



*Norwegian
Meteorological Institute
met.no*

Hvordan kan kraftforsyningen
tilpasse seg et endret klima?

Bjørn Egil Kringlebotn Nygaard
bjornen@met.no

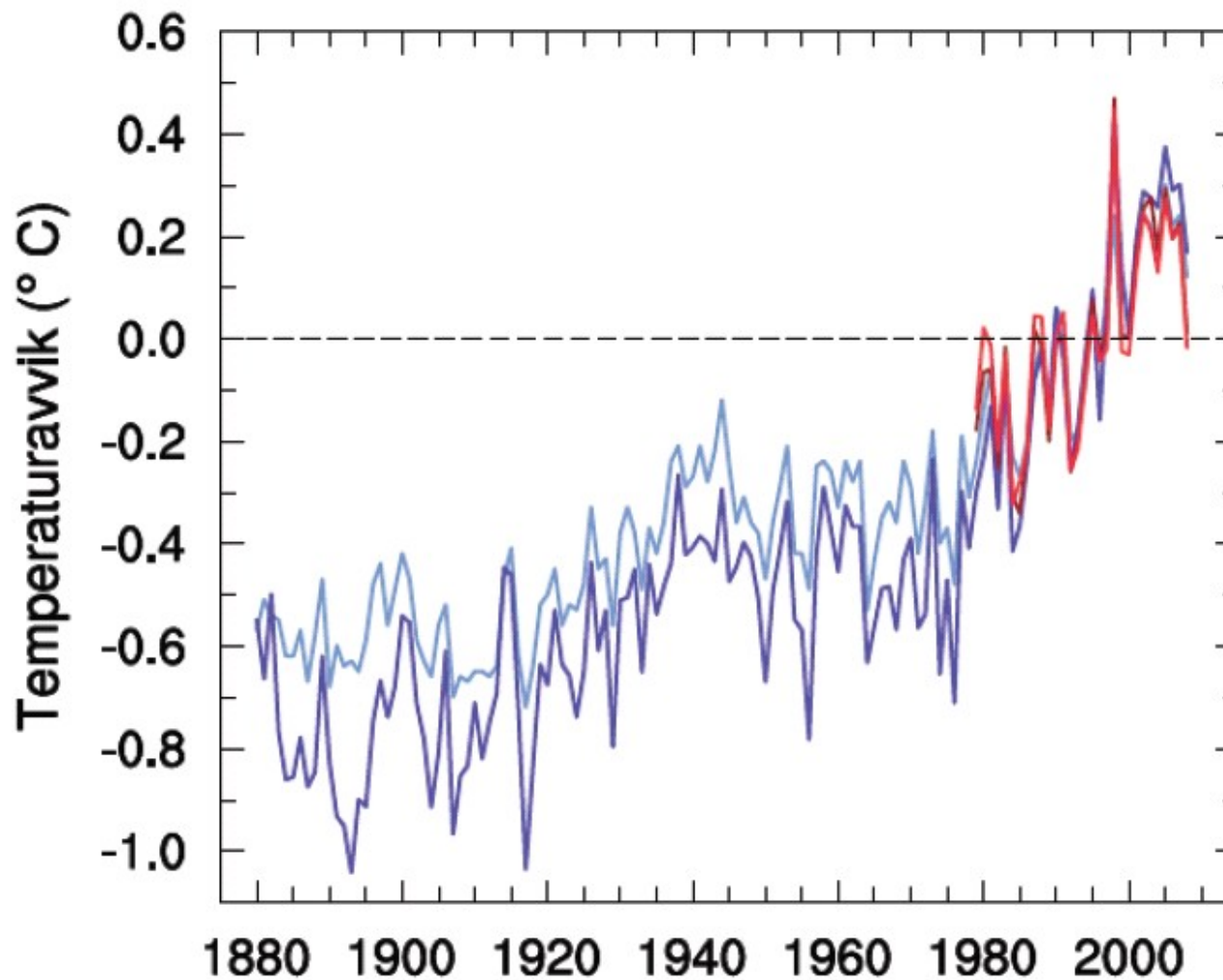


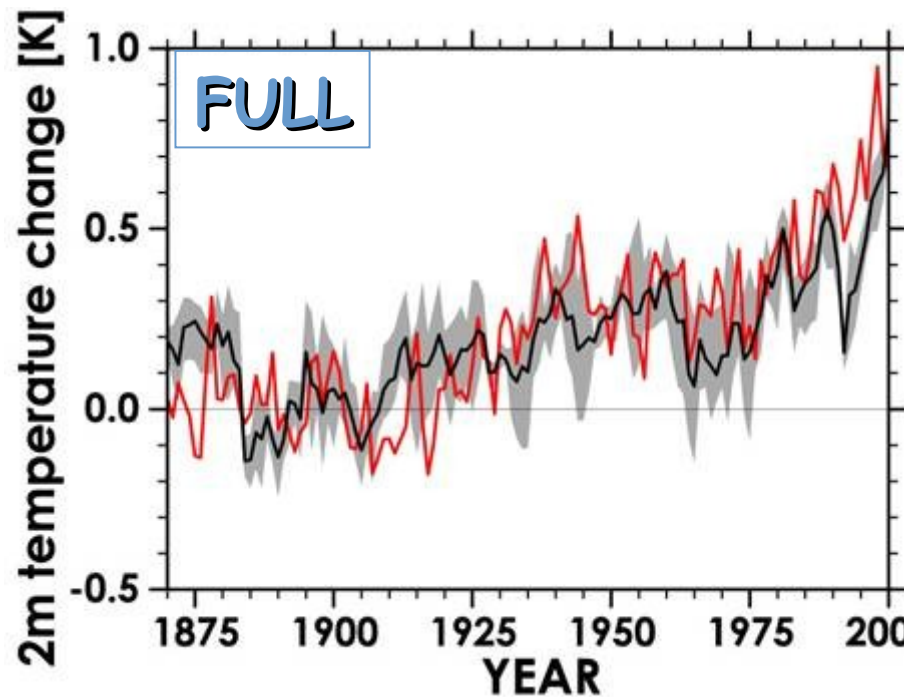
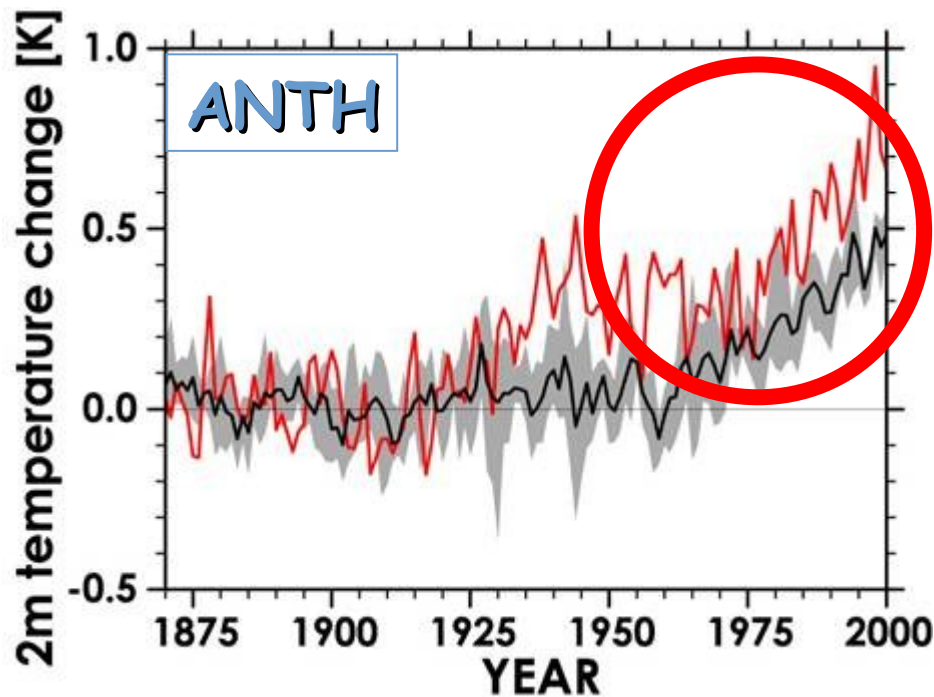
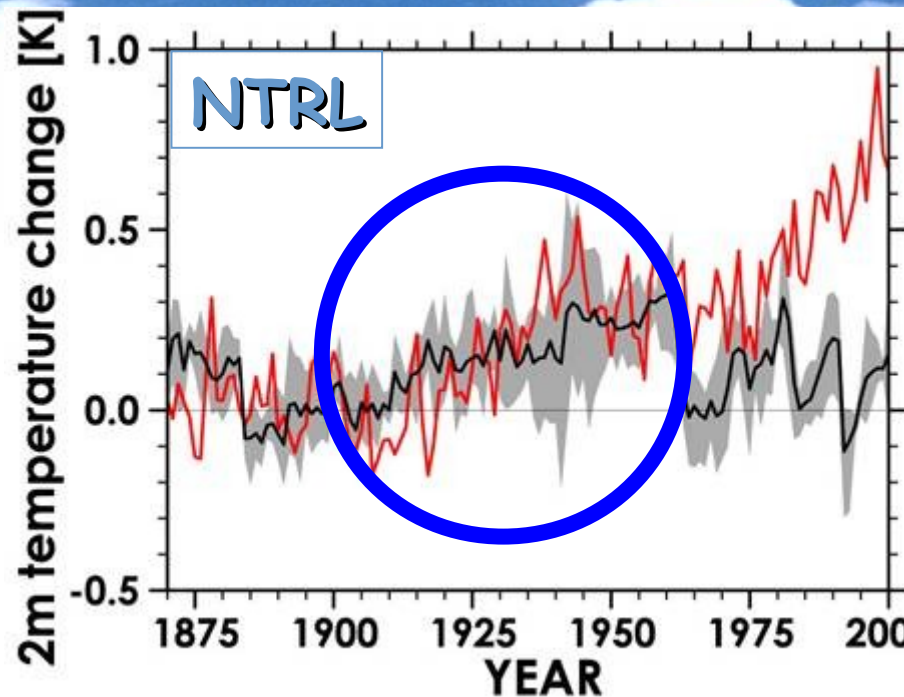
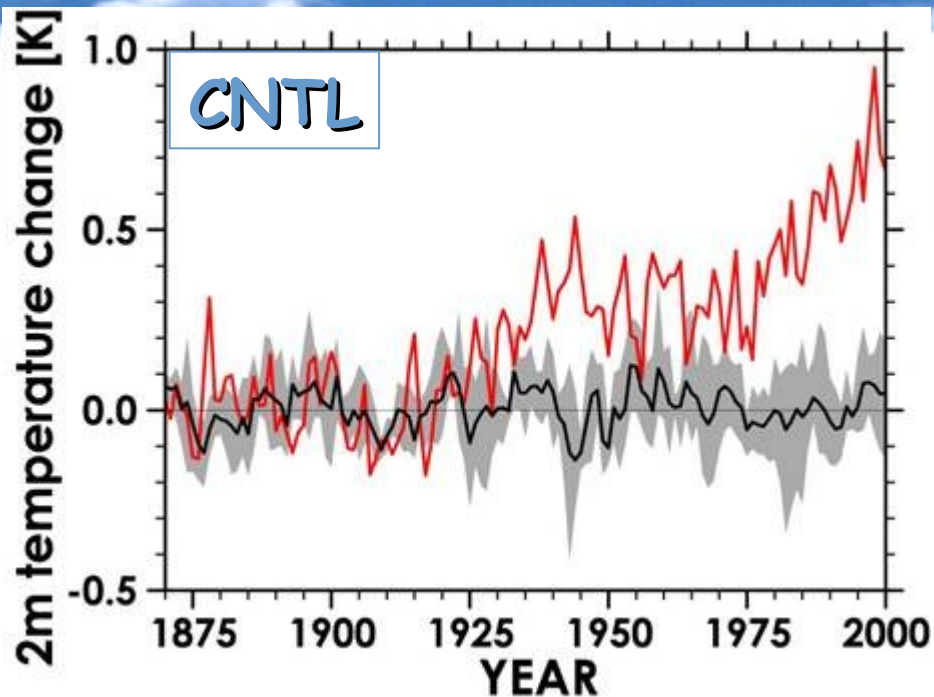
Vi skal snakke om:

- Hva vet vi om klimaendringer
- Klima og ekstremvær - påvirkning på kraftledningsnettet
- Klimaendringenes betydning
- Usikkerhet knyttet til dimensjonerende laster
- Hvilke tiltak kan og bør vi gjøre
- Samarbeid mellom bransjen og forskningsmiljøene



Global middeltemperatur 1880 - 2008

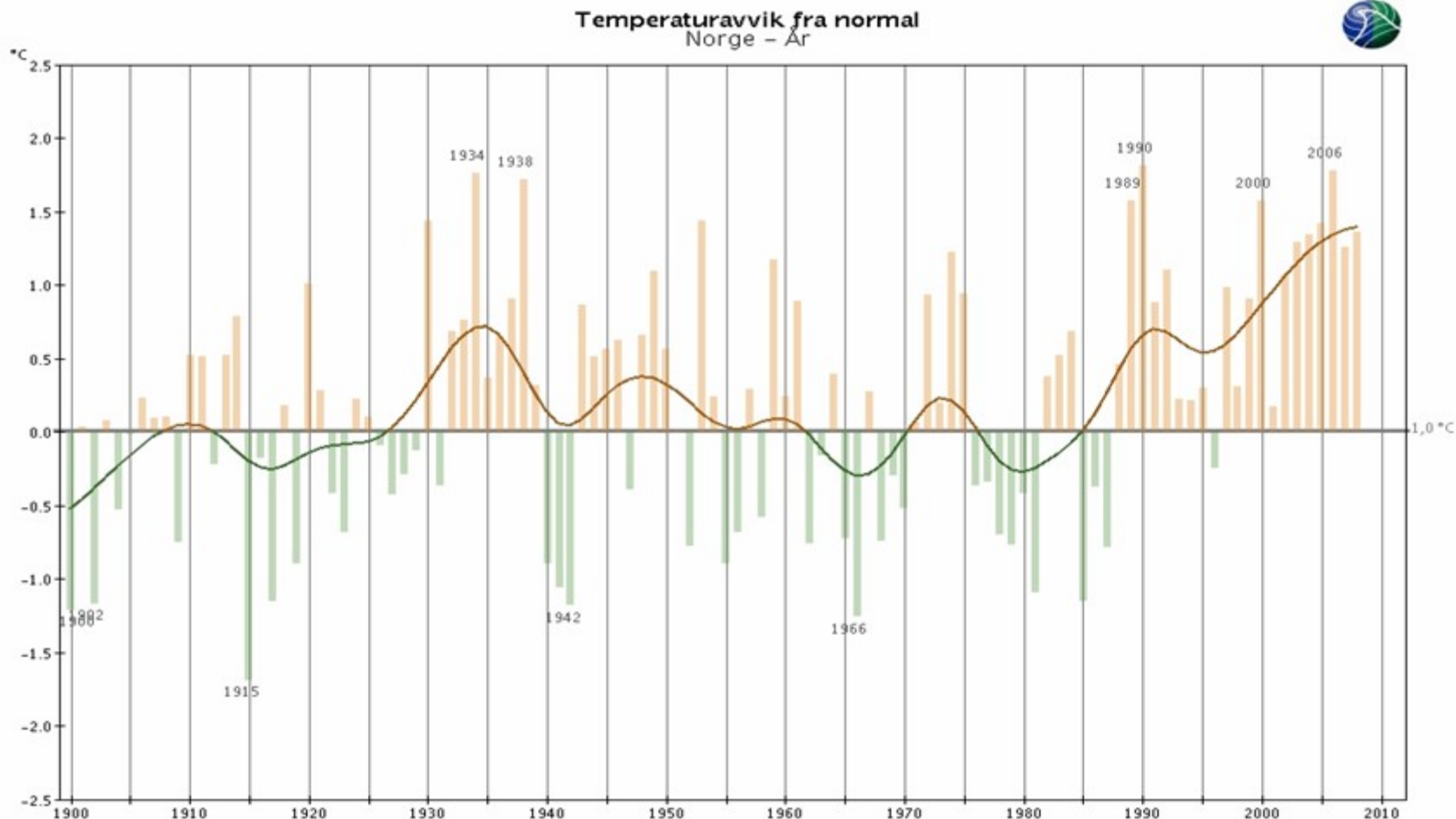




TEMPERATURUTVIKLING I NORGE 1900-2008



Anomaliene er avvik fra middelveien for 1961-1990 (“normalen”).
Den utjevnete kurven viser variabilitet på deкаде-skala

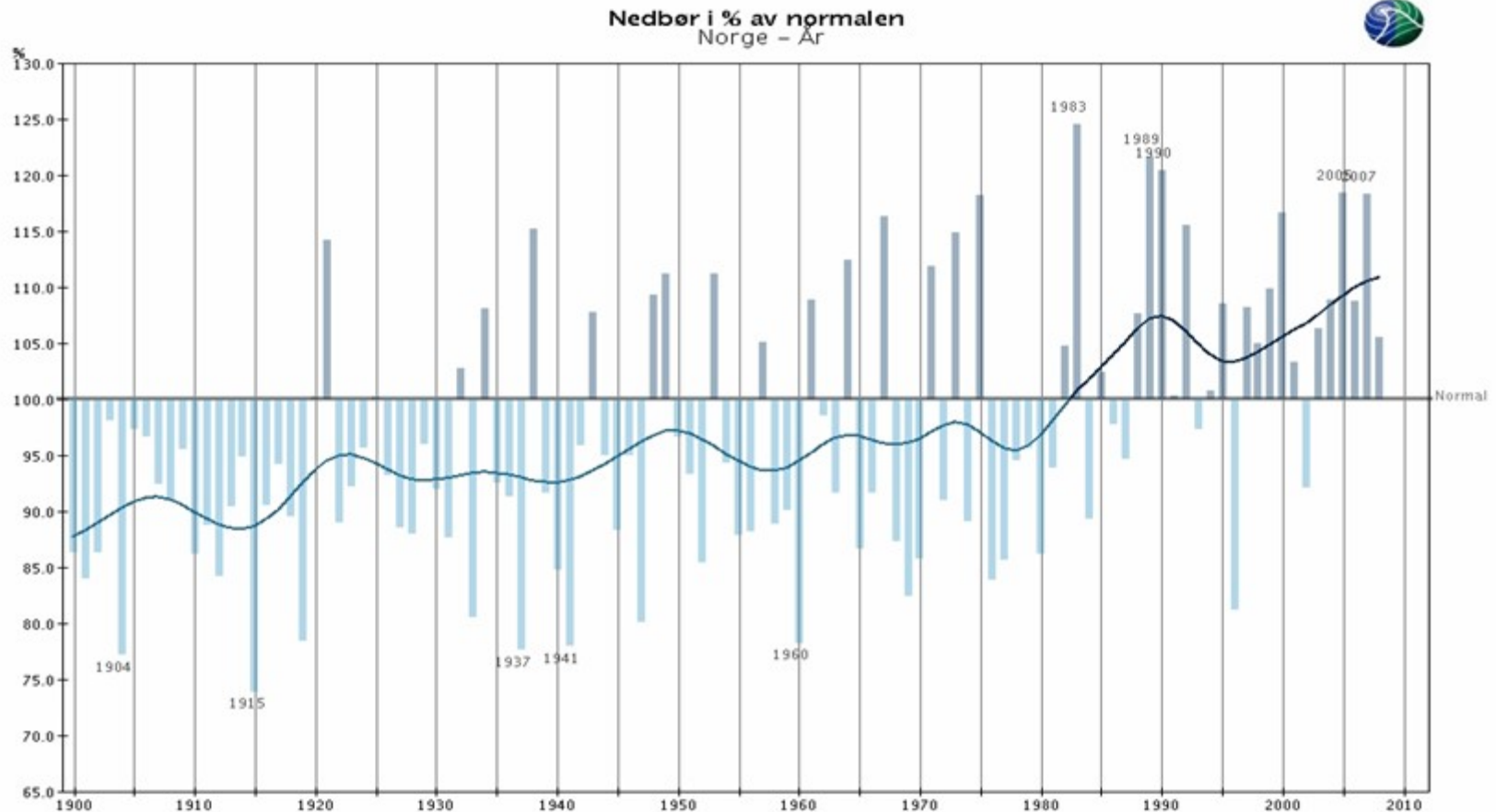


Siden perioden 1875 har årstemperaturen øket (0.7-1.5 °C) i alle regioner i Norge



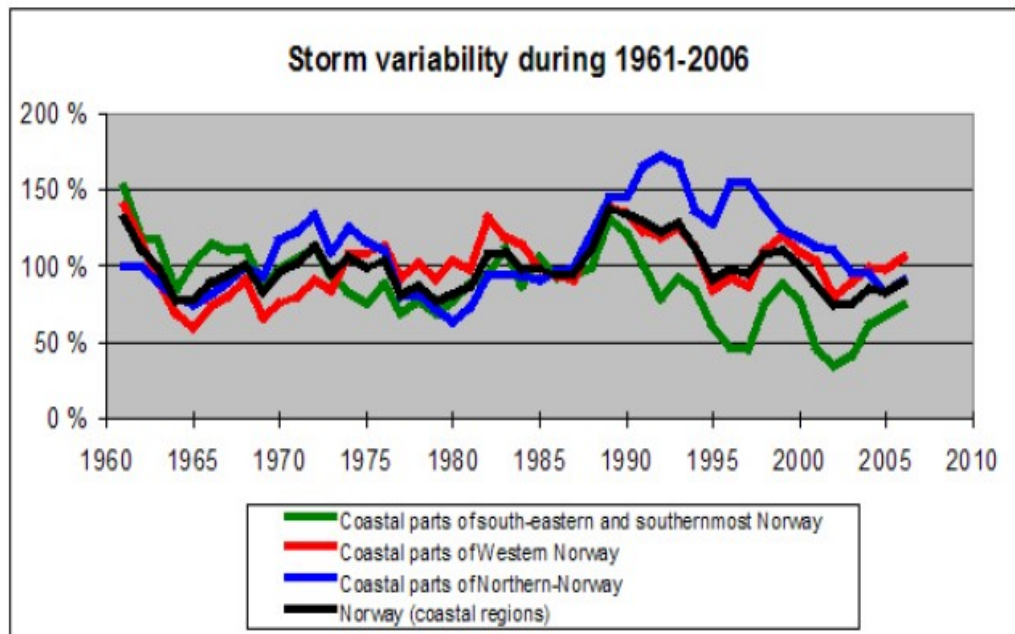
Årlige nedbør anomalier for fastlands-Norge 1900-2008

Anomaliene er forholdstall (i prosent) relativt til middelverdien for 1961-1990 (“normalen”). Den utjevnete kurven viser variabilitet på dekada-skala



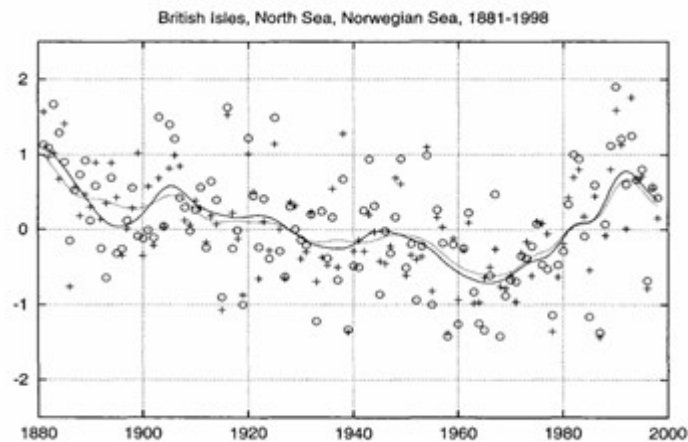
Årsnedbøren har øket i alle regioner i Norge siden 1895

Størst økning (~15-20%) i vestlige deler (Boknafjorden-Nordkapp) og på Finnmarksvidda



Middelverdier av standardiserte 95 (sirkler og heltrukken linje) og 99 (kryss og stiplet linje) persentiler for ekstrem vindhastighet over de Britiske øyer, Nordsjøen og Norskehavet

Antall stormdøgn i perioden 1961-2006 i prosent av middelværdi for normalperioden 1961-90. P.g.a. den store variasjonen fra år til år er kurvene vist som 3-års glidende middel.



klimaendringer



- **Klimaet endres av både naturlige og menneskeskapte årsaker**
(men IPCC slår fast at menneskeskapt påvirkning har dominert siden ca.1950)

TEMPERATUR

- Gjennom det 20. århundre har global temperatur økt med ca. 0.6°C, mens temperaturen i forskjellige deler av Norge har økt med mellom 0.5 og 1.0 °C
- For det 21. århundre projiseres en temperaturøkning som er 3-5 ganger så stor på grunn av utslipp av drivhusgasser
- Minst oppvarming langs vestkysten, størst i innlandet i N.Norge
- Større oppvarming vinter enn sommer
- Større økning av minimums- enn av maksimumstemperatur
- Minking i 0°C passeringer, bortsett fra høyfjell, N.Norge & Arktis

NEDBØR

- For det 21. århundre projiseres en økning i årsnedbør på 5-15% over mesteparten av Norge. Dette er sammenlignbart med nedbørøkningen gjennom det 20. århundre
- Nedbørøkning høst og vinter over hele landet
- Om sommeren er det en tendens til mindre nedbør på Østlandet
- I hele Norge vil ekstreme nedbørverdier opptre oftere

VIND

- Små endringer i midlere vindstyrke
- Økning i maksimale vindstyrker over nesten hele landet.
- Verdien som i dagens klima i snitt forekommer 1 gang per år, projiseres å forekomme oftere (opptil 1.5-2 ganger per år).
- Vindestimatene er usikre

➔ Endringene i temperatur, nedbør og vind vil føre til endringer i snø-forhold, vannkraftproduksjon, flomforhold, skred, ising på kraftlinjer etc.



Konsekvenser for kraftledningsnettet

- Mekaniske momenter
 - Islast (skyising og våtsnø)
 - vindlast
 - dynamiske påkjenninger (vibrasjoner, galoppering, slitasje)
 - skred
 - mastefundamenter - stabilitet og forvitring
 - korrosjon - stålmaster
 - råde - tremaster
 - skogrydding
- Elektriske momenter
 - lyn
 - forurensing i snø og is
- Adkomst og tilgjengelighet
 - i luften
 - på bakken



Skyising

- Temperatur, vind, skyenes vanninnhold
- Ingen kontinuerlige målinger
- Stor usikkerhet i dagens ekstremfordeling
- Kompenserende effekter
- Ingen scenarier tilgjengelig for skyising
- Mulig utvikling:
 - Reduksjon i lavlandet i Sør-Norge
 - Økning i høyfjellet og i deler av Nord-Norge
- Svært avhengig av lavtrykksbaner

Våtsnø



- Temperatur, vind, nedbørsmengde
- Ingen kontinuerlige målinger
- Kompenserende effekter
- Temperatur- og nedbørsscenarioer indikerer:
 - Reduksjon i lavlandet langs hele kysten
 - Økende frekvens i innlandet og i fjellet
 - Økte laster i høyfjellet og indre og høye strøk i Nord-Norge.

Münsterland, Tyskland nov. 2005

80 master kollapset

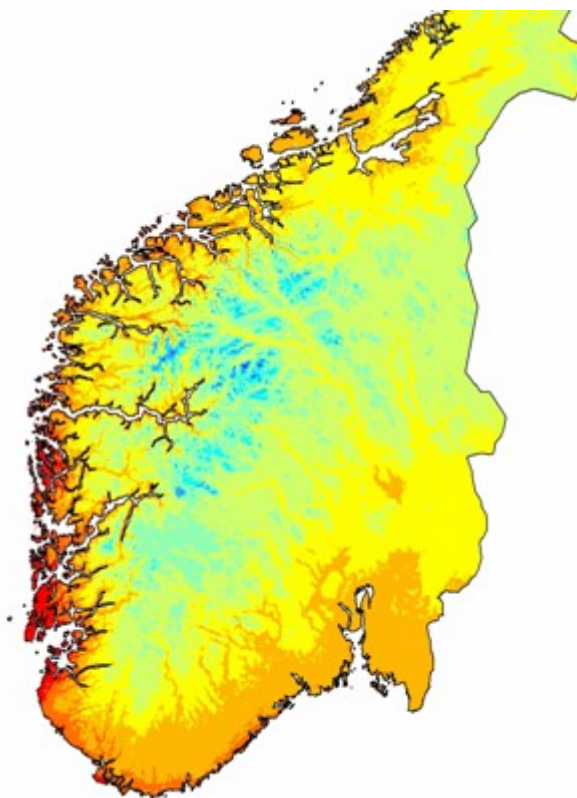
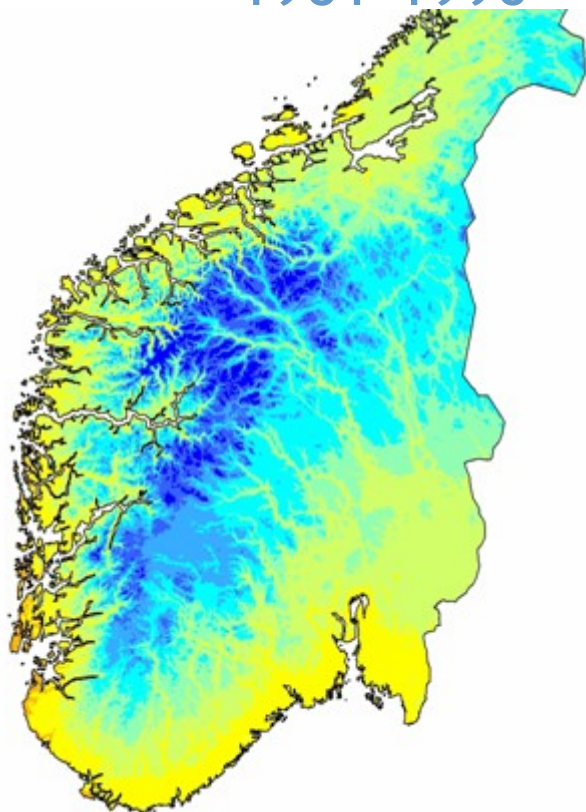


Skogrydding!

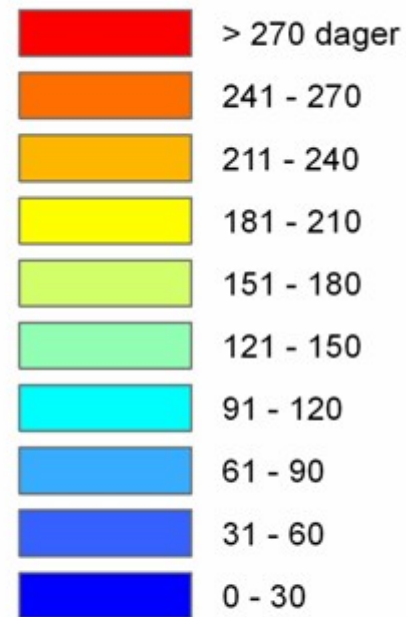
Vekstsesong

1961-1990

2071-2100



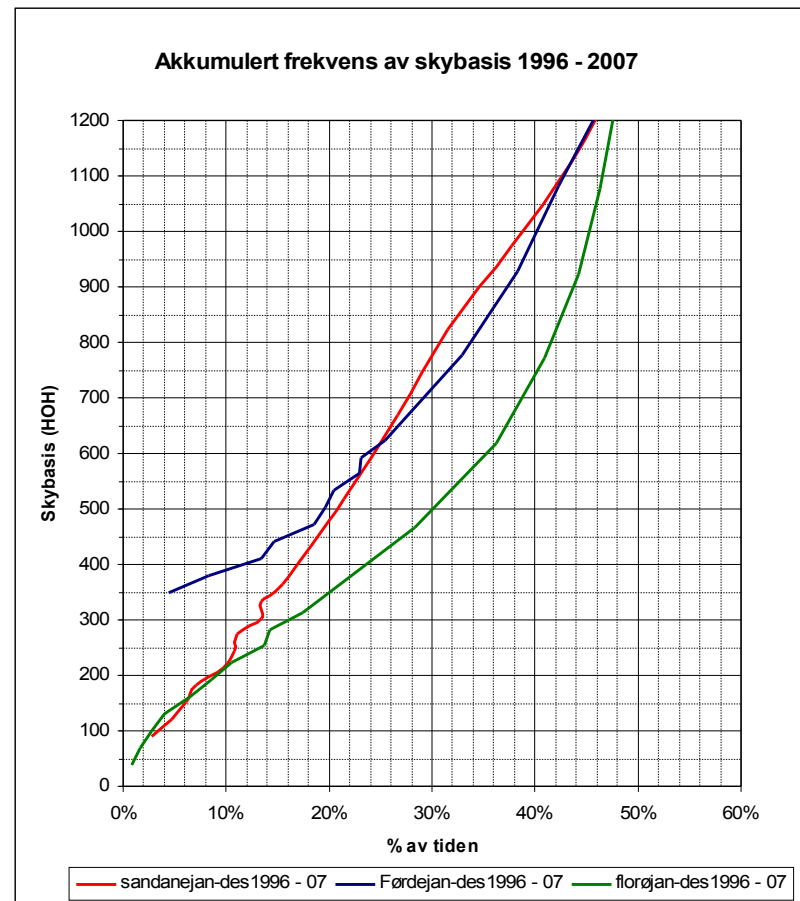
HAD A2





Sekundæreffekter

- *Oftere skodde og lavt skydekke i fjellet gir færre dager for vedlikehold og reparasjon!*
- Kombinerte laster av is og vind
 - Kan øke (utenom for kyststrøkene), mest pga mer og oftere is, svært usikkert
- Galoppering (og annen dynamisk slitasje)
 - Kan øke i innlandet og i fjellet pga oftere is, svært usikkert





Galoppering om 50 år?





Hvordan kan kraftforsyningen tilpasse seg?



Konsekvenser for kraftledningsnettet

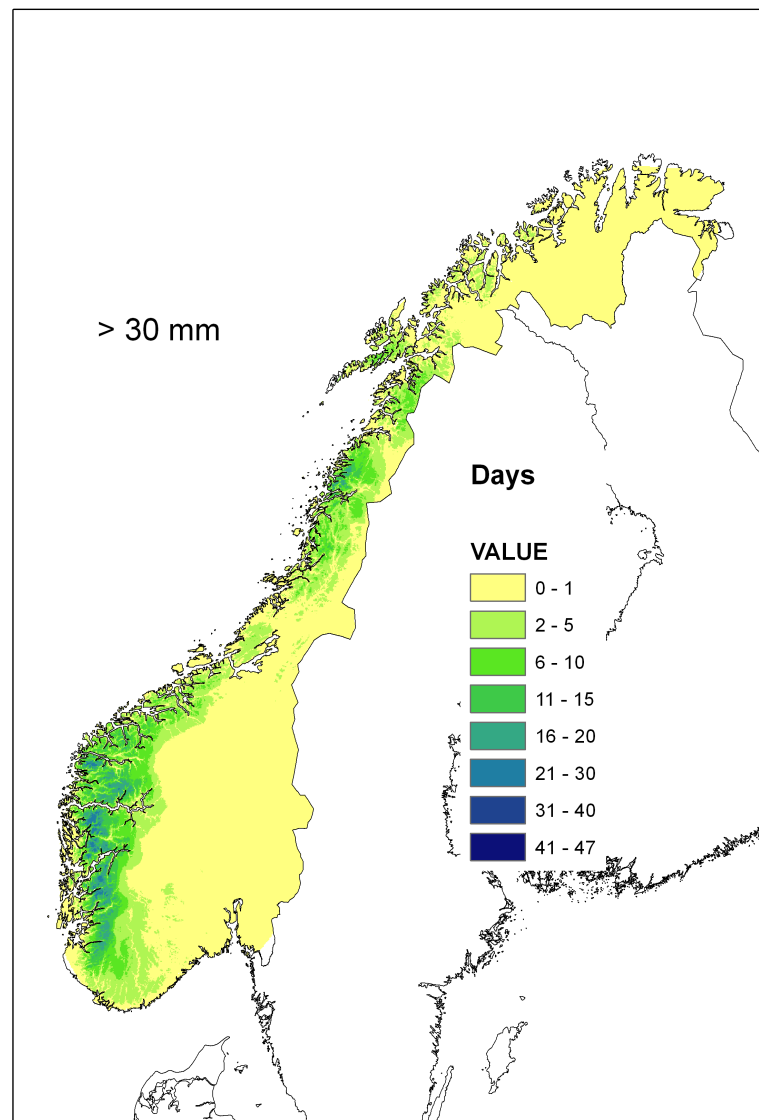
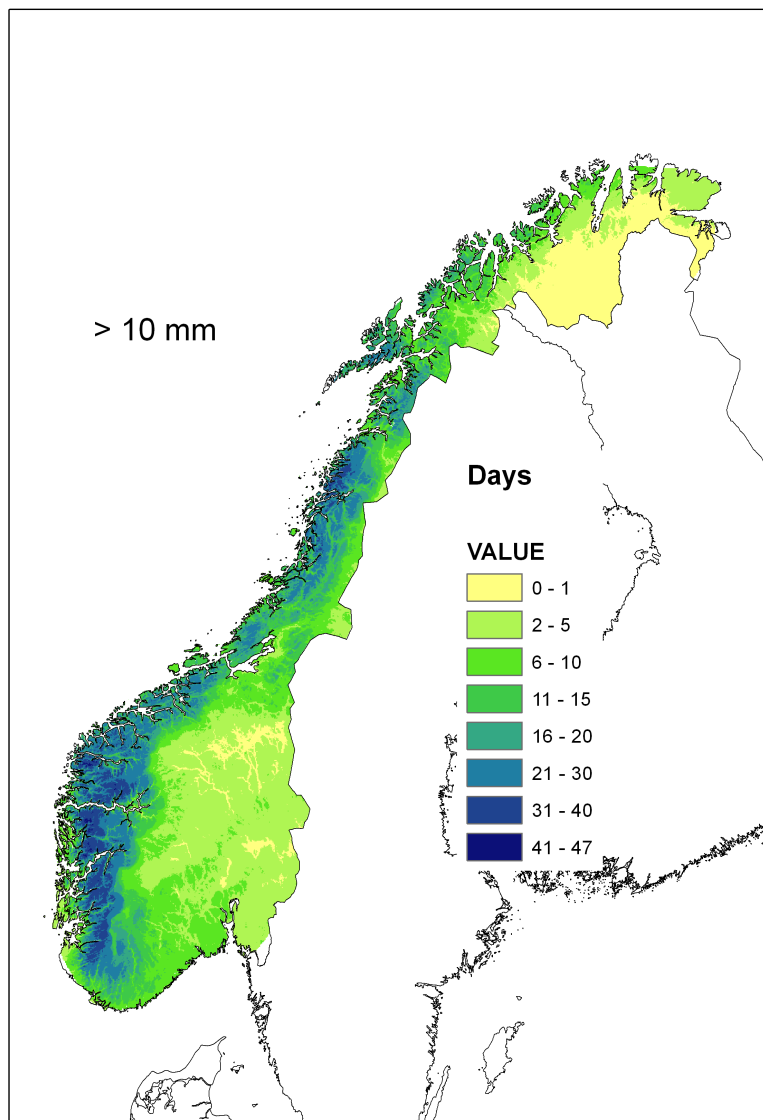
- Mekaniske momenter
 - Islast (skyising og våtsnø)
 - vindlast
 - dynamiske påkjenninger (vibrasjoner, galoppering, slitasje)
 - skred
 - mastefundamenter - stabilitet og forvitring
 - korrosjon - stålmaster
 - råde - tremaster
 - skogrydding
- Elektriske momenter
 - lyn
 - forurensing i snø og is
- Adkomst og tilgjengelighet
 - i luften
 - på bakken



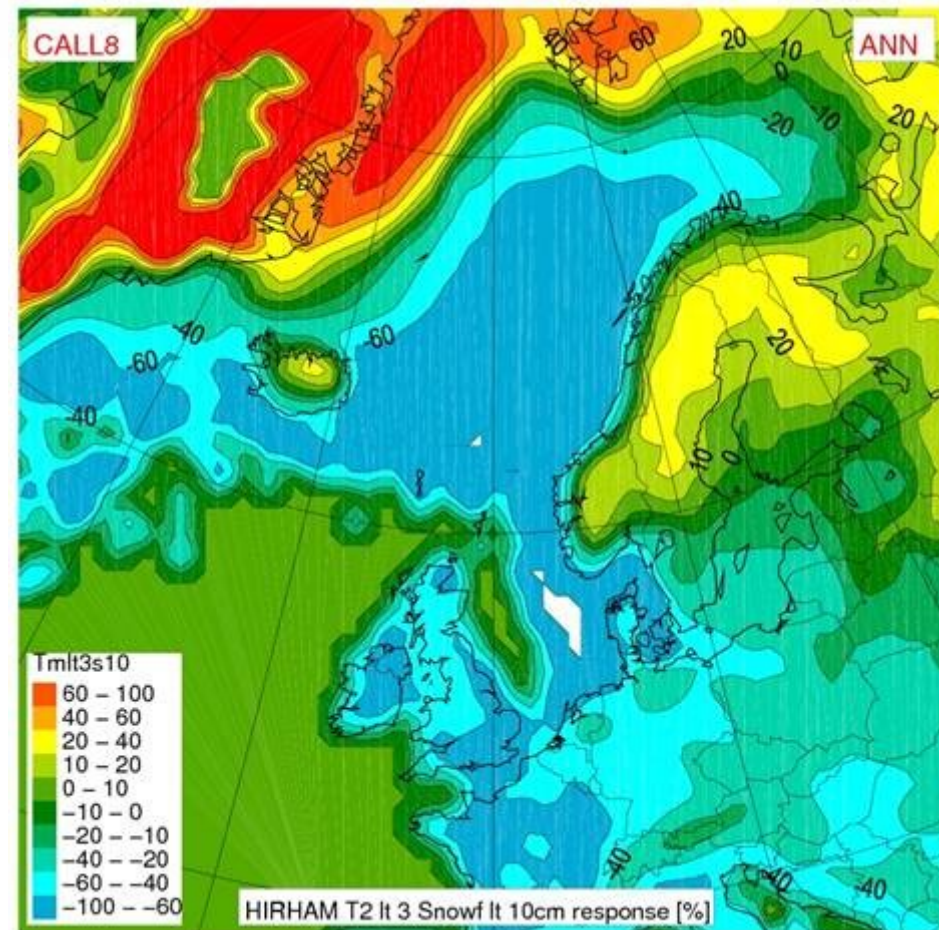
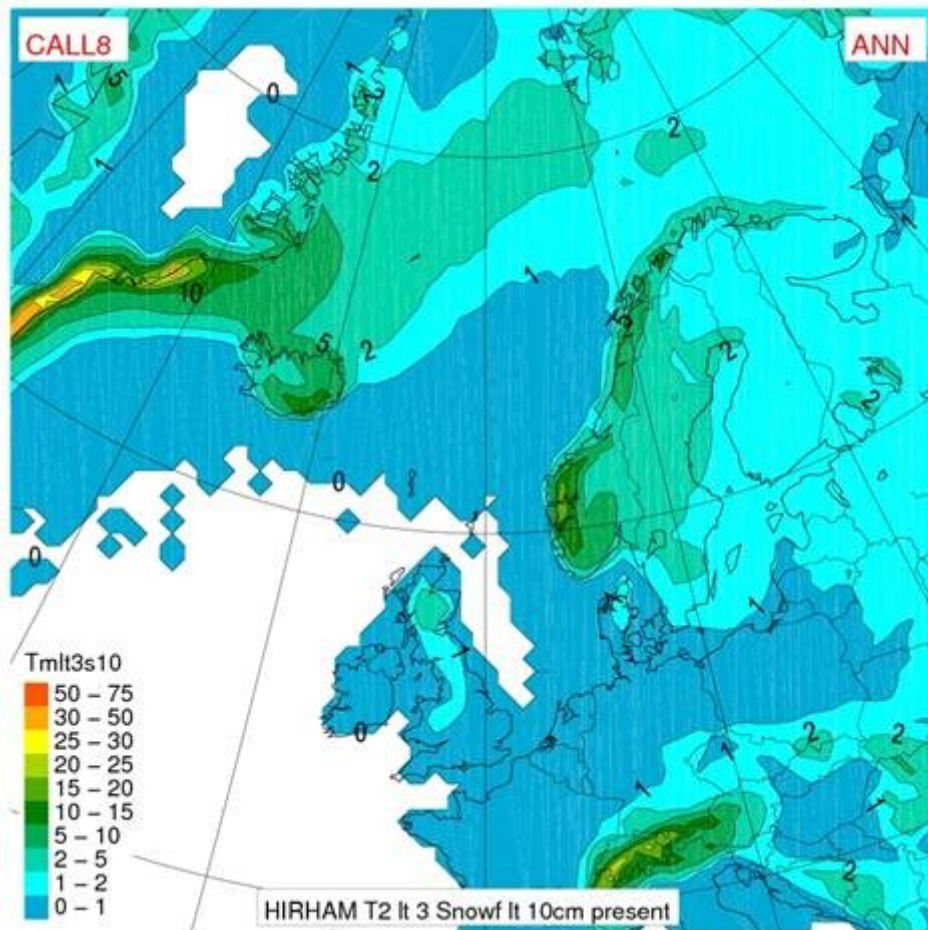
Tiltak

- Øke kunnskapen om dagens klimalaster
- Betydelig usikkerhet i dagens dimensjonerende klimalaster (~40% for islaster)
- Relativt gode driftserfaringer
 - Hvor stor er marginen?
- Tiltak:
 - Overvåke nettet
 - Rapportere om hendelser
 - Dedikerte målinger av ising/vind
 - Samarbeid med forskningsmiljøene

Antall dager per år med våtsnø



Klimascenarier for våt snø



Venstre: Ant. døgn/år med $-3^{\circ} < T < +3^{\circ}$ & snø > 10 mm 1961-90

Høyre: Prosentvis endring 2045

NB1: Avhenger av lavtrykksbaner. Sørligere baner gir større økning på Østlandet

NB2: Ekstremverdier av nedbøren øker også - mest i nord



Analyser av våtsnø



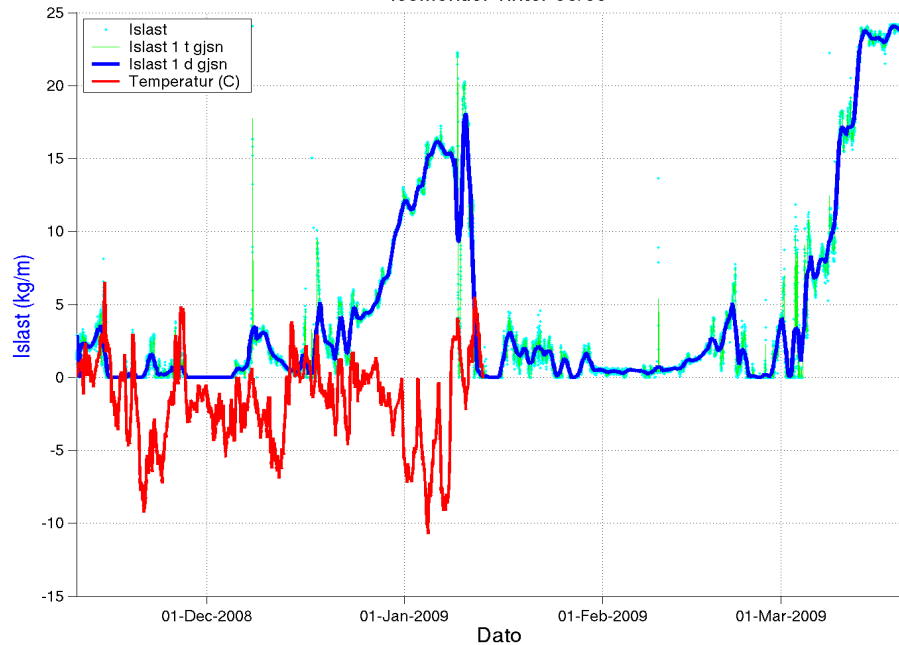
Må valideres mot faktiske laster på eksisterende nett



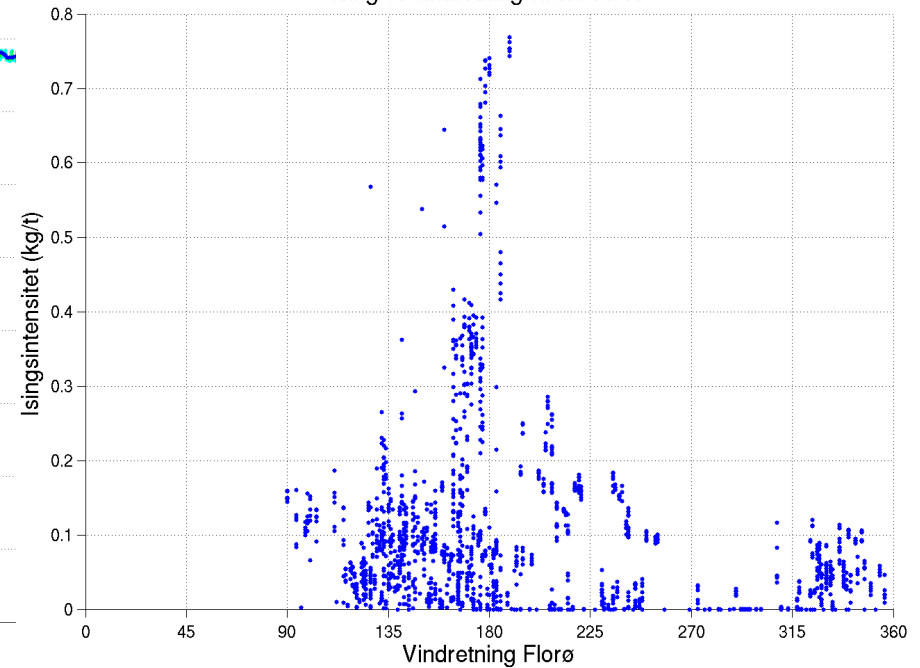
Måling av islast ved Ålfotbreen



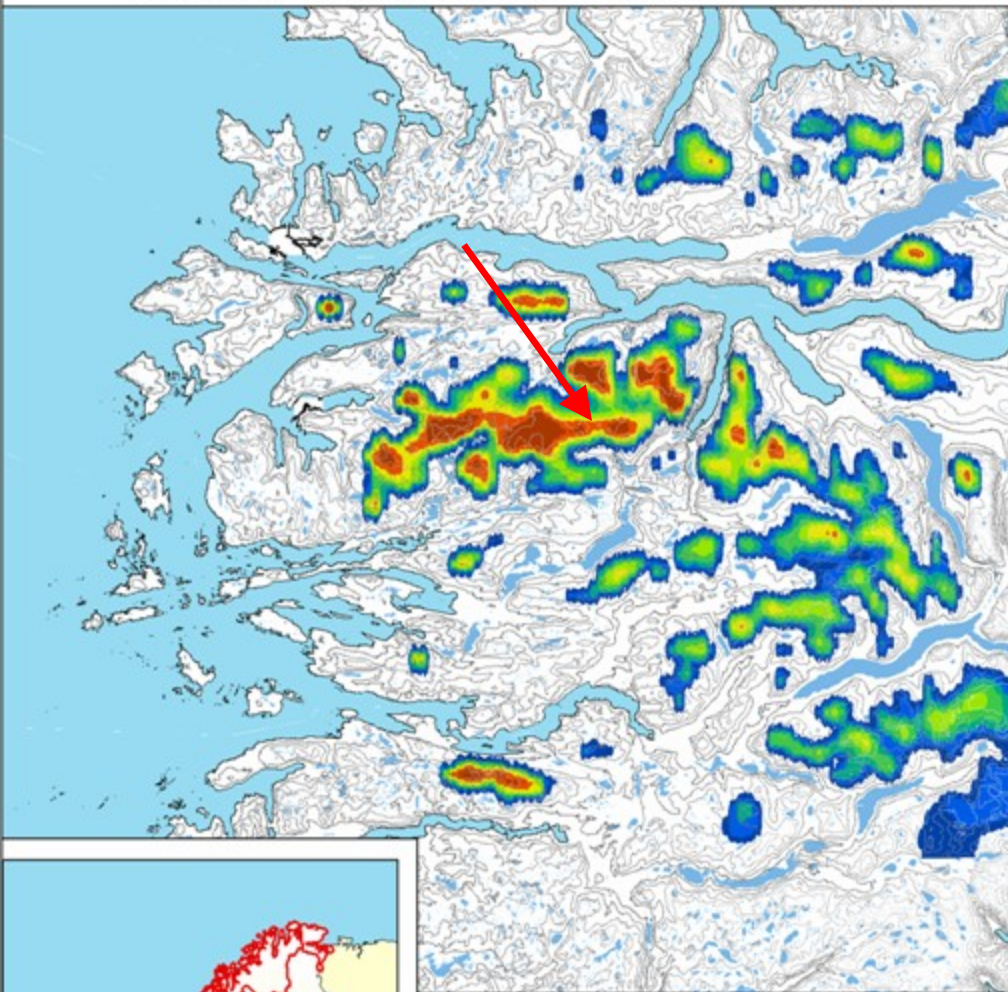
IceMonitor vinter 08/09



Ising vs vindretning vinter 08/09



Ice load 1999.01.15 - 00UTC +144h



Ice load (kg/m)



Scale 1:500 000

M.a.s.l.



Simulert islast basert på
finskala atmosfæremodell

Samarbeid Statnett og Met.no





Viktige punkter

- Varmere, våtere, (villere?)
- Netter består av mange komponenter som påvirkes på forskjellige måter
- Stor usikkerhet knyttet til dimensjonerende laster i fremtidig klima
- Minst like stor usikkerhet rundt dagens laster
- Overvåking av nettet er viktigere enn noen gang
- Metodeutvikling (bl.a. finskala atmosfæremodeller)
- Ajourføre virkningsstudier etter hvert som nye klimascenarier foreligger
- Samarbeid mellom bransjen og forskningsmiljøet

→ Under utvikling: Innrapporteringsside for islaster

www.met.no/ising

A photograph of a snowy mountain landscape. In the foreground, there are snow-covered rocks and a small evergreen tree. In the middle ground, several power lines with insulators stretch across the frame. In the background, a metal pylon structure is visible against a pale, overcast sky.

Takk for oppmerksomheten!

bjornen@met.no