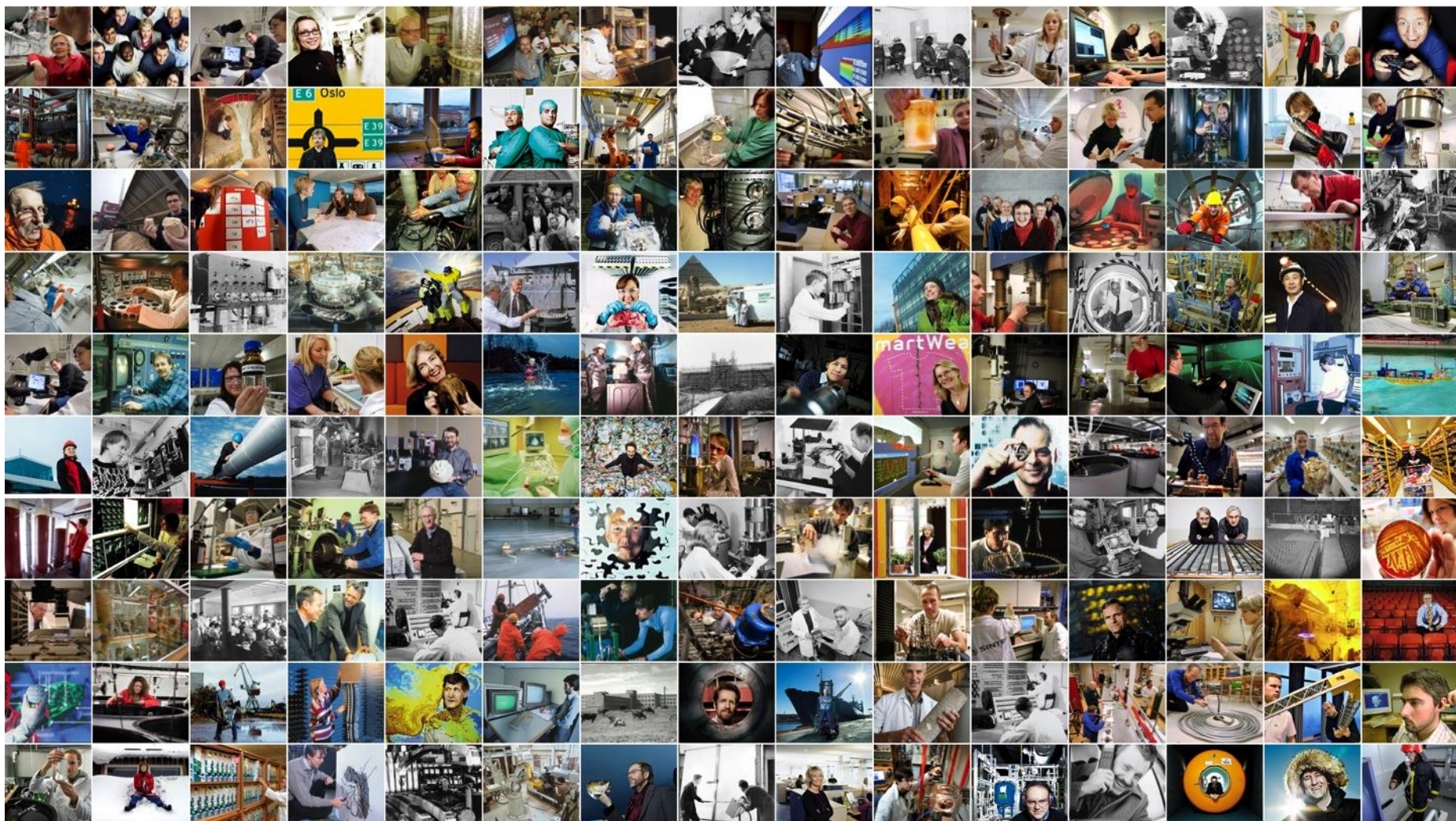


DSB – Experience exchange seminar on "Practical solutions to climate risk and vulnerability assessments"

Climate adaptation of buildings and infrastructure

Anders-Johan Almås – PhD Senior researcher
SINTEF Building and Infrastructure
anders-johan.almas@sintef.no
16.02.2016

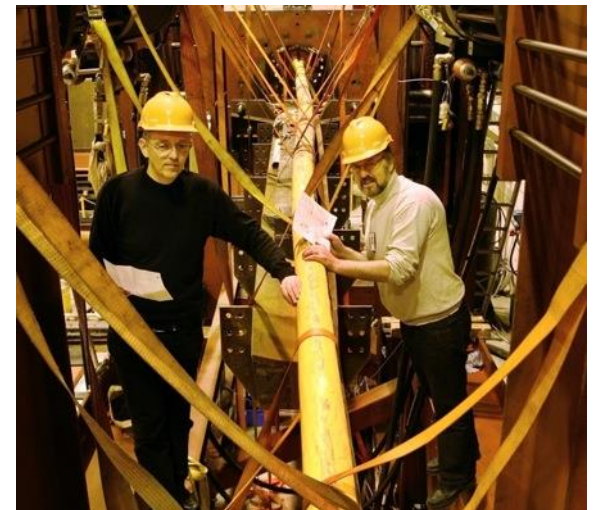




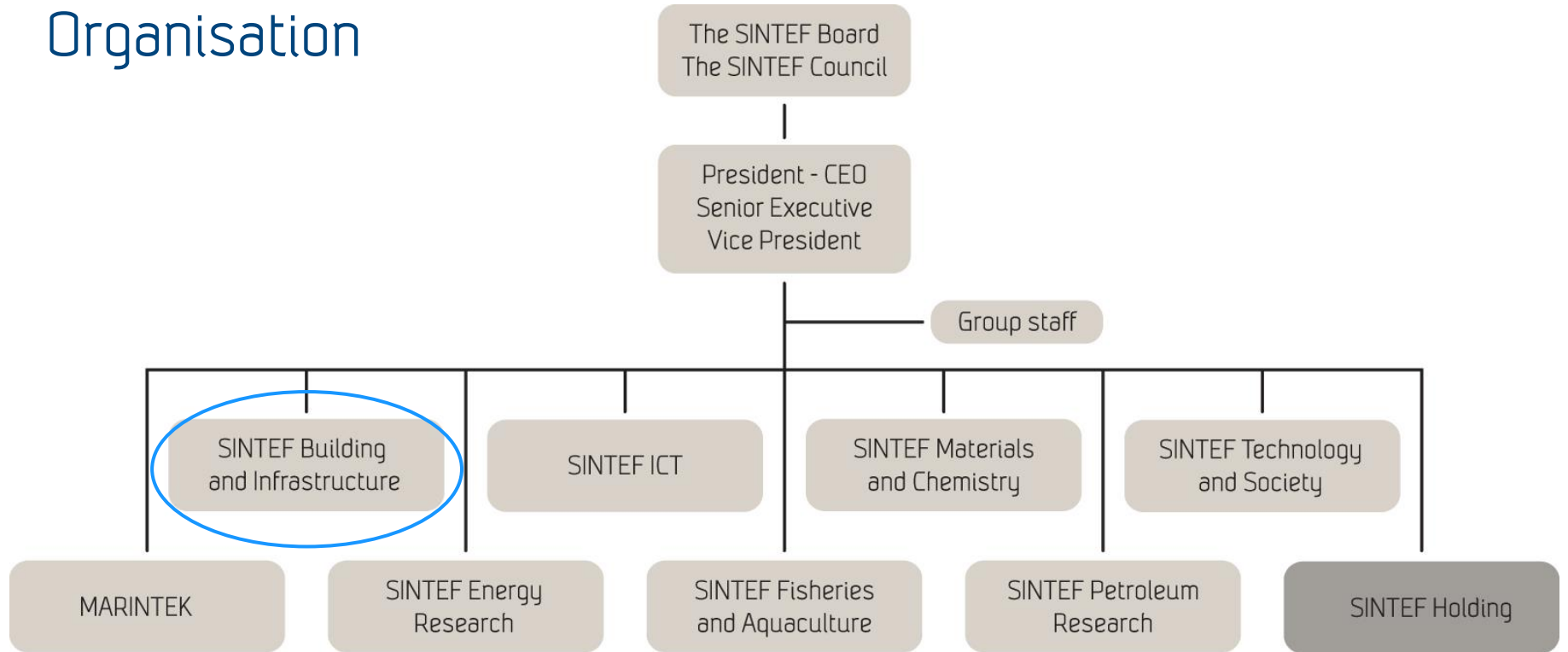
This is SINTEF

SINTEF is the largest independent research organisation in Scandinavia

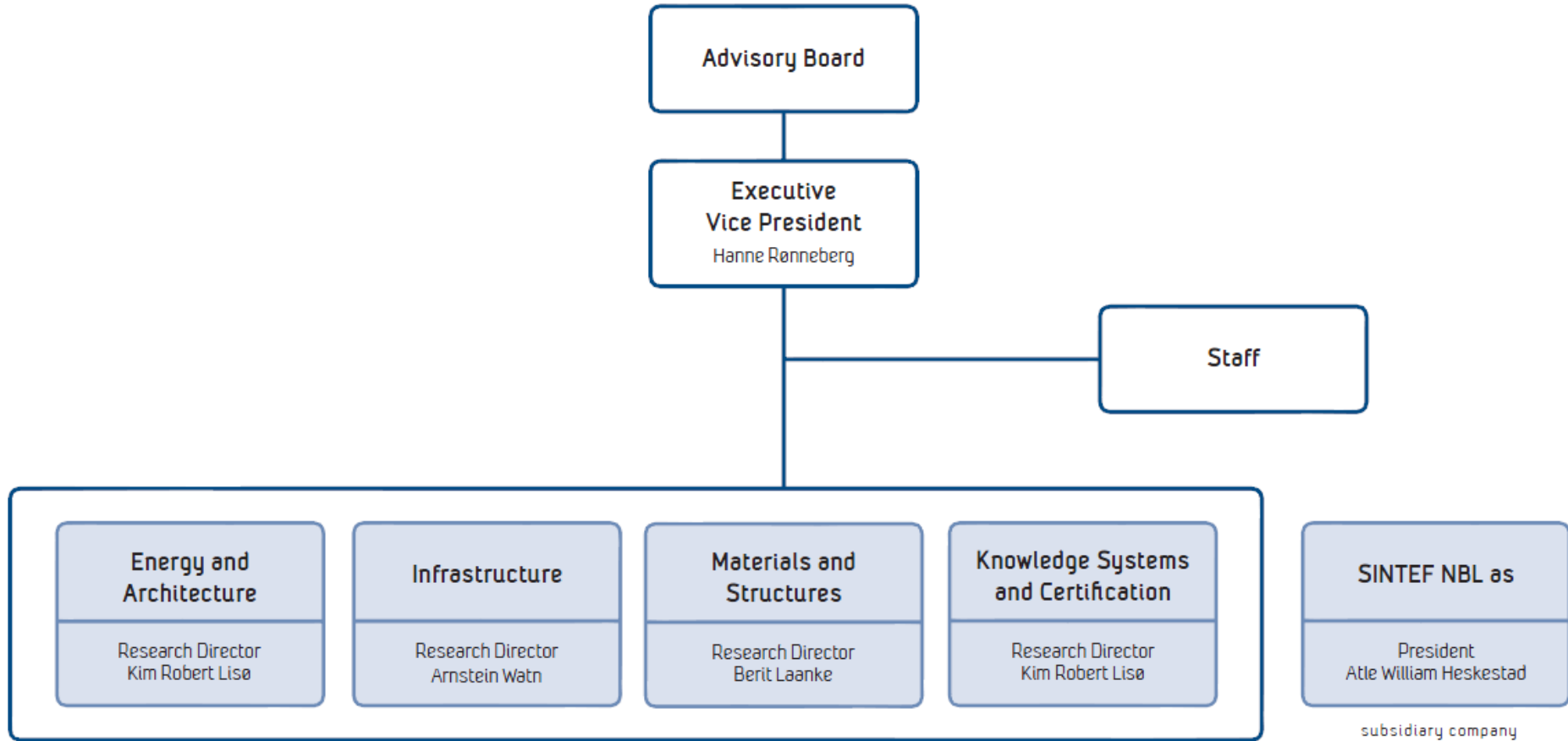
- Leading expertise in the natural sciences and technology, environment, health and social science
- 2100 employees from 67 countries
- Annual sales of EUR 350 million – customers in 60 countries
- A non-commercial research foundation with subsidiaries



Organisation



SINTEF Building and Infrastructure



Agenda

- Laws and regulations
- Short "historical summary"
- Klima 2050
- Extreme weather vs. "**everyday weather/climate**" (research)

- Practical issues

Laws and regulations (norwegian quotation)

White paper, 33 (2012-2013)

- "alle har et ansvar for å tilpasse seg klimaendringene, både enkeltindivider, næringsliv og myndigheter".
- "For at kommunen skal kunne utføre oppgavene sine på en måte som sikrer robuste og bærekraftige lokalsamfunn i framtida, er det nødvendig at *hensynet til et endret klima blir en integrert del av de kommunale ansvarsområdene*".

Laws and regulations (norwegian quotation)

Planning and building act

From the preparations:

"planlegging som et viktig virkemiddel for å ta hensyn til og motvirke klimaendringer. Kommunene skal sikre at innbyggerne blir ivaretatt ved ekstremværhendelser. Det skjer gjennom sårbarhetsanalyser og utvikling av beredskapsplaner, og i arealplaner som sikrer at utsatte områder ikke blir tilrettelagt for utbygging. I tillegg skal det tas hensyn til konsekvenser av havnivåstigning"

§ 4-3: "Ved utarbeidelse av planer for utbygging **skal planmyndigheten påse at risiko- og sårbarhetsanalyse gjennomføres for planområdet, eller selv foreta slik analyse.** Analysen skal vise alle risiko- og sårbarhetsforhold som har betydning for om arealet er egnet til utbyggingsformål, og eventuelle endringer i slike forhold som følge av planlagt utbygging. Område med fare, risiko eller sårbarhet avmerkes i planen som hensynssone, jf. §§ 11-8 og 12-6. Planmyndigheten skal i arealplaner vedta slike bestemmelser om utbyggingen i sonen, herunder forbud, som er nødvendig for å avverge skade og tap"

Laws and regulations (norwegian quotation)

Technical requirements (TEK10/15), Guideline

"Effekten av klimaendringene vil få betydning for det bygde miljø, både for plassering av bygninger og for hvilke laster bygningene må tåle. Plan- og bygningsloven med forskrifter skal bidra til at nye bygninger og konstruksjoner tilpasses et endret klima. Klimaendringene kan føre til hyppigere hendelser av flom og skred og at de blir mer ekstreme. Ny kunnskap om potensielle fareområder og effekter av klimaendringer kan føre til at områder som tidligere har vært ansett som tilstrekkelig sikre for bebyggelse ikke lenger innfrir kravene til sikkerhet i plan- og bygningsloven og i byggteknisk forskrift".

Technical requirements (§ 13-14 to 13-19)

- Storm water
- Ground and foundations
- Terrain
- Outer wall
- Roof
- Materials

Short "historical summary"



Klima i Norge 2100

Bakgrunnsmateriale til NOU Klimatilpassing



Updated version
2014



met.no - Bjerknessenteret - Nansensenteret - Havforskningsinstituttet - NVE

September 2009

Short "historical summary"



Short "historical summary"



SINTEF Byggeforsk

Oslo
 Foskvikgaten 20, 0273 Oslo
 Postboks 124 Blindern, 0214 Oslo
 Telefon: 22 96 55 55
 Telefaks: 22 99 94 38

Trondheim
 Høgskolevegen 7b
 7465 Trondheim
 Telefon: 73 59 23 80
 Telefaks: 73 59 23 80

E-post: byggforsk@sintef.no
 Internettadresse: www.sintef.no/byggeforsk
 Forstaktsnummer: NO 948 007 029 MUK

Oppdragsgiver Statens bygningstekniske etat
Oppdragsgivers adresse Postboks 8742 Youngstorget 0028 OSLO
Oppdragsgivers referanse Lisbet Lundfald Kari-Anne Pape Simenstad

Prosjektreferanse	Dato	Rev. dato	Antall sider	Antall vedlegg	Gradering	Forfatter(e)
3B0325	24.02.10	26.02.2010	64		Åpen	Cecilie Flyen Øyes ¹ , Anders-Johan Alnæs ^{2,3} , Hans Olav Hygen ³ og Igor Sartori ¹
Prosjektleder Cecilie Flyen Øyen	Sign.	Ansvarlig ingeniør Kim Robert Lissø	Sign.	Kvalitetssjef Kristin Holthe	Sign.	

Oppdragsrapport Klima- og sårbarhetsanalyse for bygninger i Norge: Utredning som grunnlag for NOU om klimatilpassing

<p>Kort sammendrag</p> <p>Denne rapporten presenterer en overordnet klima- og sårbarhetsanalyse for Norge, utført etter oppdrag fra Statens bygningstekniske etat som grunnlag for Klimatilpassingsutvalget og deres arbeid med en ny Norsk Offensiv Utredning (NOU) om klimatilpassing.</p> <p>Hovedtrenden for klimaeendringene fram mot år 2100 er et varmere, våtere og villere klima. Dette vil kunne få dramatiske konsekvenser for bygningssammenheng dersom det ikke gjennomføres grundigere sårbarhetsanalyser og iverksettes tiltak for å møte utfordringene. I denne rapporten har vi gjennomført en overordnet vurdering av konsekvenser av klimaeendringer (gjtt et klimascenario for perioden 2071-2100) og anbefalte tiltak for å redusere mulige konsekvenser for følgende parametere: Råteskader, årsmiddeltemperatur, grøddagstall, snølast, våt vinterendbør, sesongnedbør, vind, slagregn, frostskaider, frostmengder, permafrost, flom og havnivåstigning. Risiko for råteskader er brukt som case for å vise hvilke data som er mulig å hente ut for de ulike parametere. Her finnes relativt gode tall på fylkesnivå.</p> <p>For de andre parametere har vi funnet løstedeikende tall koblet mot enkelte fylker. Når det gjelder skred, flom og havnivåstigning har vi benyttet nøkkel tall fra andre kilder og i tillegg gitt anbefalinger for tiltak og videre utredninger.</p>		
Oppdragets adresse		Bygget
Metode Utredning, GIS-kart- og GAD-analyse, klimascenarier.	Emneord Klima, klimatilpassing, sårbarhet, GAD-og-jøter, flom, nedbør, høringsforberedelse.	Plattform Klima og sårbarhetsanalyse NOU.doc

Utdraget eller forkortet gjennomviser av rapporten er ikke tillatt uten SINTEF Byggeforsks spesielle godkjenning.
 Hvis rapporten skal oversettes, forbeholder SINTEF Byggeforsk seg retten til å godkjenne oversettelsen. Kontrakter belastes oppdragsgiver.

¹ SINTEF
² NTNU
³ Meteorologisk Institutt

Short "historical summary"



Klima 2050 (www.klima2050.no)

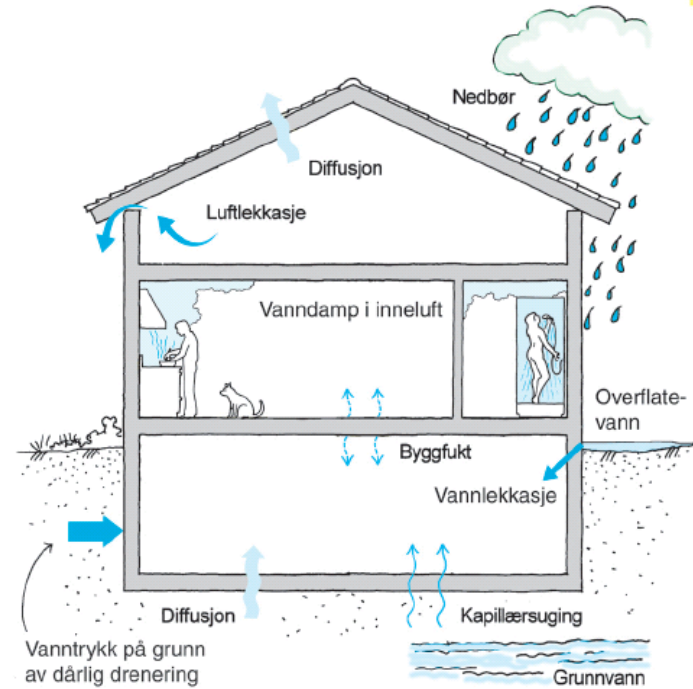
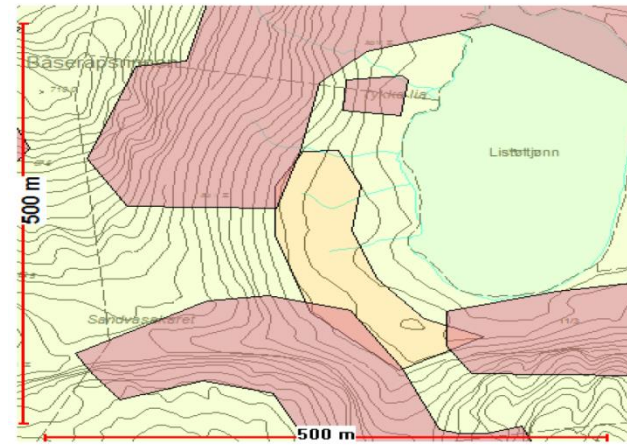


Climate adaptation is not a new area of knowledge

But rapid climate changes makes it even more challenging

Challenges:

Extreme weather events VS. changes in "everyday weather/climate"



Extreme weather events



Extreme weather events



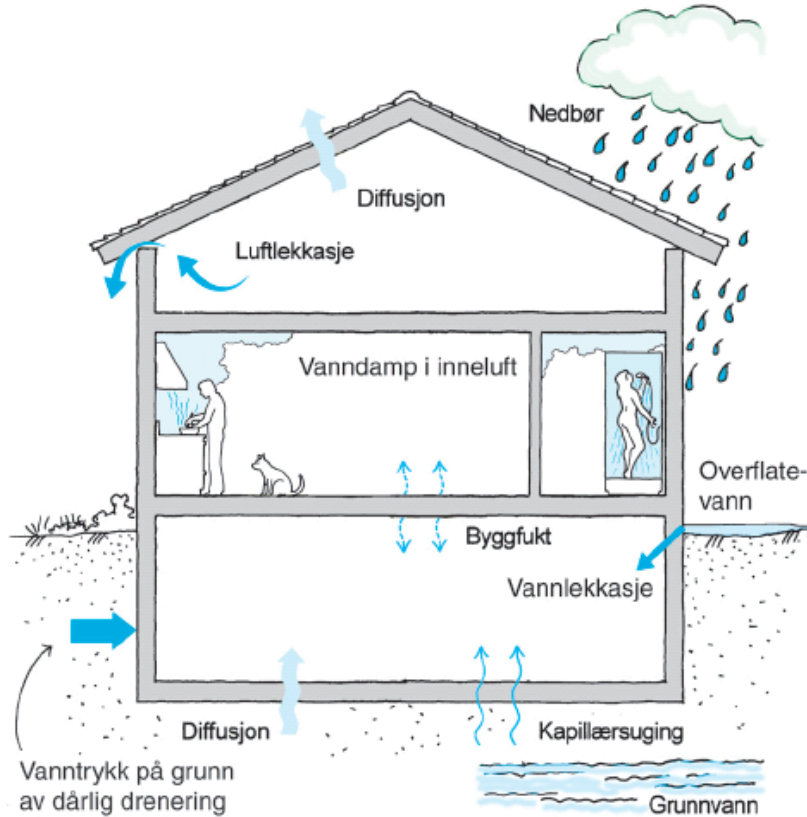
Extreme weather events



Extreme weather events



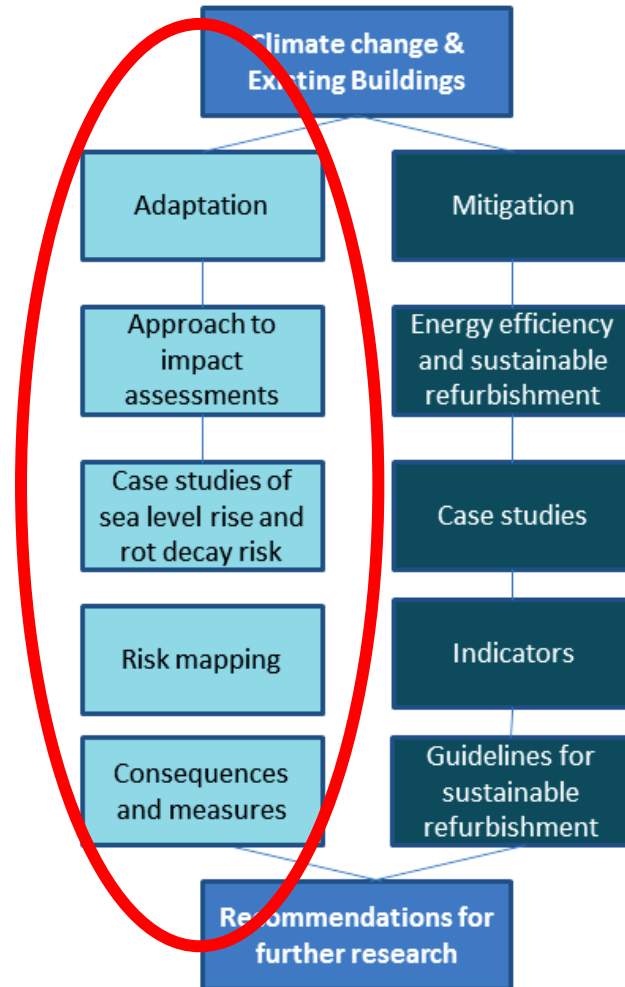
Changes in everyday climate/weather





Research on climate change risk assessments of buildings

ROBUST



The study on adaptation

Main goals:

- Building an approach to impact assessments of buildings in a changing climate
- Establish a database of building data and climate data
- Investigate different case studies (e.g. rot decay and sea level rise)

Overall research question:

- How will different future climate scenarios (and models) affect the built environment?

The study on adaptation

Methodology and case study on rot decay risk

 **BRI** BUILDING RESEARCH & INFORMATION (2011) 39(3), 227–238

 **Routledge**
Taylor & Francis Group

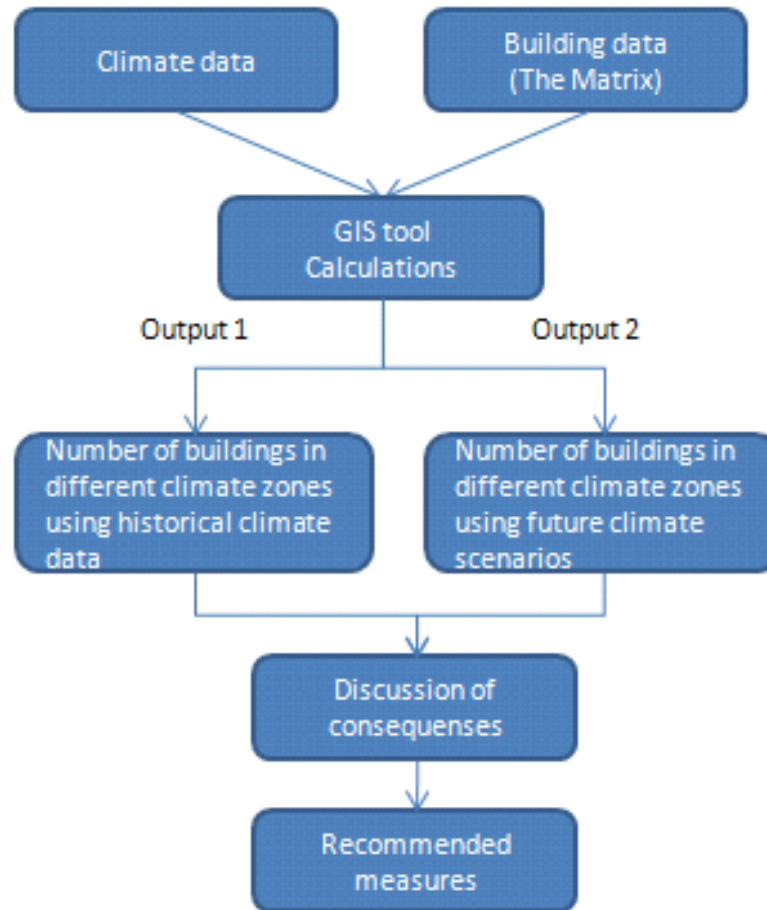
RESEARCH PAPER

An approach to impact assessments of buildings in a changing climate

Anders-Johan Almås^{1,2,3}, Kim Robert Lisø¹, Hans Olav Hygen⁵, Cecilie Flyen Øyen^{1,4}
and Jan Vincent Thue²

The study on adaptation

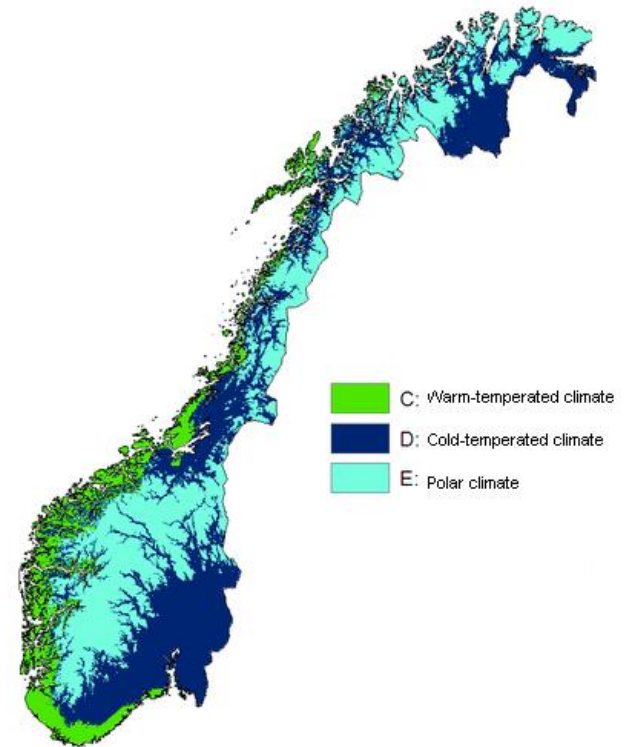
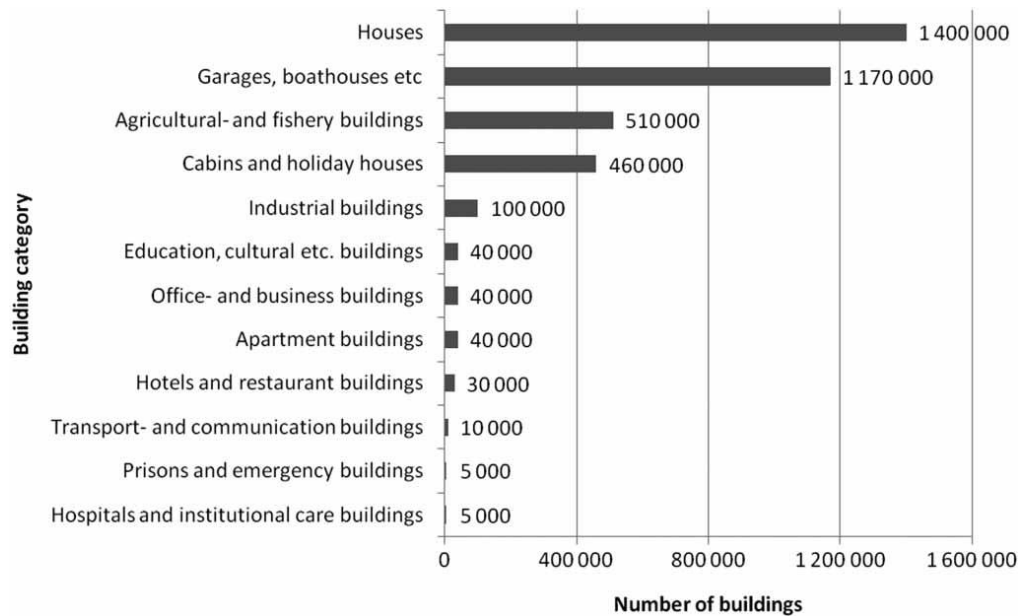
Methodology



AJ Almås, 2010

The study on adaptation

Methodology



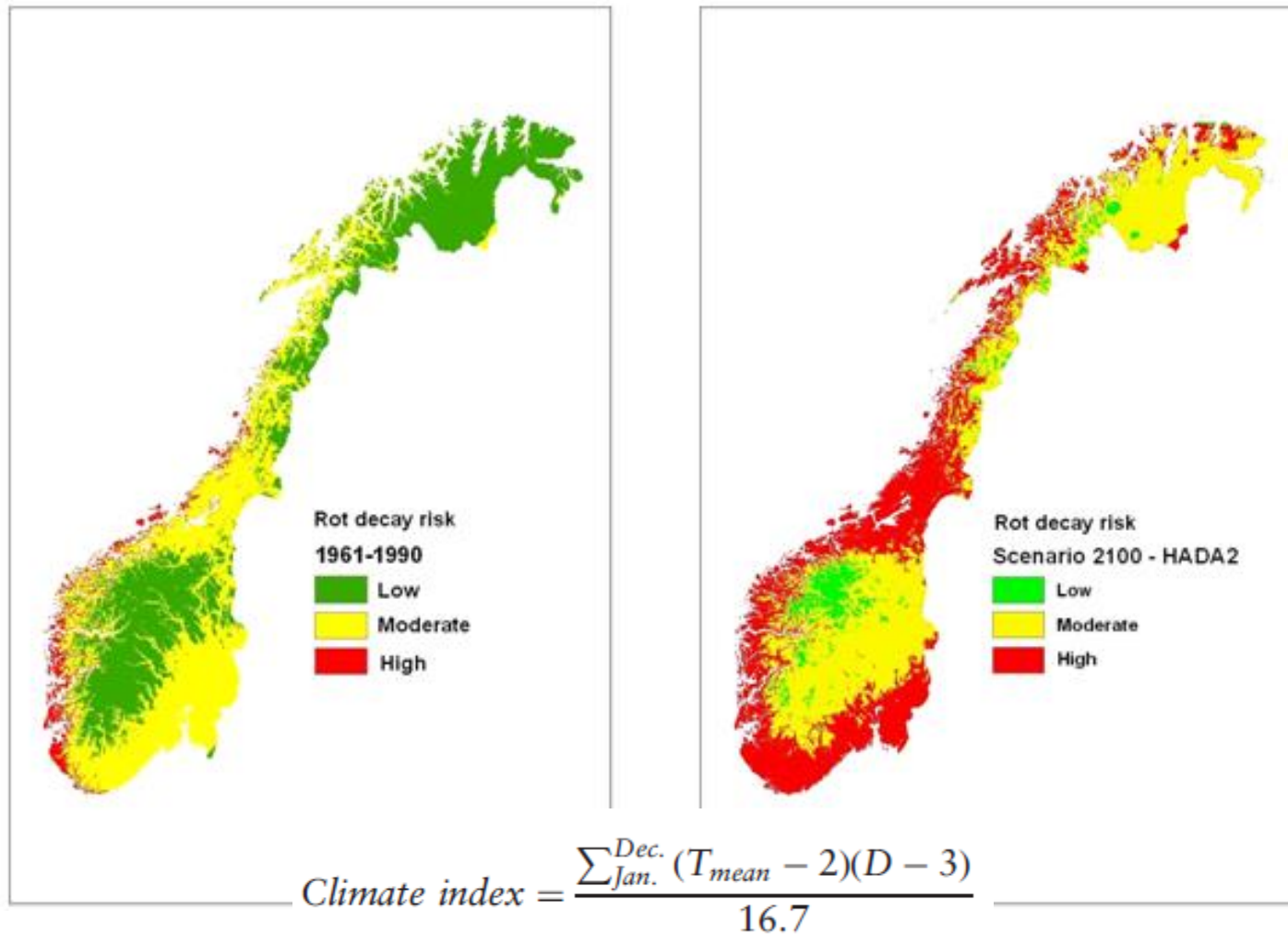
The study on adaptation

Case study on rot decay risk



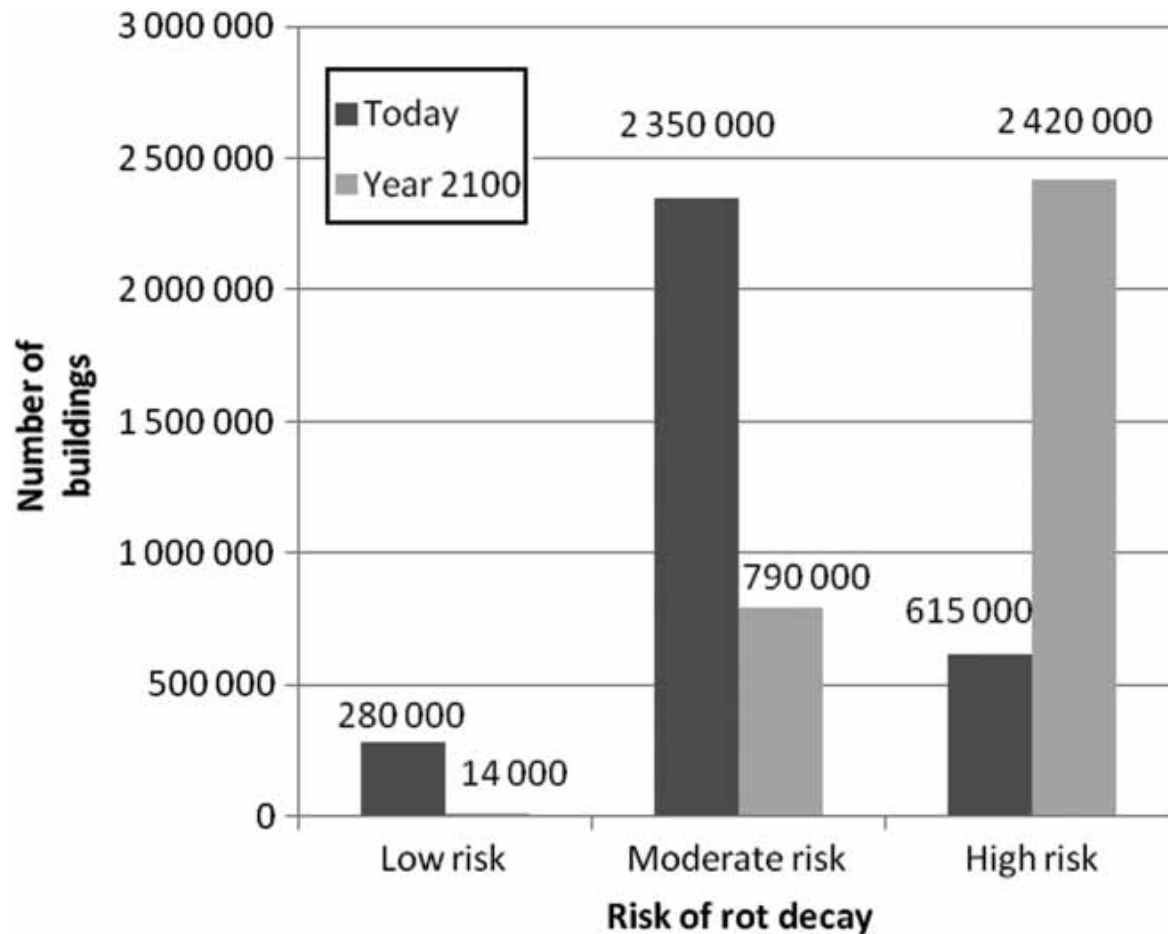
The study on adaptation

Case study on rot decay risk



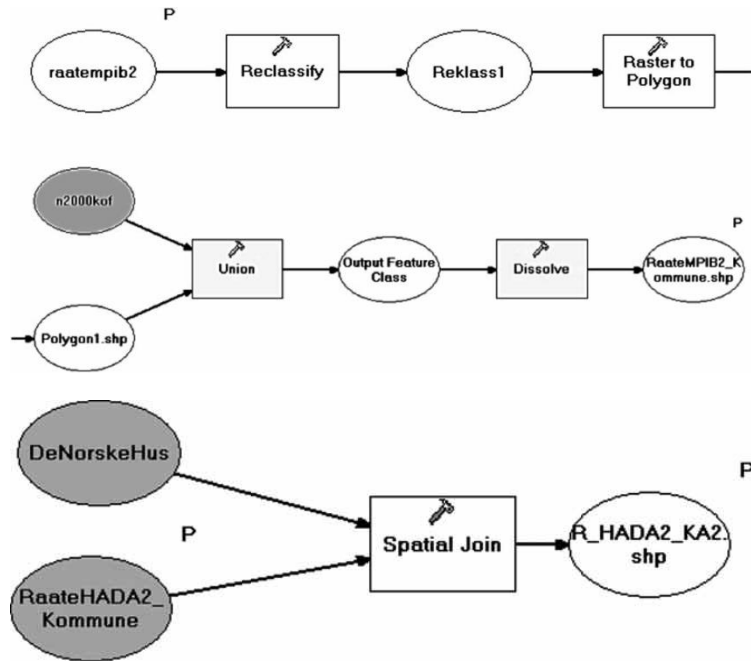
The study on adaptation

Case study on rot decay risk

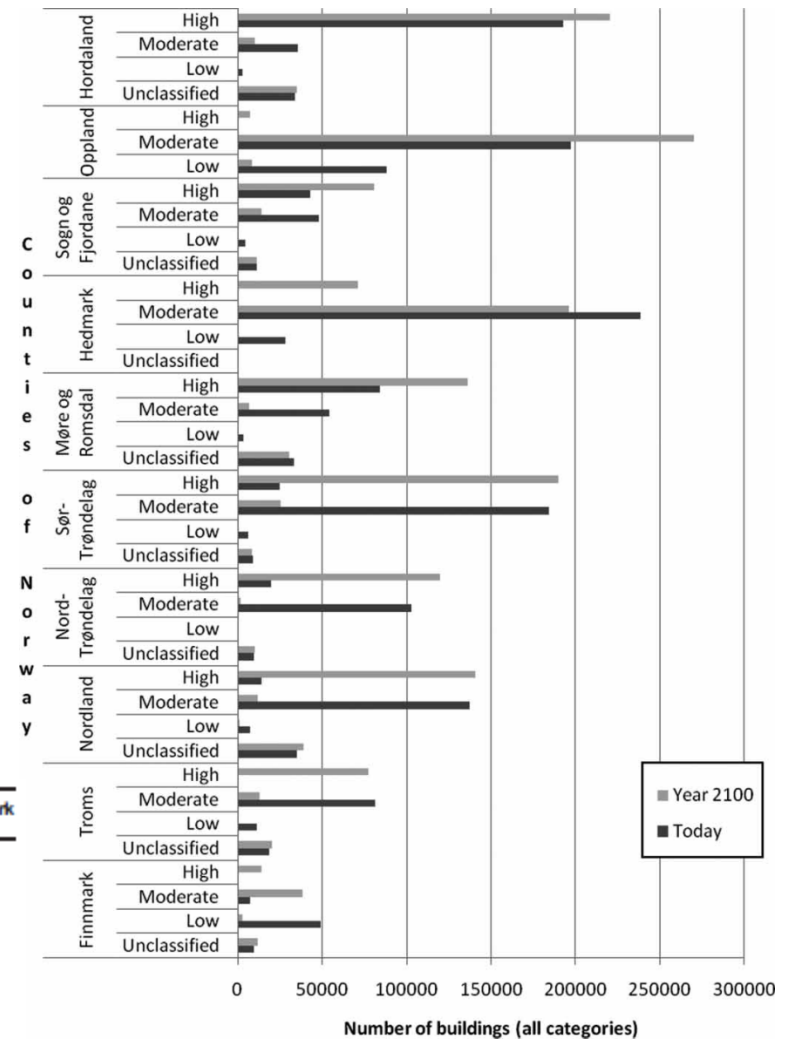


The study on adaptation

Case study on rot decay risk



	Østfold	Akershus	Oslo	Hedmark	Oppland	Buskerud	Vestfold	Telemark
Houses	83 934	142 702	56 133	75 796	73 867	79 214	70 307	59 440
Apartment buildings	1 428	2 584	10 496	764	735	1 355	1 233	948
Cabins and holiday houses	19 814	15 467	2 293	42 225	53 594	46 245	14 880	29 797
Garages, boathouses etc.	63 930	97 224	44 649	78 596	78 662	75 607	61 039	46 272
Industrial buildings	4 919	6 510	4 863	5 620	5 528	6 340	5 074	5 019
Agricultural and fishery buildings	20 866	20 730	564	52 437	57 440	38 599	12 629	24 316
Office and business buildings	2 310	2 518	2 742	1 848	1 795	2 102	1 787	1 829



The study on adaptation

Case study on sea level rise

 **BRI** BUILDING RESEARCH & INFORMATION (2012) 40(3), 245–259

 **Routledge**
Taylor & Francis Group

RESEARCH PAPER

Impacts of sea level rise towards 2100 on buildings in Norway

Anders-Johan Almås^{1,2,3} and Hans Olav Hygen⁴

The study on adaptation

Case study on sea level rise



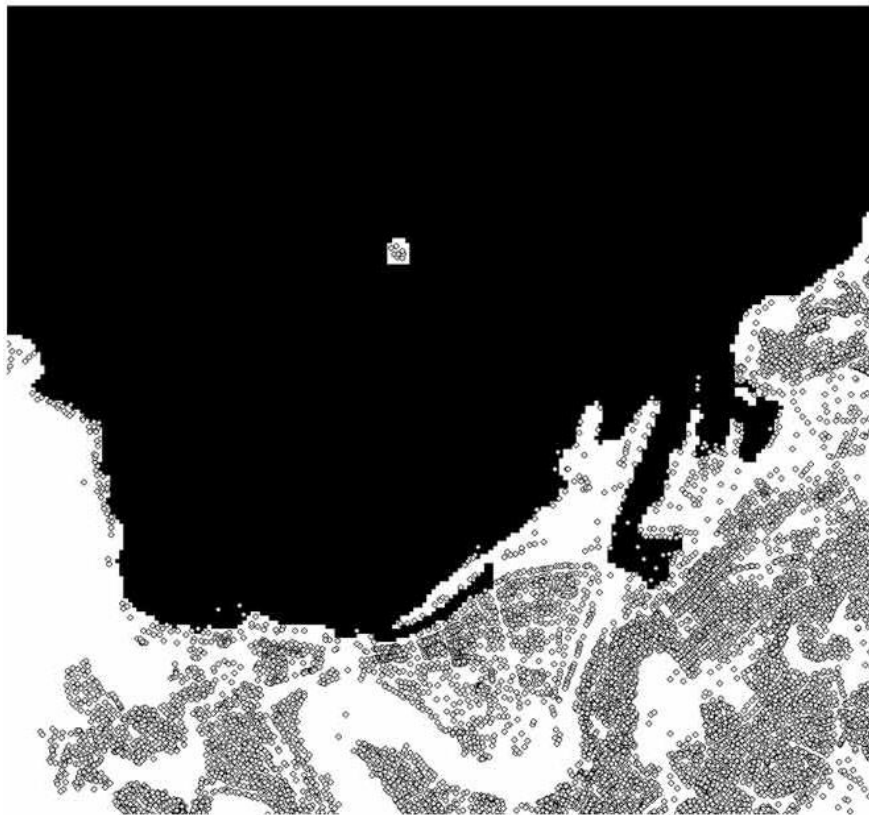
Foto: Skjalg Ekeland, BA/ANB

Main source on future sea level rise:

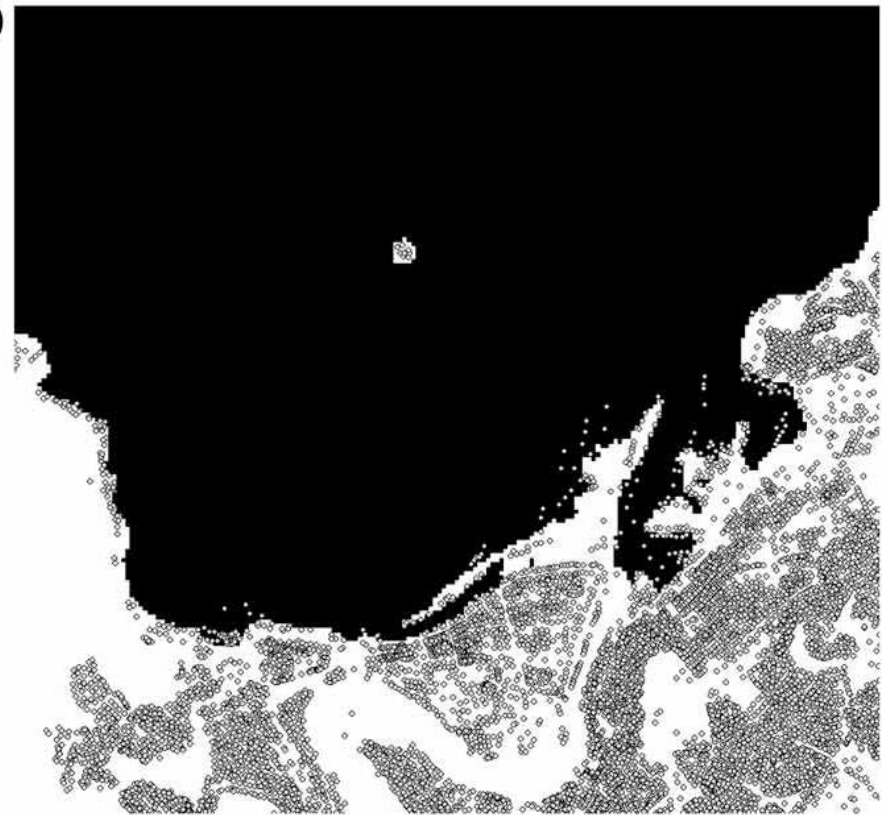
Vasskog, K., Drange, H. and Nesje, A. (2009) Havnivåstigning – Estimer av fremtidig havnivåstigning i norske kystkommuner [Sea Level Rise – Estimations for Future Sea Level Rise in Norwegian Coastal Municipalities] Report, University of Bergen & The Bjerknes Centre for Climate Research, Bergen.

The study on adaptation

Case study on sea level rise



(b)



The study on adaptation

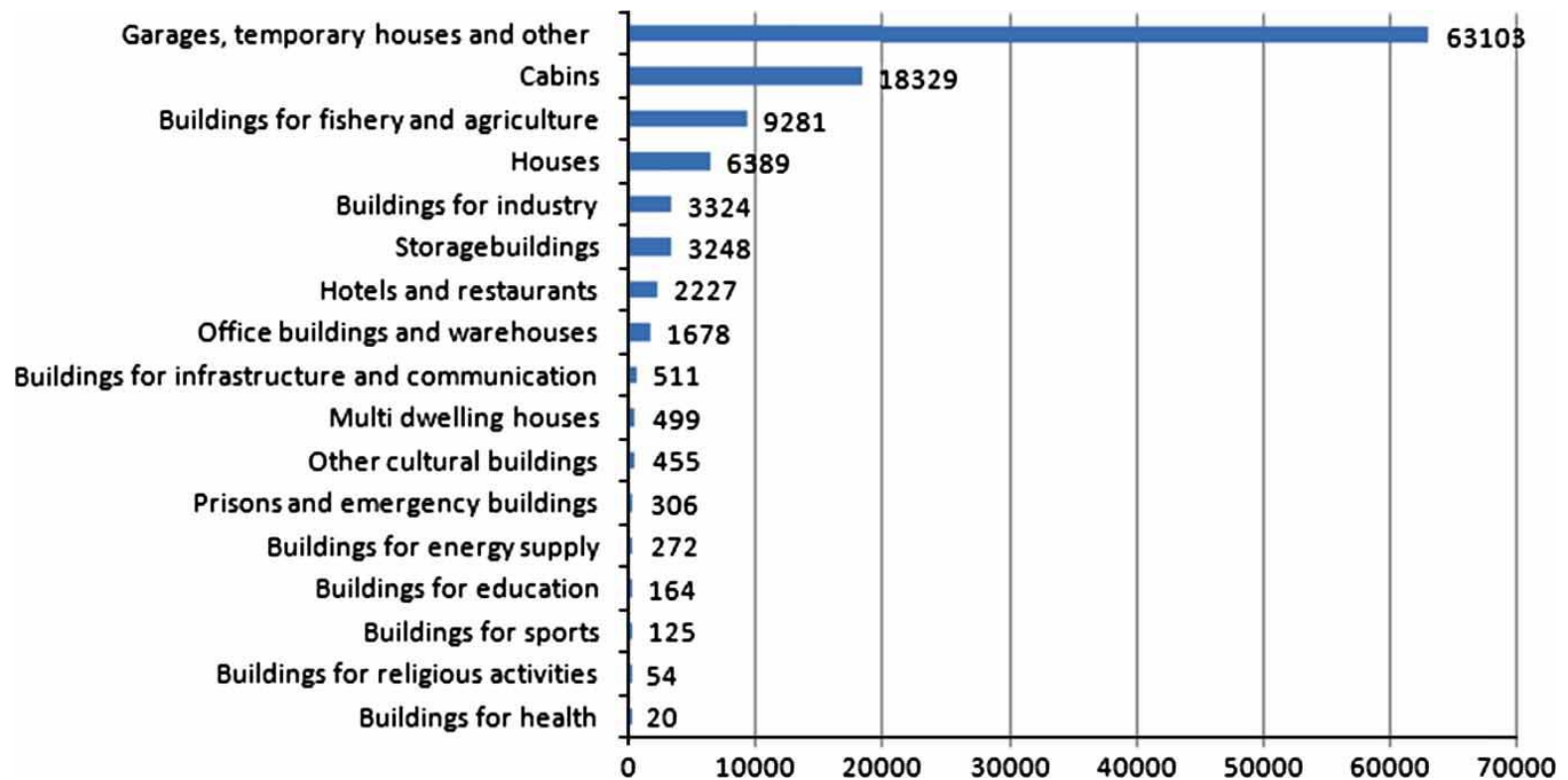
Case study on sea level rise

Leirfjord	Total	225	270
Houses	7	7	7
Cabins	20	33	33
Garages, boathouses, etc.	176	209	209
Buildings for industry	1	1	1
Storage buildings	4	1	1
Buildings for fisheries and agriculture	9	16	16
Office and business buildings	2	3	3
Hotels and restaurant buildings	3	0	0
Cultural buildings	3	0	0



The study on adaptation

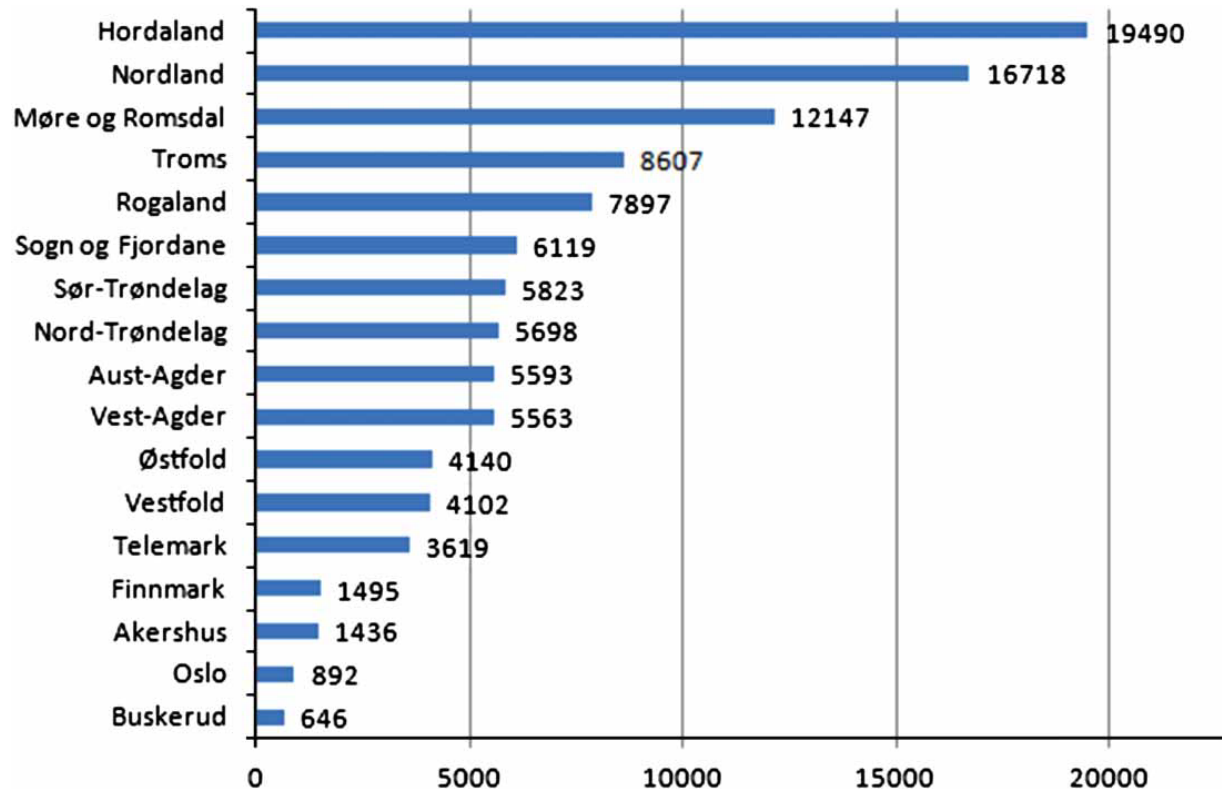
Case study on sea level rise



Number of buildings situated less than 1m above the present sea level in Norway, sorted by building category

The study on adaptation

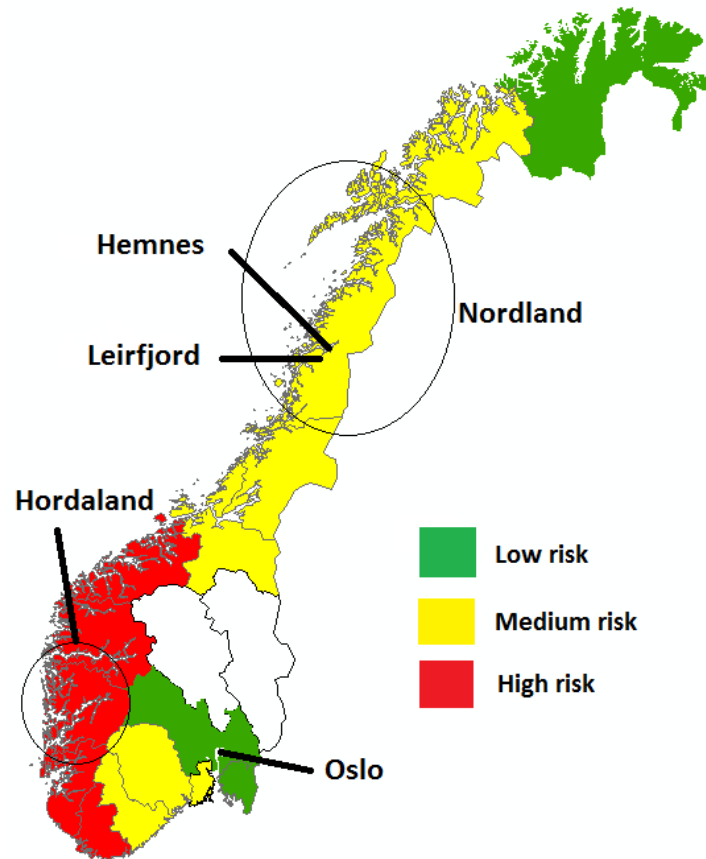
Case study on sea level rise



Number of buildings situated less than 1 m above the present sea level in Norway, sorted by county

The study on adaptation

Case study on sea level rise



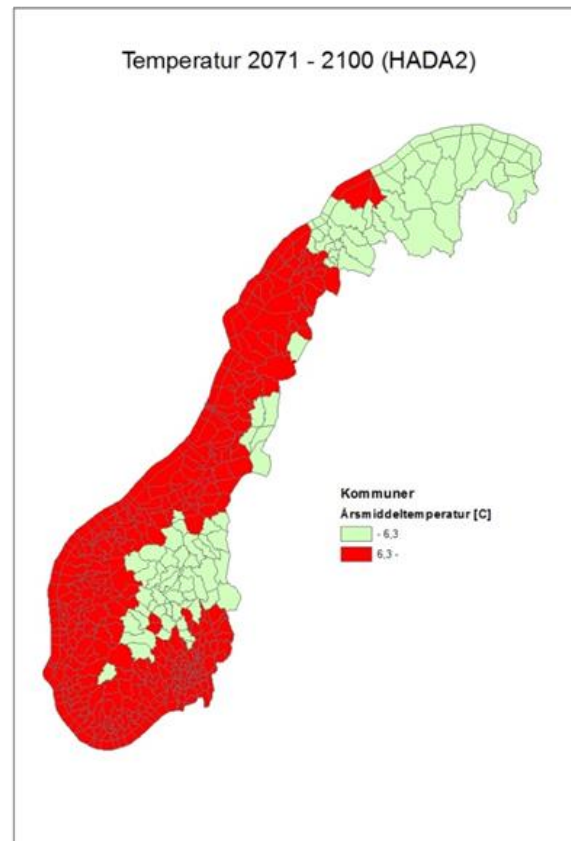
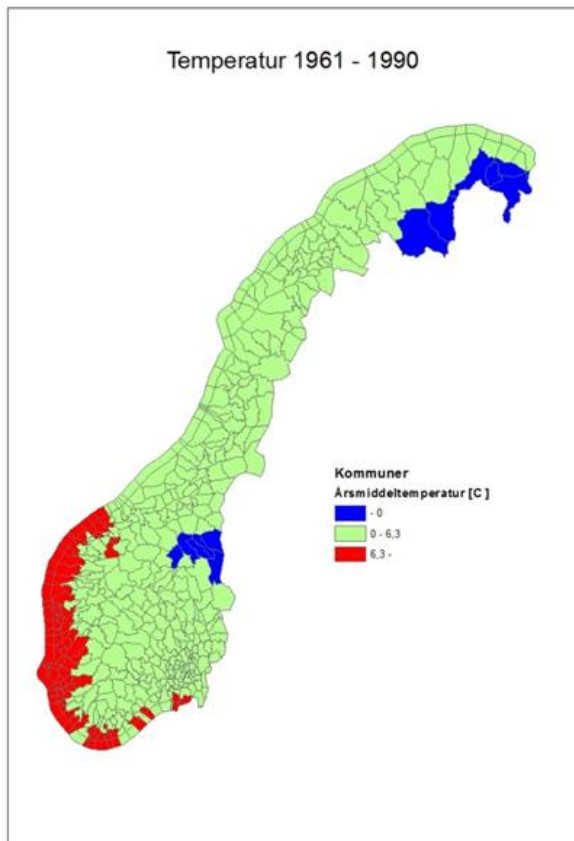
County	# buildings (< 1m)	Average sea level rise [m] (Vasskog et al 2009)
Hordaland	19490	1,1
Rogaland	7897	1,15
Møre og Romsdal	12147	1,05
Sogn og Fjordane	6119	1,05
Vest-Agder	5563	1,15
Nordland	16718	0,9
Troms	8607	0,9
Aust-Agder	5593	1
Telemark	3619	0,95
Sør-Trøndelag	5823	0,85
Nord-Trøndelag	5698	0,8
Vestfold	4102	0,9
Østfold	4140	0,85
Finnmark	1495	1
Akershus	1436	0,8
Oslo	892	0,8
Buskerud	646	0,8

The study on adaptation

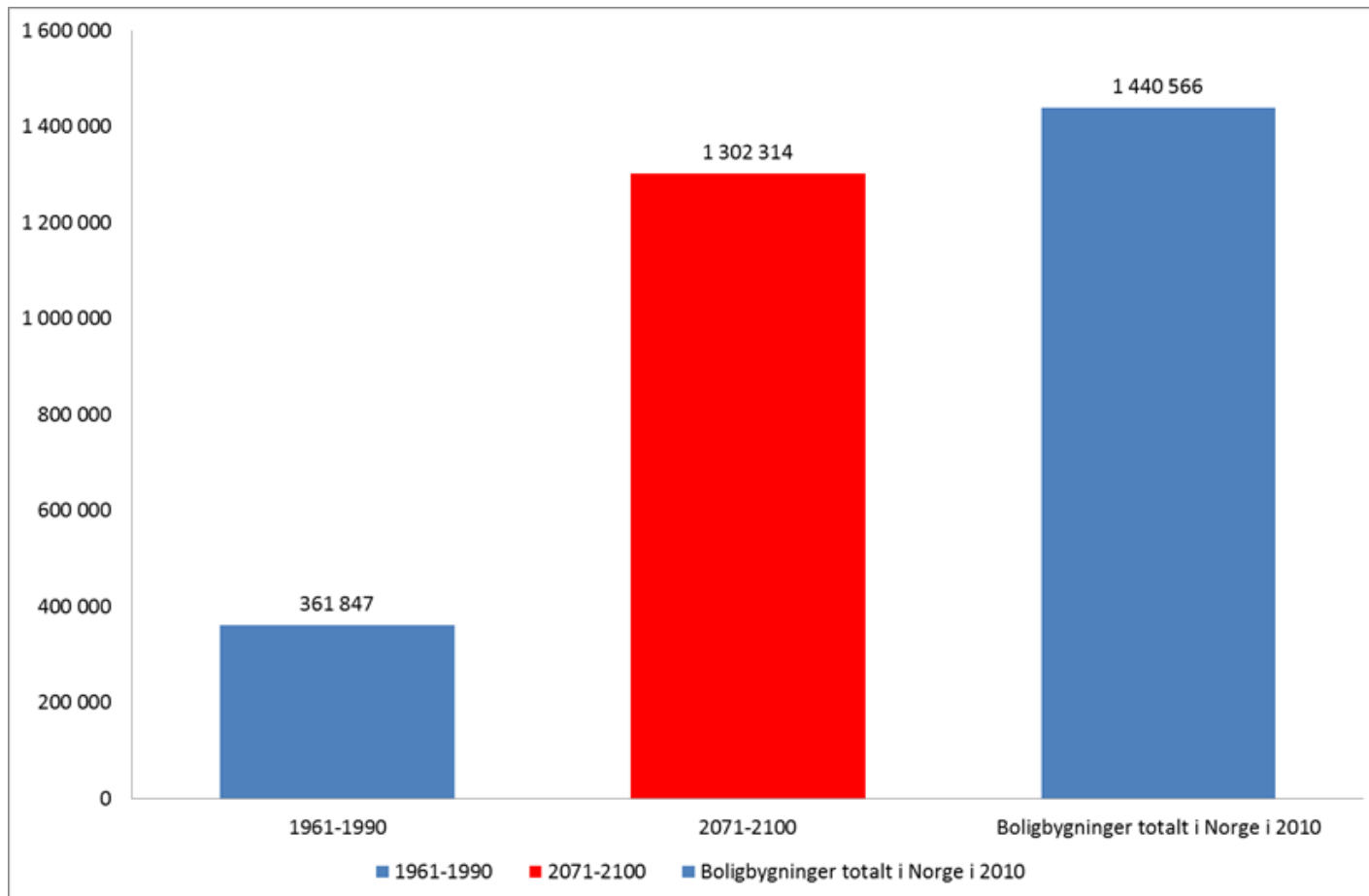
Case study on sea level rise

	Number of buildings			Total costs (million €)			Average cost pr building (€)		
	Low risk	Moderate risk	High risk	Low risk	Moderate risk	High risk	Low risk	Moderate risk	High risk
Houses	422	3376	2591	0.5	12.8	51.8	1300	3800	20000
Multi dwelling houses	81	172	245	0.1	2.2	7.9	1300	13000	32000
Cabins	2909	8709	6711	1.9	174	87.2	650	2000	13000
Garages, temporary houses and other	3388	28288	31427	2.2	56.6	141.4	650	2000	4500
Buildings for industry	325	1301	1698	1.0	16.9	54.3	3200	13000	32000
Buildings for energy supply	55	96	121	0.2	1.2	3.9	3200	13000	32000
Storage buildings	354	1434	1460	0.9	9.3	29.2	2500	6500	20000
Buildings for fishery and agriculture	507	4317	4457	1.0	28.1	89.1	2000	6500	20000
Office buildings and warehouses	188	726	764	0.6	9.4	24.4	3200	13000	32000
Buildings for infrastructure and communication	74	197	240	0.2	1.3	4.8	2500	6500	20000
Hotels and restaurants	168	1055	1004	0.5	13.7	32.1	3200	13000	32000
Buildings for education	11	67	86	0.0	0.6	2.2	2500	9000	25000
Other cultural buildings	49	200	206	0.1	2.6	6.6	2500	13000	32000
Buildings for sports	31	53	41	0.1	0.5	1.0	2500	9000	25000
Buildings for religious activities	3	23	28	0.0	0.2	0.7	2500	9000	25000
Buildings for health	1	10	9	0.0	0.1	0.3	3200	13000	32000
Prisons and emergency buildings	43	136	127	0.1	1.8	4.1	2500	13000	32000
SUM	8609	50160	51216	9.5	174.8	541.1			
TOTAL	109985			725.5					

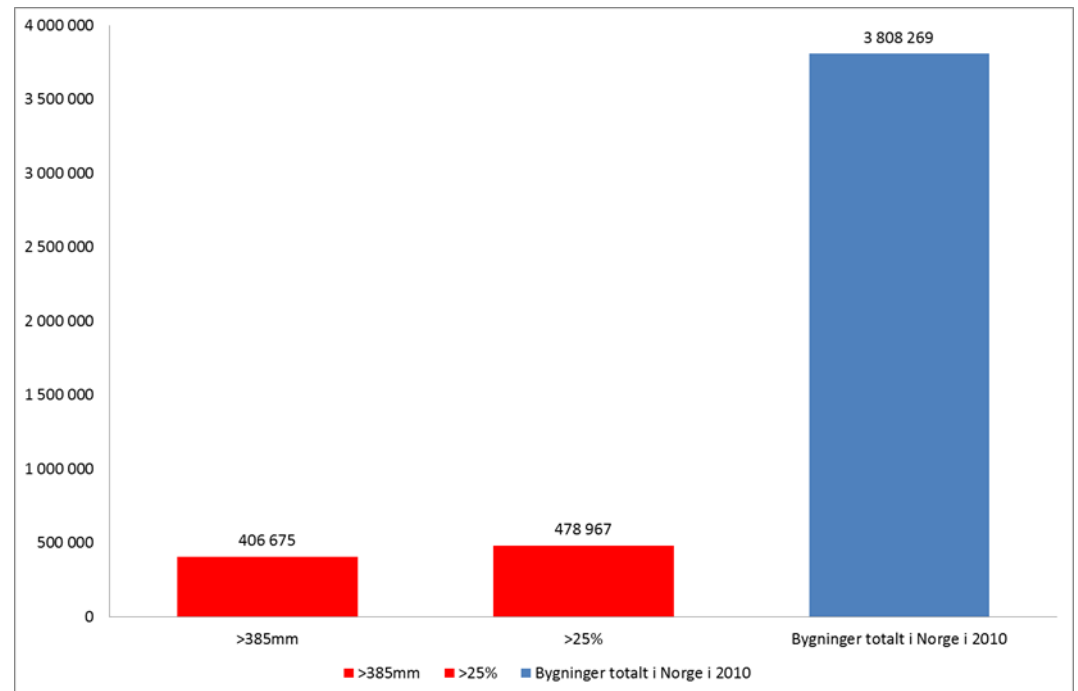
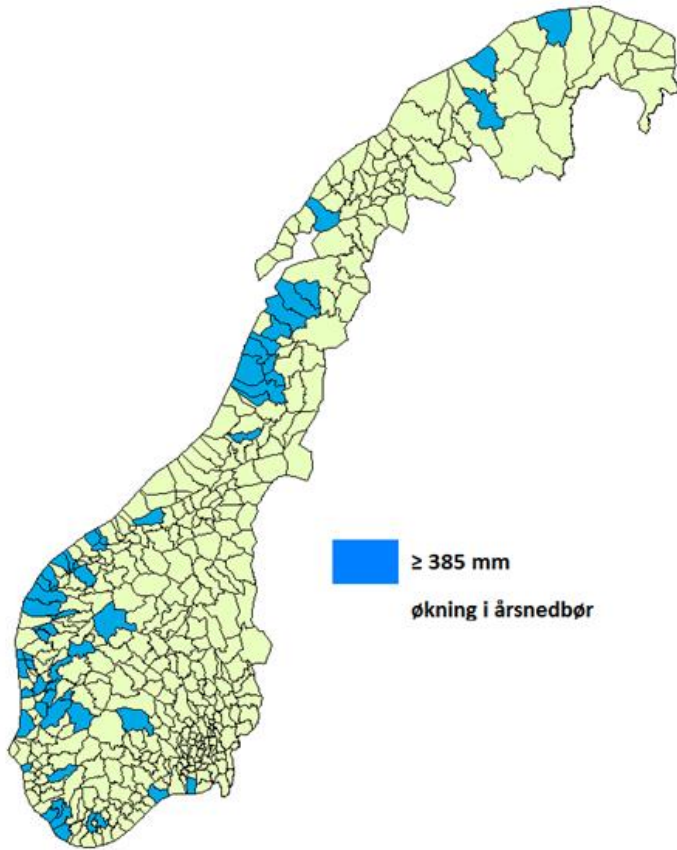
Annual temperature (1/2)



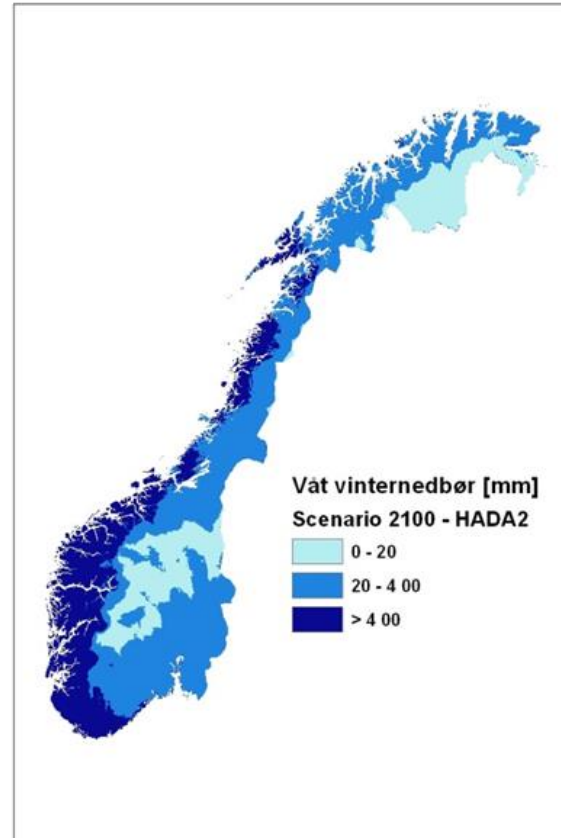
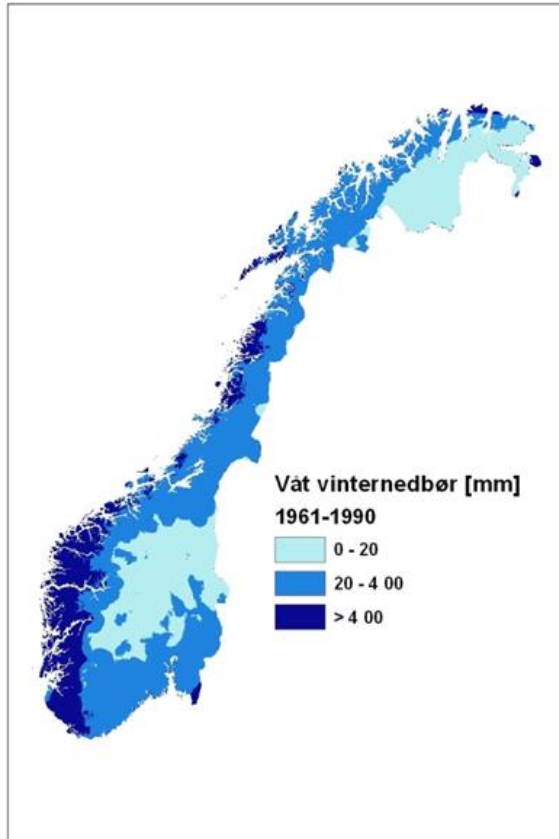
Annual temperature (2/2)



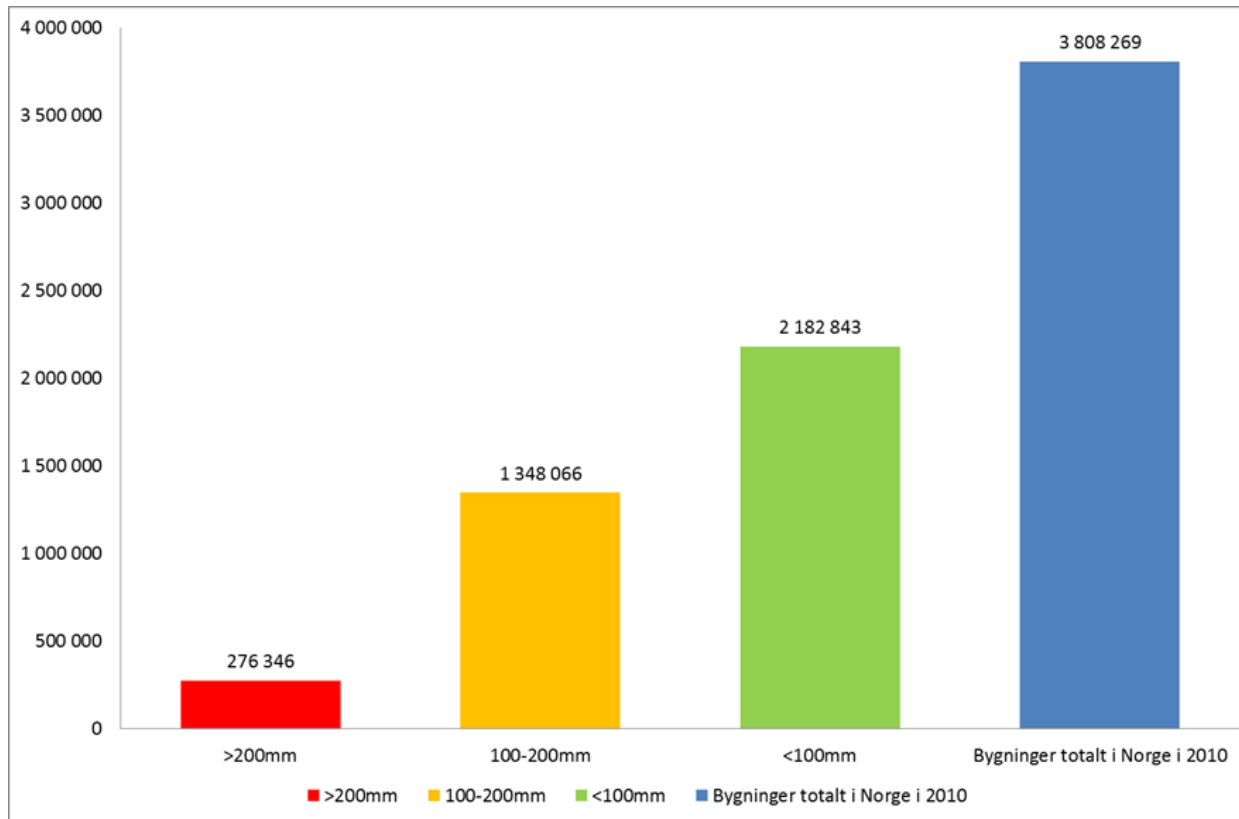
Annual precipitation



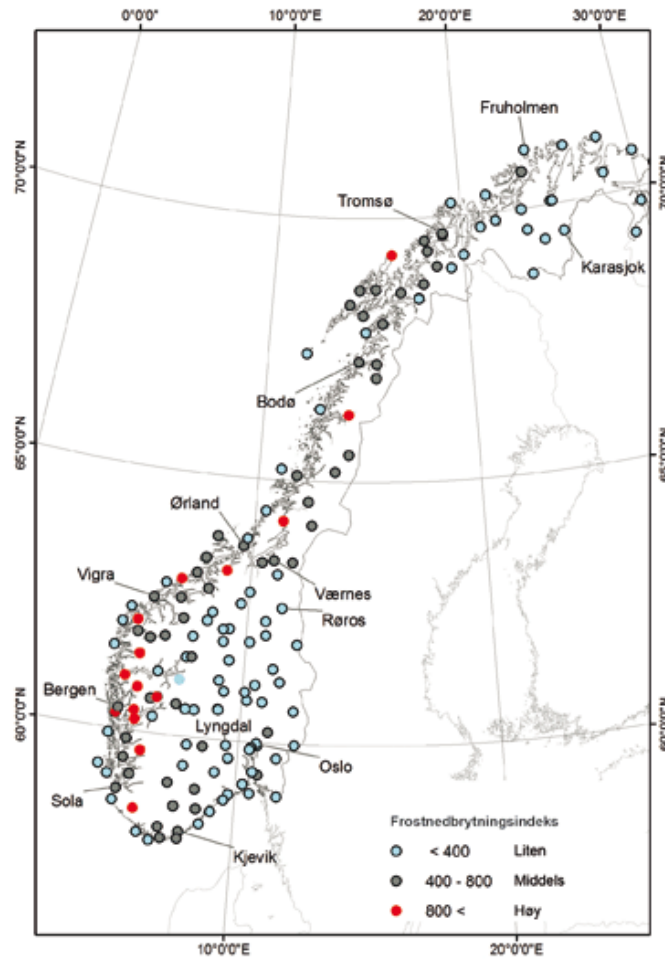
Wet winter precipitation



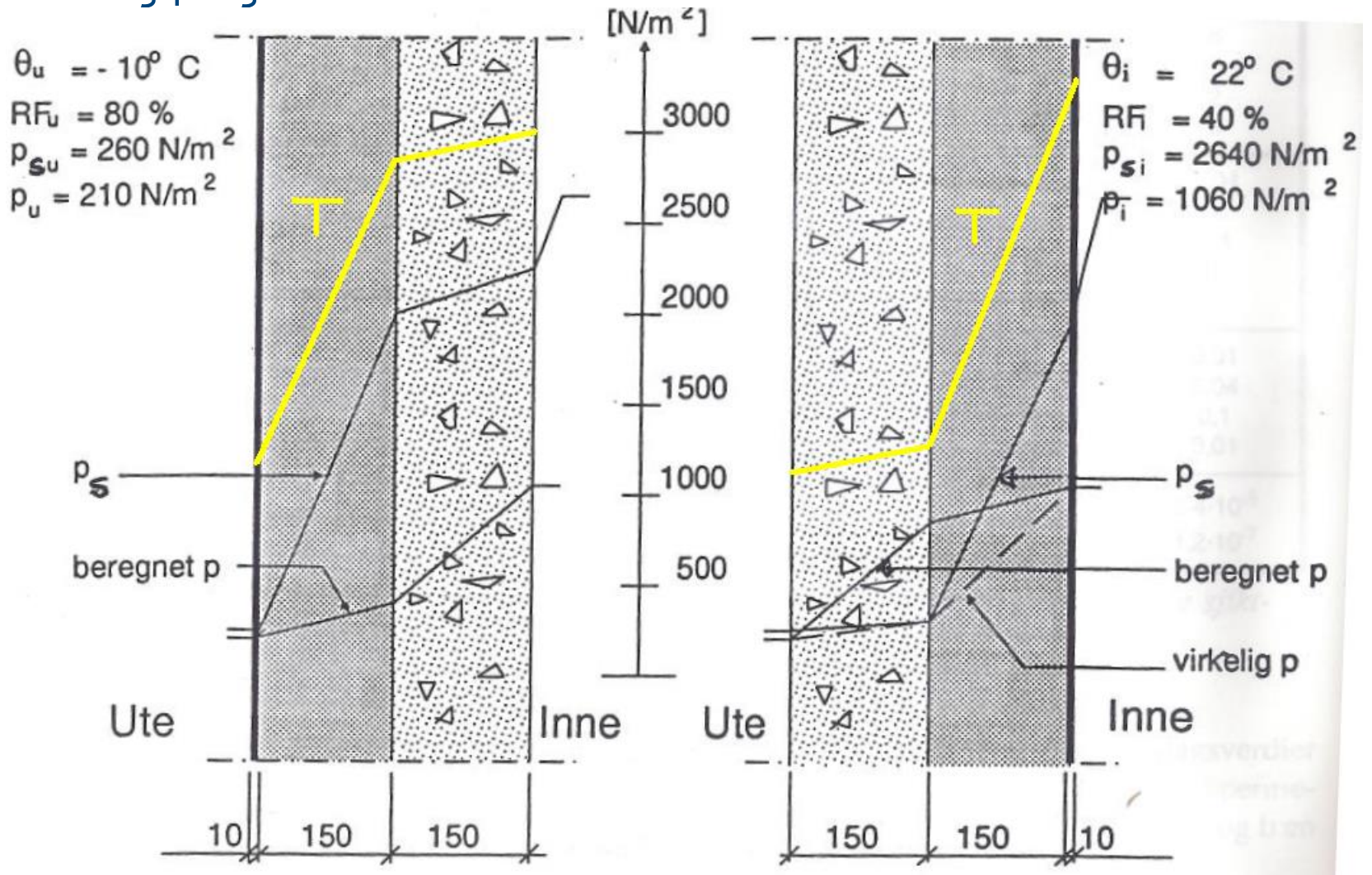
Wet winter precipitation



Frost decay index



Building physics



Challenges - summary

- Extreme weather events: Planning and preparedness
- Changes in everyday climate
 - **Increased temperatures and precipitation**
 - Higher risk of rot decay
 - Design
 - Climate zones
 - Maintenance
 - Use of material
- Sea level rise
 - Storm flooding
 - New buildings vs existing buildings
- Klima2050 (www.klima2050.no)

Practical issues of climate adaptation planning for buildings

Storm water management

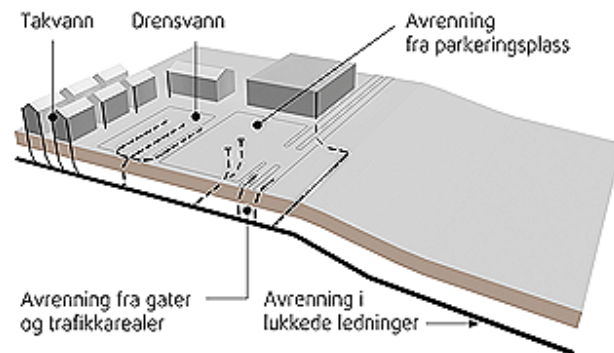
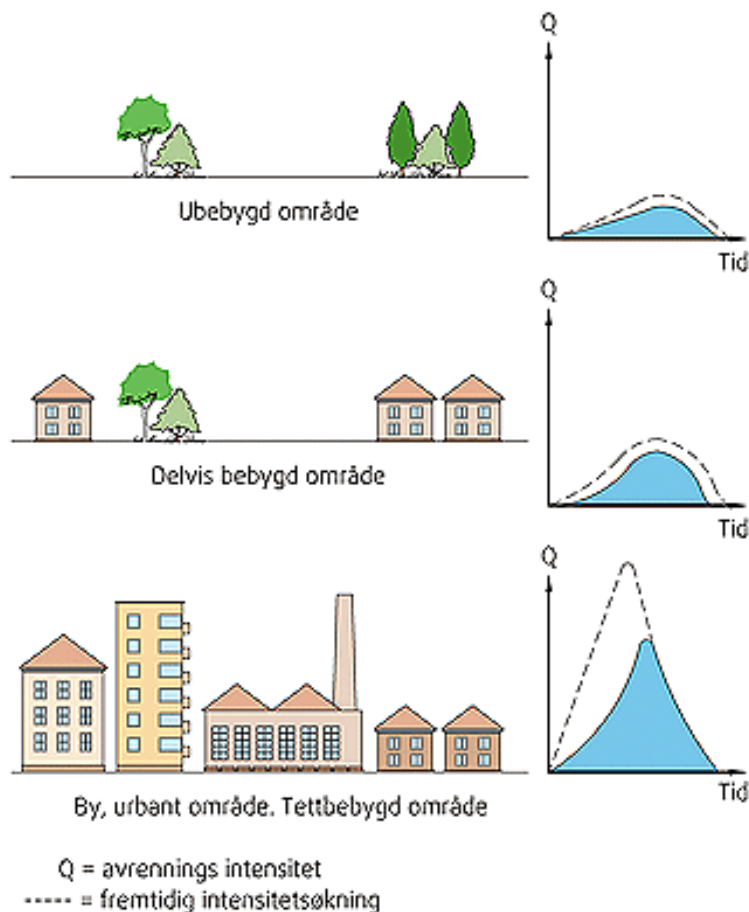


Fig. 31 a
 Tradisjonelt system for overvannshåndtering
 Illustrasjon: Sveinn Thorolfsson, NTNU

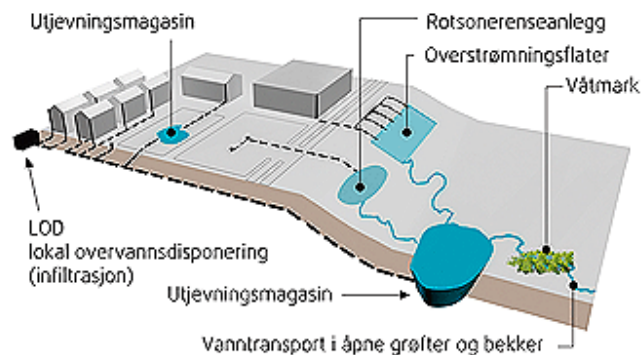


Fig. 31 b
 Åpen og lokal håndtering av overvann
 Illustrasjon: Sveinn Thorolfsson, NTNU

Storm water management

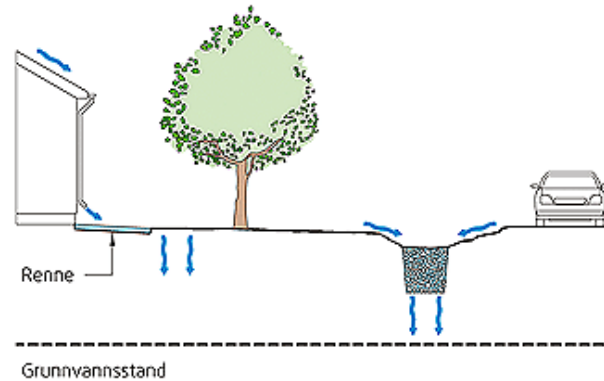


Fig. 32
Eksempel på lokal overvannshåndtering der takvann og vann fra bilvask dreneres på terrenget og i grøft. Infiltrasjon senker grunnvannsstanden.



Fig. 15
Eksempel på åpning av en bekk som tidligere lå i rør. I tillegg er det etablert et nytt vannløp i et tidligere avløpsdraget, Trondheim. Foto: SINTEF Byggforsk



Fig. 53 b
Overvann fra parkeringsplass dreneres til grøft som fordroyer og infiltrerer vann før det renner videre til overvannsledning. Seattle, USA
Foto: Sveinn Thorolfsson, NTNU

Storm water management

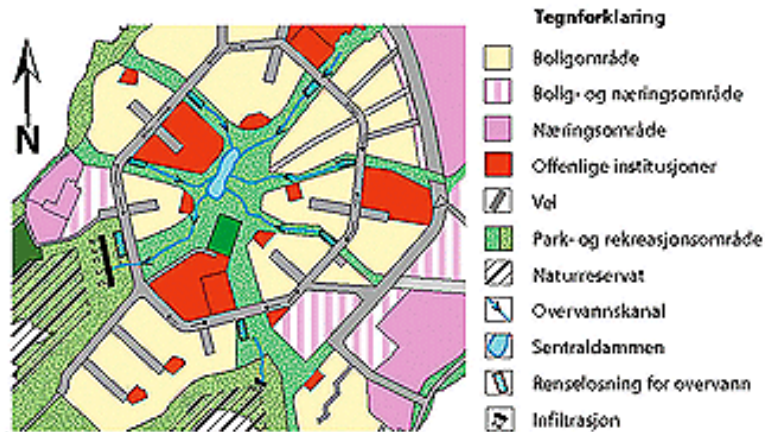


Fig. 62
Eksempel på plan for overvannshåndtering i sammenheng med øvrige planer. Etterbruk Fornebu – Hovedplan overvann.



Fig. 64
Eksempel på kart som viser planlagte flomveier i et nytt boligområde
Overvannet ledes bort på overflaten slik at det ikke gjør skade.



Building envelope (outer wall, roof and foundations/basement)

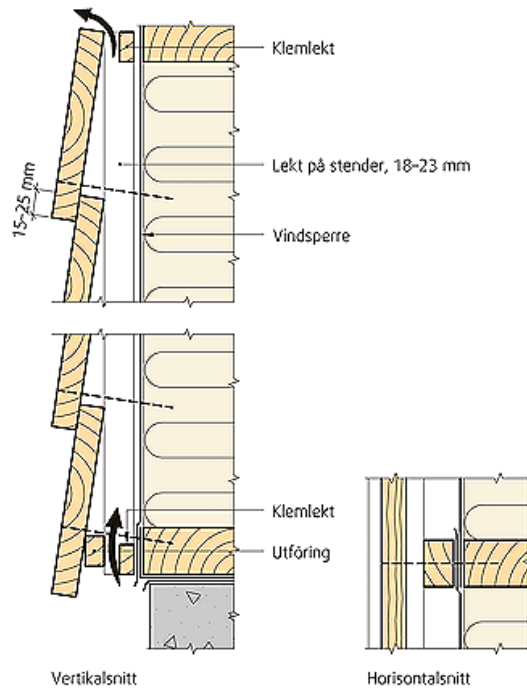
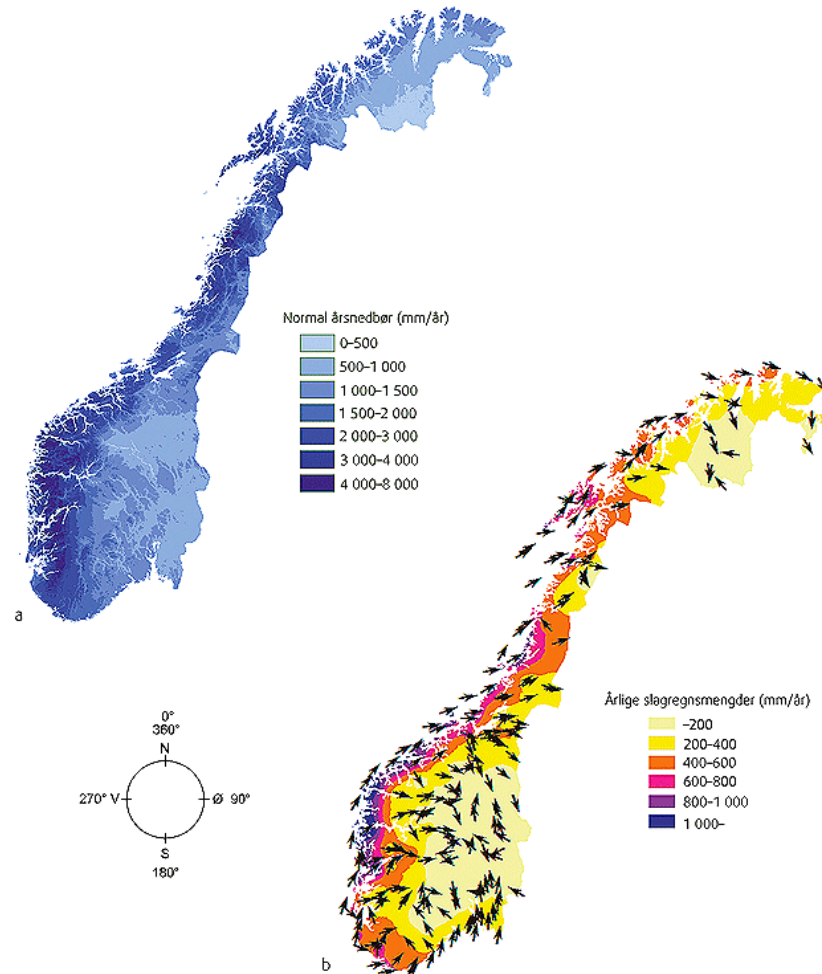
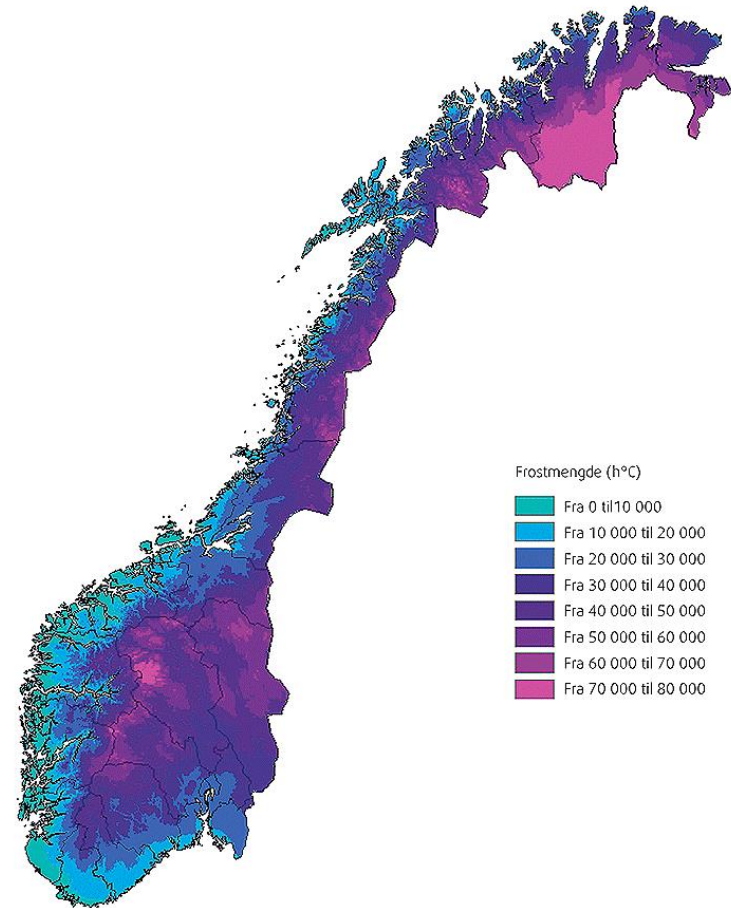
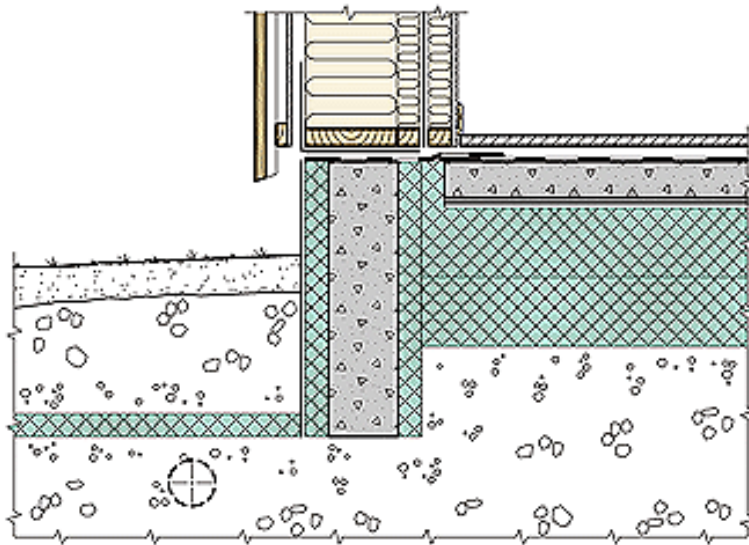


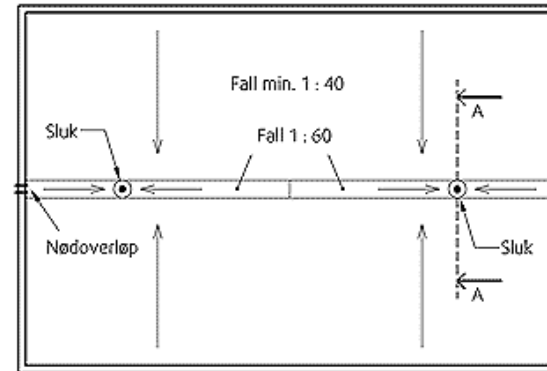
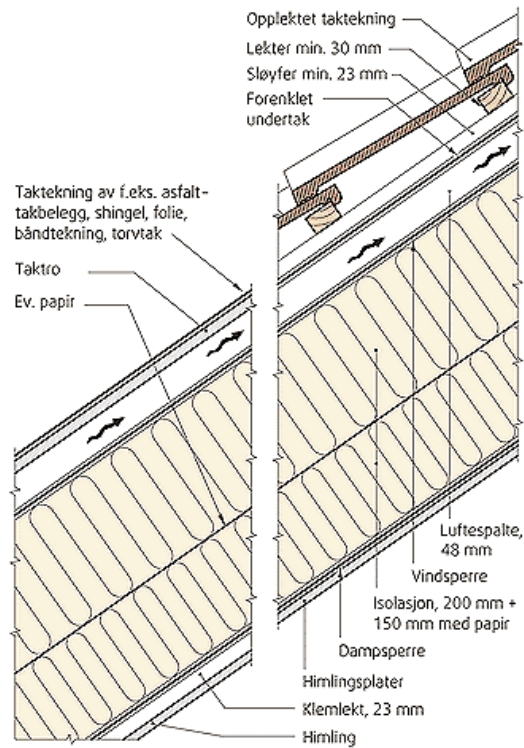
Fig. 53 a
 Utlektet enkel, liggende kledning uten fals. Nederste bord må føres ut for å oppnå riktig vinkel.



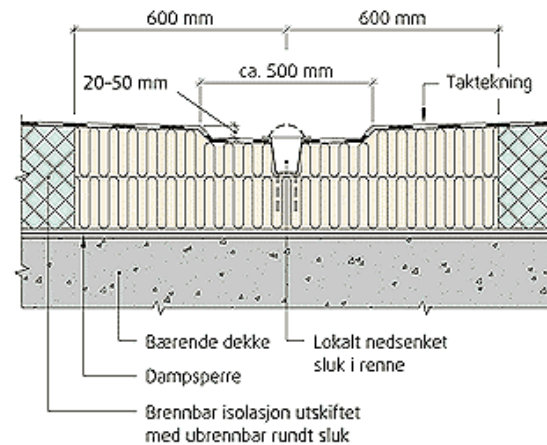
Building envelope (outer wall, roof and foundations/basement)



Building envelope (outer wall, roof and foundations/basement)



Plan



Snitt: A-A

Building envelope (outer wall, roof and foundations/basement)



Klima 2050 (www.klima2050.no)



Hårek

KORLEIS LIKER DU Å BU HER UTE VED KYSTEN?

DET ER OK, MEN DU MÅ VENJE DEG TIL EIN TING



KVA DA?

STERK VIND!



Litterature

- Klima 2000 (Climate 2000): Research project. SINTEF Byggforsk, Oslo, Norway.
- NOU Klimatilpassning (2010).
- SINTEF Byggforsk sin rapport for BE (Øyen, Almås, Hygen, Sætori, 2010): Klima og sårbarhetsanalyse for bygninger i Norge: *Utredning som grunnlag for NOU om klimatilpassing*.
- ROBUST (2008-2012): *Robust envelope construction details for buildings of the 21st Century*. Research project. SINTEF Byggforsk, Oslo, Norway.
- NORKLIMA-prosjektet BIVUAC (Buildings and Infrastructure – Vulnerability and Adaptive Capacity to Climate Change): SINTEF-prosjekt
- KS-prosjekt: Klimaendringenes konsekvenser for kommunal og fylkeskommunal infrastruktur. Vestlandsforskning, Bjerknessenteret og SINTEF.
- Almås, A-J. (2013). *Climate adaptation and mitigation in the building sector: Towards a sustainable built environment*. Doctoral thesis. Department of Civil and Transport Engineering, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim