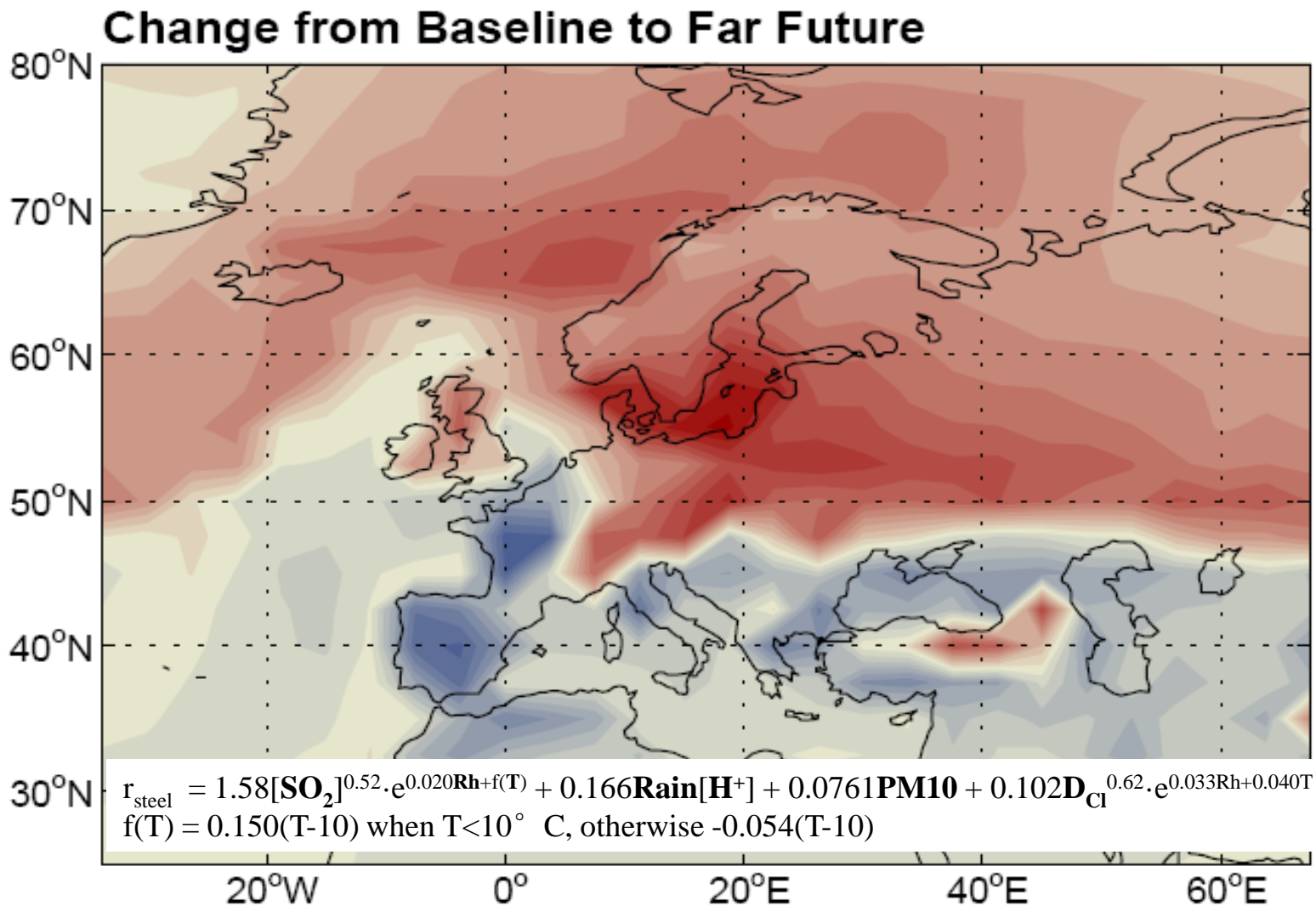
Change from Baseline to Far Future



Korrosjon

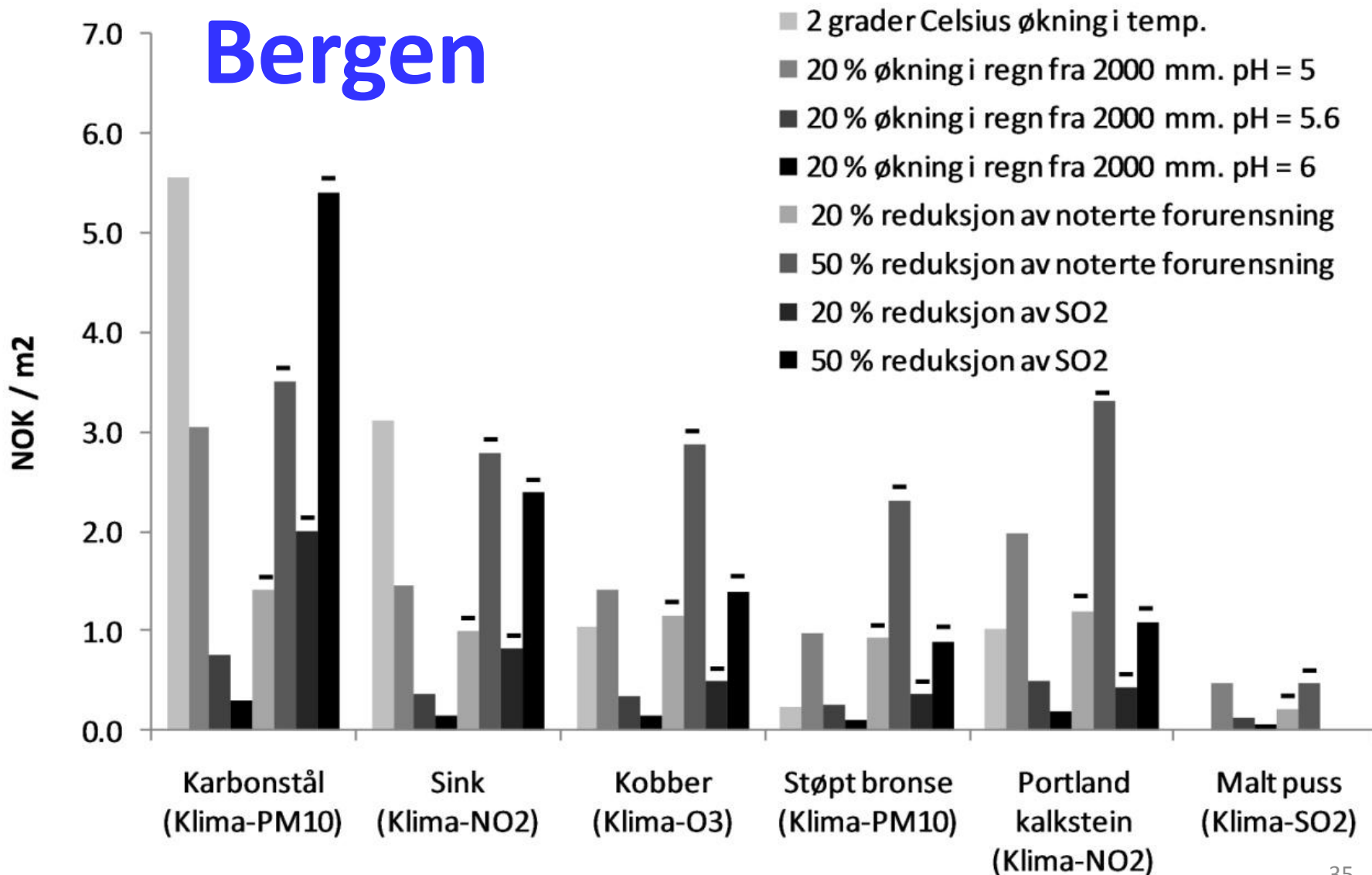
Sure forurensninger i byområde (SO_2 , NO_2)

– Stål og bronse



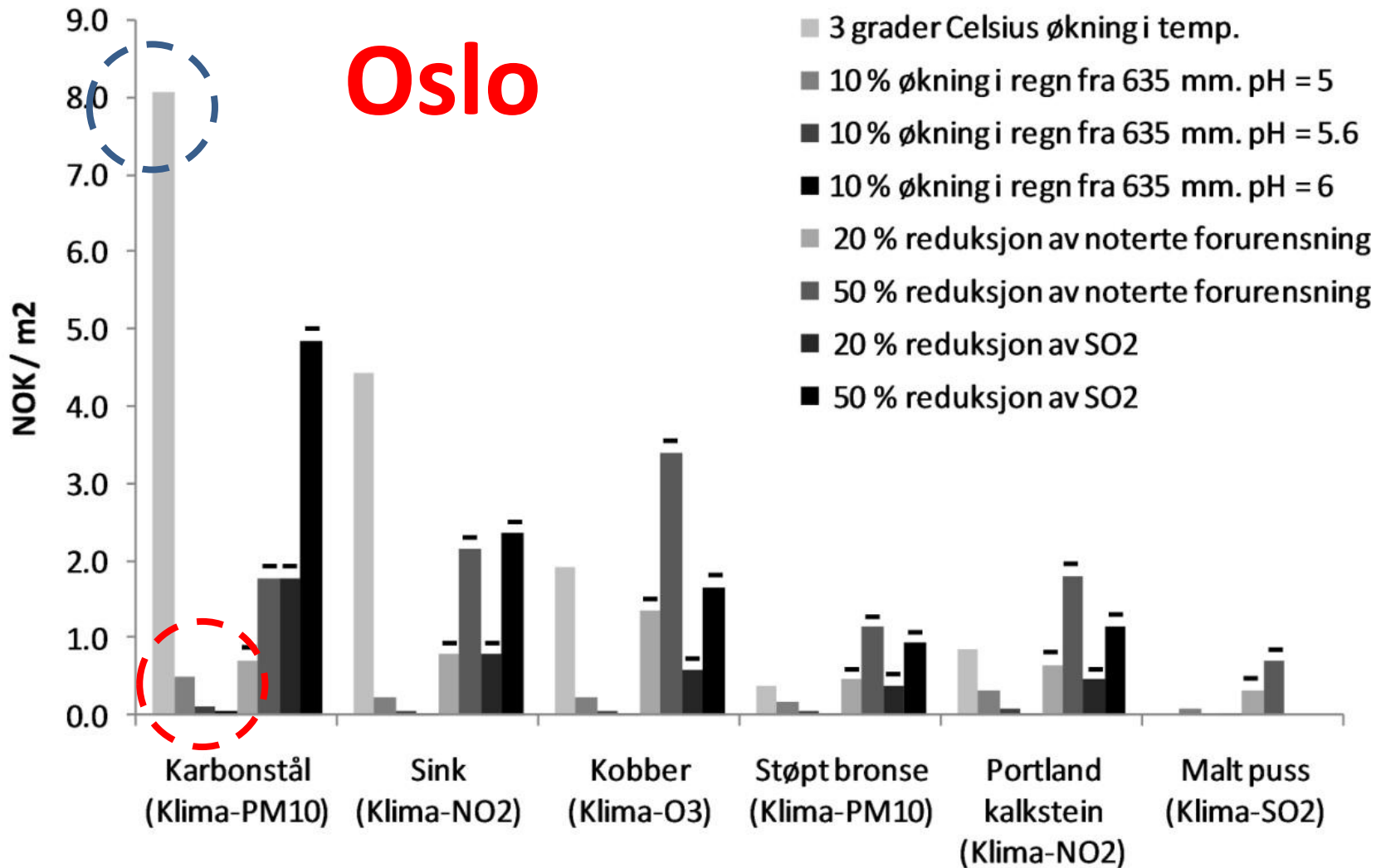
Endring i vedlikeholdskostnader for fasadematerialer.

Bergen



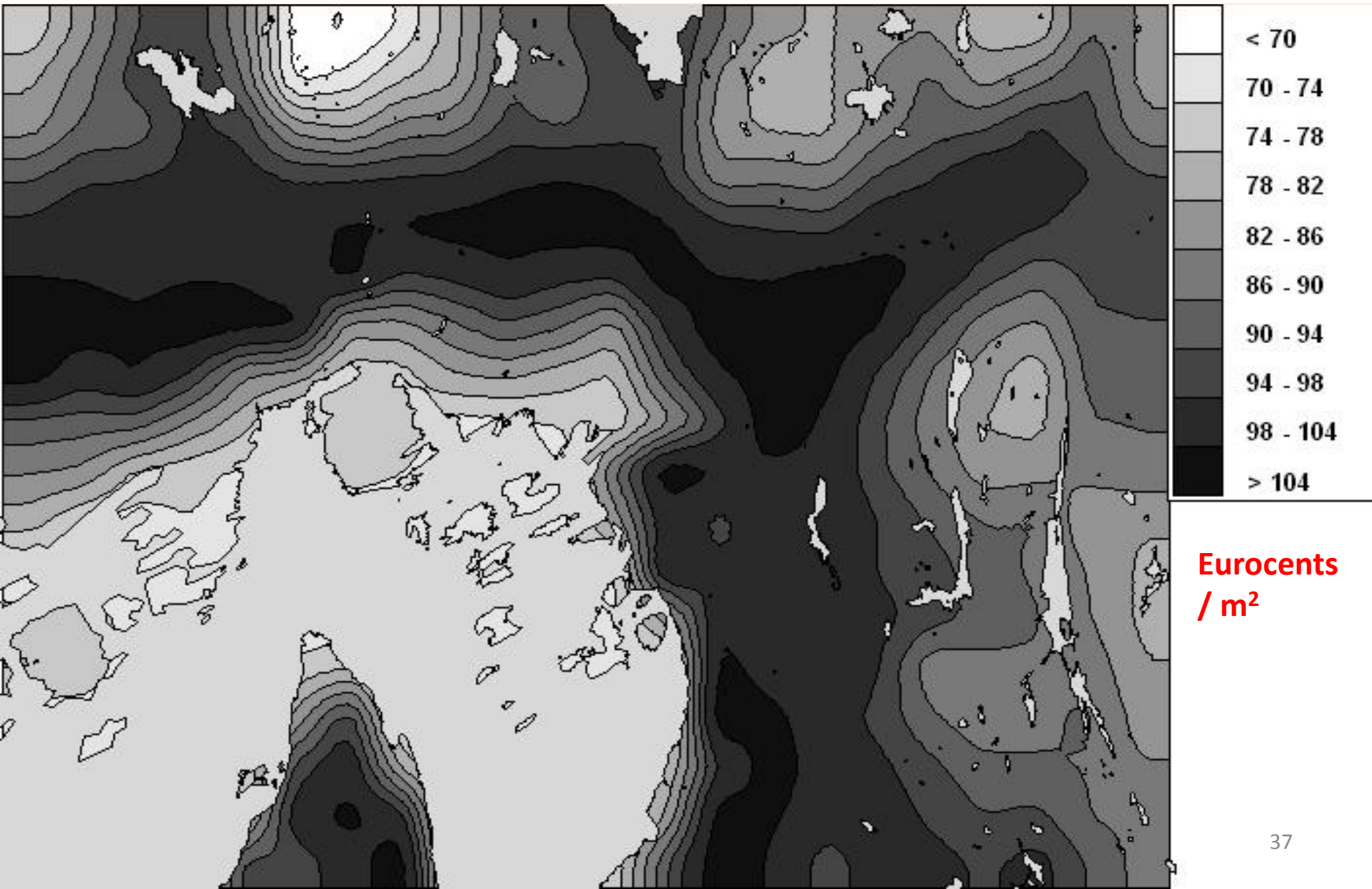
10 første årene etter montering.

Endring i vedlikeholdskostnader for fasadematerialer.



Oslo. Økende vedlikeholdskostnader (10 år)

Årsmiddeltemperatur: + 3°C. Årsmiddelnedbør: + 10 %. Fra 2003 nivå



Økning i vedlikeholdskostnader for karbonstål i Oslo/Bergen fram til 2100:

Opp til ~1 NOK m²/år, ~ 15 %

Sagene folkebad - Oslo

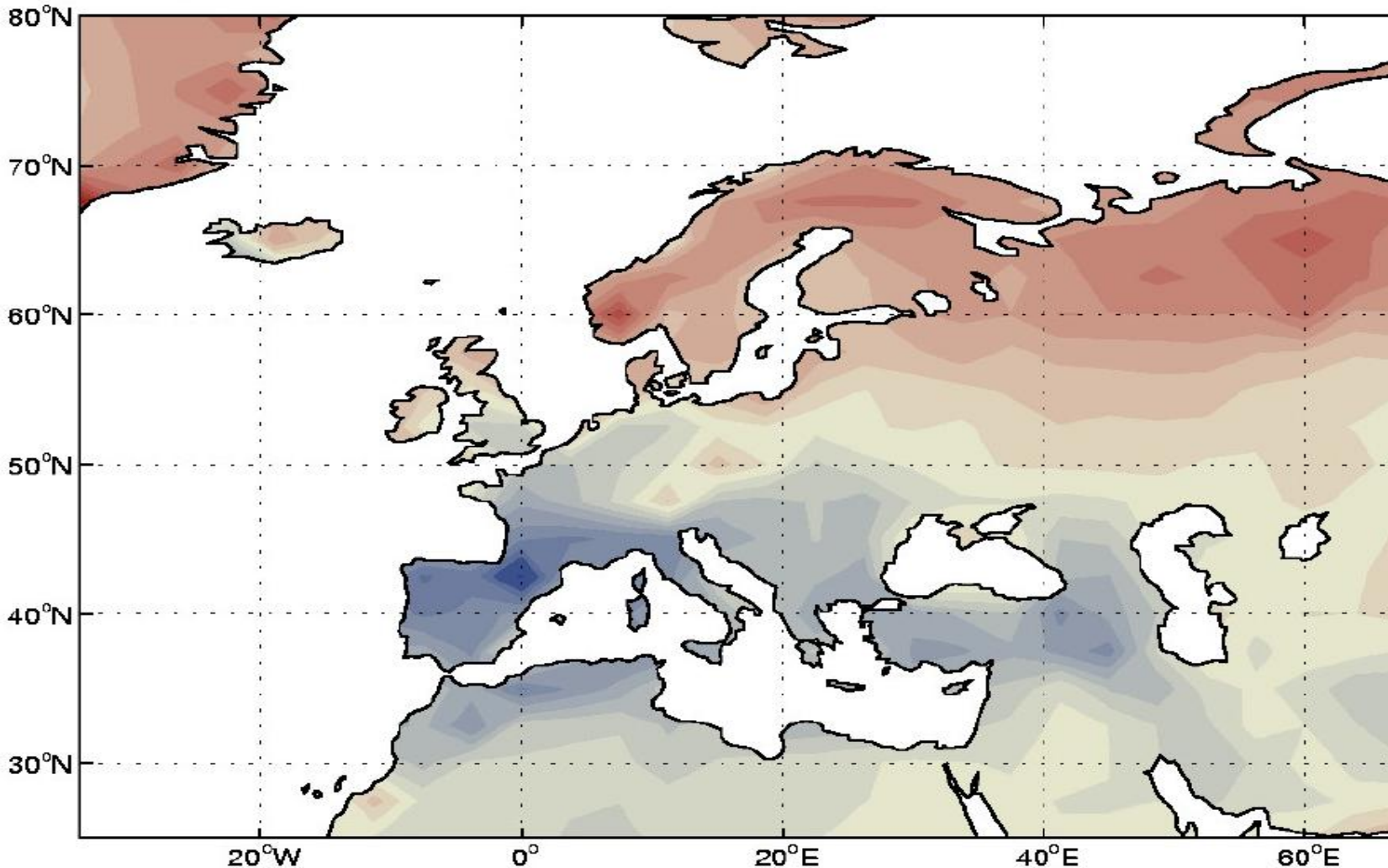


Men: Endring i regn/snø, klimafluktuasjoner ekstreme hendelser kan øke vedlikeholdskostnader

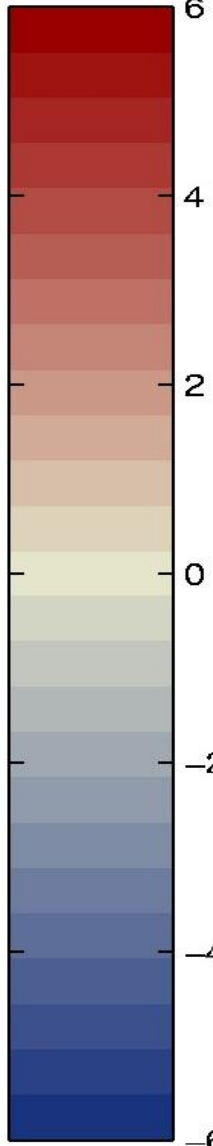
Oppløsning av steinoverflater

Tett karbonatholdig stein (marmor)

Change from Recent Past to Far Future

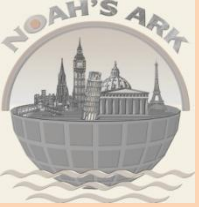


μm/year



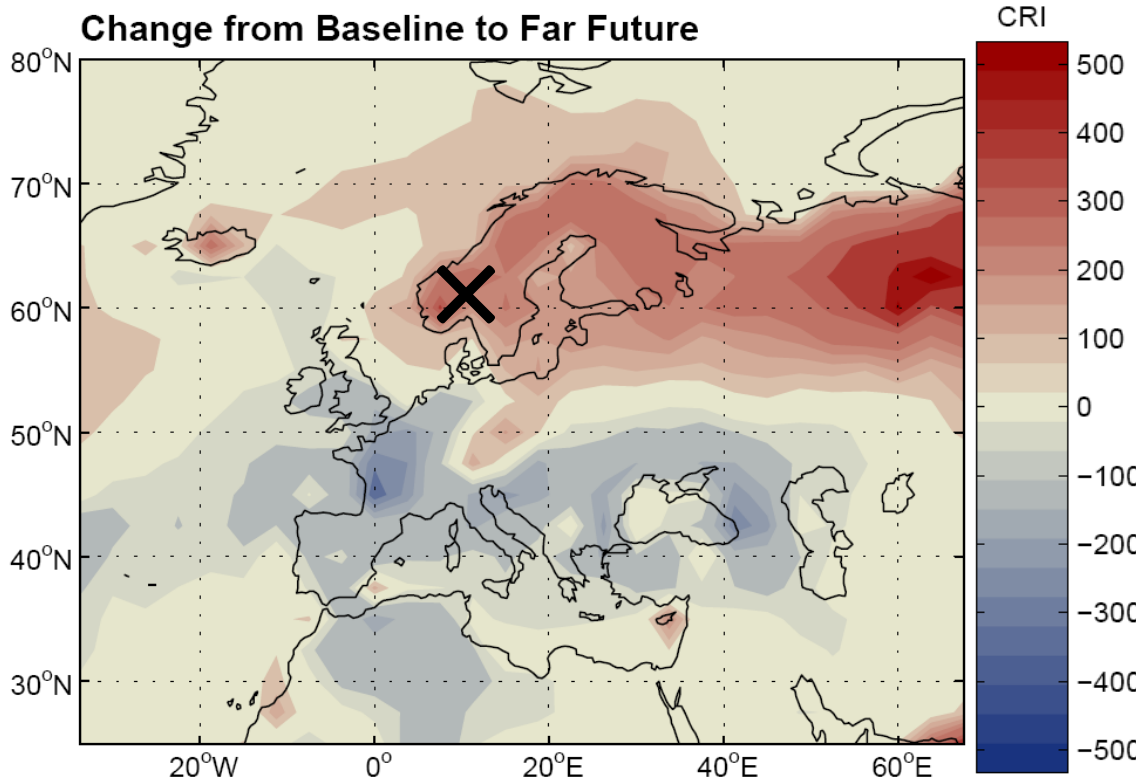


Stein erstattet på 1800-tallet



Råte i tre

Change from Baseline to Far Future



Fra 1961-90 Til 2070-99

Økning ~ 50 %

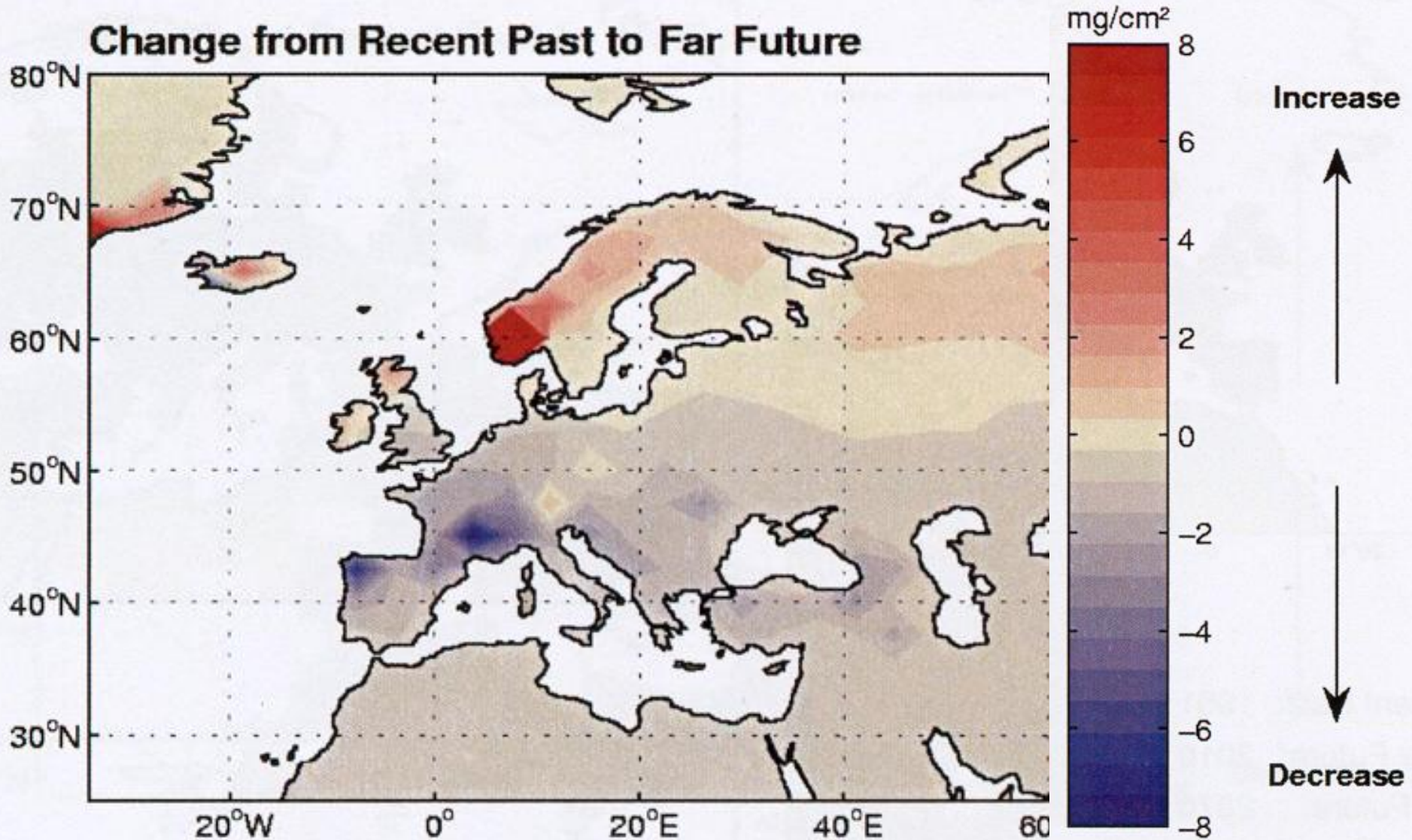


Sorkenes gård – Åmot, Østerdalen

f(nedbør, temp). Fuktinntrengning > 20% = råte

Biomasse - akkumulering

Tilvekst av biomasse pr år. $f(\text{Nedbør, Temp})$



Tilgroing?



Hemsedal, Buskerud

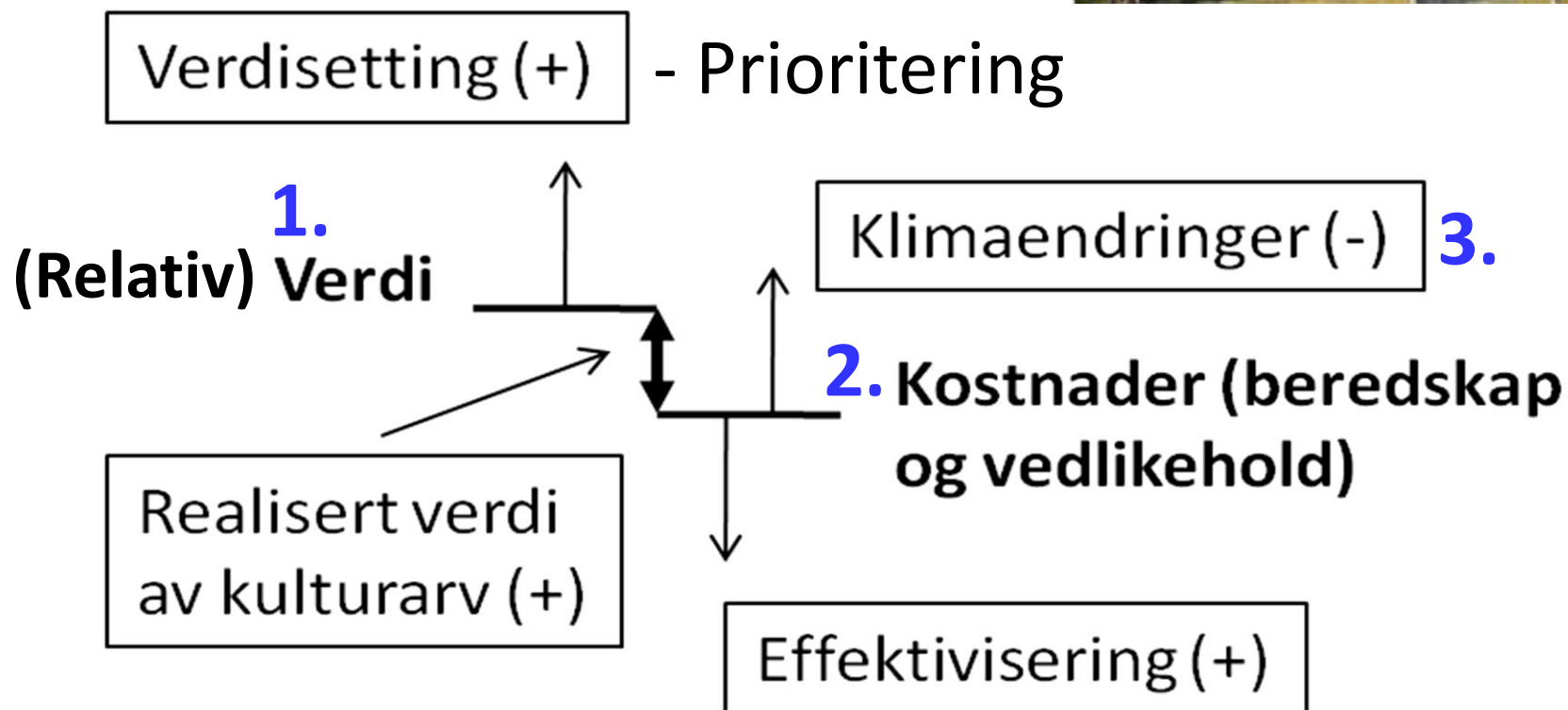
Konklusjon

Forventede effekter på norsk kulturarv

- Mer strukturskader p.g.a øket havnivå, flom, ras og vind (?)
- Raskere nedbrytning av bygningsmaterialer og overflater. Tre, Stein, Metaller.
- Tilgroing
- Færre snølastskader (?)

Vurdering av klimasårbarhet for kulturminner

Kulturminners verdi



1. Verdsetting - kriterier

Andre enn **funksjonelle** verdier er ofte viktigst:

Sosiale - politisk:

For eks: Nidarosdomen er en del av norsk identitet.
Nasjonale seremonier og andre tilstelninger.

- Hvordan er dette for sekulære eller ikke kristne norske borgere?

(Stiklestad som multireligiøst samlingssted?)

Historiske: Kirken formidler identitet og forståelse av historien.

Er det viktig at bygget er historisk riktig? Er fasaden historisk korrekt?

- Hvordan påvirker dette verdien av kirken?

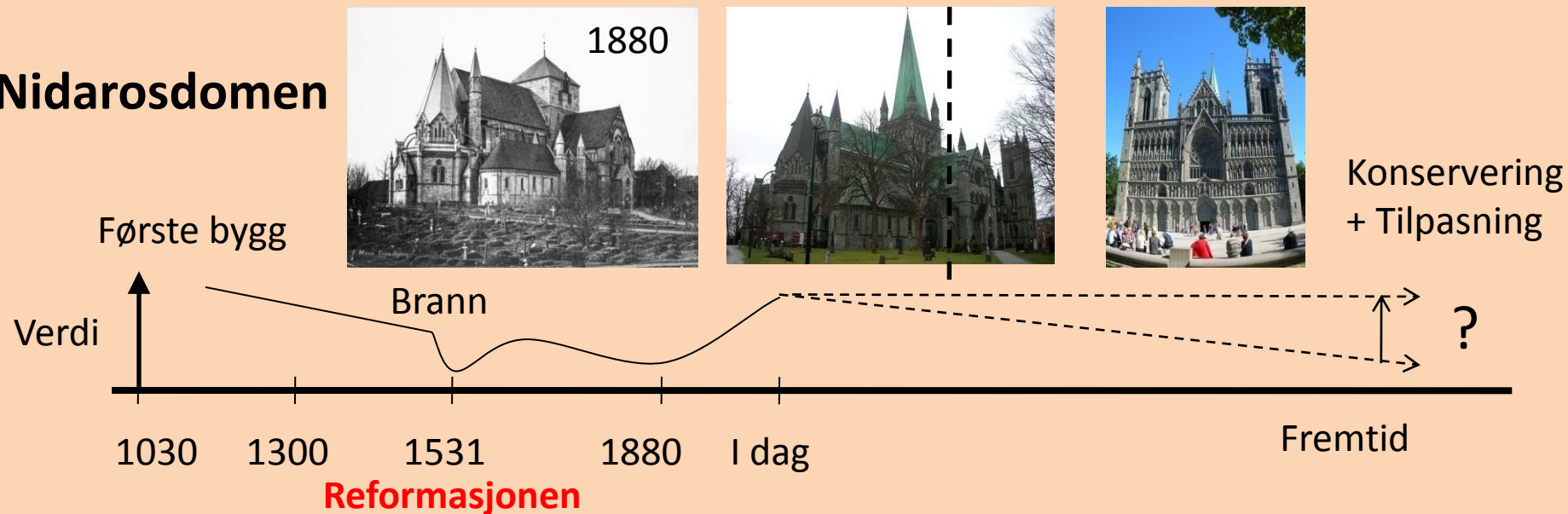
Estetisk verdi: Kirken er verdifull som praktbygg (kunstverk) (?)

- Hva er verdien av dette?



2. Verdsetting – kostnader for et praktbygg

Nidarosdomen



1. Ekstra vedlikeholdskostnader på grunn av fysisk kompleksitet.

EU prosjektet CULTSTRAT (2006):

- Full utskifting av enkel kalk puss : **54 Euro / m²**
- Utskifting av utskjæring/replika, hard sandstein, opp til 2 m høy: **30 000 Euro**

Nidarosdomen verksted: 21 fast engasjerte håndverkere!

**(Antatt) stor verdi for kulturarv
muliggjør
(relativt) større vedlikeholdskostnader.**



Fredrikstad

Finansiering av kulturminner

Kulturminner er kollektive goder

Finansiering:

1. Gjennom politiske prosesser – offentlige budsjetter
2. Sponsorer – organisasjoner – individer

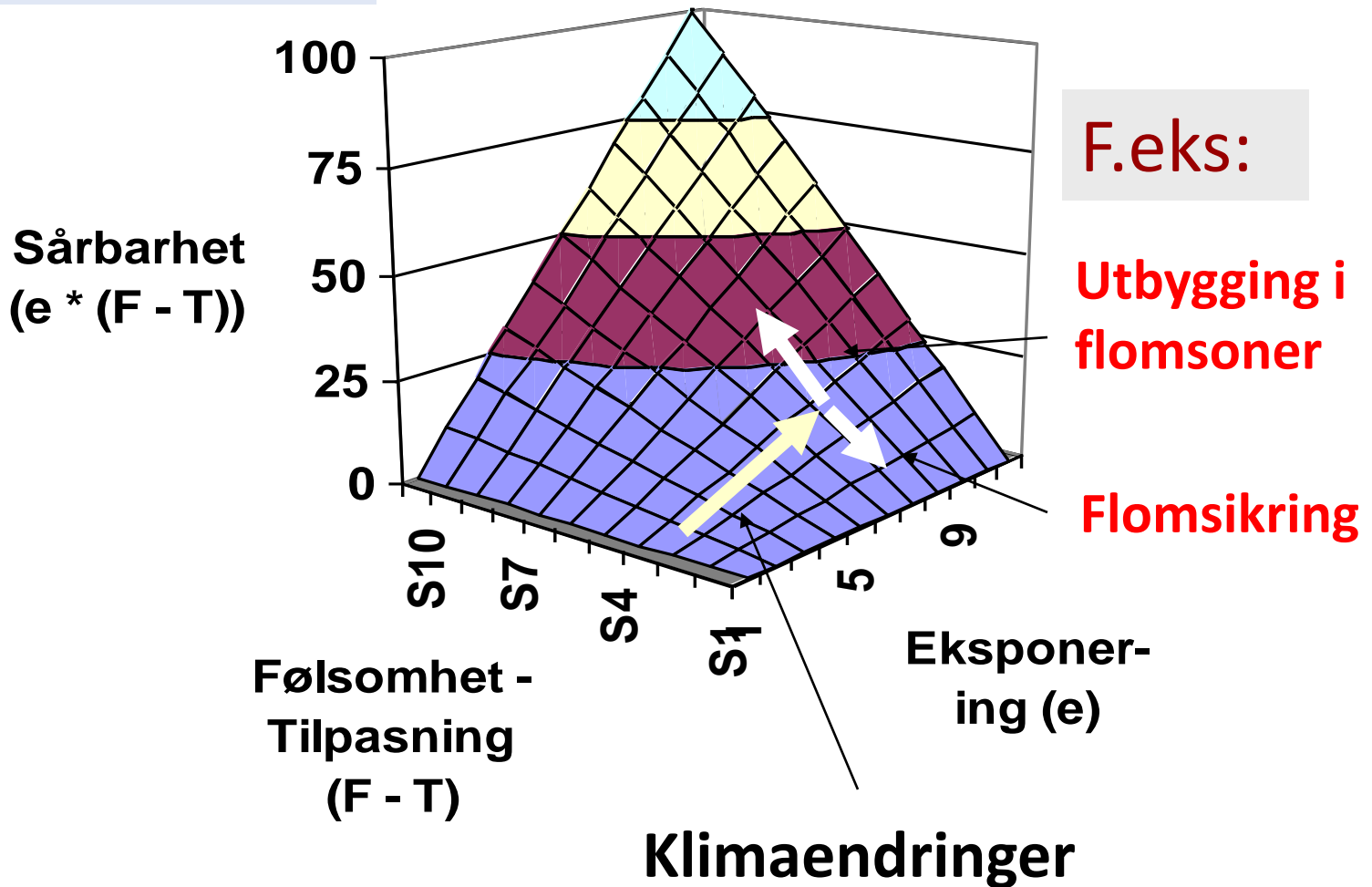
Hva er relevansen til undersøkelser av typen **“Villighet til å betale”** for eksempel en gammel bygning? Med spørsmålet rettet til individer å bevare – Når beslutninger ofte tas i den offentlige / politiske prosessen?



3. Klimasarbarhet

Risiko for mer slitasje / skade

Tilpasningsstrategier ?



Tilpasningsstrategier

- Generelle:**
- *Fokusert overvåking / inspeksjon*
 - *Hyppigere planlagt vedlikehold*
 - *Tekniske tilpasninger*
 - *Ekstra beskyttende tiltak - særlig mot ekstremhendelser.*
 - *Beredskap mot ekstremhendelser*

- Spesielle:**
- **Byggeforbud**
 - **Teknisk sikring**
 - **Tilpassede byggeteknikker**
 - **Mer bestandige / bedre tilpassede materialer**



Økte driftsutgifter

Tilpasningstiltak (til klimaendringer) som bør iverksettes:

- Kunnskap om effekter av klimaendring må inkluderes i **standarder og retningslinjer** for konservering og byggeprosesser.
- **Tilstrekkelig beskyttende / tilpasset teknologi** må brukes, ikke bare basert på erfaring om det historiske klimaet, men tilpasset **fremtidens klima**.
- Man må fokusere på **gradvis klimaslitasje** av bygg, og spesielt på effekter av øket nedbør på **flomrisiko** og på **stabiliteten til jord og grunn**.
- Bedre **overvåkning** av endringer i klimaeffekter.
- **Organisert beredskap** for å iverksette tiltak i nødsituasjoner, men også for beskyttelse av kulturminner på lenger sikt.
- Kulturminnesektoren bør oppmuntre til **tilpasning** ved endring til "**null karbon samfunnet**", - lav eller **null utslipps** transportmidler og forbrenning!



Takk for oppmerksomheten!