



Dimensjonerende korttidsnedbør

Naturfareprosjektet Dp 5 Flom og vann på avveie

Eirik Førland, Jostein Mamen, Anita V. Dyrrdal, Lars Grinde og Steinar Myrabø

134
2015



R
A
P
P
O
R
T

Rapport nr 134-2015

Dimensjonerende korttidsnedbør

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Redaktør:

Forfattere: Eirik Førland*, Jostein Mamen*, Anita V. Dyrrdal*, Lars Grinde* og Steinar Myrabø**

*Meteorologisk Institutt, **Jernbaneverket

Trykk: NVEs hustrykkeri

Opplag: 100

Forsidefoto: Steinar Myrabø /v Jernbaneverket

ISBN 978-82-410-1186-3

ISSN 1501-2832

Sammendrag: Korttidsnedbør er analysert ved bruk av foreliggende norske pluviometer-data; - både fra målestasjoner med vippepluviometer (tidsoppløsning 1 minutt) og vektpluviometer (tidsoppløsning 1 time). Det er utarbeidet fylkesvis oversikt over høyeste observerte verdier, og beregnet dimensjonerende verdier (IVF) for en rekke målestasjoner. IVF-verdiene er beregnet for returperioder opp til 200 år. I samarbeid med NVE er det utarbeidet anbefalinger for estimering av IVF-verdier for vilkårlige steder i Norge.

Emneord: Korttidsnedbør, dimensjonerende verdier, trender, projeksjoner, klimafaktor

Norges vassdrags- og energidirektorat
Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstua
0301 OSLO

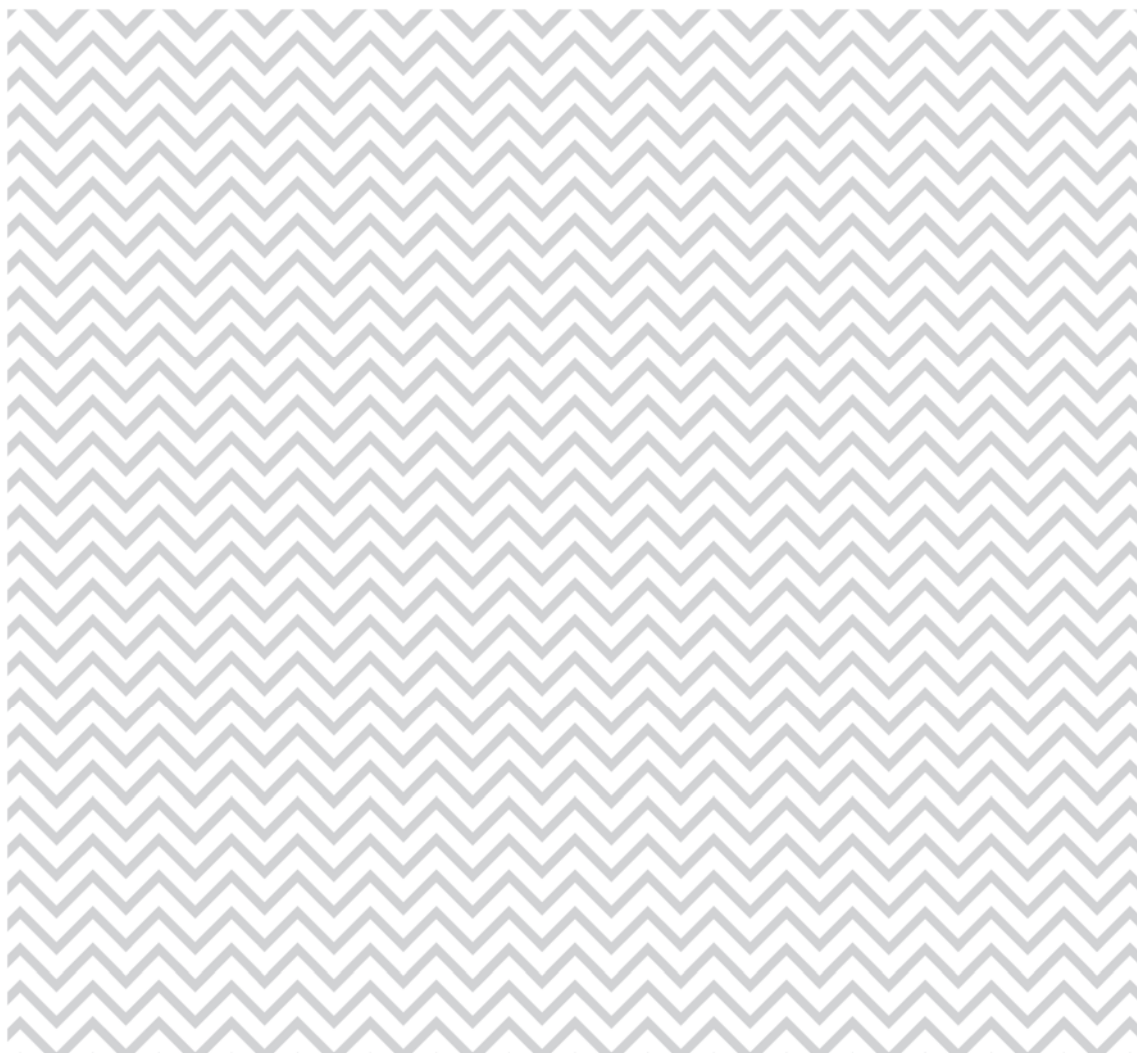
Telefon: 22 95 95 95
Telefaks: 22 95 90 00
Internett: www.nve.no

Jauar 2016

Dimensjonerende korttidsnedbør

Eirik Førland*, Jostein Mamen*, Anita V. Dyrrdal*, Lars
Grinde* og Steinar Myrabø**

* Meteorologisk Institutt, **Jernbaneverket



Tittel:

Dimensjonerende korttidsnedbør

Dato

2015-12-14

Section:

[Section]

Rapport no.

no. 24/2015

Forfattere:

Eirik Førland*, Jostein Mamen*, Anita V. Dyrødal*,
Lars Grinde* og Steinar Myrabo**

Classification

● Free ○ Restricted

* Meteorologisk Institutt, **Jernbaneverket

Oppdragsgiver:

NIFS-prosjektet (Naturfare: Infrastruktur - Flom –
Skred). NVE, Statens Vegvesen, Jernbaneverket

Client's reference

[Client's reference]

Abstrakt

Korttidsnedbør er analysert ved bruk av foreliggende norske pluviometer-data; - både fra målestasjoner med vippepluviometer (tidsoppløsning 1 minutt) og vektpluviometer (tidsoppløsning 1 time). Det er utarbeidet fylkesvis oversikt over høyeste observerte verdier, og beregnet dimensjonerende verdier (IVF) for en rekke målestasjoner. IVF-verdiene er beregnet for returperioder opp til 200 år, og det er presentert tentative regionale IVF-verdier for syv regioner. De høyeste IVF-verdiene for korte varigheter beregnes for områdene rundt Oslofjorden og på Sørlandet, mens Vestlandet har de høyeste verdiene for varigheter over 4 timer. Trendanalyser for ti lange måleserier viser en overvekt av positive trender, og for to stasjoner i Oslo er det statistisk signifikante positive trender både for høyeste årlige verdier og for antall tilfeller med høy nedbørintensitet. Det er gitt detaljerte opplysninger om syv hendelser der kraftig nedbør førte til store skader på veier og jernbane. Nedskalerte klimafremskrivninger tyder på økt hyppighet og økt intensitet av korttidsnedbør frem mot år 2100, og det er presentert tentative klimafaktorer for 3 timers og 1 døgns nedbør. I samarbeid med NVE er det utarbeidet anbefalinger for estimering av IVF-verdier for vilkårlige steder i Norge.

Keywords

Korttidsnedbør, dimensjonerende verdier, trender, projeksjoner, klimafaktor

Eirik J. Førland

Disciplinary signature

Per Ove Kjensli

Responsible signature

Abstrakt

Korttidsnedbør er analysert ved bruk av foreliggende norske pluviometer-data; - både fra målestasjoner med vippepluviometer (tidsoppløsning 1 minutt) og vektpluviometer (tidsoppløsning 1 time). Det er utarbeidet fylkesvis oversikt over høyeste observerte verdier, og beregnet dimensjonerende verdier (IVF) for en rekke målestasjoner. IVF-verdiene er beregnet for returperioder opp til 200 år, og det er presentert tentative regionale IVF-verdier for syv regioner. De høyeste IVF-verdiene for korte varigheter beregnes for områdene rundt Oslofjorden og på Sørlandet, mens Vestlandet har de høyeste verdiene for varigheter over 4 timer. Trendanalyser for ti lange måleserier viser en overvekt av positive trender, og for to stasjoner i Oslo er det statistisk signifikante positive trender både for høyeste årlige verdier og for antall tilfeller med høy nedbørintensitet. Det er gitt detaljerte opplysninger om syv hendelser der kraftig nedbør førte til store skader på veier og jernbane. Nedskalerte klimafremskrivninger tyder på økt hyppighet og økt intensitet av korttidsnedbør frem mot år 2100, og det er presentert tentative klimafaktorer for 3 timers og 1 døgns nedbør. I samarbeid med NVE er det utarbeidet anbefalinger for estimering av IVF-verdier for vilkårlige steder i Norge.

Innhold

1	Innledning	7
2	Oversikt over pluviometer-målinger i Norge	9
2.1	Vippe- og vekt-pluviometre	9
2.2	Pluviometer stasjoner	11
3	Høyeste registrerte nedbørverdier	13
3.1	Korttidsnedbør	13
3.2	Høye nedbørverdier for ulike varigheter	22
4	IVF-verdier	27
4.1	Estimering av dimensjonerende nedbørverdier	27
4.2	Geografisk fordeling av returperiode verdier for ulike varigheter	30
4.3	Regionale Intensitet-Varighet-Frekvens (IVF) verdier	38
4.4	Nedbør for ulike varigheter som funksjon av 1- og 24-t nedbør	44
4.5	Grovestimat og kvalitetssikring av IVF-verdier	48
5	Trender for intens nedbør med ulike varigheter	49
5.1	Trender for høyeste observerte sommernedbør	49
5.2	Trender for hyppighet av verdier over visse terskelverdier	53
6	Episoder med kraftige regnskyll	56
7	Fremtidig klimautvikling / Klimafaktor	71
7.1	Klimafaktor	72
7.2	Fremskrivninger av kraftig 1-døgns nedbør	72
7.3	Fremskrivninger og klimafaktorer for 3-timers nedbør	74
8	Anbefalt fremgangsmåte for beregning av IVF-verdier	77
9	Videre arbeid	80
10	Sammendrag	81
	Referanser	84

1 Innledning

Klima og klimaendringer har stor innvirkning på samfunnet. Bedre estimat av nåværende og fremtidige høye nedbørintensiteter er avgjørende for å beskytte liv, verdier og infrastruktur. Ulike samfunnssektorer og infrastruktur er ofte dårlig tilrettelagt for å håndtere dagens klima og dagens ekstremer. Den pågående globale oppvarming nødvendiggjør i tillegg en tilpasning til fremtidig klima. For å hindre høye kostnader, samtidig som tiltak må dimensjoneres robust nok, er det av avgjørende betydning at den mest pålitelige og nøyaktige klimainformasjonen blir brukt til å underbygge tilpasningsstrategier.

Tilpasning til dagens og fremtidens klima er spesielt viktig i urbane områder på grunn av det store antallet mennesker involvert, og sårbarheten i overvannshåndtering ved endringer i klimaforhold. Den forventede hyppigere forekomst og økende intensitet i episoder med kraftig nedbør vil skape problemer for avrenningssystemene i tettbygde områder. Disse systemene er spesielt følsomme for lokale kraftige nedbørepisoder. Også utenfor tettbygde strøk kan intense kortvarige nedbørepisoder føre til store flomproblemer, erosjon, skred og vann på avveier i mindre nedbørfelt; med skader på infrastruktur som boligområder, vei- og jernbane-systemer.

I de senere år har det vært en økende etterspørsel etter estimat av dimensjonerende verdier for korttidsnedbør (IVF-verdier) for både nåværende og fremtidig klima, særlig for å gi bedre datagrunnlag for utforming av kulverter og dreneringssystemer, samt flomreduserende tiltak som fordrøyningsdammer o.l. Korttids nedbørdata er også viktige for evaluering av sjeldne værhendelser og for å sette riktige terskelverdier til bruk for trinnvis beredskap i flomepisoder. For å koordinere innsatsen og forbedre datagrunnlaget, har Norges Vassdrags- og Energi-direktorat (NVE), Statens Veivesen (SVV) og Jernbaneverket (JBV) etablert et tverretattlig samarbeid i et dedikert prosjekt "Naturfare, Infrastruktur, Flom og Skred (NIFS)".

I arbeidspakke DP5.1 i NIFS er det skissert følgende aktiviteter for å forbedre kunnskapen om korttidsnedbør:

- 1. Oppdatere IVF statistikk for alle norske pluviometer stasjoner*
- 2. Analysere historiske trender i korttids nedbør med ulike varigheter for norske pluviometer serier*
- 3. Analysere 1-times nedbør data fra Geonor vekt-pluviometre, og undersøke om Geonor dataene kan brukes til statistikk for varigheter mindre enn 1-time*
- 4. Utvikle tentative landsdekkende kart over IVF-verdier*
- 5. Utarbeide estimat for ekstrem korttidsnedbør i et fremtidig klima*

I denne rapporten blir foreliggende norske pluviometerdata brukt til å beskrive romlig variasjon og trender i korttidsnedbør, og til å skissere regionale estimat av Intensitet-Varighet-Frekvens (IVF) verdier. Resultatene er i hovedsak basert på data fra vippe-pluviografer. Måleseriene fra Geonor vektpluviograf inneholdt for mye støy og datafeil til at de kunne benyttes til IVF-analyse i denne rapporten, men for de lengste seriene ble de høyeste 1-times verdiene for hvert år kvalitetssikret og benyttet i rapporten. Meteorologisk Institutt vil fortsette arbeidet med å kvalitetssikre de foreliggende dataseriene fra Geonor vektpluviograf slik at de kan benyttes til IVF-statistikk og landsdekkende IVF-kart. Det blir også presentert fremskrivninger av hvordan intens nedbør forventes å utvikle seg frem mot år 2100.

Rapporten omhandler korttidsnedbør for hele Norge. Analyser for ulike regioner er for Østlandet beskrevet i NIFS-Rapport 78/2012 (Ødemark et al., 2012), for Telemark, Agder-fylkene og Vestlandet i NIFS-rapport 3/2014 (Førland et al., 2013) og for Møre & Romsdal, Trøndelag og Nord-Norge i NIFS-rapport 42/2014 (Førland et al., 2014).

2 Oversikt over pluviometer-målinger i Norge

2.1 Vippe- og vekt-pluviometre

På tradisjonelle nedbør- og vær-stasjoner har nedbøren blitt målt manuelt hhv. en eller to ganger daglig. Men for mange formål er det behov for nedbørdata med kortere varighet enn 1 døgn. Meteorologisk Institutt etablerte derfor på slutten av 1960-tallet en rekke automatiske «Pluviometerstasjoner» basert på fylling av vippeskåler («vippe pluviometer»). Disse norskproduserte PLUMATIC-målerne registrerte hver nedbørvipp på magnetbånd, og tidsoppløsningen var 1 minutt. I vippe-pluviometrene som benyttes i dagens stasjonsnett registreres tidspunktet for hver vipp, og signalene blir oftest fjernoverført i sanntid.

Vippe-pluviometrene består av en trakt, to små skåler og en magnet. Nedbøren renner ned i trakten og drypper ned i en av de to små skåler, balansert på en knivsegg. Den øverste skålen holdes på plass av en magnet til den er fylt til en kalibrert nedbørmengde (vanligvis 0,1 eller 0,2 mm vann). Når skålen er fylt til dette nivået, vil magneten slippe sitt grep, slik at skålen tømmes og den andre skålen kommer i posisjon for fylling. Når skålen vipper, utløses en bryter, og målingen blir registrert lokalt eller overført digitalt til operatøren av stasjonen (met.no eller andre). Ved å bruke de nøyaktige tidsangivelser for når skålene tømmes, kan nedbør-intensiteten innenfor et gitt tidsintervall (f.eks. 5 minutt) beregnes. De fleste eldre vippepluviometrene opererte bare i den varme årstiden, dvs. i hovedsak fra april til oktober. I den senere tid er det blitt stadig flere vippepluviometrene med termostatstyrt elektrisk oppvarming, slik at det skal kunne foretas registreringer hele året rundt.

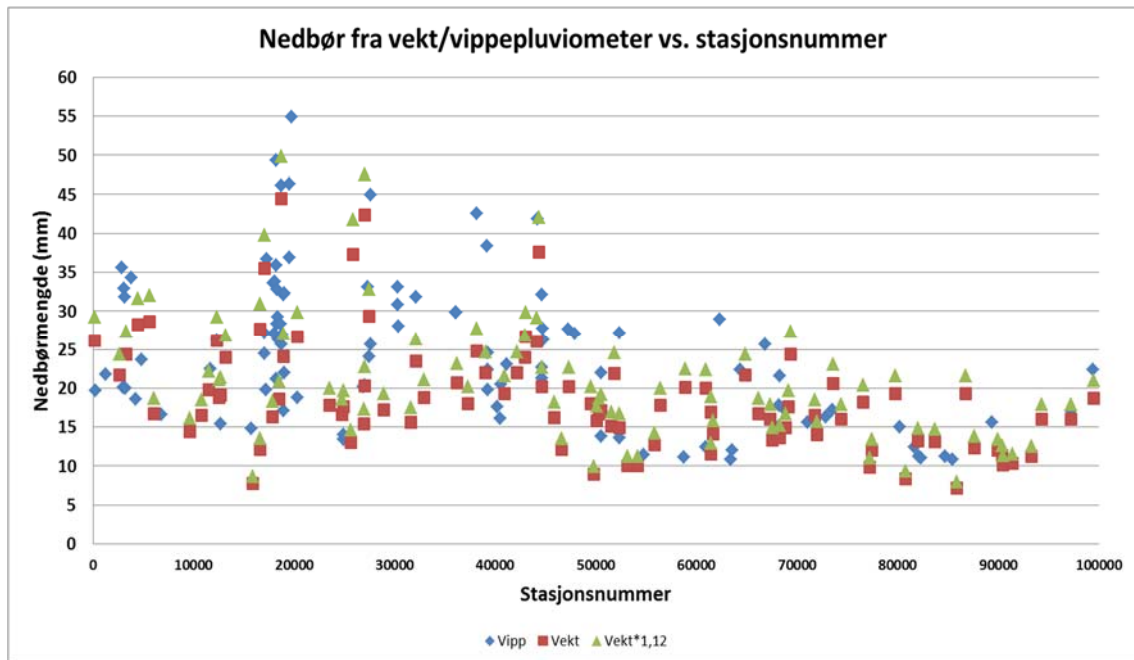
På begynnelsen av 1990-tallet etablerte Meteorologisk Institutt og en del vannkraft-produsenter et nettverk av målestasjoner med vekt-pluviometer. Tidsoppløsningen var oftest én time, men fra 2013 har det foregått en gradvis overgang til 10-minutters målinger i dette nettverket. Vektpluviometrene (i Norge vanligvis av Geonor type) består av en bøtte hvor akkumulert nedbør veies fortløpende (Bakkehøi & Førland, 1985). Bøttene må tømmes manuelt. Fordampning hindres av en oljehinne og fast

nedbør smeltes ved hjelp av kjemikalier i bøtten. Dermed kan vektpluviometrene operere uten oppvarming hele året, både for snø og regn. Det er dessverre mye «støy» og feil i dataseriene fra vektpluviometre, spesielt fra de første årene etter at disse målerne var tatt i bruk. Det har i NIFS-prosjektet blitt utført en grundig kvalitetskontroll av høye 1-timers verdier fra vektpluviometer-stasjonene, slik at disse verdiene kunne brukes i analysene i prosjektet. Det har ikke vært utført tilsvarende kontroll for lenger varigheter. Dette er en så arbeidskrevende oppgave at det må henstå til mer automatiserte rutiner er utviklet. Slike rutiner for kvalitetskontroll kan også bygge på andre datakilder; - som radar-data, re-analyse data (Vormoor and Skaugen, 2013) og griddede kart (Lussana and Tveito, 2014, Tveito et al., 2005). Fra vektpluviometrene er det i denne rapporten kun benyttet kvalitetskontrollerte 1-times verdier.

De fleste vippepluviometrene har ikke vindskjerm, mens Geonor vektpluviometre er utstyrt med Alter vindskjerm. I perioder med høy vindhastighet og nedbør som snø er det en betydelig oppfangningssvikt i målerne, og spesielt i målere uten vindskjerm (Førland et al., 1996, Wolff et al., 2013). Ved høy nedbørintensitet er oppfangningssvikten marginal (Førland et al., 1996), og betyr lite for de dimensjonerende verdier som er analysert i denne rapporten.

Timeverdiene fra hhv. vippe- og vekt-pluviometre er ikke direkte sammenlignbare. Mens vektpluviometrene registrerer nedbør for hele klokketimer (f.eks. mellom kl 13-14), blir minuttverdiene fra vippepluviometrene akkumulert for å finne høyeste verdi i løpet av vilkårlige 60 minutter. For å gjøre verdiene fra vippe- og vekt-pluviometre mer sammenlignbare, er 1-times verdiene fra vektpluviometrene i denne rapporten justert opp med en faktor på 1,12. Justeringsfaktor på dette nivået er anbefalt internasjonalt (Bonnin et al., 2006; DeGaetano & Zarrow, 2014).

Denne rapporten omhandler i hovedsak korttidsnedbør; - dvs. nedbør med varighet ≤ 24 timer fra vippe- eller vekt-pluviometre. For 1-døgns nedbør og lenger varigheter gir imidlertid METs manuelle nedbørstasjoner langt bedre stasjonsdekning og vesentlig lenger dataserier enn pluviometerstasjonene. For nedbør med varighet ≥ 1 -døgn er det gjennom en årrekke beregnet påregnelige nedbørverdier med ulike returperioder både fra enkeltstasjoner (Førland, 1992) og fra griddede kart (Dyrddal et al., 2014). På samme måte som for nedbør i løpet av én klokke time vs. glidende 60 minutter, er det forskjell i påregnelige verdier for ett kalenderdøgn (nedbør måles daglig kl 07 eller 08) og for glidende 24 timer. Førland (1992) anbefalte en faktor på 1,13 for å justere påregnelige verdier fra 1-kalenderdøgn til vilkårlige 24-timer. Den samme empiriske faktoren er også funnet i andre internasjonale studier, bl.a. i USA (Bonnin et al., 2006; DeGaetano & Zarrow, 2014).



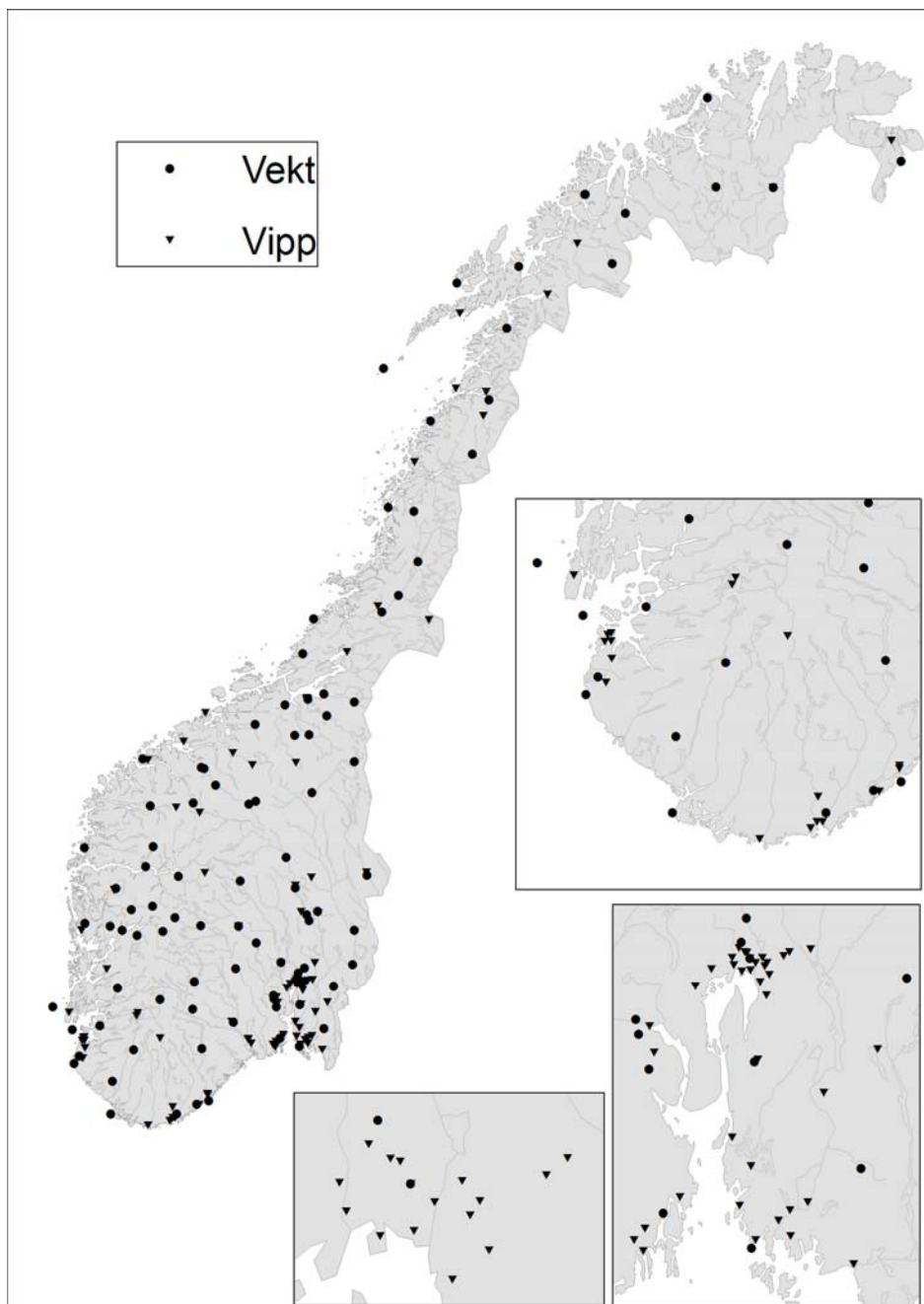
Figur 2.1 Høyeste 1-times verdier fra vekt- og vippe-pluviometre som funksjon av stasjons-nummer. For vekt-pluviometrene er det også vist verdier justert med en faktor på 1,12 (se tekst).

Figur 2.1 viser en sammenstilling av data fra vekt- og vippe-pluviometre, der høyeste 1-times verdier fra begge målertyper er sortert etter stasjonsnummer (laveste numre er for stasjoner i sørøst i Østfold, høyeste er øst i Finnmark). For vekt-pluviometrene er det også vist verdier justert opp med en faktor på 1,12 for at verdiene skal være sammenlignbare med dem fra vippepluviometrene. Figuren indikerer at dataene fra de to typene stasjoner ser ut til å stemme ganske bra med nabostasjoner for samme geografiske områder. Figuren viser også en tendens til fallende verdier fra stasjoner i Oslofjord- og Sørlands-området (st.nr ca. 1700 – 4000), og nordover mot Nord-Norge (st. nr. > ca. 7000). Dette blir diskutert videre i kapittel 4.

2.2 Pluviometer stasjoner

Figur 2.2 viser kart over målesteder med vekt- eller vippe-pluviometer. Det fremgår av kartet at det er stor forskjell i stasjonstetthet i ulike deler av Norge. Mens det er relativt tett med stasjoner i Oslofjord-, Kristiansand-, Stavanger- og Trondheims-området, er det lite målinger fra fjellområder, Nord-Vestlandet, Nord-Østlandet og Nord-Norge. Det har vært en betydelig økning av pluviometerstasjoner i de senere år; - både i

kommunal regi og spesielt i regi av Jernbaneverket og Statens Vegvesen. Appendix 1 viser en oversikt over alle pluviometerstasjoner med mer enn 10 års måleserier. I prosjektet Regnbygge3M er det i 2014/2015 plassert ut et tett nett av mobile nedbørmålere i Oslo, Drammen og Trondheim. Disse pluviometrene måler minuttnedbør, og vil i kombinasjon med værradar bidra til bedre beskrivelse av lokal fordeling av korttidsnedbør enn det regulære stasjonsnettet.



Figur 2.2 Målesteder med data fra vekt- eller vippe-pluviometer, med utsnitt for områder med størst tetthet av stasjoner

3 Høyeste registrerte nedbørverdier

3.1 Korttidsnedbør

De første målestedene med vippepluviometre (norskproduserte PLUMATIC-målere) ble etablert i 1967 og 1968. Noen få stasjoner har vært i drift i mer enn 40 år, mens andre stasjoner bare har serier som omfatter noen få år. Tabell 3.1 viser en fylkesvis oversikt over de høyeste registrerte nedbør-intensiteter i Norge, og Figur 3.1 – 3.7 viser landsdekkende oversikt. Denne oversikten omfatter varigheter fra 1 minutt til 1 døgn.

På grunn av støy i registreringene fra vekt-pluviometrene (se kapittel 2.1) er det bare tatt med 1-times verdier for denne typen pluviometre. Disse verdiene er justert opp med en faktor på 1,12 for å gjøre dem sammenlignbare med times-verdier fra vippepluviometer (se kapittel 2.1). For enkelte områder er de høyeste verdiene fra vekt-pluviometrene høyere enn for vippepluviometrene. Dette skyldes ikke forskjell mellom pluviometer-typerne, men at det er store lokale forskjeller i episoder med intens nedbør og dermed litt tilfeldig hvilke målesteder som får mest nedbør. Noen av forskjellene kan også skyldes forskjell i tidsrom de ulike stasjonene har vært i drift.

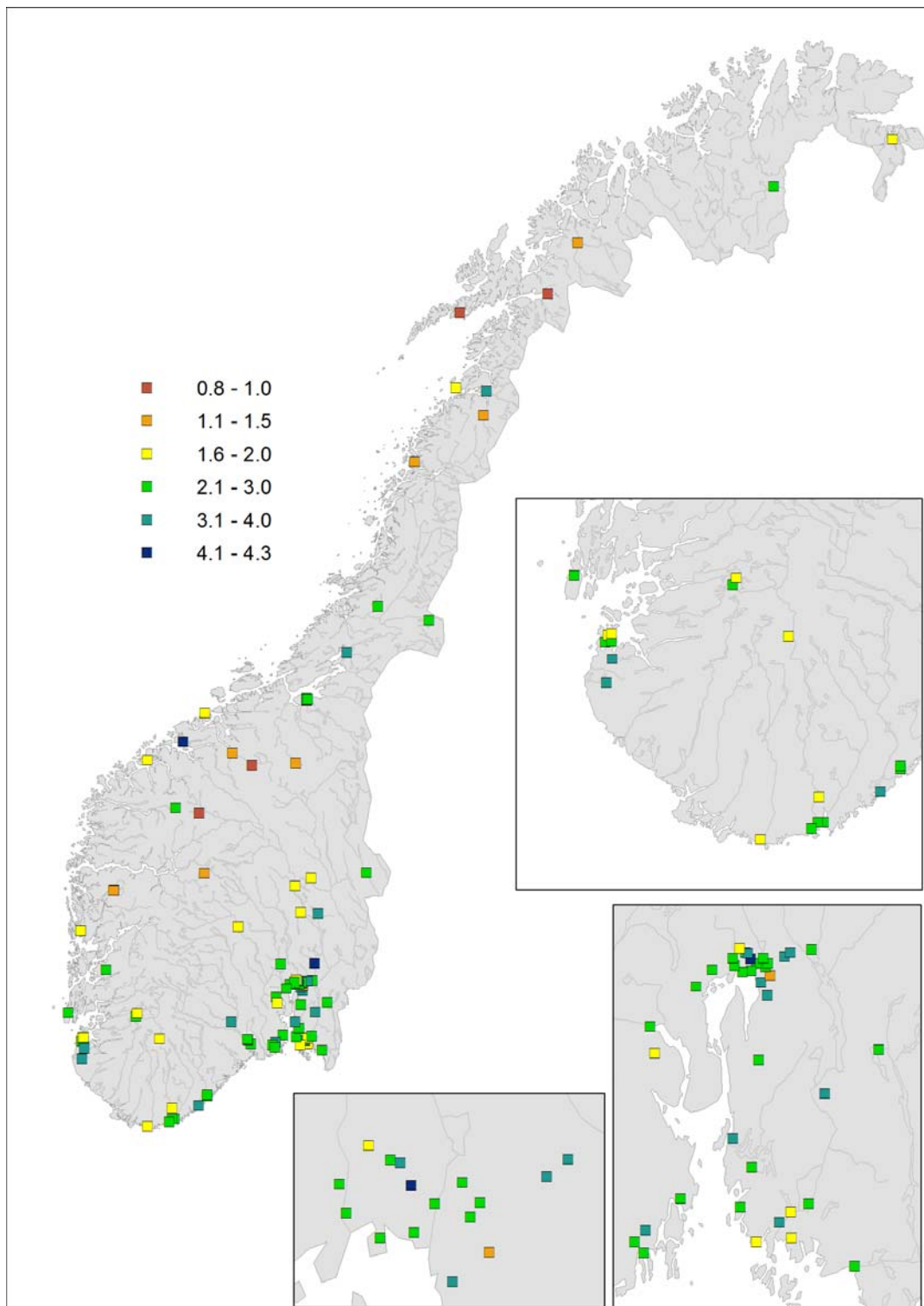
Det bør nevnes at de høye 1-10 minutters verdiene i Møre og Romsdal skyldes én enkelt byge som traff stasjonen 62290 Molde-Nøisomhed den 1.august 1980. Det har vært reist tvil om verdiene for denne episoden var korrekte, og nedbørverdier i nærområdet og værsituasjon er derfor studert nærmere av Iden (1991) og Sunde (1991). De konkluderte med at denne episoden forekom i en værsituasjon med kraftig tordenvær, og at det er liten grunn til å dra registreringene i tvil.

Tabell 3.1. Fylkesvis oversikt over høyeste registrerte nedbørmengde (mm) for ulike varigheter.

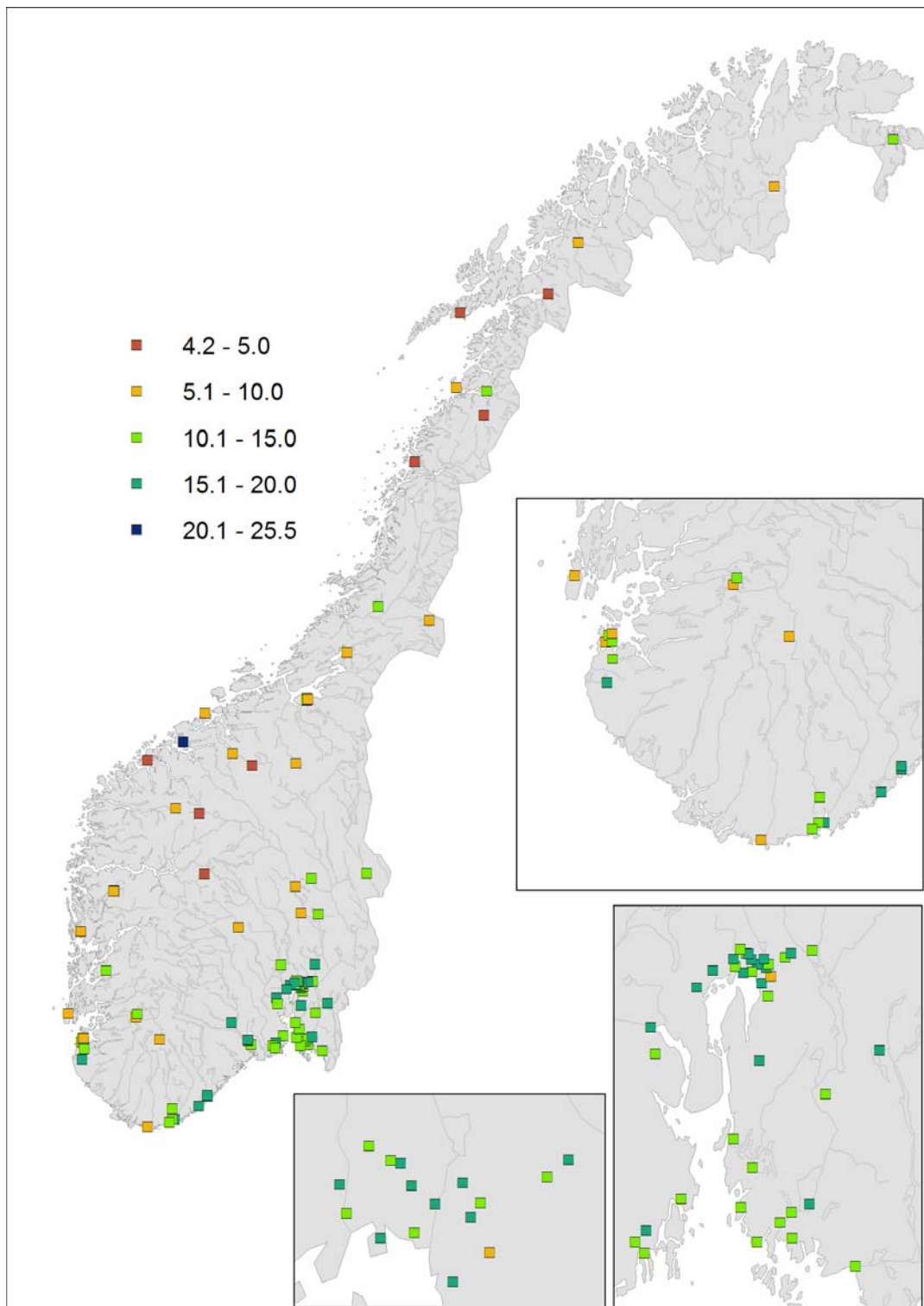
Fylke	Varighet								
	1 min	10 min	30 min	1 time	1 t (vekt)*	2 timer	6 timer	12 timer	1 døgn**
Østfold	3,2	16,0	24,7	36,7	39,8	48,1	77,7	92,7	95,7
Hedmark	3,1	15,0	19,5	26,2	32,0	28,4	38,9	64,3	149,5
Oppland	1,9	9,9	19,2	22,5	30,9	27,9	36,2	48,4	109,2
Akershus	4,3	19,5	42,0	54,9	31,6	59,3	65,9	72,0	95,0
Oslo	4,1	18,7	38,6	49,3	49,8	56,1	66,6	85,6	104,3
Buskerud	2,4	15,6	18,8	20,2	29,8	22,0	41,4	58,0	113,2
Vestfold	3,3	15,1	27,1	44,9	47,5	64,4	86,1	112,2	139,1
Telemark	3,8	19,3	30,8	33,1	26,3	50,3	67,3	72,4	168,6
Aust-Agder	3,1	19,9	32,6	42,6	27,8	58,0	62,2	70,6	173,2
Vest-Agder	2,7	16,6	24,8	38,4	26,9	43,2	87,4	121,0	159,2
Rogaland	3,3	17,8	38,1	41,9	42,1	41,9	54,9	84,0	190,0
Hordaland	2,7	12,2	21,4	27,1	24,5	47,2	83,2	144,0	229,6
Sogn og Fjordane	2,4	6,1	10,1	11,1	22,5	13,4	30,0	47,6	207,8
Møre og Romsdal	4,3	25,5	28,3	28,9	24,3	29,1	37,8	67,6	178,5
Sør-Trøndelag	3,3	11,3	18,5	21,6	18,7	25,2	41,9	51,6	143,9
Nord-Trøndelag	3,2	13,9	15,7	17,2	27,3	23,0	29,8	43,4	129,5
Nordland	3,6	10,2	11,0	15,0	21,6	26,8	60,4	84,6	184,3
Troms	1,5	8,7	13,5	15,6	13,8	20,0	24,8	26,0	110,1
Finnmark	2,1	11,3	16,1	22,4	20,9	30,0	47,2	47,2	78,2

* 1-times verdiene fra vektpluviometer er justert opp med en faktor på 1,12 (se tekst).

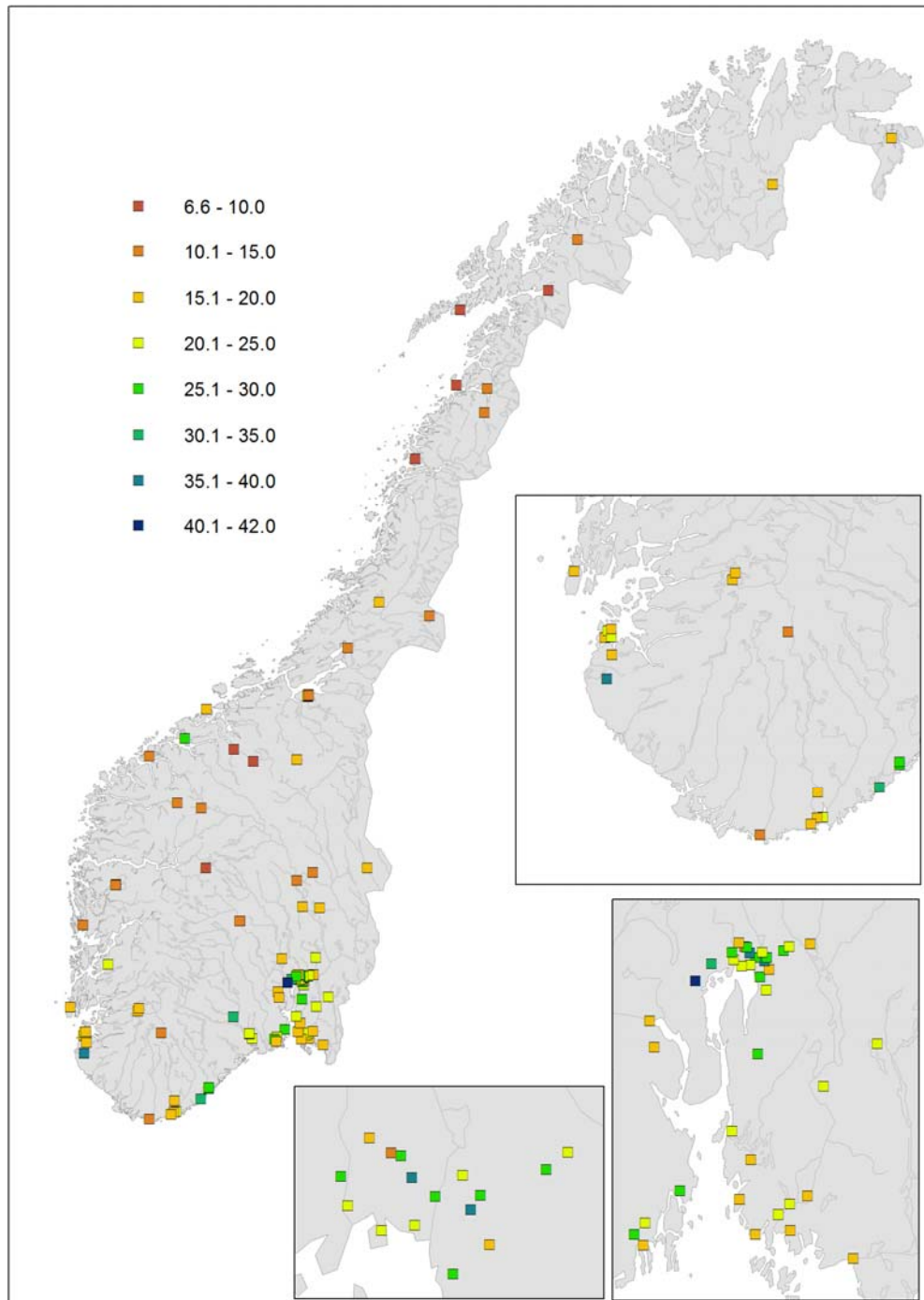
** Verdier fra METs manuelle målestasjoner (data fra 1895-dd), bortsett fra Østfold (1-døgns verdien er her 24-timers verdi fra pluviometerstasjon 17260 Moss-Trolldalen).



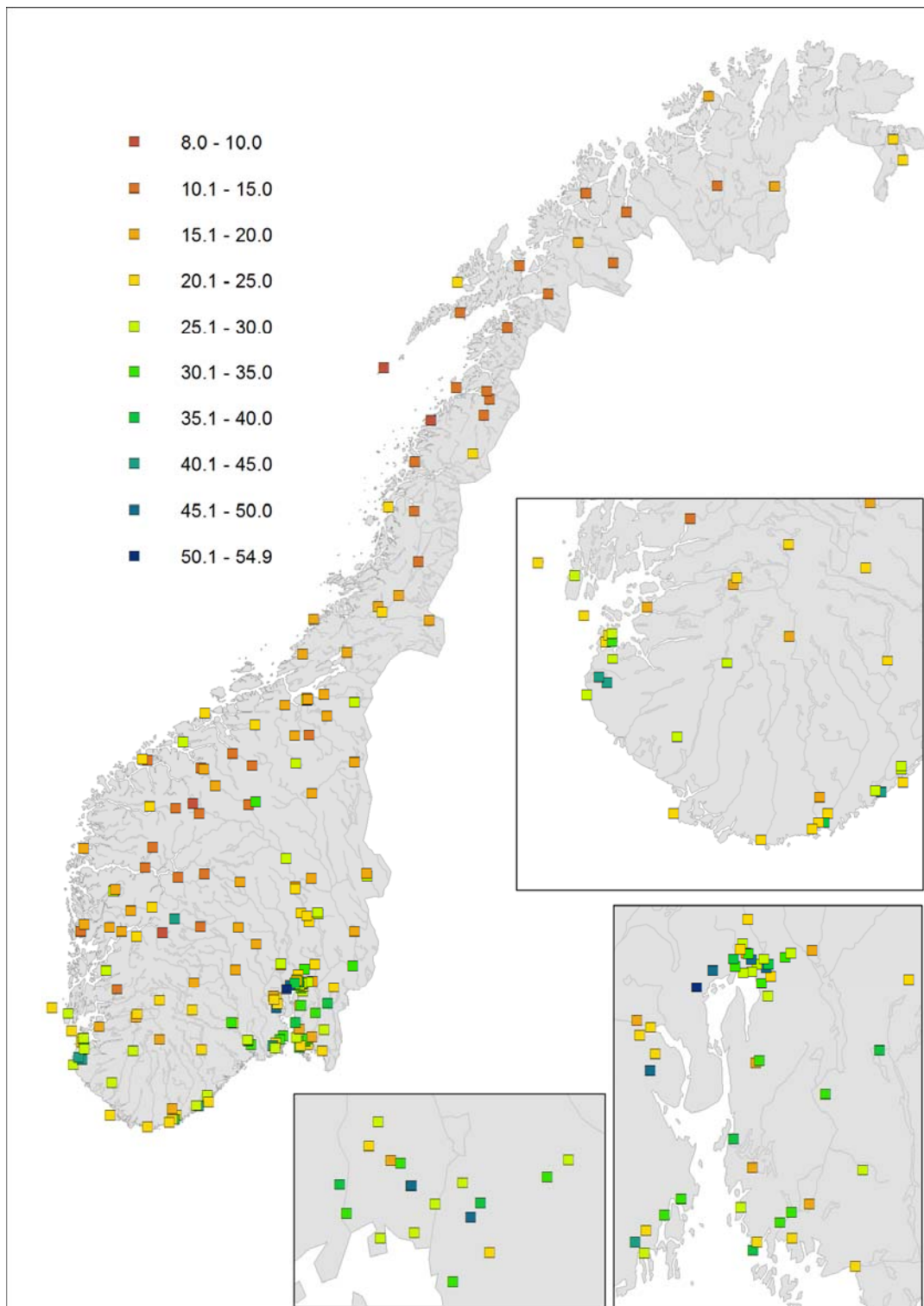
Figur 3.1: Høyeste registrerte nedbørmengde (mm) i løpet av 1 minutt. (Merk: En del stasjoner har korte serier).



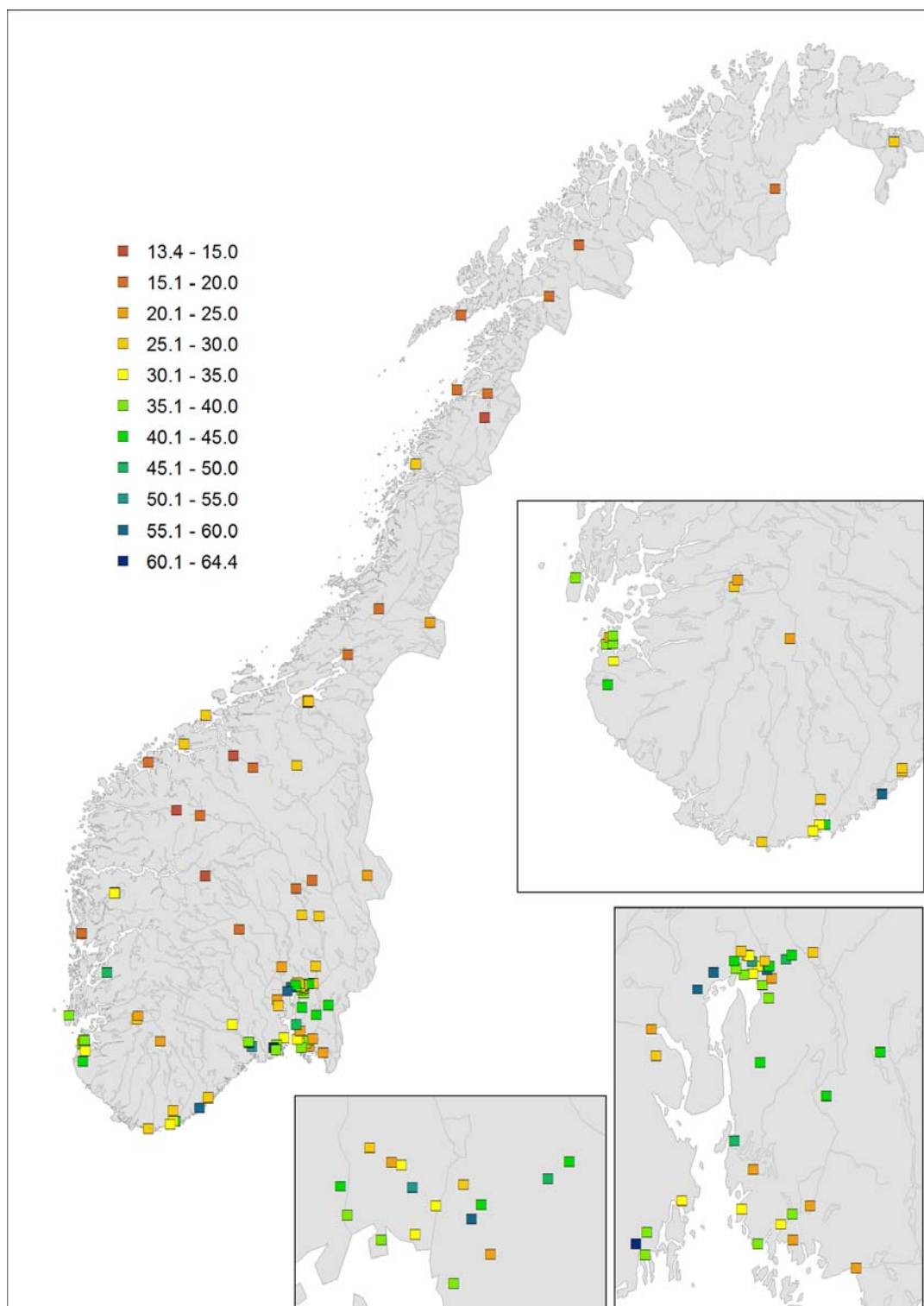
Figur 3.2: Høyeste registrerte nedbørmengde (mm) i løpet av 10 minutter. (Merk: En del stasjoner har korte serier).



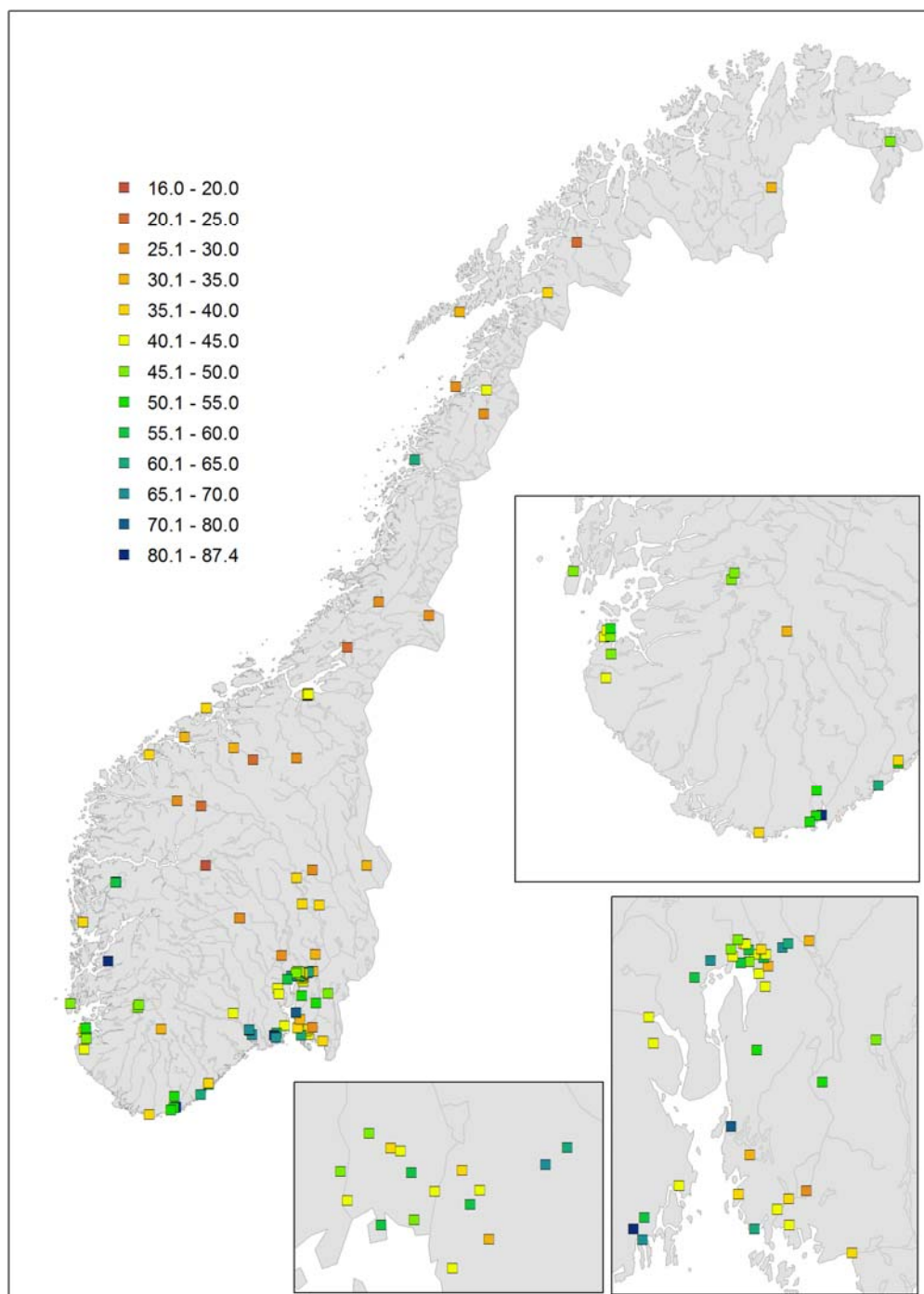
Figur 3.3: Høyeste registrerte nedbørmengde (mm) i løpet av 30 minutter. (Merk: En del stasjoner har korte serier)



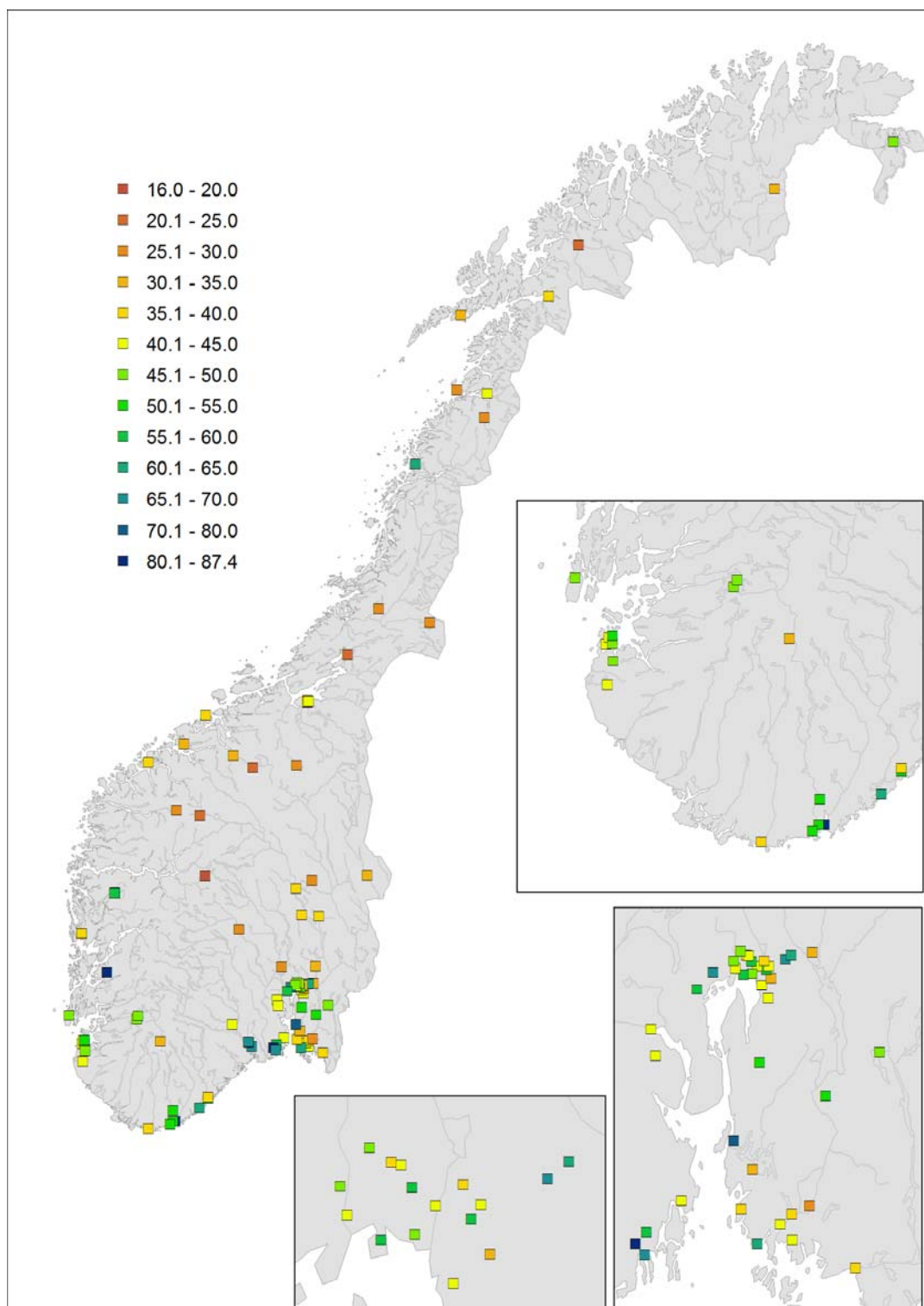
Figur 3.4: Høyeste registrerte nedbørmengde (mm) i løpet av 1 time for vippe- og vekt-pluviometer stasjoner. (Merk: En del stasjoner har korte serier).



Figur 3.5: Høyeste registrerte nedbørmengde (mm) i løpet av 2 timer. (Merk: En del stasjoner har korte serier).



Figur 3.6: Kart over høyeste registrerte nedbørmengde (mm) i løpet av 6 timer. (Merk: En del stasjoner har korte serier).



Figur 3.7: Høyeste registrerte nedbørmengde (mm) i løpet av 12 timer. (Merk: En del stasjoner har korte serier).

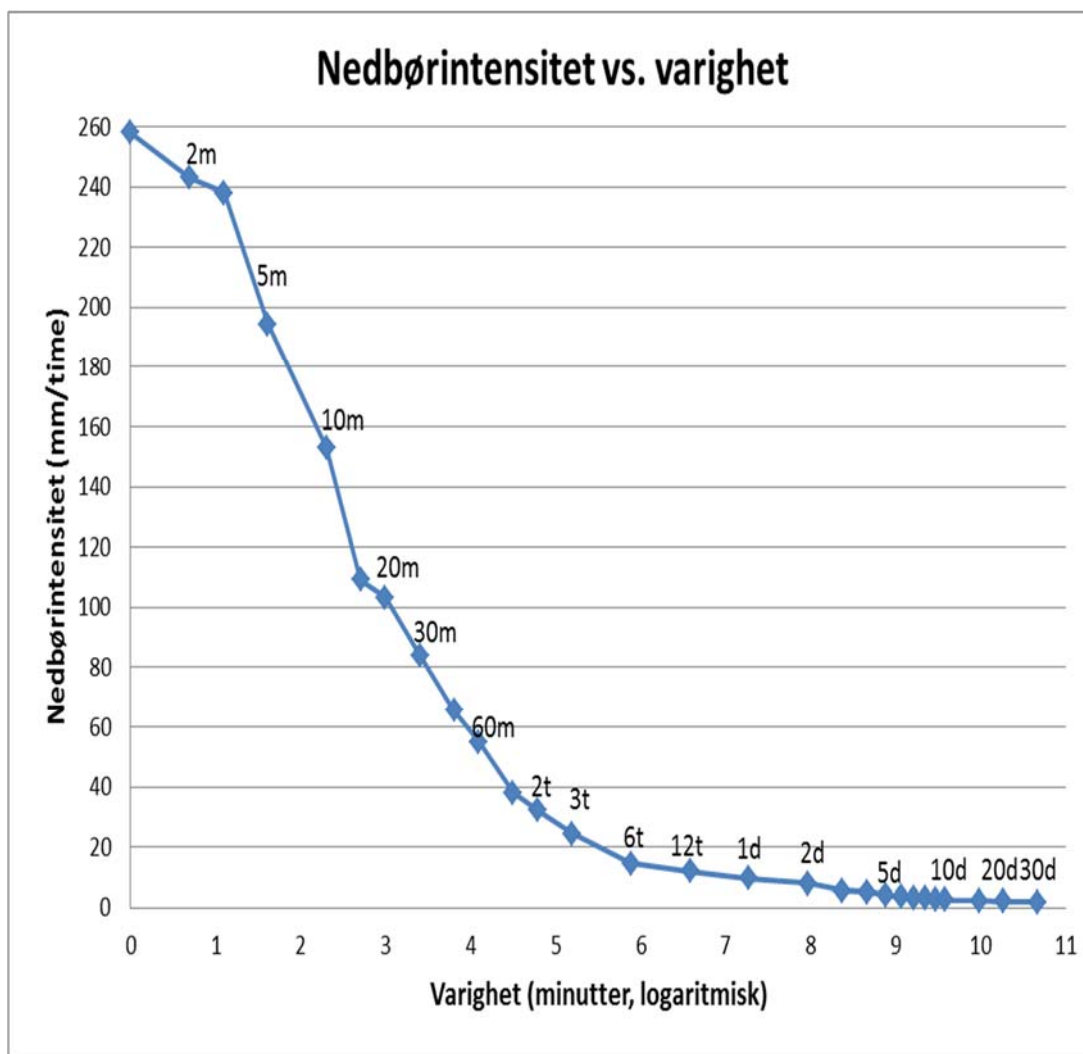
3.2 Høye nedbørverdier for ulike varigheter

I tabell 3.1 ble det for hvert fylke gitt oversikt over høyeste observerte nedbørverdier for utvalgte varigheter fra 1 minutt til 1 døgn. I tabell 3.2 er disse verdiene innbakt i en oversikt for hele Norge, og utvidet til varigheter opp til 30 døgn. Verdiene er omregnet til intensitet uttrykt som mm/time. Det fremgår at for varigheter opp til og med 3 timer er alle rekordverdiene observert på Østlandet (og i Molde, se kapittel 3.1) i juli-august, mens de høyeste verdiene for varigheter fra 12 timer og oppover er observert på Vestlandet i månedene november – februar.

Tabell 3.2 Høyeste observerte nedbørverdier på Meteorologisk institutts målestasjoner.
Tabellen angir i tillegg til målested og dato også nedbørintensitet omregnet til mm per time.

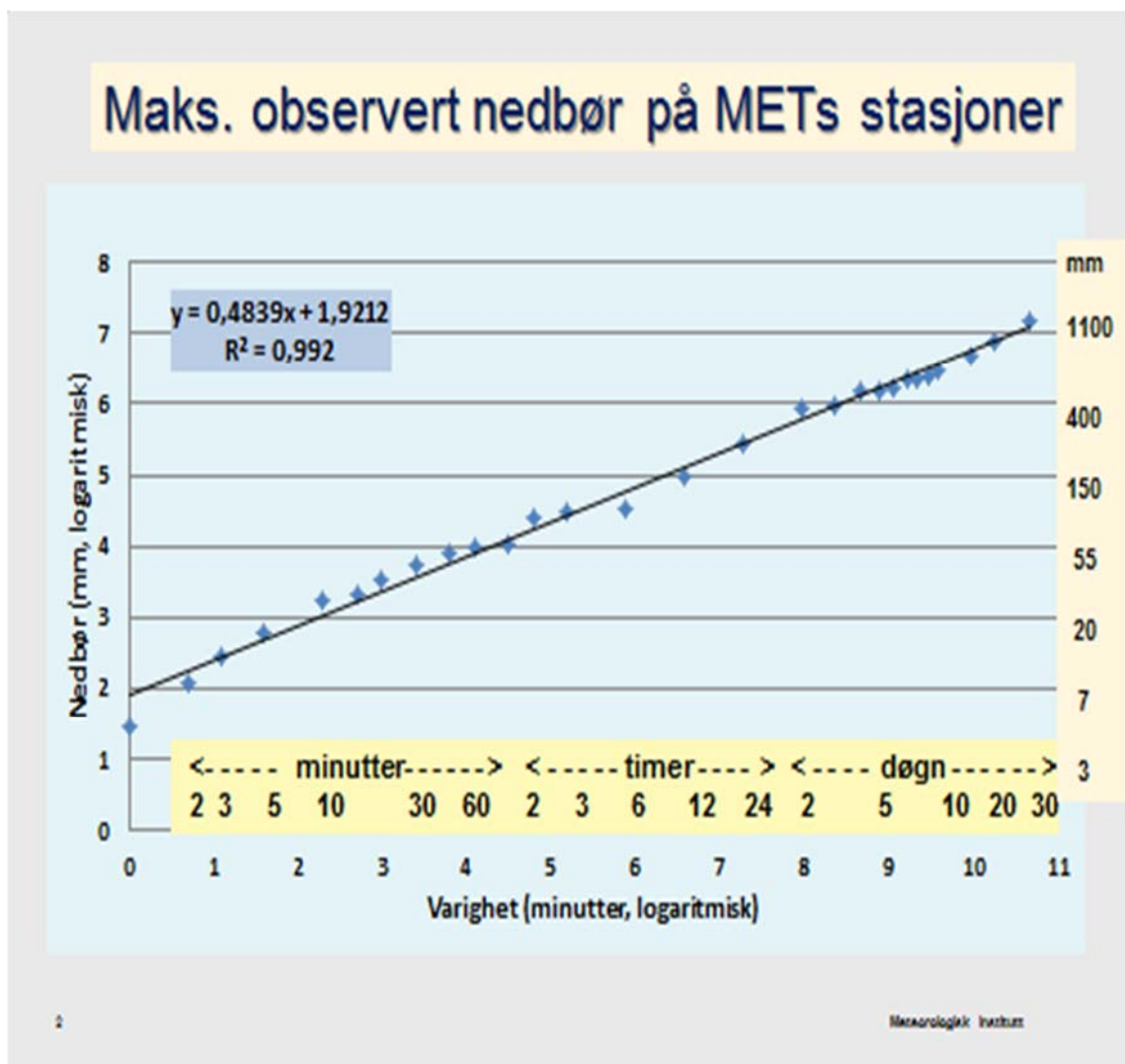
Varighet	Mengde (mm)	Intensitet (mm/time)	Målestasjon	Måned/År
1 minutt	4,3	258,0	47810 Gardermoen	7/1973
1 minutt	4,3	258,0	62290 Molde-Nøisomhed	8/1986
2 minutter	8,1	243,0	62290 Molde-Nøisomhed	8/1986
3 minutter	11,9	238,0	62290 Molde-Nøisomhed	8/1986
5 minutter	16,2	194,4	62290 Molde-Nøisomhed	8/1986
10 minutter	25,5	153,0	62290 Molde-Nøisomhed	8/1986
15 minutter	27,3	109,2	19710 Asker	7/1991
20 minutter	34,4	103,2	19710 Asker	7/1991
30 minutter	42,0	84,0	19710 Asker	7/1991
45 minutter	49,1	65,5	19710 Asker	7/1991
1 time	54,9	54,9	19710 Asker	7/1991
1,5 timer	56,9	37,9	27564 Sandefjord-Mosserød	7/2005
2 timer	64,4	32,2	27564 Sandefjord-Mosserød	7/2005
3 timer	72,9	24,3	27564 Sandefjord-Mosserød	7/2005
6 timer	87,4	14,6	39150 Kristiansand-Sømskleiva	10/1987
12 timer	144,0	12,0	47890 Opstveit	10/1983
1 døgn	229,6	9,6	47900 Indre Matre	11/1940
2 døgn	378,9	7,9	47900 Indre Matre	11/1940
3 døgn	402,4	5,6	47900 Indre Matre	11/1940
4 døg	487,2	5,1	47900 Indre Matre	11/1940
5 døgn	495,4	4,1	47900 Indre Matre	11/1940
6 døgn	499,8	3,5	47900 Indre Matre	11/1940
7 døgn	566,4	3,4	47900 Indre Matre	11/1953
8 døgn	574,0	3,0	47900 Indre Matre	11/1953
9 døgn	609,5	2,8	52600 Haukeland	11/1983
10 døgn	643,5	2,7	52600 Haukeland	01/1989
15 døgn	809,4	2,2	52930 Brekke i Sogn	11/1983
20 døgn	989,1	2,1	52600 Haukeland	01/1989
30 døgn	1320,4	1,8	52600 Haukeland	02/1989

Intensitetsverdiene fra tabell 3.2 er fremstilt grafisk i figur 3.8. Figuren viser at det for de korte varighetene er et bratt fall i intensitet med økende varighet. Figuren gir også en grov antydning av hvilken nedbørverdi man ville fått dersom en episode hadde vart litt lenger, men med samme intensitet. Det fremgår for eksempel at høyeste nedbørintensitet for 15 minutter er 109,2 mm/time. Dersom denne intensiteten hadde vedvart i 15 minutter til, ville 30 minutters verdien vært på 54,6; dvs. 30 % høyere enn gjeldende rekord på 42 mm.



Figur 3.8 Nedbørintensitet som funksjon av varighet (1 minutt – 30 døgn).
x-aksen er logaritmisk; tidsinkrementene er markert ved punktene i figuren.

I figur 3.9 er alle «rekord-noteringene» fra 1 minutt til 30 døgn (tabell 3.2) plottet som funksjon av varighet. Ved å bruke logaritmisk skala på begge aksene gir den inntegnede regresjonslinjen en svært god tilpassing ($R^2 = 0,992$). Stigningsforholdet på 0,48 er svært nær stigningsforholdet (0,45) for en tilsvarende regresjonslinje for de høyeste observerte nedbørverdier på jordkloden (WMO, 2009, figur A.2.1), men nivået er selvsagt mye høyere for de globale rekordene. Regresjonslinjen i figur 3.9 gir et en glattet fremstilling av høyeste offisielle, målte verdier i Norge. Det er viktig å være klar over at verdiene for de korteste varighetene er fra Østlandet og med en gradvis overgang til Vestlandet for høyere varigheter, se tabell 3.2. Med «offisielle, målte verdier» menes at dette er kvalitetskontrollerte data fra METs manuelle og pluviometer-stasjoner. Fra private målestasjoner foreligger det verdier som er høyere enn det som er registrert ved METs målestasjoner, se tabell 3.3.



Figur 3.9 Høyeste nedbørverdier (mm) ved METs stasjoner i Norge som funksjon av varighet. NB! Både x- og y-akser er logaritmiske.

Observatørene på METs målestasjoner er i tillegg til det faste måletidspunktet for døgnnedbør kl 08 («regulære målinger»), også anmodet om å måle «sterke regnskyll». I perioder med høy nedbørintensitet settes det da ut en ekstra nedbørmåler og mengde og varighet rapporteres til MET. Sterke regnskyll frem til 1984 er rapportert av Førland (1984), og de senere noteringer er digitalisert høsten 2015. (Stor takk til Rune Boiesen (MET) som har stått for organisering og punching av disse noteringene). Tabell 3.3 gir en oversikt over høyeste verdier fra pluviometer-registreringer og sterke regnskyll-noteringer. Det er også tatt med et utvalg private målinger som vi har fått tilgang til i forbindelse med NIFS-prosjektet (se kapittel 6).

Tabell 3.3 Oversikt over høye nedbørverdier i Norge for varighet opp til to timer.

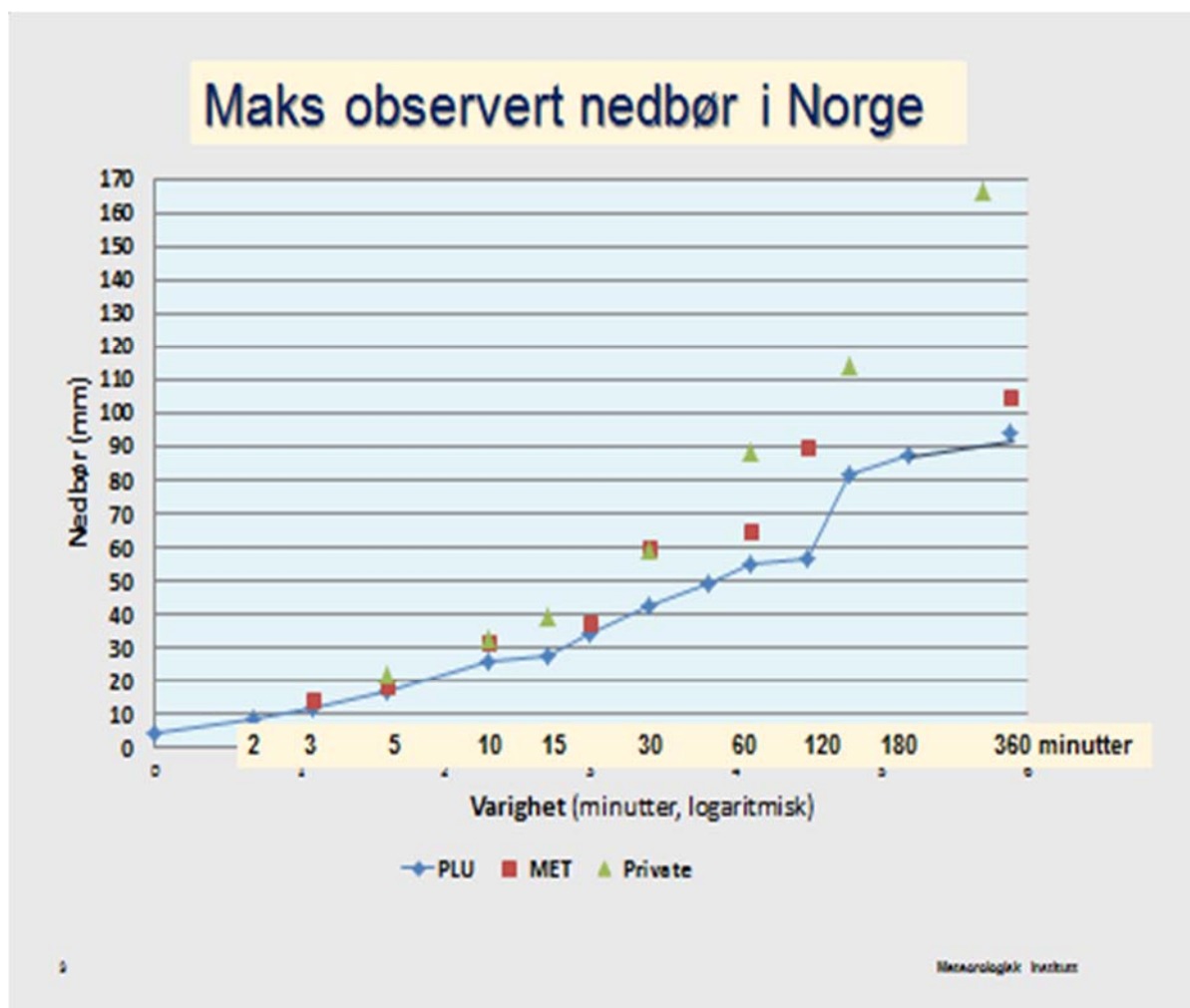
PLU er registreringer i METs pluviometre (se tabell 3.1), «Sterke regnskyll» er rapporter fra METs observatører oppsummert hhv. i 1984 og 2015 (se tekst), og «private målinger» er opplysninger innhentet i NIFS-prosjektet (se kapittel 6).

Varighet minutter	Mengde (mm)				Målested			
	PLU	"Sterke regnskyll"		Private målinger	PLU	"Sterke regnskyll"		Private målinger
		2015	1984			2015	1984	
1	4,3	4,5			Garderm./Molde	Fossum i Modum		
2	8,1	9,8			Molde	Heggeriset		
3	11,9	12,3	14,0		Molde	Vats	Tana	
5	16,2	15,0		21,8	Molde	Lunner		Nedre Eiker
10	25,5	21,6	31,5	32,0	Molde	Ask på Ringerike	Finnskog	Nedre Eiker
15	27,3	30,0		38,7	Asker	Biri		Nedre Eiker
20	34,4	40,0	37,0		Asker	Ukkestad	Halsafjord	
25		56,0				Reinli		
30	42,0	33,0	60,0	59,4	Asker	Brekken	Jørpeland	Nedre Eiker
35		70,0				Osdalen		
45	49,1	41,5			Asker	Ramnes		
60	54,9	35,0	64,9	88,2	Asker	Svarverud	Tovdal	Nedre Eiker
90	56,9	55,1	100,0		Sandefjord	Bø-Vegheim	Foldal	
95		76,0				Tunnhovd		
120	64,4	73,0	97,0	114,0	Sandefjord	Nordre Løsset	Tonstad-Finså	Nedre Eiker

Tabell 3.3 er dominert av verdier fra Østlandet. Registreringene av «sterke regnskyll» omfatter hele landet, og av høye nedbørverdier «nord for Dovre» kan nevnes: **5 min:** 17,5 mm (st.nr. 62160 Istad Kraftstasjon 07/2011), 16,0 mm (79250 Umbukta 08/1980), 15,3 mm (80200 Lurøy 07/1972), **10 min:** 27,0 mm (95270 Skoganvarre 07/1972); **25 min:** 56,3 mm (70500 Vera 07/2006), **30 min:** 31,6 mm (99690 Lanabukt 08/2001); **56 min:** 45,1 mm (66250 Høllonda 05/1992); **60 min:** 33,0 mm (71100 Holden 07/2011) og **360 min:** 82,2 mm (57990 Gjengedal 09/1975).

Bortsett fra de høyeste varighetene er det rimelig godt samsvar mellom de ulike datatypene i tabell 3.3. Det må imidlertid påpekes at det er stor usikkerhet knyttet både til sterke regnskyll (spesielt til angivelse av varighet under ufysiske måleforhold) og til private målinger. De private målinger er fra vippepluviometre, men det er usikkert hvor godt de er kalibrert, og da spesielt for store nedbørintensiteter.

Verdiene i tabell 3.3 er fremstilt grafisk i figur 3.10. Den private målingen på 166 mm i løpet av 5 timer er fra en meget kraftig nedbørepisode på Vigrestad på Jæren 19.august 2014. Verdiene i figur 3.10 gir en antydning av øvre grense for hva som er målt i ulike typer nedbørmålere i Norge.



Figur 3.10 Høyeste nedbørverdier i Norge fra pluviometre (PLU), METs noteringer av «sterke regnskyll» og private målinger innhentet i NIFS-prosjektet.

4 IVF-verdier

4.1 Estimering av dimensjonerende nedbørverdier

Det finnes en rekke metoder for beregning av dimensjonerende ekstremverdier. I samsvar med begrepet «ekstrem» er dette sjeldne hendelser; - dvs. få tilfeller, og estimatene må baseres på ekstrapolering. Ekstrapolering er en utfordrende oppgave, ettersom den statistiske fordelingen av de mest ekstreme hendelser kan avvike fra den som gjelder for mindre ekstreme hendelser. Flere metoder for ekstrapolering eksisterer, og ved MET er det utviklet ny metodikk for å estimere ekstremnedbør for punkt og areal (Dyrddal et al., 2014; Dyrddal et al., 2015). Denne metodikken er ikke implementert enda, og de fleste av estimatene i denne rapporten er derfor basert på Gumbel ekstremverdi-fordeling (se Dyrddal et al., 2014). Eventuelle trender i dataene er ikke tatt hensyn til og representerer dermed en usikkerhet i ekstremverdi-estimatene.

Estimat av dimensjonerende verdier blir ofte presentert som verdier med en viss returperiode. Returperiode-verdien sier hvor ofte en kan forvente å måle tilsvarende eller høyere verdier innenfor returperioden på et bestemt sted. Sannsynligheten for at returperiodeverdien skal overskrides avhenger av periode-lengden man planlegger for. Tabell 4.1 (fra NVE, 2011) viser f.eks. at det er 5 % sannsynlighet for at en 200 års verdi vil forekomme i løpet av en tilfeldig 10 års periode.

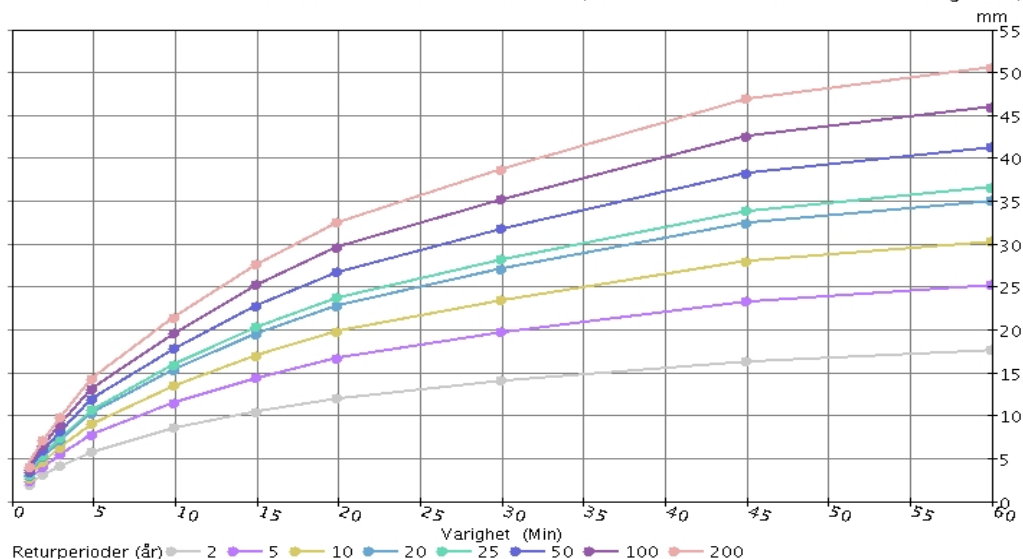
Tabell 4.1 Sannsynlighet (%) for overskridelse av T-års nedbør for ulike periodelengder

Returperiode (år)	Periodelengde (år)					
	10	50	100	200	500	1000
10	65	99	100	100	100	100
50	18	64	87	98	100	100
100	10	40	63	87	99	100
200	5	22	39	63	92	99
500	2	10	18	33	63	86
1000	1	5	10	15	39	63

Av NVE's retningslinjer for «Flaum- og skredfare i arealplanar» (NVE nr. 2/2011) fremgår det at flomveier skal dimensjoneres for en 200 års flom, mens «1000-årsflom må brukes i område der flom kan gi store konsekvenser». De lengste dataserier for norske pluviometerstasjoner er ca. 50 år, men bare et fåtall stasjoner har dataserier på over 25 år (se Appendix). Selv om dataseriene ikke er lange nok til å gi robuste estimat av verdier med returperiode på 200 år, er det i NIFS-prosjektet fokusert på denne returperioden av hensyn til retningslinjene for dimensjonering av flomveier.

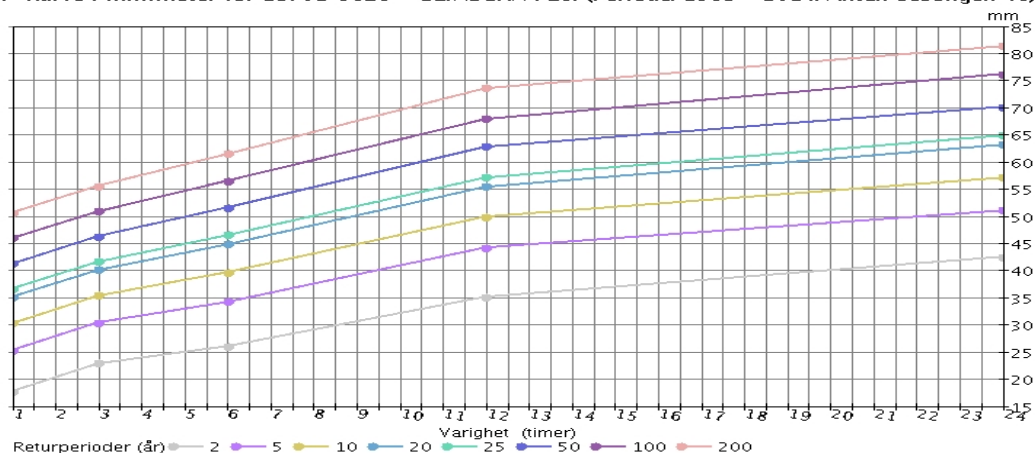
IVF (Intensitet-Varighet-Frekvens) statistikk gir estimat av returperioder (frekvens) for nedbørintensitet med ulik varighet, og er mye brukt i planlegging og utforming av viktig infrastruktur. IVF-kurver og -statistikk for norske pluviometer-stasjoner er tilgjengelige på http://klimaservicesenter.no/Dimensjonerende_nedbør. Varighetene som presenteres i IVF-beregningene dekker intervallet fra 1 minutt til 24 timer (1440 minutter), og estimer er gitt for returperioder 2, 5, 10, 20, 25, 50, 100 og 200 år. I Figur 4.1 og tabell 4.2 er det vist eksempel på Intensitet-Varighet-Frekvens (IVF) statistikk og kurver fra Oslo-Blindern. Nedbørverdiene gis både som (l/s*ha) og som millimeter.

IVF-kurve i millimeter for 18701 OSLO – BLINDERN PLU. (Periode: 1968 – 2014. Antall sesonger: 46)



Figur 4.1a: Eksempel på IVF-kurver (i millimeter) for 18701 Oslo-Blindern (1968 - 2014) for 1-60 minutter

IVF-kurve i millimeter for 18701 OSLO – BLINDERN PLU. (Periode: 1968 – 2014. Antall sesonger: 46)



Figur 4.1b: Eksempel på IVF-kurver (i millimeter) for 18701 Oslo-Blindern (1968 - 2014) for 1 – 24 timer

Tabell 4.2 Eksempel på IVF-statistikk (mm og l/s*ha) for Oslo-Blindern (1968–2014)

Nedbørintensitet i liter pr. sekund pr. hektar (10 000m²) (l/s*ha)

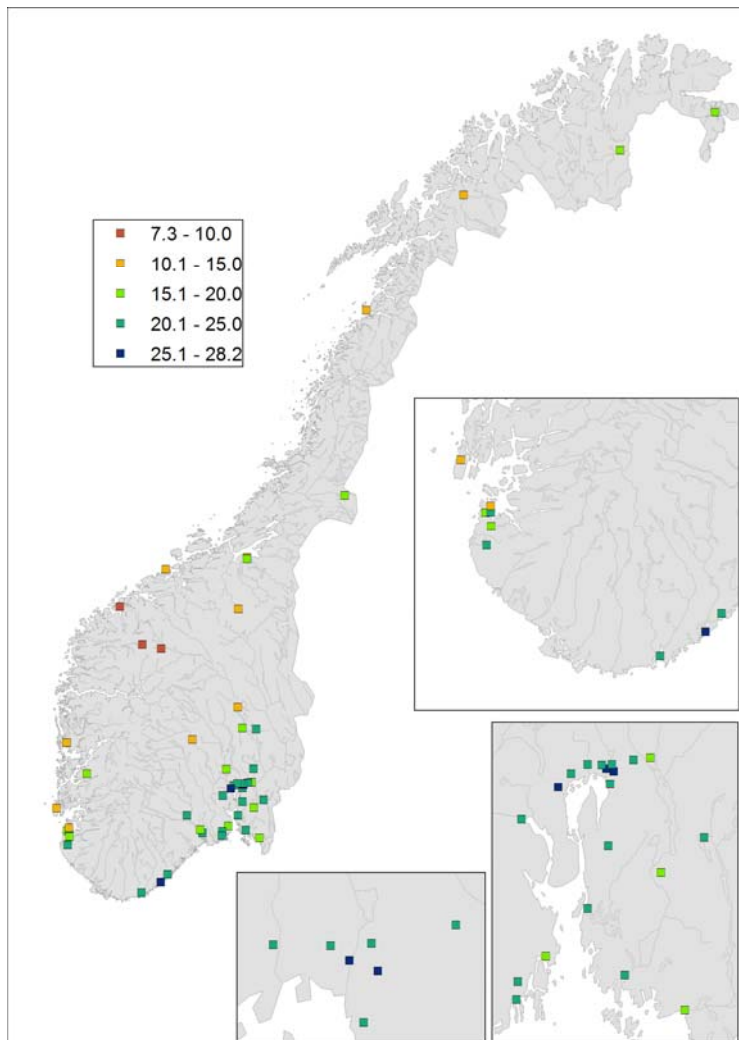
År	Varighet (minutter)										
	1	5	10	15	30	45	60	180	360	720	1440
2	291,5	189,1	140,5	114,4	77,6	59,9	48,8	21,1	12,0	8,1	4,9
5	374,3	254,4	189,7	158,4	109,0	85,9	69,8	28,0	15,8	10,2	5,9
10	429,1	297,6	222,4	187,5	129,8	103,2	83,7	32,6	18,3	11,5	6,6
20	481,6	339,1	253,7	215,4	149,8	119,7	97,1	37,0	20,7	12,8	7,3
25	498,3	352,3	263,6	224,2	156,1	125,0	101,3	38,4	21,5	13,2	7,5
50	549,6	392,8	294,2	251,5	175,6	141,2	114,3	42,7	23,8	14,5	8,1
100	600,6	433,0	324,6	278,6	195,0	157,2	127,3	47,0	26,1	15,7	8,8
200	651,5	473,1	354,9	305,6	214,3	173,2	140,2	51,3	28,4	17,0	9,4

Nedbørintensitet i mm

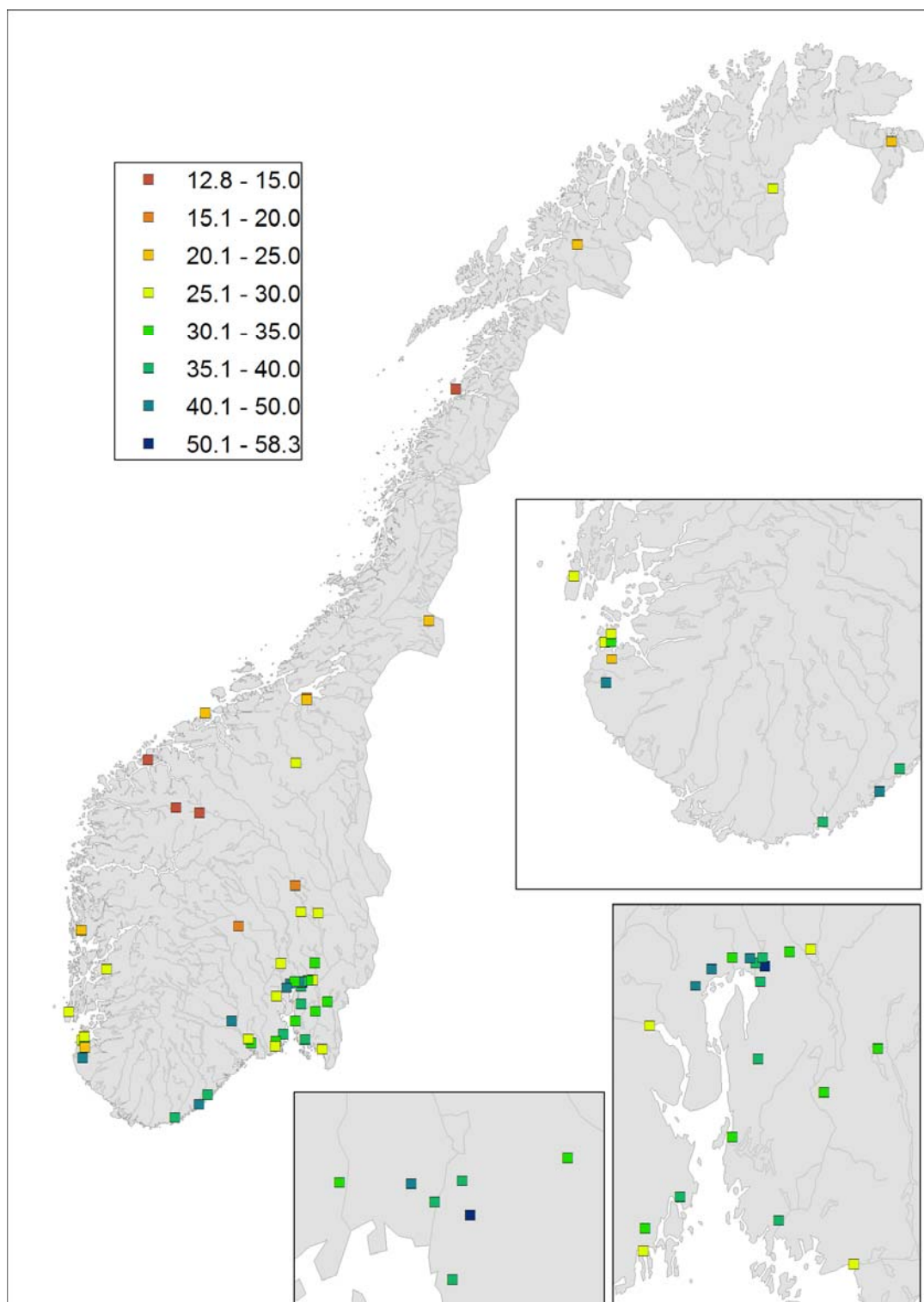
År	Varighet (minutter)										
	1	5	10	15	30	45	60	180	360	720	1440
2	1,7	5,7	8,4	10,3	14,0	16,2	17,6	22,8	25,9	35,0	42,3
5	2,2	7,6	11,4	14,3	19,6	23,2	25,1	30,2	34,1	44,1	51,0
10	2,6	8,9	13,3	16,9	23,4	27,9	30,1	35,2	39,5	49,7	57,0
20	2,9	10,2	15,2	19,4	27,0	32,3	35,0	40,0	44,7	55,3	63,1
25	3,0	10,6	15,8	20,2	28,1	33,8	36,5	41,5	46,4	57,0	64,8
50	3,3	11,8	17,7	22,6	31,6	38,1	41,1	46,1	51,4	62,6	70,0
100	3,6	13,0	19,5	25,1	35,1	42,4	45,8	50,8	56,4	67,8	76,0
200	3,9	14,2	21,3	27,5	38,6	46,8	50,5	55,4	61,3	73,4	81,2

4.2 Geografisk fordeling av returperiode verdier for ulike varigheter

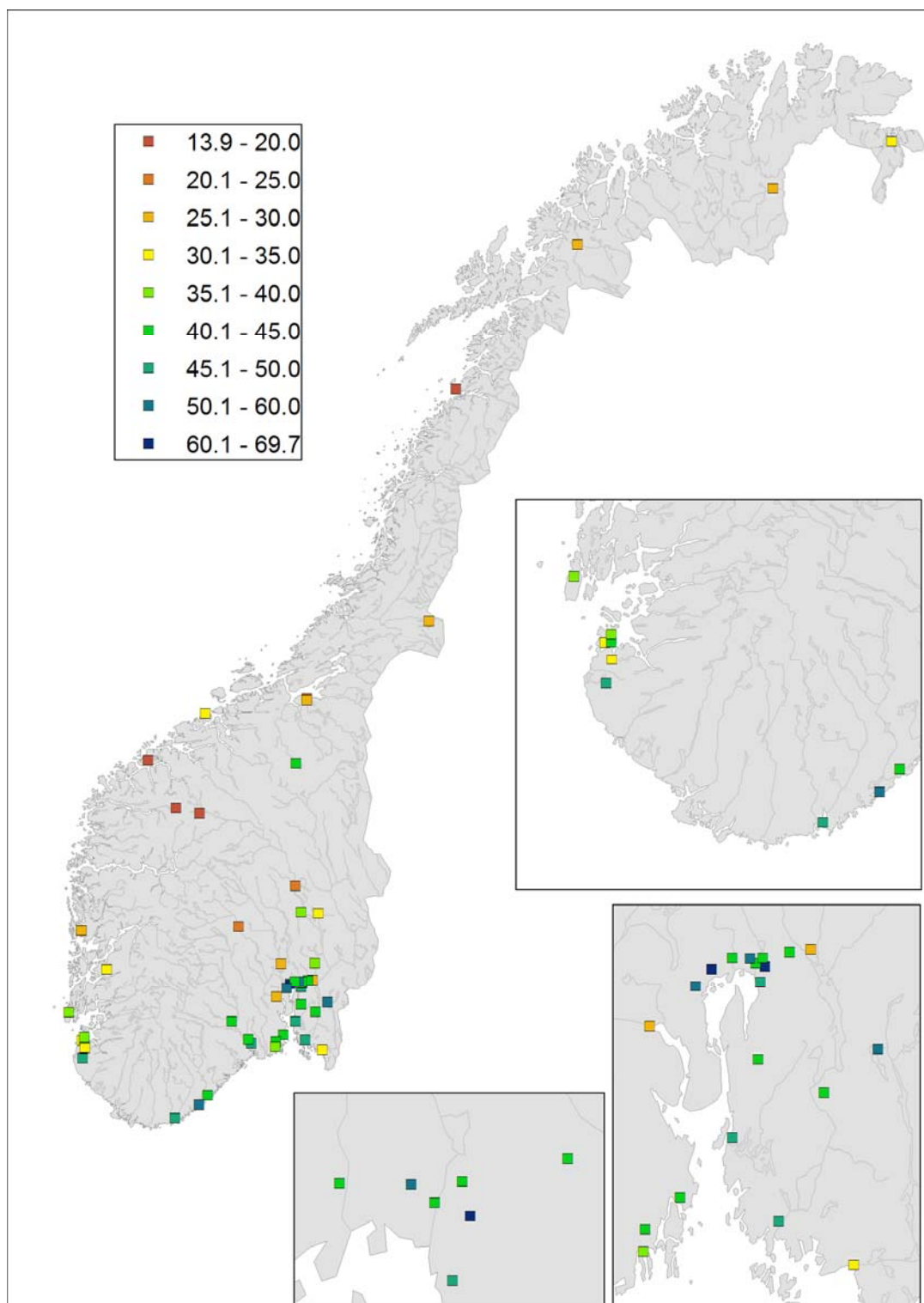
Kartene i Figur 4.2 – 4.6 viser estimat av punktverdier av nedbør med en returperiode på 200 år for ulike varigheter. Det er laget egne utsnitt for områder med stor stasjonstetthet (Oslo- og Oslofjord-området, samt Sør-Vestlandet). Oversikt over stasjoner det er presentert IVF-verdier for er indikert i Appendiks. For stasjoner med korte måleserier er det stor usikkerhet forbundet med estimerte verdier med så lange returperioder som 200 år. IVF-verdiene er i hovedsak kun beregnet for stasjoner med minst 10 års måleserier, men enkelte stasjoner der statistikken er sterkt influert av «outlier-verdier» er utelatt. Kartene viser at det for 10 og 30 minutter, samt 1 og 2 timer er målesteder i Oslofjordområdet og på Sørlandet som har de høyeste verdiene, mens det for 6 timer også er høye verdier for enkelte stasjoner på Vestlandet.



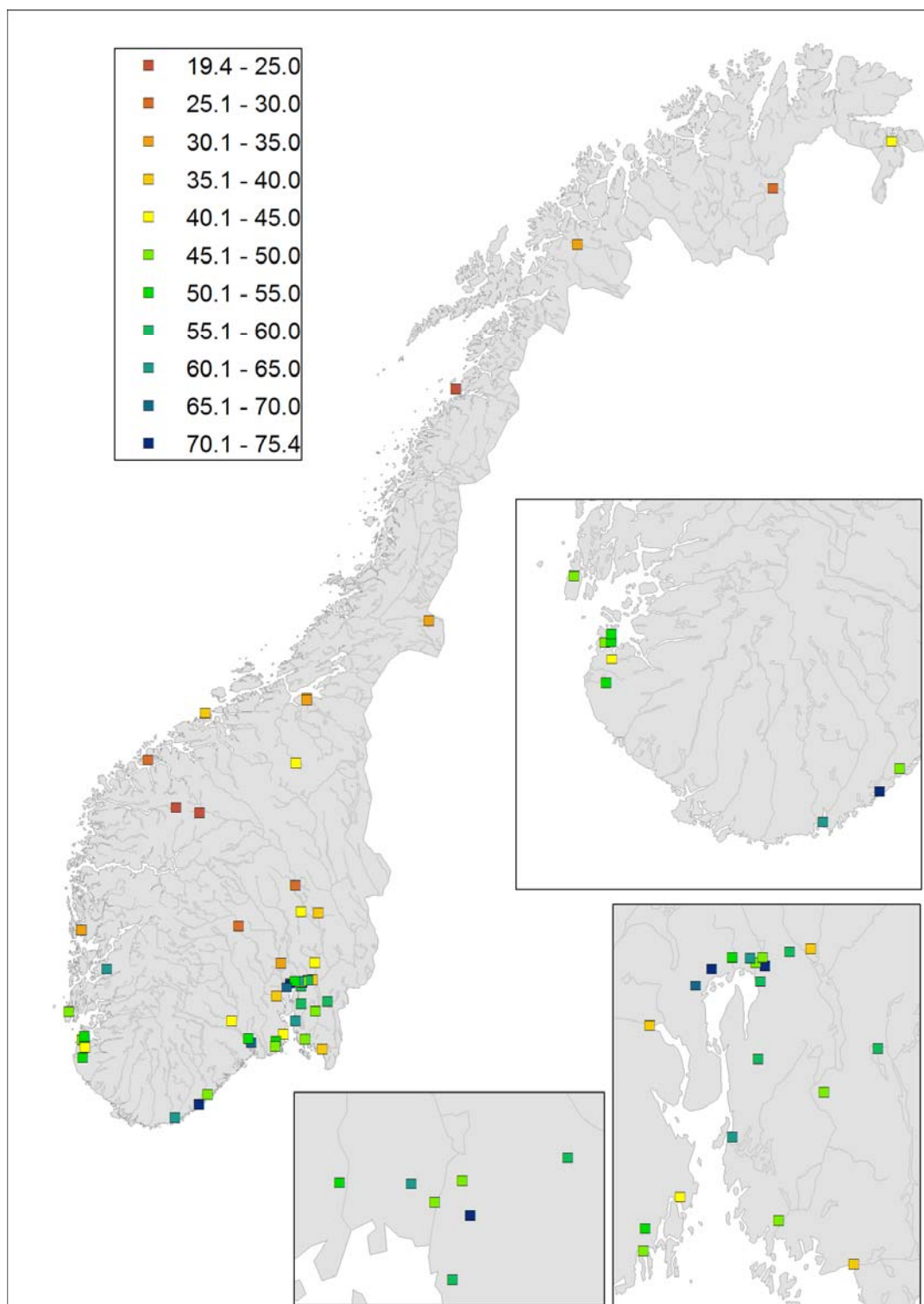
Figur 4.2 Estimat av 10 minutters nedbør (mm) med 200 års returperiode



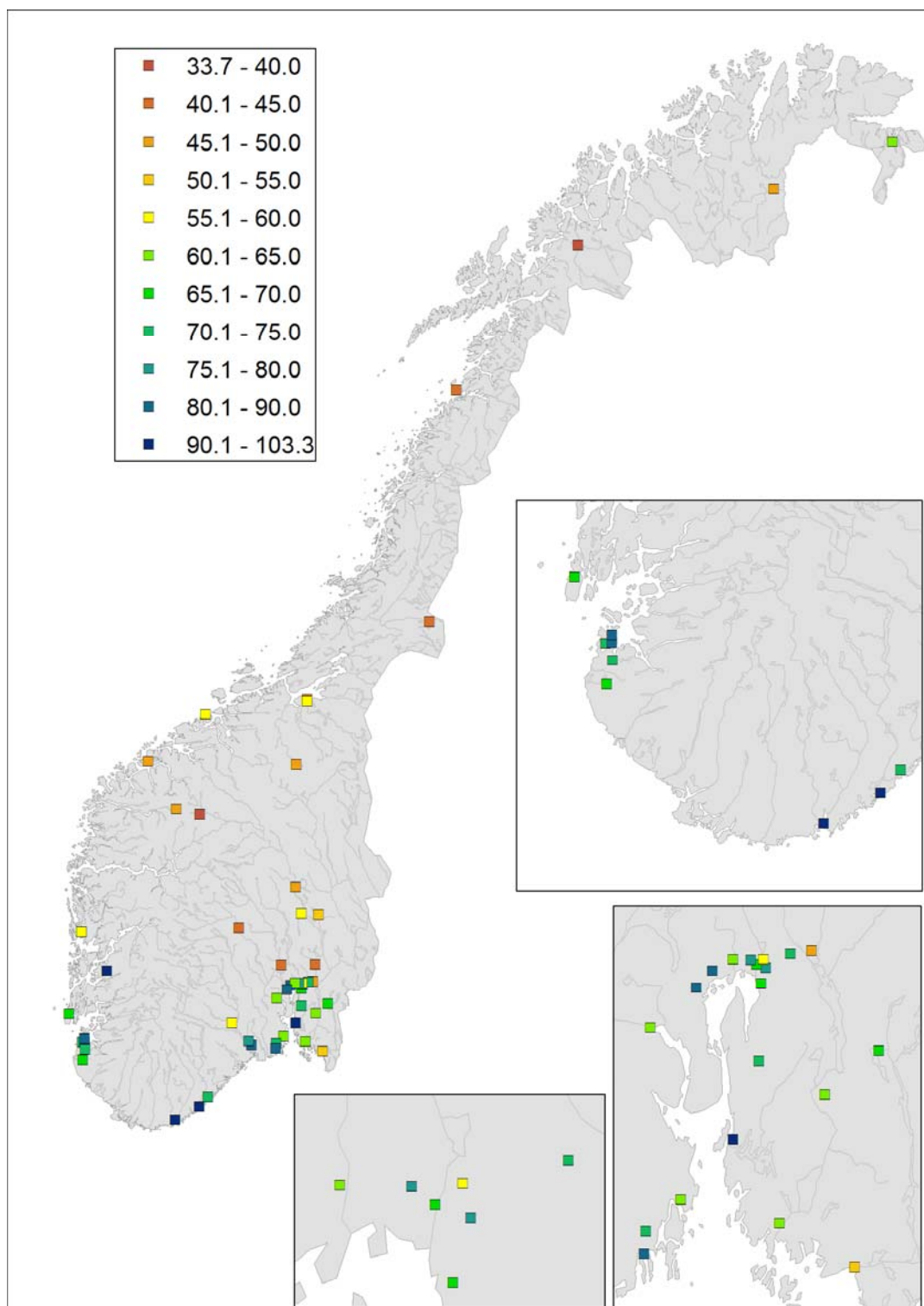
Figur 4.3 Estimert av 30 minutters nedbør (mm) med 200 års returperiode



Figur 4.4 Estimat av 1 times nedbør (mm) med 200 års returperiode



Figur 4.5 Estimert av 2 timers nedbør (mm) med 200 års returperiode



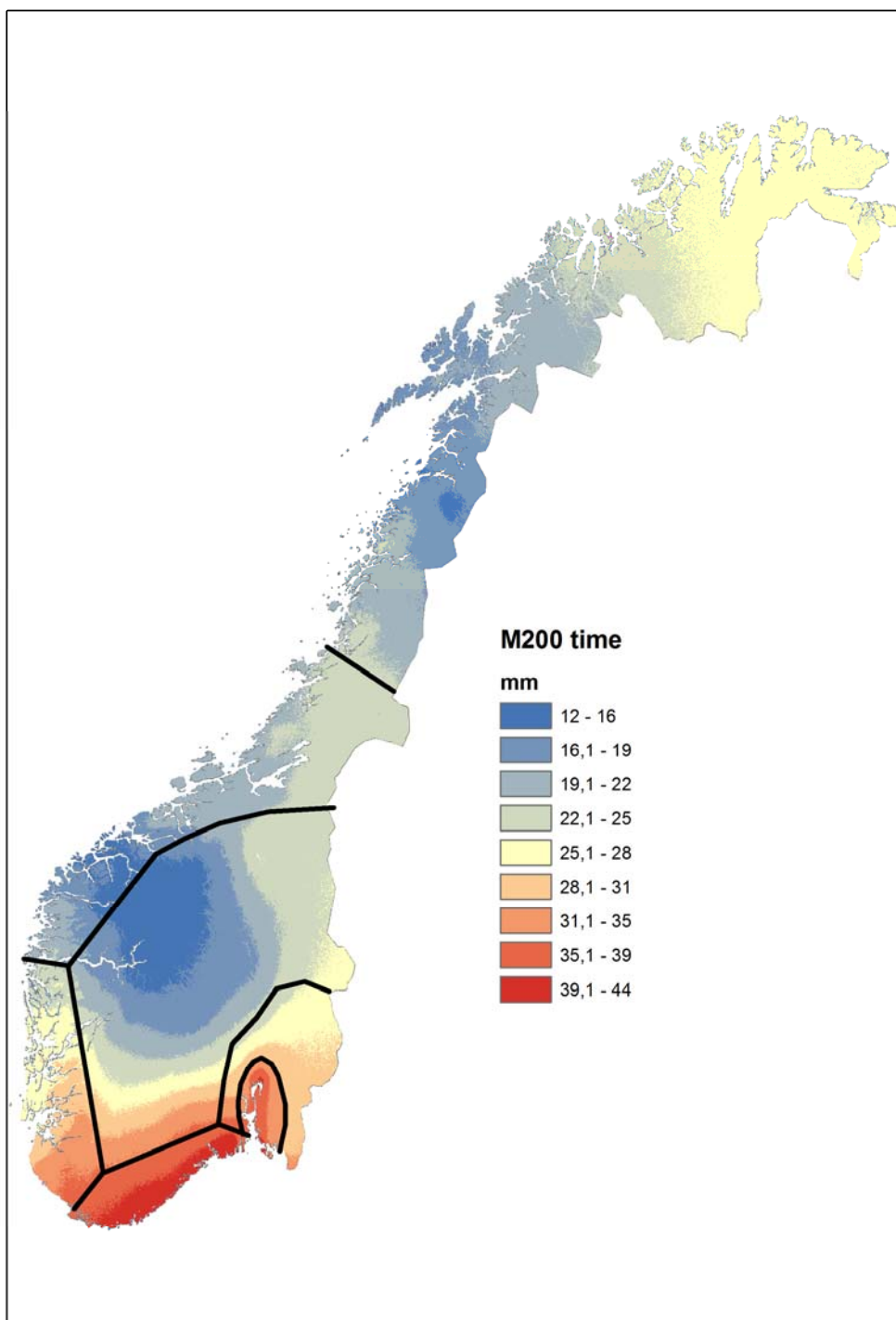
Figur 4.6 Estimert av 6 timers nedbør (mm) med 200 års returperiode

For å sette IVF-verdiene fra enkeltstasjoner inn i en større geografisk sammenheng, undersøkte Dyrddal et al. (2015) sammenhengen mellom returperiode-verdier og ulike geografiske og klimatologiske variable. Både de geografiske og klimatologiske variablene forelå på et 1x1 km nett, og det ble testet hvilken betydning de ulike variablene hadde for parametrene i ekstremverdifordelingen GEV («Generalized Extreme Value Distribution»). Flere detaljer om denne analysen finnes i Dyrddal et al., (2015). Resultatene fra analysen viste at gjennomsnittlig sommernedbør og gjennomsnittlig sommertemperatur, sammen med breddegrad var de viktigste variablene for å beskrive den geografiske fordelingen av returperiode-verdier for 1 og 3 timers nedbør.

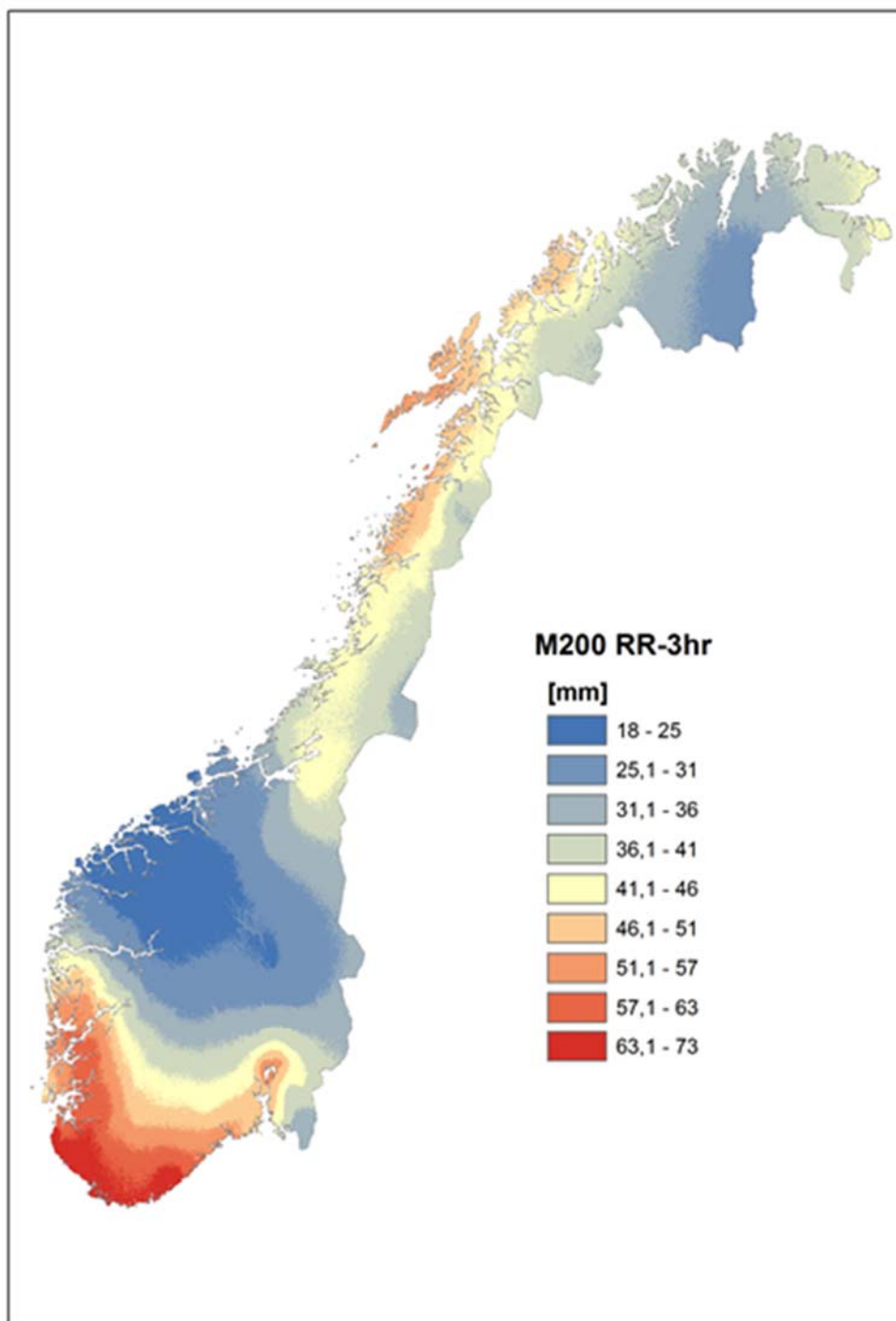
Ved å benytte denne romlige sammenhengen mellom intens nedbør og ulike variable på kart med 1x1 km oppløsning, ble det utarbeidet detaljerte kart for nedbør med ulike varigheter og returperioder; - se eksempler i Figur 4.7 og 4.8. Den utviklede modellen er meget fleksibel; - det kan benyttes andre variable, og oppdaterte observasjoner kan legges til etter hvert som de blir tilgjengelige. Modellen gir også et mål for usikkerheten. Generelt er usikkerheten størst i områder der det er få målestasjoner.

Figur 4.7 viser høye 1-times verdier rundt Oslofjorden og langs Sørlands-kysten. For 3-timers verdier (Figur 4.8) er de høyeste verdiene forskjøvet mot vestlige deler av Sørlandskysten og Sør-Rogaland. Nord for dette området er verdiene lavere, men med en tendens til litt høyere 3-timers verdier langs kysten av Nordland og Troms. Årsaken til at den geografiske fordelingen av IVF-verdier henger sammen med sommernedbør, sommertemperatur og breddegrad, er trolig at luftmassenes evne til å holde på fuktighet øker med økende temperatur. De høye verdiene nær kysten rundt Oslofjorden og Sørlandet skyldes trolig høy sjøtemperatur og dermed stor tilgang på fuktig luft fra fordampning over sjøområder.

Kartene i Figur 4.7 og 4.8 er basert på et spinkelt datagrunnlag, og gir derfor bare et tentativt bilde av nedbørverdier med 200-års returperiode. Etter hvert som datagrunnlaget forbedres, vil denne metodikken for å kartlegge geografisk fordeling av påregnelige nedbørintensitet gi mer robust grunnlag for IVF-estimat enn verdier fra nærliggende enkeltstasjoner. Men med det nåværende datagrunnlag er det inntil videre IVF-verdier fra enkeltstasjoner som gir det beste dimensjoneringsgrunnlaget. I kapittel 4.3 er det derfor gjort forsøk på å gruppere IVF-verdiene fra enkeltstasjoner i ulike regioner.



Figur 4.7 Geografisk fordeling av 1 times nedbør med 200-års returperiode
(De skisserte regiongrensene er forklart i kap. 4.3)

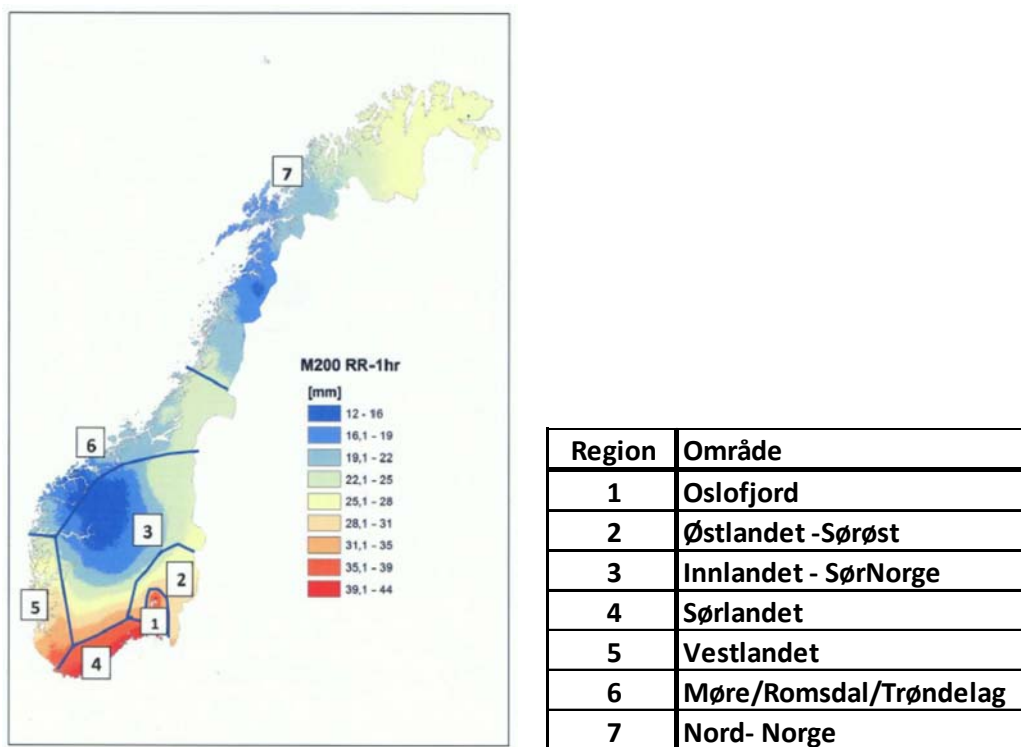


Figur 4.8 Geografisk fordeling av 3-timers nedbør med 200-års returperiode

4.3 Regionale Intensitet-Varighet-Frekvens (IVF) verdier

IVF-verdiene for enkeltstasjoner kan være påvirket av lite representative nedbørintensiteter i perioden stasjonene var i drift (f.eks. i perioder med mange / få heftige nedbørhendelser), og av lokale «outliere» som fører til lite representativ IVF-statistikk. Ettersom pluviometerseriene er forholdsvis korte (de lengste ~50 år), er det som nevnt i kapittel 4.1 heller ikke gitt at 200-års returverdiene gir et representativt bilde av påregnelige nedbørverdier for så lang returperiode.

For å få et mer robust mål for «regionale IVF-verdier», er det derfor gjort et forsøk på å gruppere IVF-kurvene for 200-års returperiode i ulike regioner. Inndelingen er dels basert på den geografiske fordelingen av 1-times nedbør i Figur 4.7, og dels på kurveforløpet for 200-års returverdier for varighet 1 minutt til 24 timer for hver av målestasjonene. IVF-verdiene for serier lenger enn 10 år ble etter dette delt inn i syv regioner, se Figur 4.9 (For Oslofjord-området var stasjonsdekningen så god at kun serier lenger enn 15 år var med i grupperingen). For å kunne gruppere samtlige IVF-serier, og samtidig unngå for mange grupper, dekker region 3, 6 og 7 store områder. I store deler av disse områdene er det lav stasjonstetthet, og derfor vanskelig å avdekke lokale variasjoner.



Figur 4.9. Tentativ regioninndeling av IVF-serier for 200 års returperiode

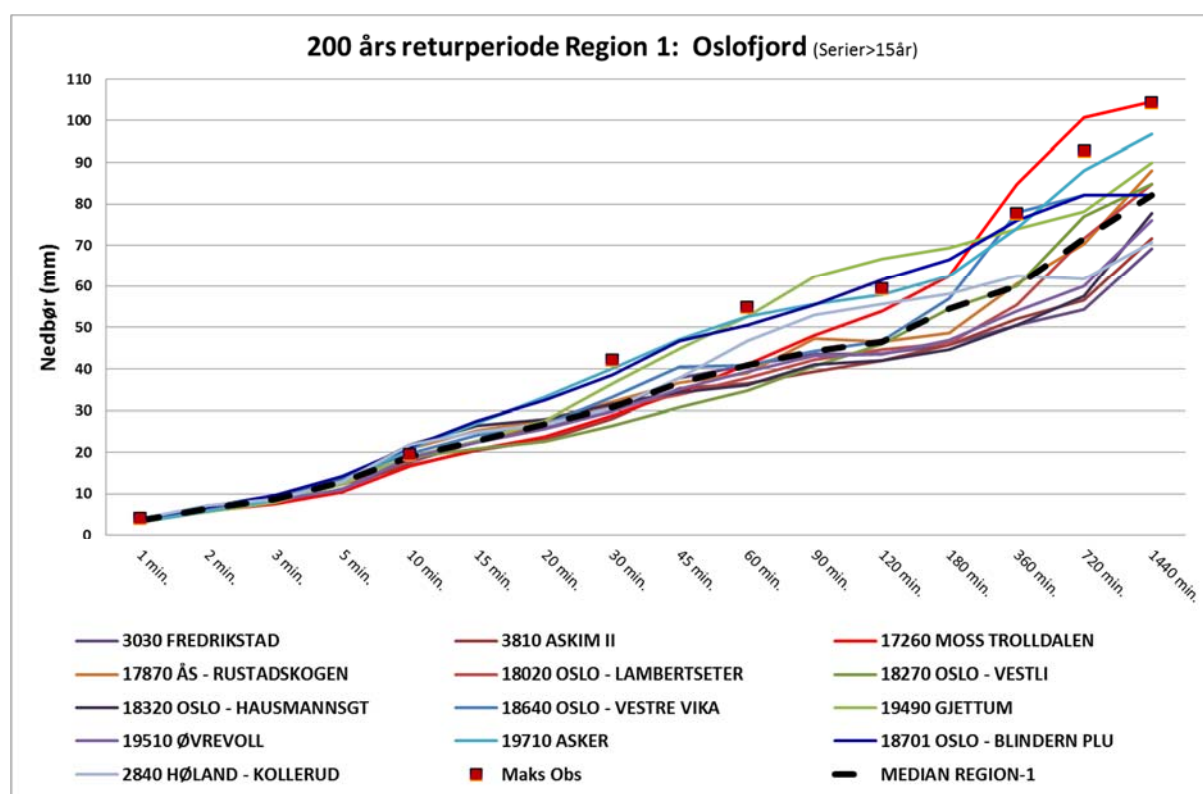
Ensemblet av IVF-kurver for hver av regionene (Figur 4.10 – 4.16) gir et mål for spredning av 200-års IVF-verdier, samt en indikasjon av høyeste og laveste 200 års returperiode-verdi i regionen. I figurene er det også markert høyeste registrerte nedbørverdier for en del varigheter. Disse maksimalverdiene er oppsummert i tabell 4.3

Tabell 4.3 Høyeste registrerte nedbørverdier (mm) i ulike IVF-regioner

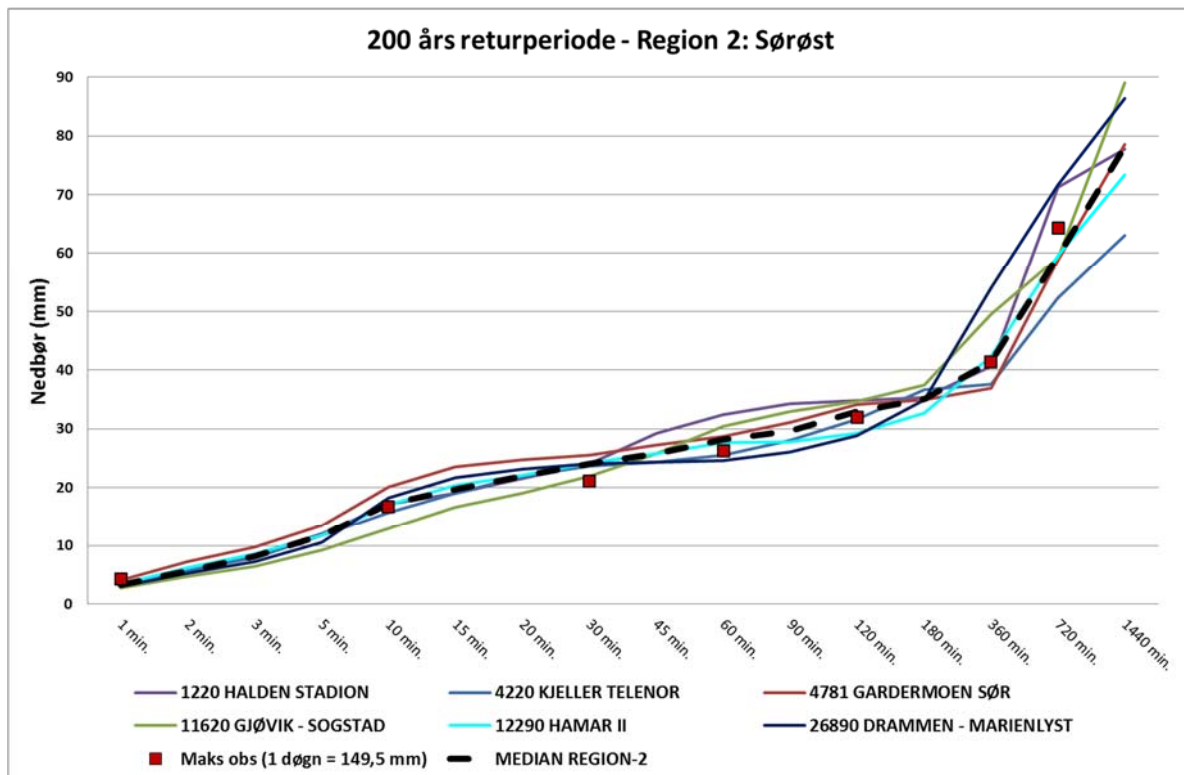
Region	Varighet									
	1 min	10 min	30 min	1 time	1 time (vekt)*	2 timer	6 timer	12 timer	24 timer	1 døgn** (manuell)
1	4,1	19,5	42,0	54,9	49,8	59,3	77,7	92,7	104,8	104,3
2	4,3	16,7	21,1	26,2	32,0	28,4	41,4	64,3	81,4	149,5
3	2,6	15,0	18,7	25,6	30,9	27,4	48,4	58,6	77,4	113,2
4	3,8	19,9	32,6	44,9	32,8	64,4	87,4	121,0	143,4	173,2
5	3,3	17,8	38,1	41,9	42,1	47,2	83,2	144,0	159,6	229,6
6	4,3	25,5	28,3	28,9	27,3	29,1	41,9	67,6	87,8	178,5
7	3,6	11,3	16,1	22,4	21,6	30,0	60,4	84,6	113,8	184,3

* 1-times verdiene fra vektpluviometer er justert opp med en faktor på 1,12 (se kapittel 2.1).

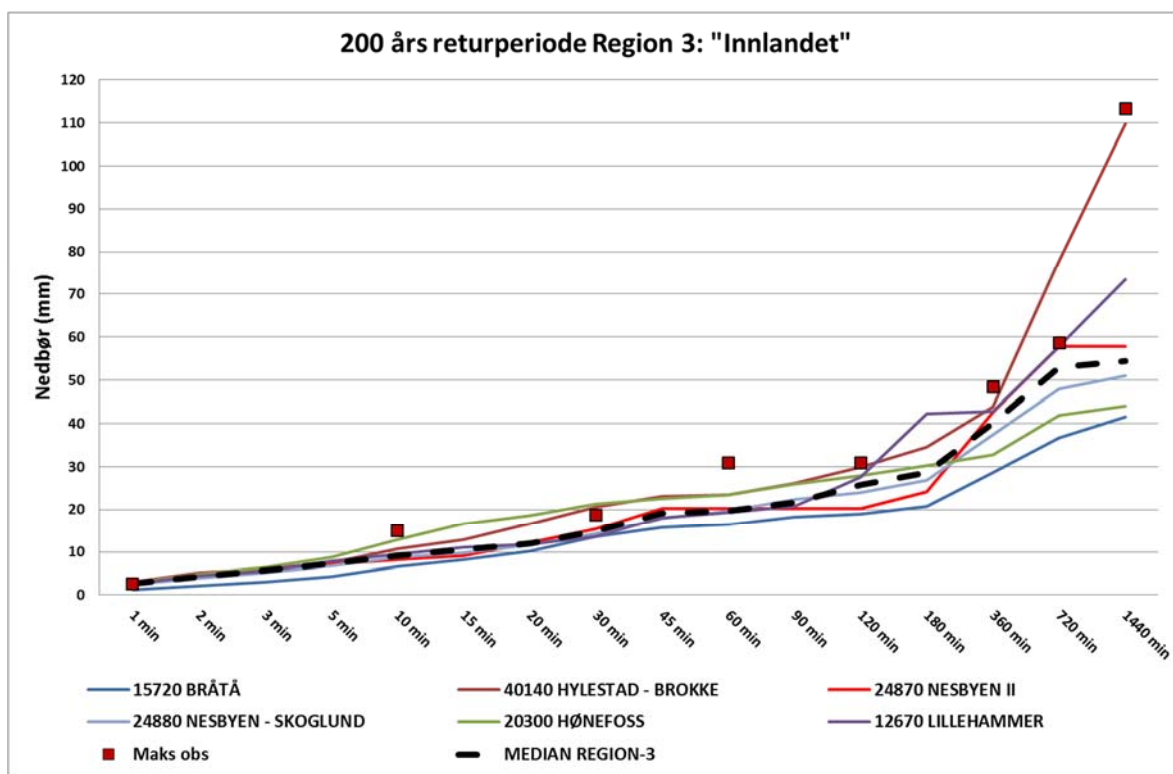
** Verdier fra METs manuelle målestasjoner (data fra 1895-dd).



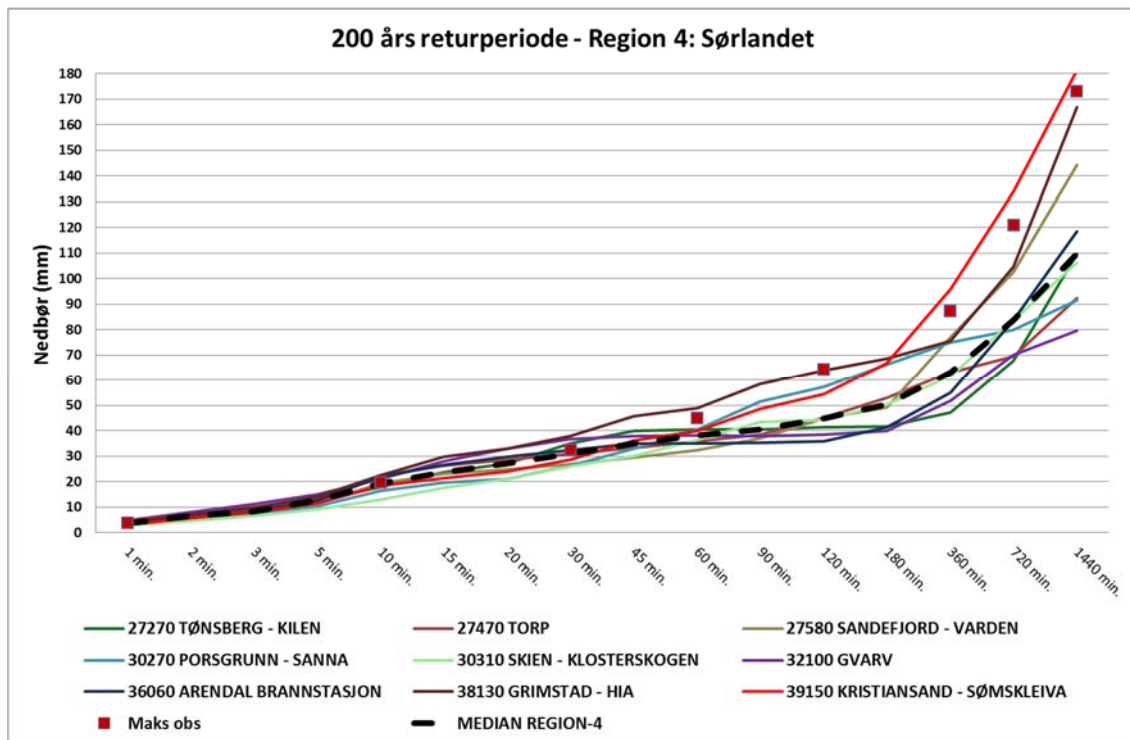
Figur 4.10. IVF-verdier for 200 års returperiode for 13 stasjoner i Region 1: «Oslofjord»



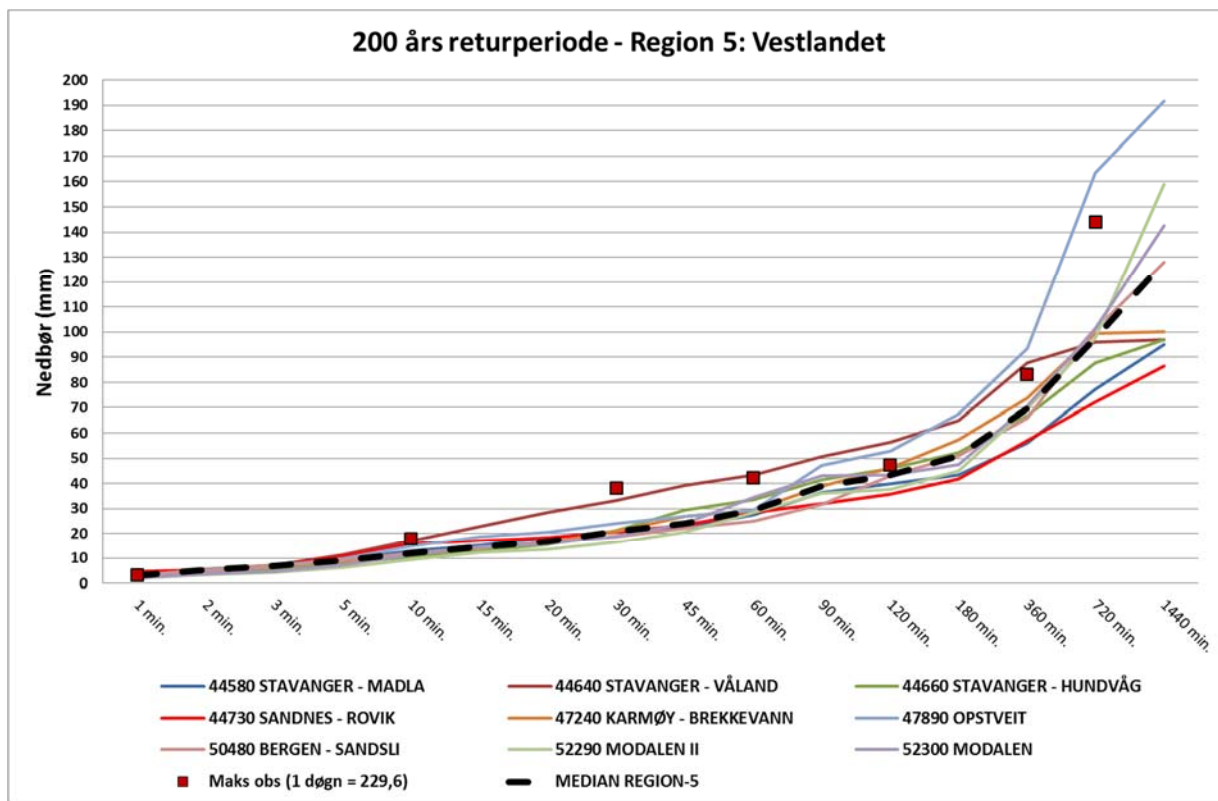
Figur 4.11 IVF-verdier for 200 års returperiode for 6 stasjoner i Region 2: «Østlandet SØ»



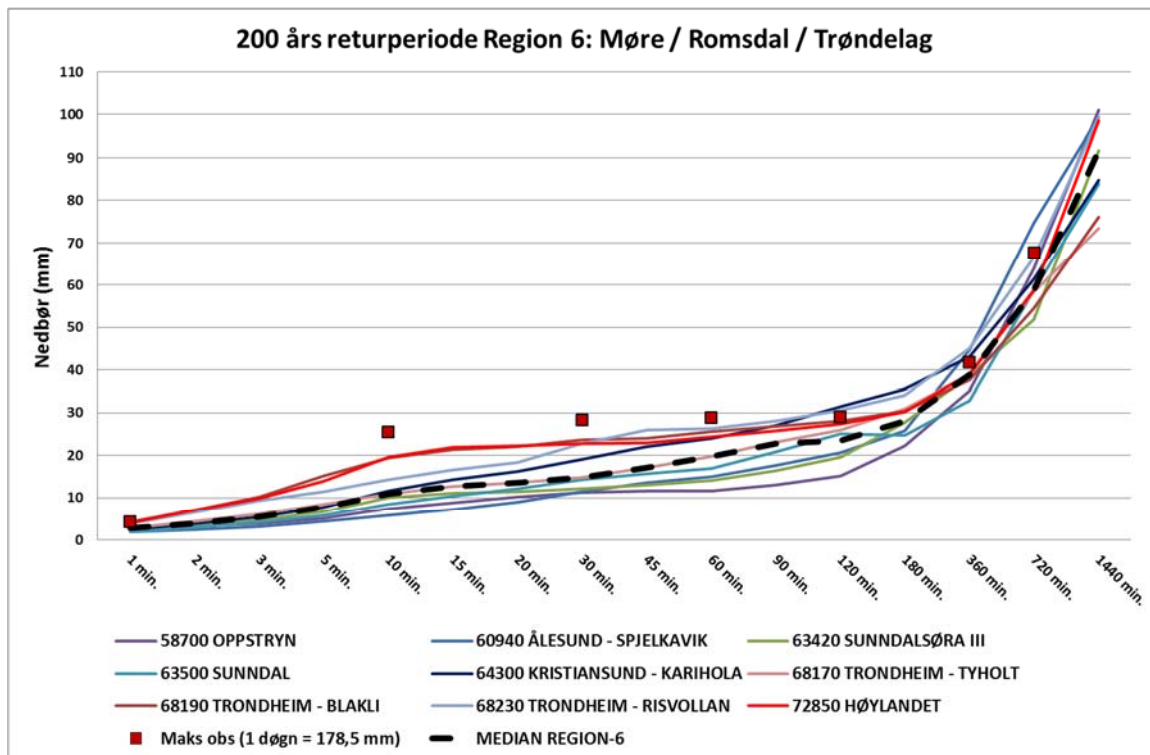
Figur 4.12 IVF-verdier for 200 års returperiode for 6 stasjoner i Region 3: «Innlandet»



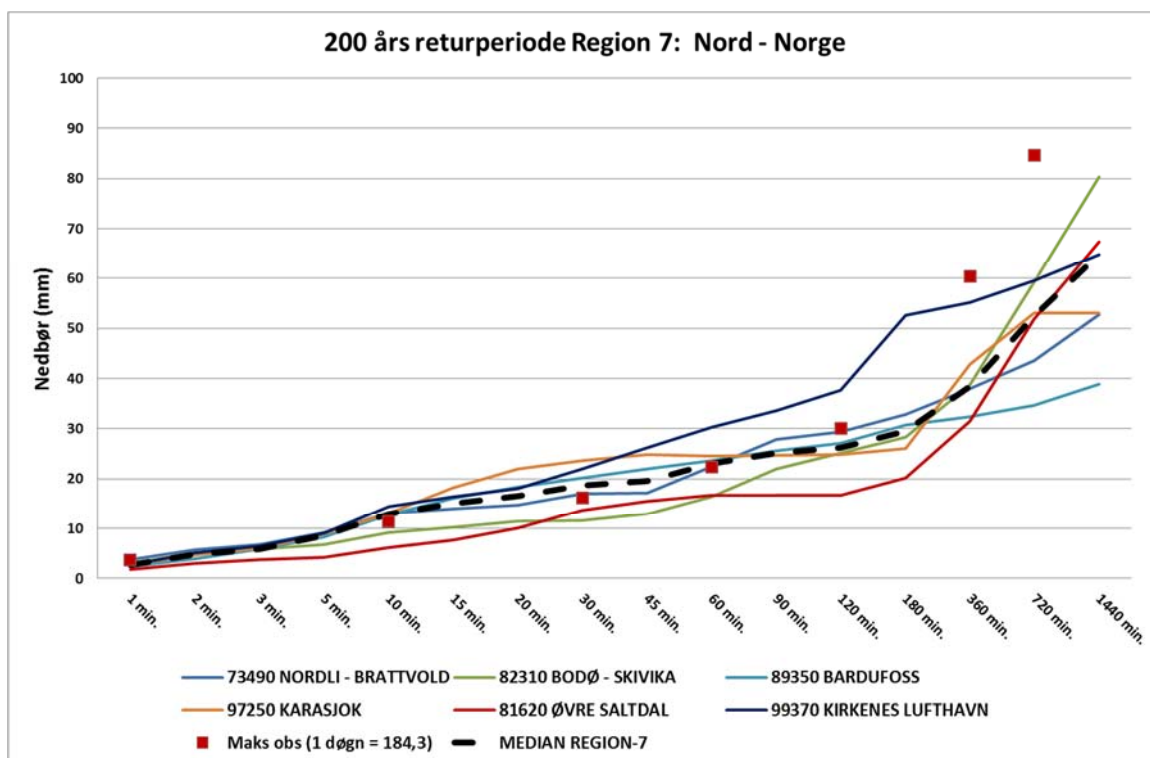
Figur 4.13 IVF-verdier for 200 års returperiode for 9 stasjoner i Region 4: «Sørlandet»



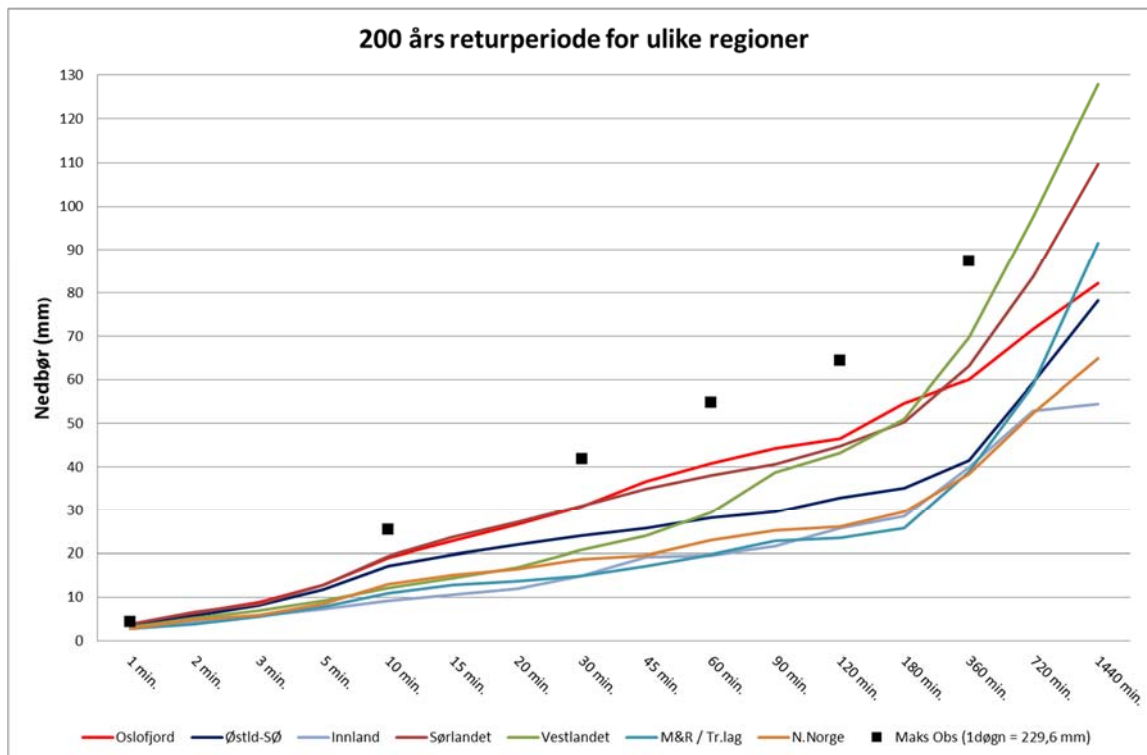
Figur 4.14 IVF-verdier for 200 års returperiode for 9 stasjoner i Region 5: «Vestlandet»



Figur 4.15 IVF-verdier for 200 års returperiode for 9 stasjoner i Region 6: «Møre/Romsdal/Trøndelag»



Figur 4.16 IVF-verdier for 200 års returperiode for 6 stasjoner i Region 7: «Nord-Norge»



Figur 4.17 Medianverdi av nedbørintensitet med 200 års returperiode for ulike regioner. Svart firkant viser høyeste registrerte nedbørverdi for norske målestasjoner.

Tabell 4.4. Medianverdi for nedbørmengde (mm) med 200-års returperiode

Varighet	Region						
Minutter	1	2	3	4	5	6	7
1	3,6	3,3	2,7	3,8	3,0	2,8	2,7
2	6,4	5,7	4,3	6,5	5,2	3,8	4,8
3	8,8	8,2	5,7	8,4	6,9	5,5	5,9
5	12,8	11,8	7,3	12,7	9,2	7,7	8,5
10	19,0	17,2	9,2	19,4	12,0	10,9	12,9
15	22,8	19,7	10,5	23,7	14,4	12,7	15,1
20	26,7	22,0	12,0	27,2	16,8	13,6	16,5
30	30,8	24,1	14,8	30,9	20,8	14,8	18,6
45	36,6	25,8	19,2	34,9	24,1	17,1	19,5
60	40,8	28,2	19,6	38,1	29,4	19,7	23,0
90	44,2	29,6	21,6	40,6	38,8	22,8	25,2
120	46,5	32,9	25,8	44,8	43,3	23,5	26,2
180	54,6	35,1	28,6	50,4	51,0	25,8	29,5
360	60,0	41,5	40,0	63,1	69,8	38,9	38,4
720	71,7	59,4	53,0	83,8	97,6	58,8	52,5
1440	82,1	78,2	54,5	109,7	127,9	91,6	64,8

Basert på ensemblen av IVF-verdier, ble det for hver region beregnet en median IVF-kurve; se Figur 4.17 og tabell 4.4. I Figur 4.17 er også de høyeste registrerte verdier i Norge markert.

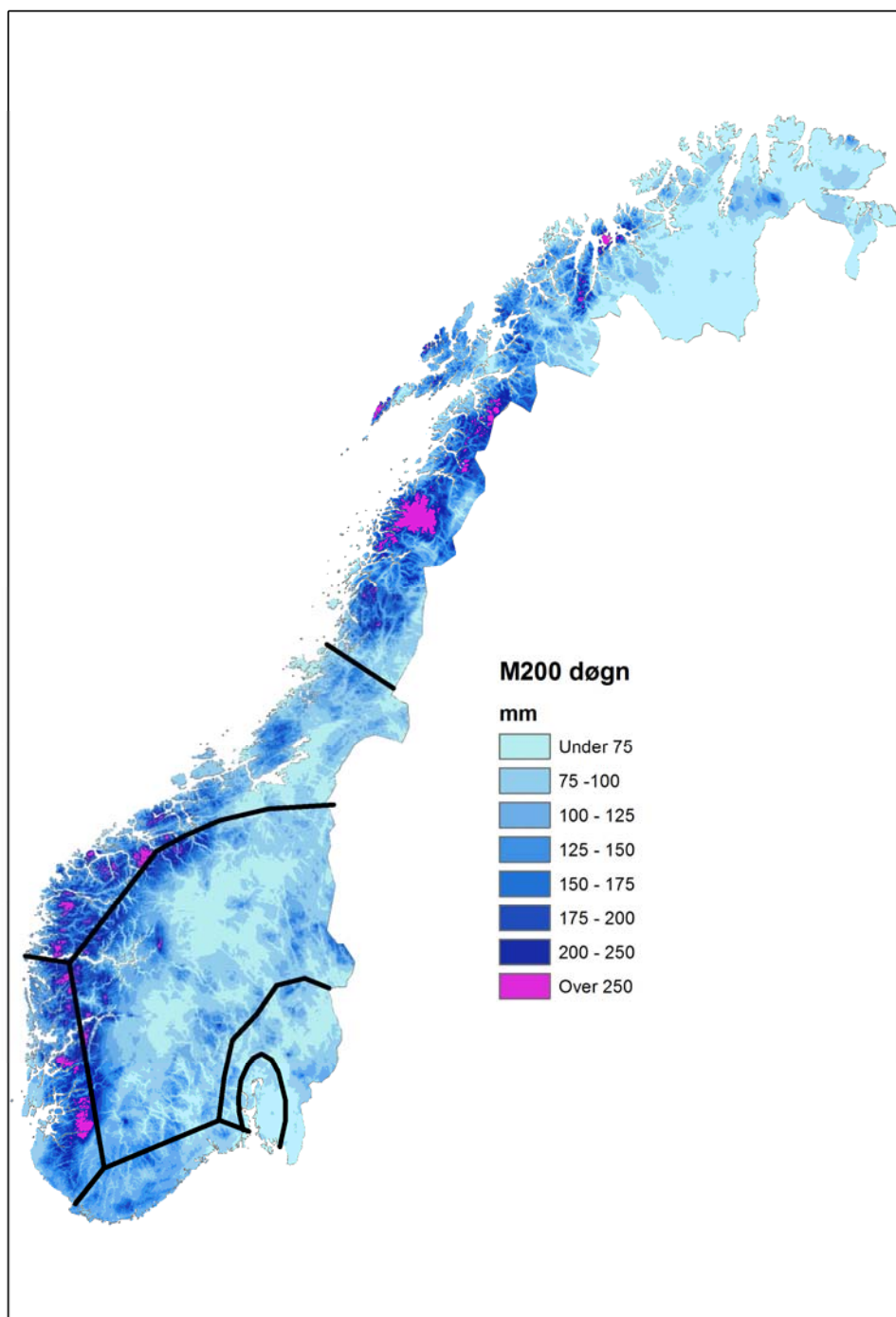
For varigheter fra 1 minutt og opp til ca. 4 timer er det Oslofjord (Region 1 (R1)) og Sørlandet (R4) som har de høyeste verdiene. For varigheter over 4 timer har Sørlandet høyere verdier enn Oslofjord-området. Også Østland-SØ (R2) har høye verdier opp til ca. 10 minutters varighet, men for lenger varigheter er verdiene for denne regionen vesentlig lavere enn for Oslofjord- og Sørlands-regionene. Vestlandet (R5) har de høyeste verdiene for varigheter over ca. 4 timer, men lavere verdier enn Region 1, 2 og 4 for korte varigheter. Regionene «Innland» (R3), Møre/Romsdal/Trøndelag (R6) og Nord-Norge (R7) har om lag samme verdier opp til ca. 12 timers varighet. Forhold som påvirker den geografiske fordelingen av IVF-verdier er diskutert i kapittel 4.2.

Det fremgår av Figur 4.17 at de høyeste målte verdier i Norge ligger vesentlig høyere enn mediankurvene for regionene, mens figur 4.10-4.16 viser at det i de fleste regioner er enkeltstasjoner med 200-års verdier på samme nivå som de høyeste målte verdier. Private målinger indikerer verdier som er langt høyere enn det som er registrert på METs målestasjoner (se kapittel 6 og tabell 3.3). Men det er ikke i motstrid med IVF-statistikk at det selv for stasjoner med korte måleserier kan forekomme intensiteter som langt overskrider 200-års returperiode estimatene, se tabell 4.1.

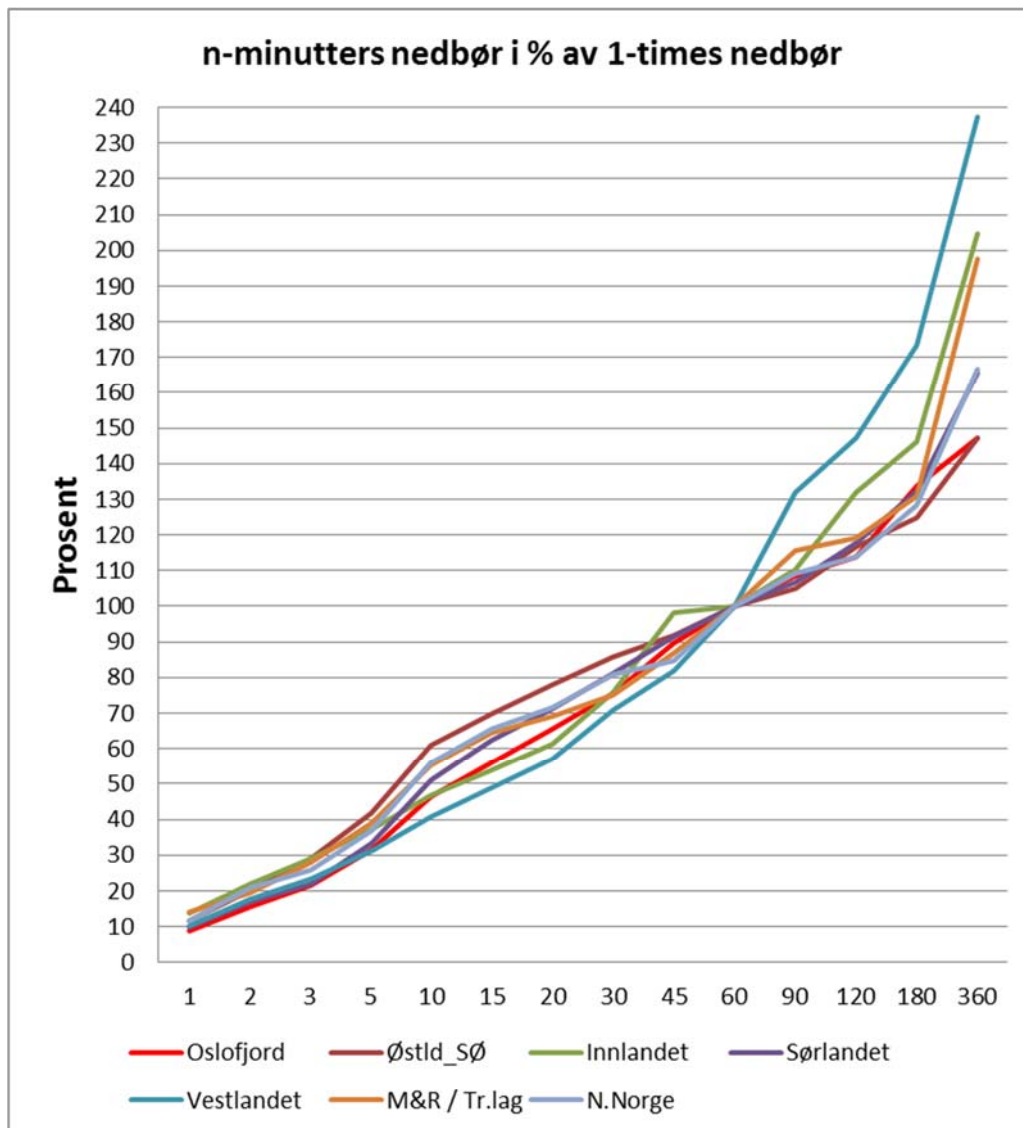
4.4 Nedbør for ulike varigheter som funksjon av 1- og 24-t nedbør

I denne rapporten har vi fokusert på korttidsnedbør fra automatiske nedbørstasjoner. Meteorologisk institutts manuelle nedbørstasjoner; - med måling én gang per døgn, - gir imidlertid langt bedre stasjonsdekning og vesentlig lenger dataserier enn pluviometerstasjonene. For nedbør med varighet ≥ 1 -døgn er det gjennom en årrekke beregnet påregnelige nedbørverdier med ulike returperioder både fra enkeltstasjoner (Førland, 1992) og fra griddede kart (Dyrørdal et al., 2014). Ett eksempel på kart over 1-døgns nedbør med returperiode på 200 år er vist i Figur 4.18.

For å gi grovestimat av dimensjonerende nedbørverdier for andre varigheter enn 1-time og 1-døgn, er det analysert hvor stor andel av 1-times (24-timers) nedbør som faller i løpet av ulike varigheter. Til disse beregningene er det benyttet regionverdiene vist i figur 4.17 og Tabell 4.4.

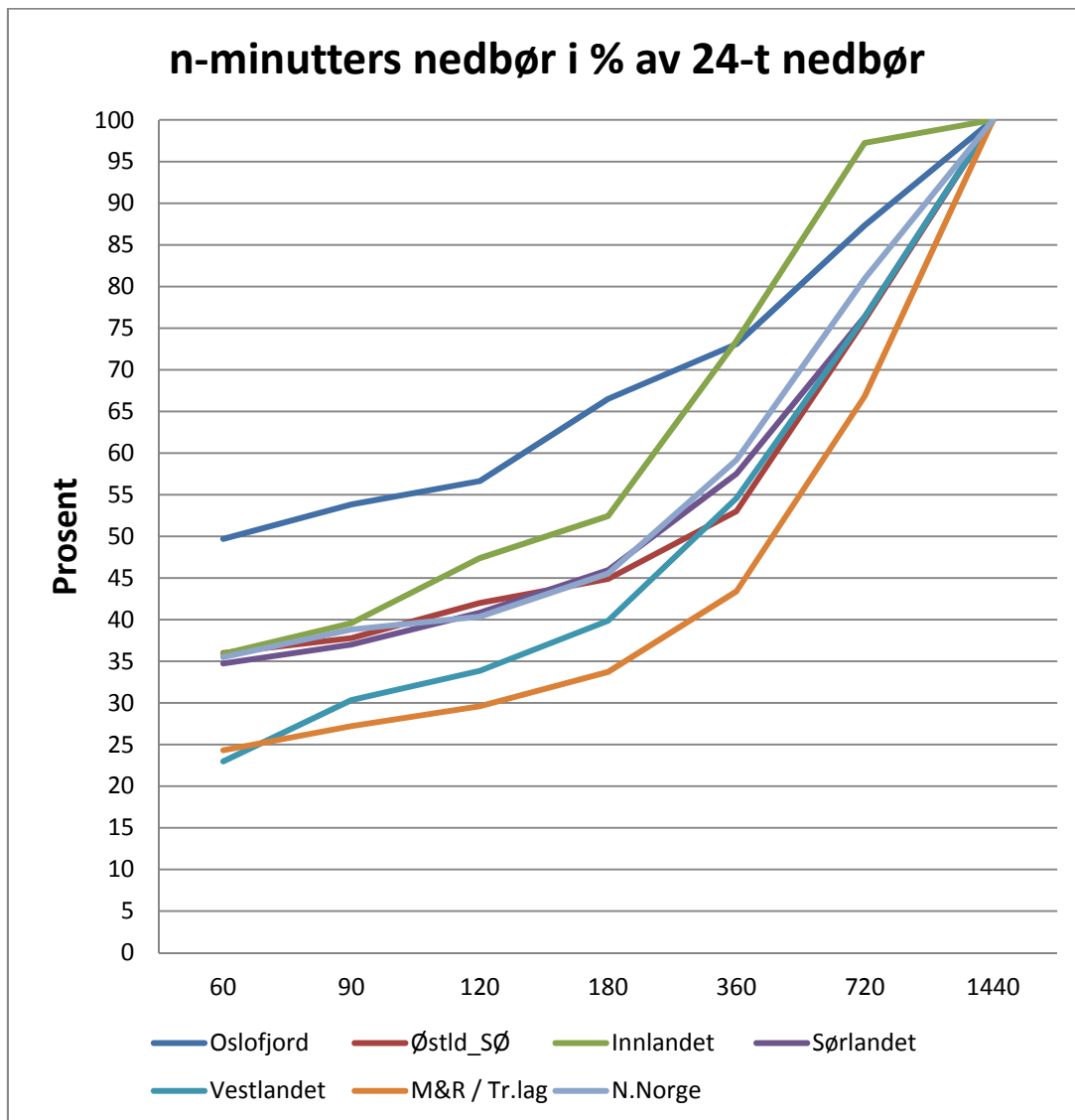


Figur 4.18 Ett-døgns nedbør med 200-års returperiode. Datagrunnlag er METs manuelle vær- og nedbørstasjoner, og er basert på målinger i nedbørdøgnet kl 08-08. Førland (1992) anbefalte en faktor på 1,13 for å justere påregnelige verdier fra 1-kalenderdøgn til vilkårlige 24-timer. For regiongrenser, se kapittel 4.2.



Figur 4.19. 200-års nedbør i løpet av 1-360 minutter i prosent av nedbør i løpet av 60 minutter. Kurvene er basert på de regionvise medianverdiene i Figur 4.17 / tabell 4.4

Figur 4.19 viser at for nedbør med returperiode på 200 år utgjør 1-minutts verdien ca. 10-15 % av 1-times verdien, mens 10 minutters nedbøren utgjør 40-60 %. Opp til 1-time er det Vestlandet som har de laveste prosentverdiene, mens sørøstlige deler av Østlandet har de høyeste verdiene. For sistnevnte region er nedbørverdien for 30 minutters varighet 85 % av 1-times verdi. For varigheter over 1 time har Vestlandet de høyeste prosent-verdiene; - påregnelig 6-timers nedbør utgjør 240 % av 1-times verdien, mens den på Østlandet utgjør 140 %. Årsaken til disse forskjellene i kurveforløp er at på Østlandet skyldes en stor del av den mest intense nedbøren byger med kort varighet. På Vestlandet kan det derimot; - i vær-situasjoner med høy fuktighet og kraftig pålandsvind, - være relativt høy nedbørintensitet over lengre varigheter.



Figur 4.20 Nedbør i løpet av 1 time – 1 døgn i prosent av nedbør i løpet av 1 døgn (1440 minutter). Kurvene er basert på de regionvise medianverdiene i Figur 4.17 / tabell 4.4

Figur 4.20 viser påregnelig 200-års nedbør ned til 1-times varighet som funksjon av 1 døgns (1440 minutter) verdi. Det fremgår at for Oslofjord-regionen er 1-times verdien halvparten av 1-døgns verdien, mens den på Vestlandet og i Møre/Romsdal/Trøndelag utgjør ca. 25 %. Dette er grovestimat;- det kan være store avvik fra mediankurvene innen hver av regionene; - bl.a. fremgår det av Førland (1992) at nedbør for n timer som funksjon av 1-døgns nedbør også avhenger av normal årsnedbør.

4.5 Grovestimat og kvalitetssikring av IVF-verdier

Fra kart over 1-times nedbør (Figur 4.7) og nedbørfraksjonene skissert i Figur 4.19 er det mulig å få et grovestimat av nedbør med 200-års returperiode for ulike varigheter (1 – 360 minutter) for vilkårlige lokaliteter. Tilsvarende kan kartet over 1-døgns nedbør (Figur 4.18) og nedbørfraksjonene i Figur 4.20 benyttes til estimat av 200-års nedbør for varigheter 1 – 24 timer for ulike lokaliteter. NB! Kartet i Figur 4.18 viser påregnelige verdier for 1-kalenderdøgn, og verdiene må multipliseres med en faktor på 1,13 for å justeres til å gjelde for vilkårlige 24-timer (se kapittel 2.1).

Det må understrekes at ovenstående metodikk bare gir grunnlag for meget grove estimat; - det kan være store avvik fra mediankurvene innen hver av regionene. En indikator for spredningen av IVF-verdier innen hver av regionene fremgår av Figur 4.10 – 4.16. I disse figurene er det også vist høyeste observerte verdier for de ulike varighetene.

For kvalitetssikring av IVF-verdier fra lokaliteter i områder med god dekning av pluviometerstasjoner kan Figur 4.10 – 4.16 være et nyttig sammenligningsgrunnlag. For estimat i områder med dårlig stasjonsdekning kan kombinasjon av resultat i Figur 4.7 / 4.19 og 4.18 / 4.20 brukes til å gi et grovestimat. Mer detaljerte retningslinjer for beregning av dimensjonerende verdier for korttidsnedbør er gitt i kapittel 8.

Ved Meteorologisk Institutt pågår det arbeid med å forbedre datagrunnlag og beregningsmetodikk for dimensjonerende korttidsnedbør. Det anbefales derfor å sjekke nettsidene til Klimaservicesenteret (www.klimaservicesenter.no) for å få oppdaterte anbefalinger om beregning av representative IVF-verdier for spesifikke lokaliteter.

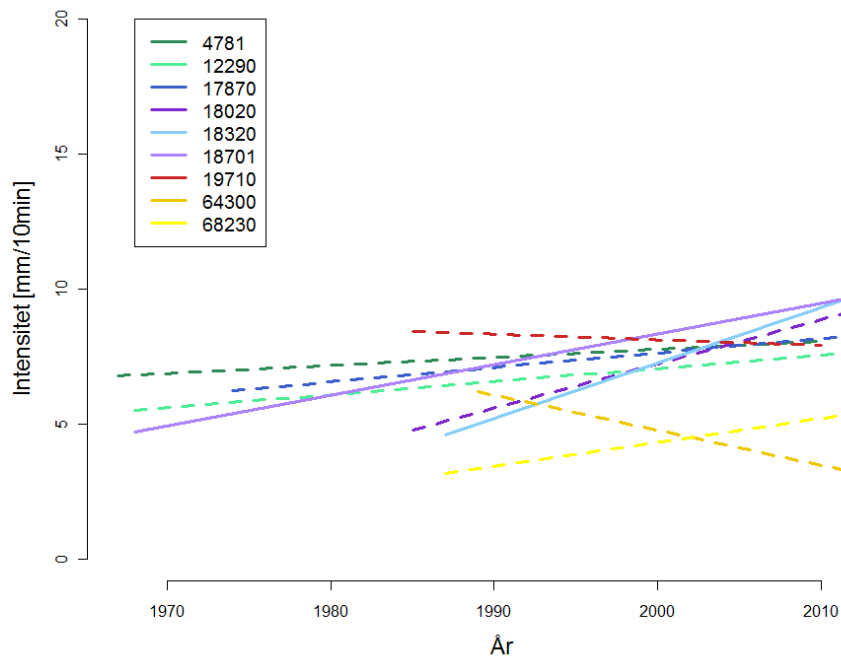
5 Trender for intens nedbør med ulike varigheter

I forbindelse med skadeforebygging og planlegging av infrastruktur er det viktig å vite om det har skjedd endringer i intensitet eller hyppighet av ekstreme nedbørhendelser. Trendanalyser for ekstrem korttids-nedbør kompliseres imidlertid av den relativt korte observasjonsperiode seriene dekker. I denne rapporten er det derfor studert trender både for høyeste årlige nedbørintensiteter og for hyppighet av verdier over visse terskelverdier. For å få med flest mulig serier begrenset vi oss til sommermånedene juni, juli, august, hvor vi også forventer de mest intense nedbørepisodene over kortere varigheter (se bl.a. Dyrddal et al., 2015). For trendanalysene ble følgende kriterier lagt til grunn for utvalget av observasjonsserier (se Tabell 5.1) for varigheter 10 minutter, 30 minutter, og 60 minutter:

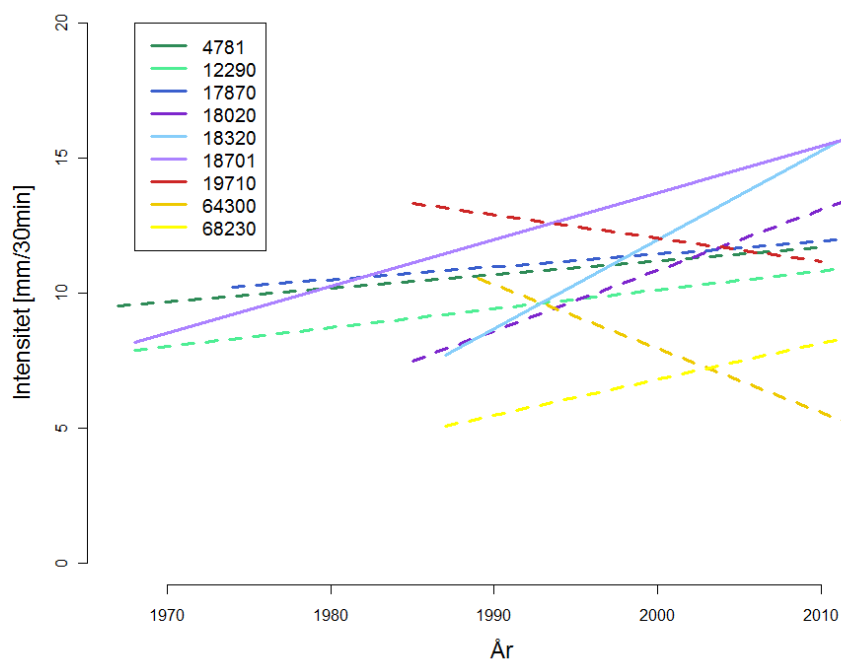
1. Det skal ikke mangle mer enn 2 uker med observasjoner i løpet av sommerperioden.
2. Seriene skal ha minst 15 år med verdier av god kvalitet.
3. Seriene skal ikke ha mer enn 3 år i strekk med manglende verdier og/eller en stor prosent manglende verdier totalt sett.

5.1 Trender for høyeste observerte sommernedbør

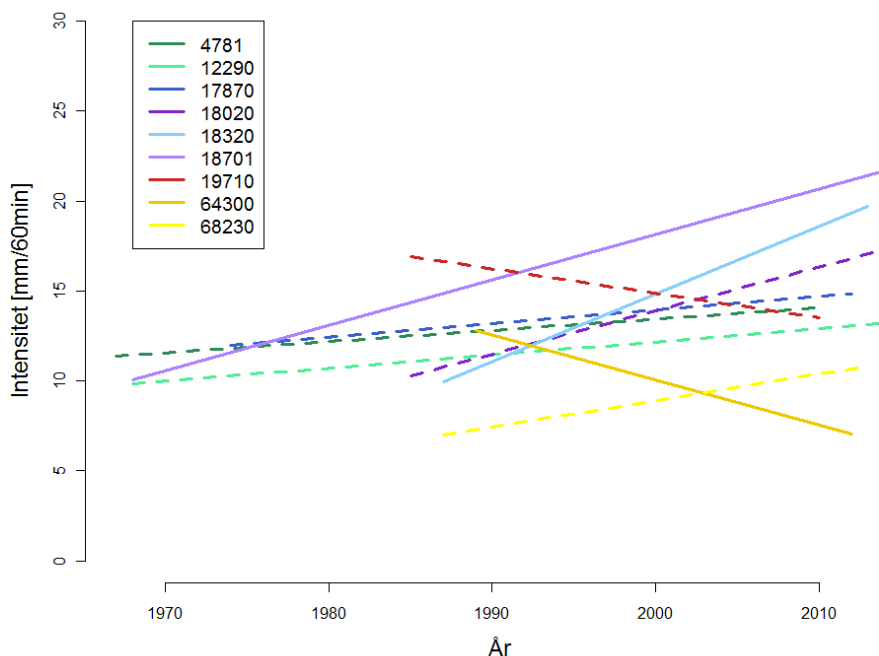
Kun 9 serier for høyeste sommernedbør ble godkjent etter kriteriene over; 7 på Sørøstlandet (st.nr. 04781, 12290, 17870, 18020, 18320, 18701, og 19710) og 2 i Midt-Norge (64300 og 68230). Vi brukte Mann-Kendall trend test ved et 95 % konfidensnivå for å evaluere statistisk signifikans. Asker (19710) og Kristiansund-Kariholma (64300) viser negative trender, mens de 7 andre stasjonene viser positive trender for alle varigheter (Figur 5.1: 10 min, Figur 5.2: 30 min, Figur 5.3: 60 min). Kun Oslo-stasjonene Oslo-Blindern (18701) og Oslo-Hausmannsgt (18320) har signifikante positive trender for alle varigheter, mens Kristiansund-Kariholma (64300) har signifikant negativ trend for varighet 60 minutter.



Figur 5.1 Sommernedbør i løpet av 10 min – Trend for høyeste observerte verdi per år. Hel(stiplet) linje indikerer (ikke) signifikant trend ved et 95 % konfidensnivå



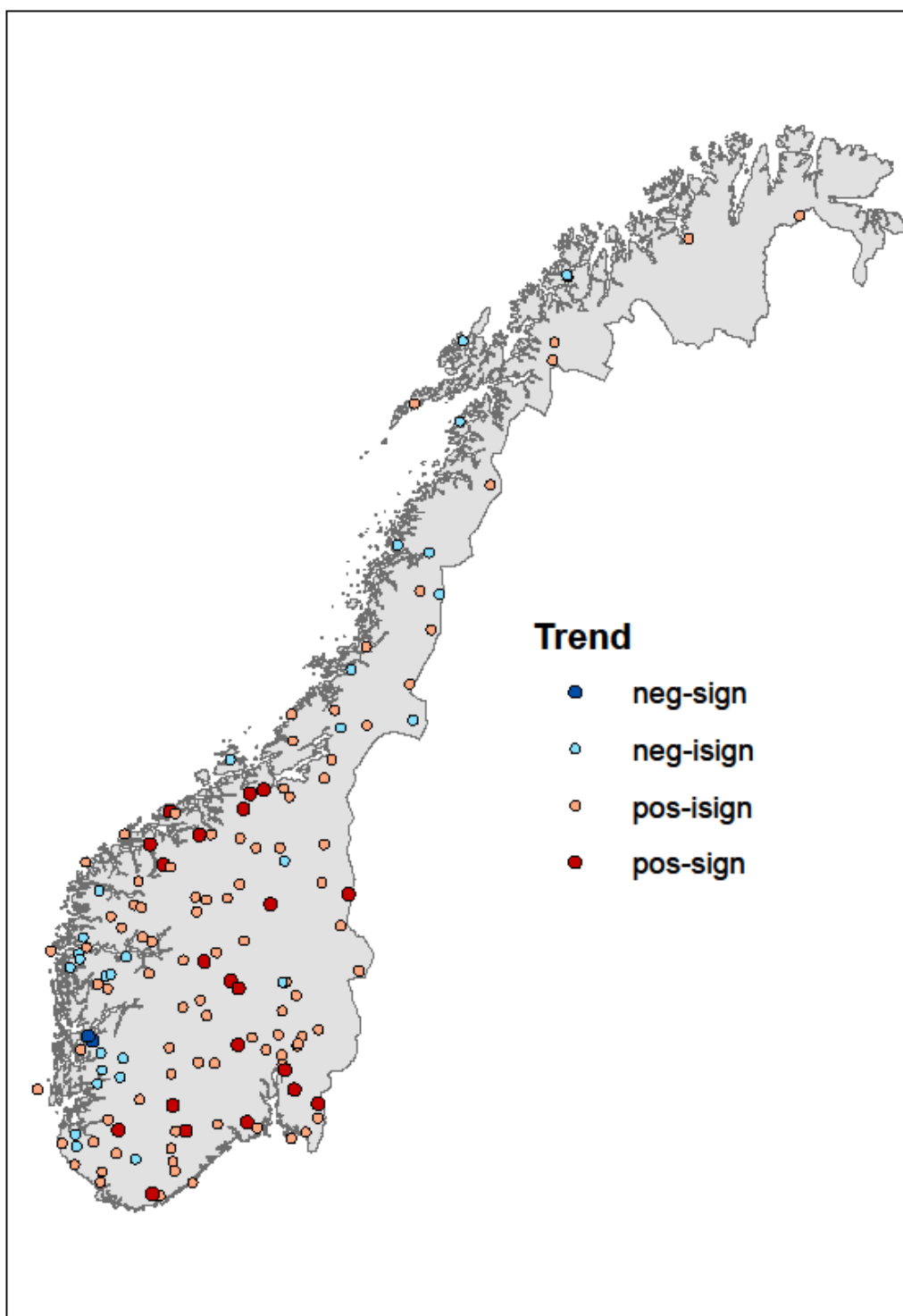
Figur 5.2 Sommernedbør i løpet av 30 min – Trend for høyeste observerte verdi per år



Figur 5.3 Sommernedbør i løpet av 60 min – Trend for høyeste observerte verdi per år

På grunn av det begrensede antall serier med nedbør av varighet under ett døgn, er det vanskelig å få en oversikt over den romlige fordelingen av trender for ulike varigheter. For 1-døgns nedbør finnes det derimot langt flere lange dataserier fra manuelle målestasjoner. For å få et sammenligningsgrunnlag med trendene fra pluviometer-seriene analyserte vi derfor trender i sommermånedene juni-august for 142 serier med døgnsnedbør for samme periode som det finnes pluviometerdata; - dvs. perioden 1968-2014. Trendene er vist i figur 5.4. For 112 serier var det positiv trend, derav er 21 signifikante ved et 95 % konfidensnivå. Det var kun 2 stasjoner (begge i Hordaland) med signifikante negative trender. Vestlandet domineres av svake negative trender, mens for resten av landet er trendene i hovedsak positive.

Tendensen til økning i nedbørintensitet i kraftige nedbørhendelser støttes også av resultatene fra InfraRisk-prosjektet (NGI, 2013). Der ble det konkludert at trendene for årlig maksimum av ett-døgns og 10-døgns nedbør i perioden 1957-2010 i hovedsak var positive, og at økningen var størst i nedbørrike områder i vest og sørvest. Også i årsnedbør har det vært en økning i alle landsdeler; - for Norge som helhet er økningen på nesten 20 % siden år 1900 (Hanssen-Bauer et al., 2015).



Figur 5.4 Sommernedbør i løpet av ett døgn – Trend for høyeste observerte verdi per år i perioden 1968-2014. Rødt indikerer positiv trend, blått er negativ trend (mørk: signifikant, lys: ikke signifikant, ved et 95% konfidensnivå fra Mann-Kendall trendtest.

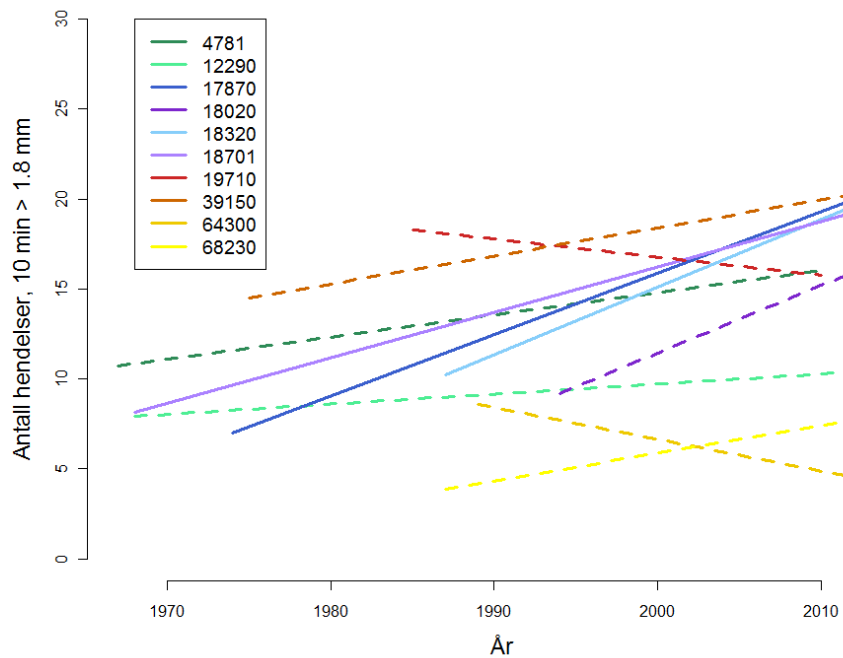
5.2 Trender for hyppighet av verdier over visse terskelverdier

For beregning av trender for ulike varigheter basert på høyeste årlige observerte verdi, inngår det kun én verdi for hvert år. Datagrunnlaget blir preget av store lokale variasjoner i nedbørintensitet i episoder med bygenedbør: Det kan være litt tilfeldig om kraftige byger treffer en pluviometer-stasjon eller ikke. Det kan også være store forskjeller mellom høyeste og nest høyeste verdi. Trender basert på årlige maksimumsverdier er derfor mindre robuste enn trender for antall forekomster over gitte terskelverdier. I fremtidige analyser kan det være aktuelt å benytte terskelverdier for nedbørintensitet basert på kritiske verdier for når naturskader oppstår. I mangel av slike empiriske terskelverdier er det i denne rapporten valgt terskelverdi ut fra kriteriet at det skal være minst én forekomst hvert år ved stasjon 18701 Oslo – Blindern (se Ødemark et al., 2012). Dette kriteriet er i denne rapporten benyttet for alle varigheter.

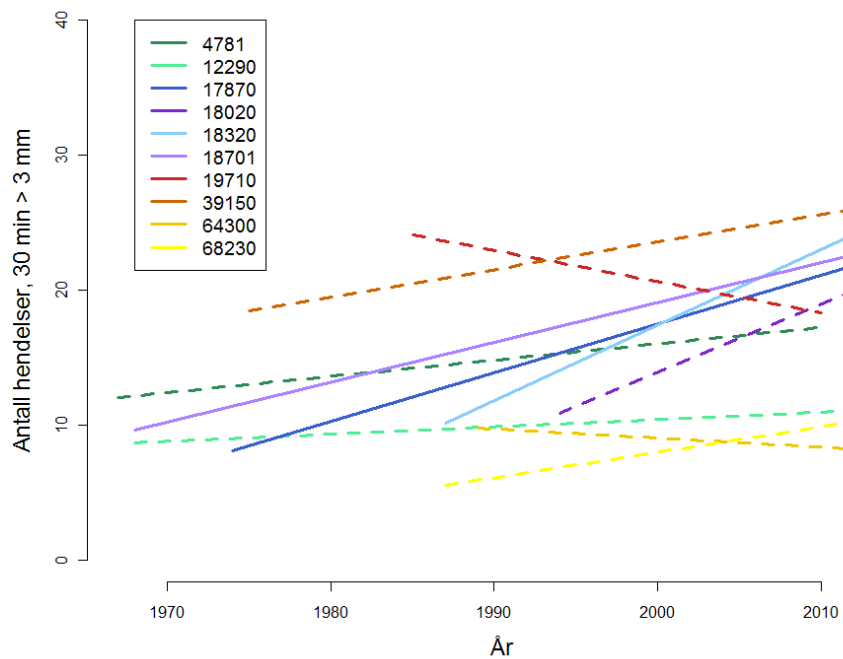
Vi forventer at den romlige korrelasjonen mellom nabostasjoner er sterkere for hendelser over terskelverdier enn for høyeste verdi, og at vi dermed kan fylle inn manglende verdier i noen serier ved hjelp av nærliggende observasjoner. Vi fant to stasjonspar som samvarierer godt for overlappende år; 18701 og 18320; 39150 og 38130. Ved bruk av en enkel regresjonsanalyse fylte vi inn én manglende verdi i serien 18701 (året 1998) og 8 manglende verdier i serien 39150 (årene 1981,1982,1984,1985,1989,1990,1992,1994). Verdier for disse årene er dermed knyttet til en høyere usikkerhet enn verdier for andre år, og kan påvirke trenden noe.

Figur 5.5 - 5.7 viser de beregnede trendene for antall hendelser over terskelverdier for sommernedbør. Vi ser at det for enkelte stasjoner kan være mer enn 20 tilfeller per år som overstiger terskelverdien, og at det stort sett er et realistisk datagrunnlag for trendberegning. Men det er også klart at de valgte terskelverdier er så lave at de i seg selv ikke representerer noe skadepotensiale for infrastruktur.

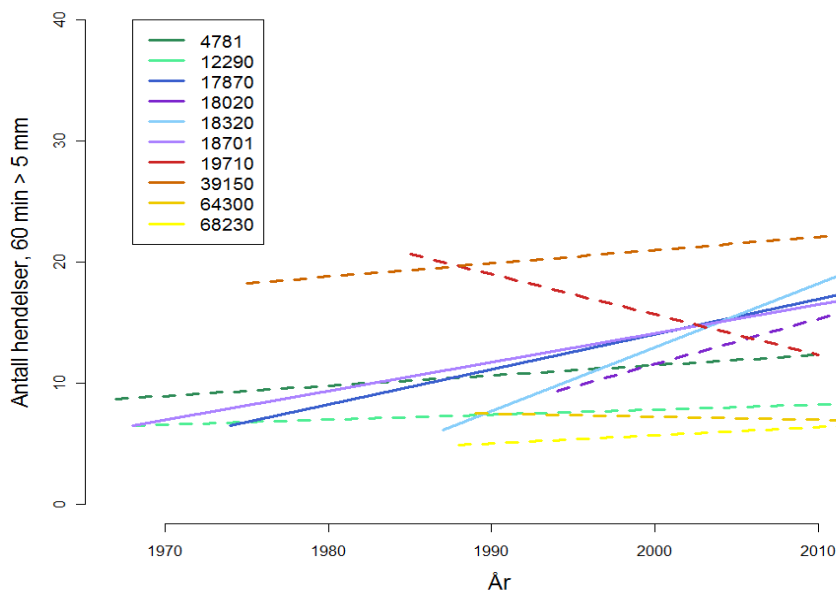
Halvparten av stasjonene er ca. 30 år lange, mens den andre halvparten er ca. 50 år lange. Samtlige av de lange seriene viser en positiv trend for alle varigheter, men kun to trender (18701: Oslo-Blindern og 17870: Ås) er signifikante. I tillegg er den positive trenden ved den kortere serien fra Oslo-Hausmannsgt (18320) signifikant. Kun to serier (19710: Asker og 64300: Kristiansund-Karihola) viser negative trender, men disse er ikke-signifikante ved et 95 % konfidensnivå.



Figur 5.5 Sommernedbør i løpet av 10 min – Trend for antall hendelser over 1,8 mm.



Figur 5.6 Sommernedbør i løpet av 30 min – Trend for antall hendelser over 3 mm.



Figur 5.7 Sommernedbør i løpet av 60 min – Trend for antall hendelser over 5 mm.

Trendene for høyeste sommernedbør og antall hendelser over en viss terskel («peak over threshold») i sommermånedene er oppsummert i Tabell 5.1.

Tabell 5.1 Oppsummering av trender. Rød er positiv trend, blå er negativ trend (mørk: signifikant, lys: ikke signifikant, ved et 95% konfidensnivå fra Mann-Kendall trendtest). Merk: Målestasjonenes driftsperioder og kvalitetssikret periode varierer, se henholdsvis Appendix og figur 5.1-5.3 og 5.5-5.7.

Varighet (min)	Høyeste årlige verdi				Peak Over Threshold		
	10	30	60		10	30	60
4781 Gardermoen							
12290 Hamar							
17870 Ås							
18020 Oslo-Lambertseter							
18320 Oslo-Hausmannsgt							
18701 Oslo-Blindern							
19710 Asker							
39150 Kristiansand							
64300 Kristiansund-Karihol							
68230 Trondheim-Risvollan							

6 Episoder med kraftige regnskyll

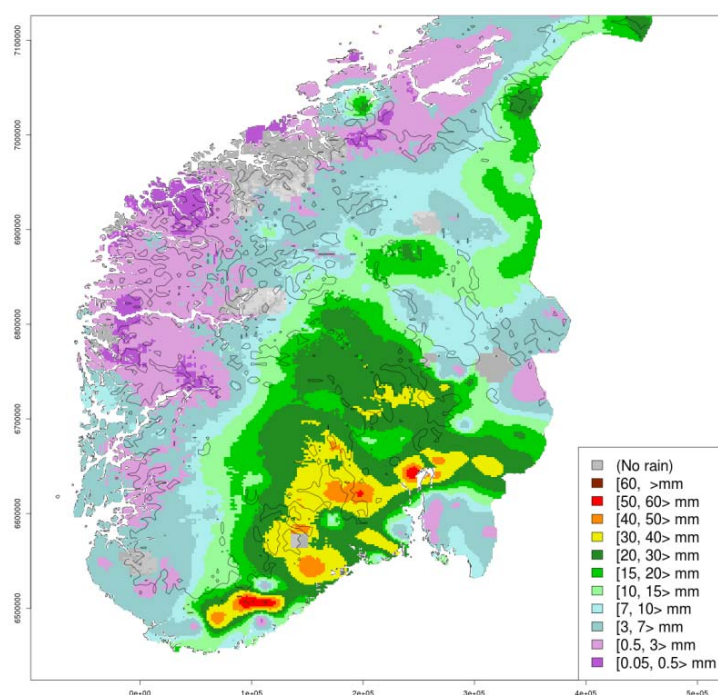
I NIFS-prosjektet har det blitt utført mer detaljerte studier av utvalgte «ekstremhendelser», der det har blitt store skader på veier, jernbane (linjer og stasjonsområder), bebyggelse og/eller landbruksareal (se f.eks. Olsen et al; 2015a og b). Hendelsene som er valgt ut er Notodden 24. juli 2011, Rørosbanen 15. august 2011, Ål i Hallingdal 5. juli 2011, Buskerud/Telemark/ Sørlandet 6. - 7. august 2012, Dovrebanen/Gudbrandsdalen 10. - 12. juni 2011 og 21. - 23. mai 2013, og Lillehammer 8. juli 2014.

6.1 Notodden 24. juli 2011

Flommen i Notodden-området 24.juli 2011 førte til skader for nesten 100 mill. kr, med bl.a. enorme skader på Notodden jernbanestasjon samt skader på bebyggelse, veier og jernbanelinje. Nedbøren kom i stor grad nordøst for Notodden (Figur 6.1.1), på samme side av Heddalsvatnet som jernbanen. Flommen to år senere (6. august 2013) kom i større grad sørvest for Notodden i området mot Bø (se bl.a. Førland et al., 2014). Denne forskjellen i nedbørområde kan være med på å forklare noe av forskjellen i skadeomfang mellom disse to flommene, da det var mindre bebyggelse og mindre påvirkning på dreneringsveiene der siste hendelse skjedde.

Nedbøren under hendelsen i 2011 var ikke så intens som ved flommen i 2013, men varte lenger. I 2011 kom det på det mest intense 56 mm på 6 timer og 97 mm på to dager. Den totale nedbørmengden i juli i 2011 var meget stor og kom nesten utelukkende før hendelsen: Notodden (st.nr 30530) fikk 258 mm dvs. 348 % av normalen for juli, Lifjell (32200) 255 % og Tuddal (31900) fikk 264 % av normalnedbøren for juli. Da det spesielt kom relativt mye nedbør dagen forut for hendelsen (23.juli, se Figur 6.1.2), så var bakken sannsynligvis allerede ganske mettet med vann da de intense nedbørsmengdene kom 24. juli 2011.

Ingen av METs pluviometerstasjoner registrerte spesielt høye nedbørintensiteter i denne episoden (se f.eks. figur 6.1.3 for Gvarv, som er den av MET pluviometerstasjoner som ligger nærmest skadestedet); - og ingen stasjoner hadde returperioder over 10 år for varigheter under 12 timer (tabell 6.1.1). For varigheter på 12 timer og oppover var imidlertid returverdiene høyere; - både for manuelle og automatiske nedbørstasjoner. For pluviometerstasjonen 28922 Veggli og den manuelle stasjonen 34800 Tørdal – Suvdøla var 1-døgns verdien hhv. 59,4 og 56,0 mm. Slike verdier har returperiode på ca. 10 år, og ligger klart i intervallet for ekstremvær-varsel. To-døgns verdiene på hhv. 94 (Veggli) og 97 mm (Notodden) er mer «ekstreme» enn 1-døgns verdiene, og har et gjentaksintervall på ca. 100 år (tabell 6.1.1).



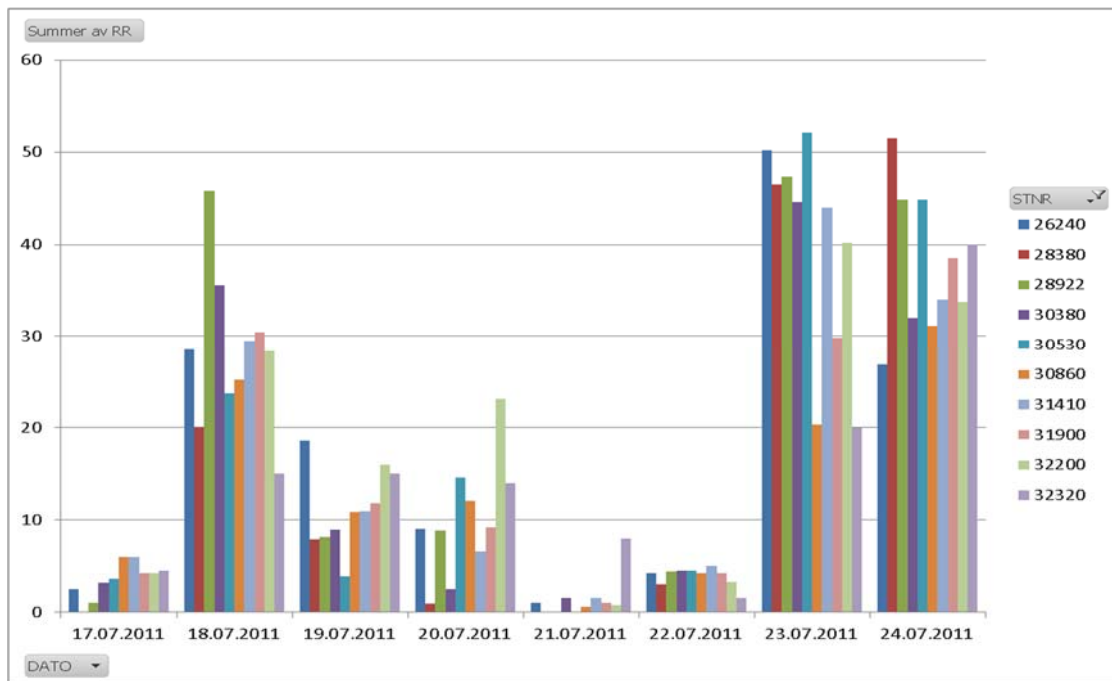
Figur 6.1.1. Døggnedbør 24. juli 2011

Tabell 6.1.1 Høyeste registrerte nedbørverdier i nærområdet for ulike varigheter

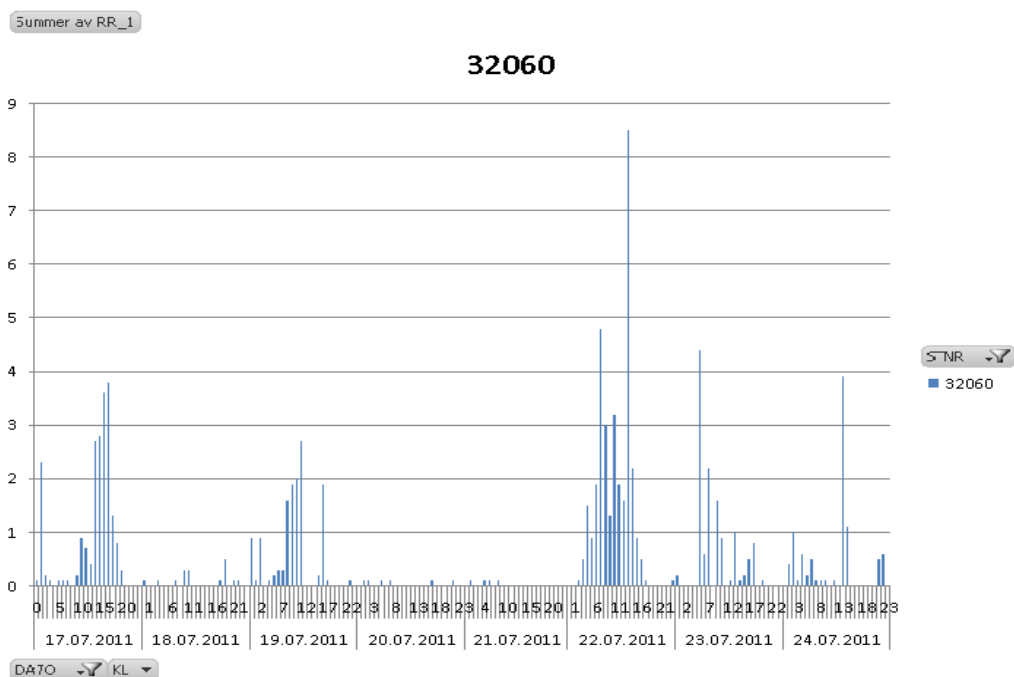
Varighet	Max verdi (mm)	Målestasjon	Returperiode (år)*
1 time	11,8	29350 Uvdal	< 10
2 timer	16,1	28922 Veggli	< 10
3 timer	18,0	28922 Veggli	< 10
6 timer	26,6	27010 Konnerud	< 10
12 timer	38,5	28922 Veggli	~ 10
24 timer	59,4	28922 Veggli	~ 10
48 timer	94,4	28922 Veggli	~ 100
1 døgn**	56,0	34800 Tørdal – Suvdøla	~ 10
2 døgn**	97,0	30530 Notodden	~ 100

* Gjentaksintervall for 1-12 timer er basert på regionale IVF-verdier for Telemark

** Manuell stasjon, måler én gang i døgnet



Figur 6.1.2. Døgnnedbør en uke i forkant av hendelsen (Målesteder: 26240 Hiåsen, 28380 Kongsberg, 28922 Veggli, 30380 Godal, 30530 Notodden, 30860 Bergeligrend, 31410 Rjukan, 31900 Tuddal, 32200 Lifjell, 32320 Seljord).



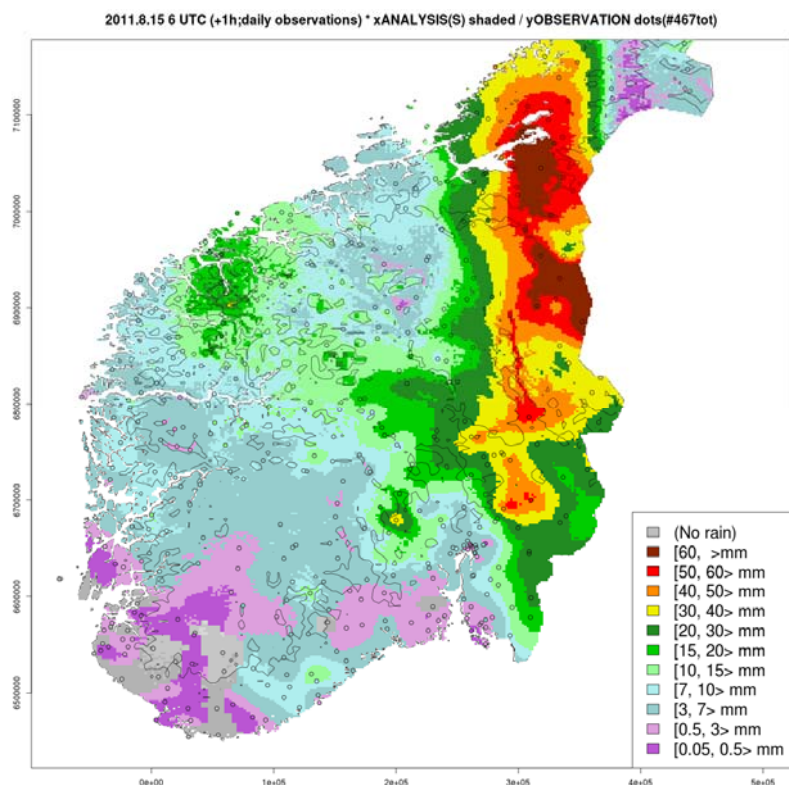
Figur 6.1.3. Timesnedbør fra 32060 Gvarv – Nes 17. – 24. juli 2011

6.2. Rørosbanen 15. august 2011

Denne hendelsen førte til store skader på lokalvei og jernbane (avsporing). De høyeste 1-døgns nedbørverdier som ble målt i denne hendelsen var på over 100 mm, og har gjentaksintervall på over 100 år (Tabell 6.2.1). Nedbørfordelingen av 1-døgns nedbør målt kl 08 den 16. august 2011 er vist i figur 6.2.1, og tidsforløpet av nedbørintensitet under hendelsen er vist i figur 6.2.2.

For målestasjonene 00730 Valdalen (1968-dd), 10300 Håsjøen-Solgløtt (1997-dd), 10600 Aursund (1957-dd), 67770 Haltdalen (1970-2011) var 1-døgns nedbør målt om morgenen den 16.08.2011 den høyeste som er målt på stasjonen. Tabell 6.2.1 viser at gjentaksintervallet for verdiene målt på METs stasjoner stort sett var 10-50 år for varigheter < 12 timer og på over 100 år for 1-døgns verdien målt ved 10300 Håsjøen-Solgløtt. Lokalt kan nedbørintensiteten ha vært større enn det som er registrert på Meteorologisk Institutt's stasjoner.

Hovedårsaken til skadene på vei og jernbane i denne hendelsen var at hogstavfall tettet SVV's stikkrenne og at for mye vann på avveie drenerte til JBV's stikkrenne og forårsaket at en fylling kollapset. Det er beregnet at stikkrennen hadde nok kapasitet til å takle flommen hvis det ikke hadde kommet ekstra tilskudd fra vann på avveie.



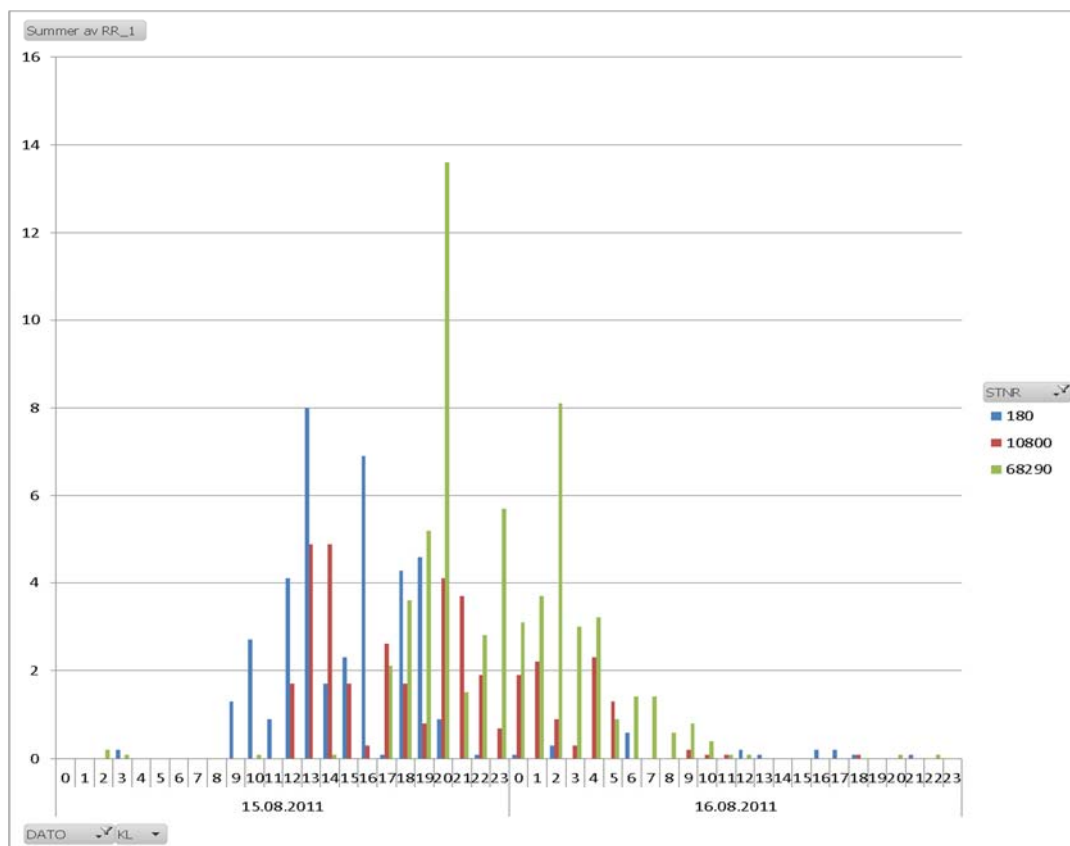
Figur 6.2.1 Ett-døgns nedbør målt kl 08 den 16. august 2011

Tabell 6.2.1 Høyeste registrerte nedbørverdier i nærområdet for ulike varigheter

Varighet (timer/døgn)	Høyeste verdi (mm)	Målestasjon	Gjentaksintervall (år)*
1	13,6	68290 Selbu	~ 10
2	18,8	12290 Hamar & 68290 Selbu	10 - 50
3	25,3	12290 Hamar	~ 50
6	32,4	68290 Selbu	10 - 50
12	55,6	68290 Selbu	~ 50
24	61,4	68290 Selbu	10 - 50
48	62,1	68290 Selbu	~ 10
1 døgn (manuell)**	111,5	10300 Håsjøen - Solgløtt	> 100
2 døgn (manuell)**	112,1	10300 Håsjøen - Solgløtt	~ 100

* Gjentaksintervall er basert på regionale IVF-verdier for nordlige del av Østlandet og Trøndelag

** Manuelle målinger kl 08-08

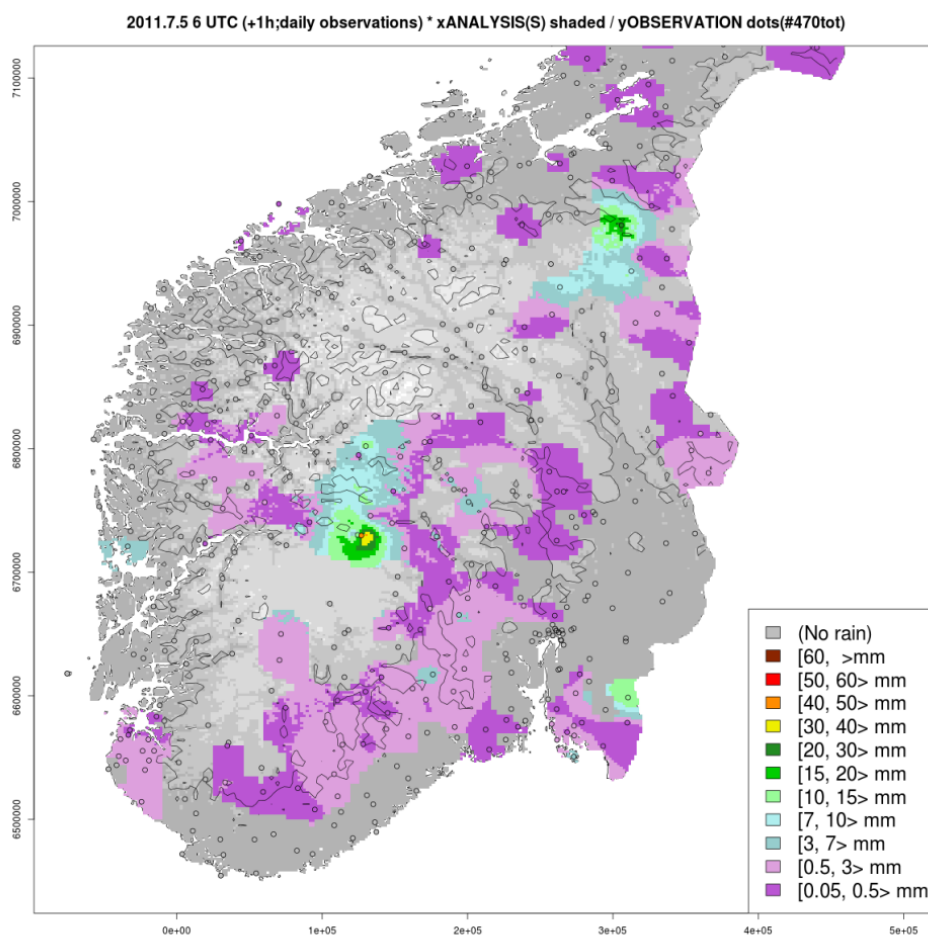


Figur 6.2.2 Tidsforløp av 1-times nedbør 15 og 16.8.2011 på 180 Trysil vegstasjon, 10800 Sølendet og 68290 Selbu II

6. 3. Ål i Hallingdal 5. juli 2011

Seks-timers nedbøren (39 mm) som ble registrert på målestasjonen 25630 Geilo Oldebråten den 5.juli 2011 har en returperiode på ca. 100 år (Tabell 6.3.1). Figur 6.3.2 viser at det var høy nedbørintensitet fra kl 13-15, med en to-timers verdi på ca. 23 mm. Denne verdien har en returperiode på ca. 50 år. Deretter kom det en ny topp mellom kl 17-19, med en to-timers verdi på ca. 14 mm. Det er kombinasjon av disse to toppene som førte til de ekstreme seks-timers verdiene.

Figur 6.3.1 viser at dette var en lokal hendelse, med liten romlig utstrekning. Lokalt kan det ha falt større nedbørmengder enn det som ble målt ved MET stasjonen på Geilo. Det ble store skader på skogsbilvei og jernbane nedstrøms på grunn av dårlig drenering av skogsbilvei og vann på avveie. Dette er eksempel på menneskelig påvirkning som forårsaker lokale skader når dreneringen ikke fungerer i en flomsituasjon.



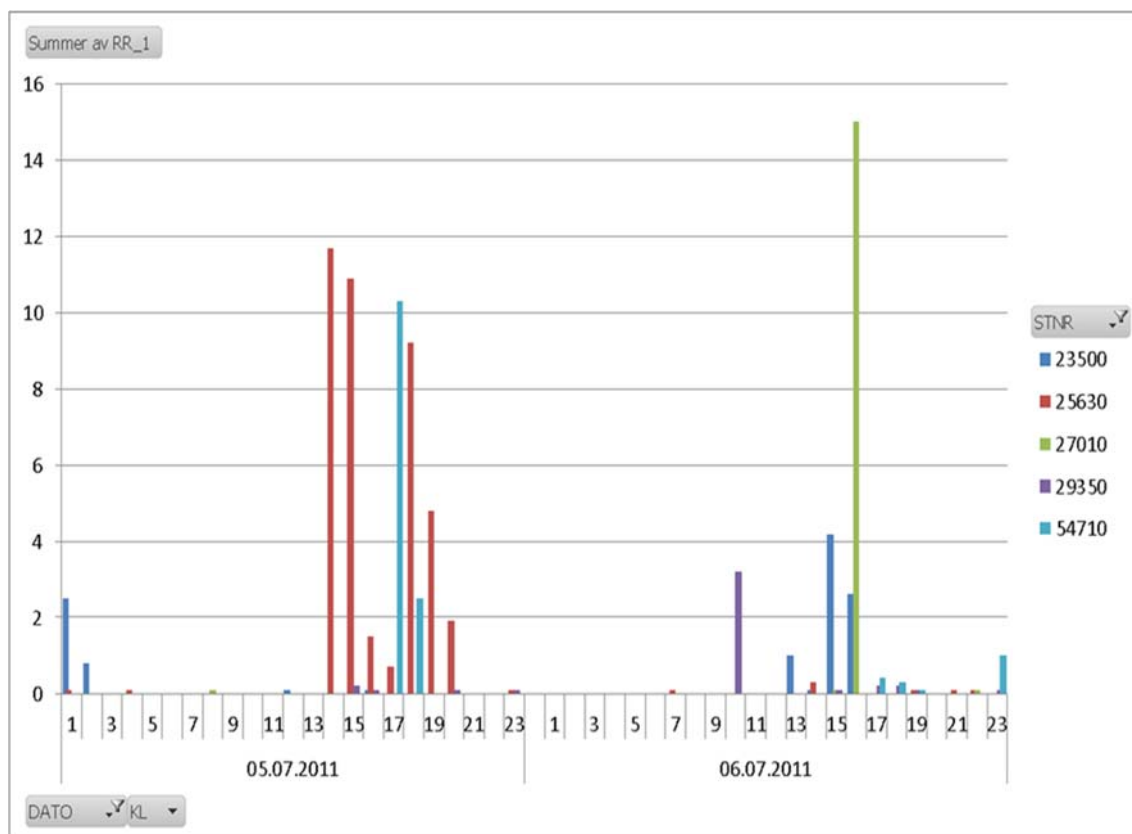
Figur 6.3.1 Ett-døgns nedbørsum målt kl 08 den 6. juli 2011

Tabell 6.3.1 Høyeste registrerte nedbørverdier i nærområdet for ulike varigheter

Varighet (timer/døgn)	Høyeste verdi (mm)	Målestasjon	Gjentaksintervall (år)*
1	15,0	27010 Konnerud	< 10
2	22,6	25630 Geilo Oldebråten	~ 50
3	24,1	25630 Geilo Oldebråten	~ 50
6	38,8	25630 Geilo Oldebråten	~ 100
12	40,8	25630 Geilo Oldebråten	~ 10
24	45,8	25630 Geilo Oldebråten	~ 10
48	51,9	25630 Geilo Oldebråten	~ 10
1 døgn **	40,8	25630 Geilo Oldebråten	~ 10
2 døgn**	48,9	25630 Geilo Oldebråten	< 10

* Gjentaksintervall er basert på regionale IVF-verdier for indre deler av Østlandet

** Manuelle målinger kl 08-08



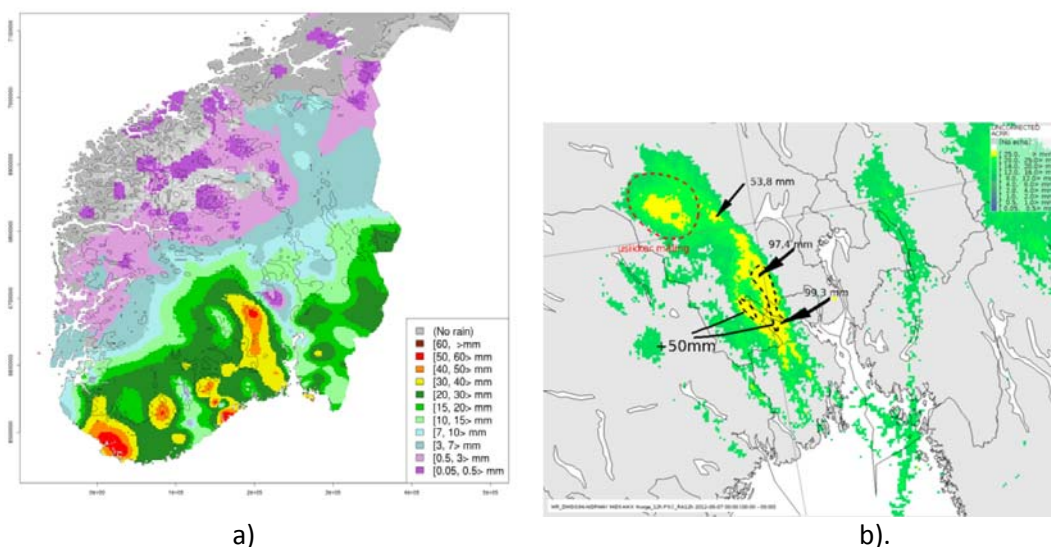
Figur 6.3.2 Nedbørforløp for timesnedbør 5. og 6. juli 2011 for målestasjonene 23500 Løken i Volbu, 25630 Geilo – Oldebråten, 27010 Konnerud, 29350 Uvdal Kraftverk og 54710 Filefjell – Kyrkjestølane

6. 4. Nedre Eiker 6.-7. august 2012

I episoden 6.8.2012 (ekstremværet «Frida»; figur 6.4.1-6.4.2) var det svært høy nedbørintensitet i Nedre Eiker-Hokksund området. Kjellere ble oversvømt, og veier og jernbane ble stengt i flere dager. Skadene forekom i hovedsak i tettbygde områder der det hadde vært menneskelig påvirkning på dreneringsveiene. (For nærmere etaljer, se Olsen et al., 2015a). Ved Oslo-Blindern ble det kun registrert ca. 2 mm nedbør i denne episoden. Radarregistreringene viser nedbør over store deler av området, og med celler med kraftig nedbør like vest for Drammen (Figur 6.4.1b). Høyeste 1-times verdi fra radar var ca. 24 mm.

Den mest intense nedbøren forekom i en sone like vest for Drammen (Figur 6.4.1). Ved nedbørstasjonen Hakavik i Øvre Eiker ble det registrert 99,3 mm i løpet av en 24-timers periode. Bioforsk stasjonen i Hokksund registrerte 97,4 mm, av dette kom 51,8 mm i løpet av 2 timer fra kl 21-23. Uoffisielle målinger fra Mjøndalen viste 21,8 mm på 5 minutter, 32 mm på 10 min, 38,7 mm på 15 min, 59,4 mm på 30 min, 88,2 mm på 1 time og 114,2 mm på 2 timer. Alle disse uoffisielle målingene er høyere enn de høyeste verdier for Østlandet som er registrert på Meteorologisk Institutts stasjoner, og verdiene for 1 og 2-timers nedbør har returperiode på over 200 år.

Ingen av Meteorologisk Institutts pluviometerstasjoner fanget opp den mest intense nedbøren i denne episoden (figur 6.4.2), og returverdien for varigheter på 1-12 timer var ca. 10 år. Uoffisielle målinger indikerer imidlertid intensiteter med returperiode på over 200 år. Det er vanskelig å vurdere hvor godt private pluviometre fungerer ved høy nedbørintensitet. Men både radar-registreringer og fordeling av lokale skader tyder på at enkelte områder fikk vesentlig større nedbørmengder enn det som ble registrert på Meteorologisk Institutts målestasjoner.



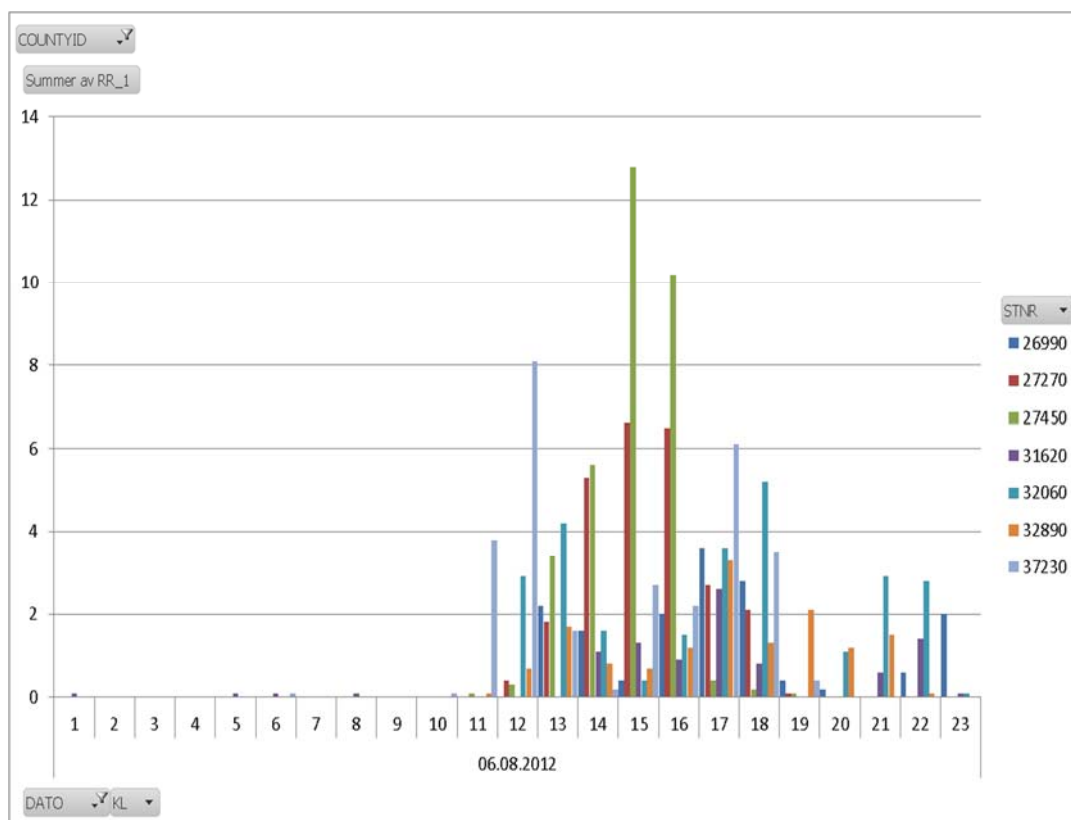
Figur 6.4.1 a). Ett-døgns nedbør målt kl 08 den 7.august 2012. b). 12-timers nedbør estimert fra radar (kl 00-12 den 7.8.2012). Pilene markerer målestasjoner for nedbør.

Tabell 6.4.1 Høyeste registrerte nedbørverdier for ulike varigheter

Varighet (timer/døgn)	Høyeste verdi (mm)	Målestasjon	Gjentaksintervall (år)*
1	15,6	39750 Byglandsfjord	< 10
2	24,5	39750 Byglandsfjord	~ 10
3	28,8	27450 Melsom	~ 10
6	35,8	39750 Byglandsfjord	~ 10
12	45,1	39750 Byglandsfjord	< 10
24	51,1	39750 Byglandsfjord	< 10
48	51,2	39750 Byglandsfjord	< 10
1 døgn **	99,3	26670 Hakavik	> 100
2 døgn**	99,5	26670 Hakavik	~ 25

* Gjentaksintervall er basert på regionale IVF-verdier for Telemark og Sørlandet

** Manuelle målinger kl 08-08

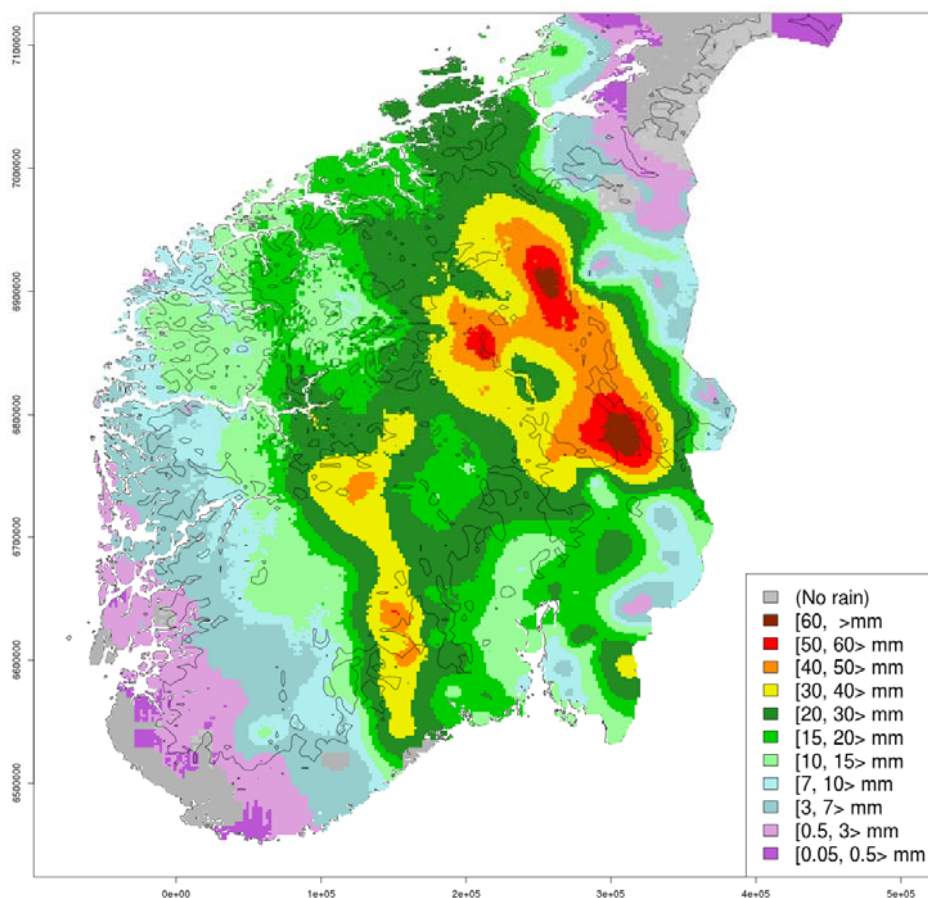


Figur 6.4.2. Tidsforløp av 1-times nedbør (mm) 6.august 2012 for målestasjonene 26990 Sande–Galleberg, 27270Tønsberg–Kilen, 27450 Melsom, 31620 Møsstrand, 32060 Gvarv–Nes, 32890 Høydalsmo og 37230 Tveitsund

6.5 Dovrebanen / Gudbrandsdalen 10.-12. juni 2011

Nedbørverdien (22 mm) i løpet av 1-time fra Fåvang (se figur 6.5.2) har for dette området en returperiode på ca. 100 år (tabell 6.5.1). 6- og 12-timers verdiene fra Dombås og Skåbu har returperiode på ca. 10 år, mens 1- og 2-døgns nedbøren fra Gausdal har returperiode på ca. 50 år. Både radar, kart for 1-time og 1-døgn (Figur 6.5.1) viser høye nedbørverdier i området nær Dovrebanen. Denne ekstremhendelsen karakteriseres av kraftig nedbør i løpet av et par døgn, og med lokale celler med meget intens nedbør i løpet av kort tid. Ettersom det er få pluviometerstasjoner i området og stor avstand til nærmeste værradar, kan det lokalt ha vært betydelig større nedbørintensiteter enn det som er registrert ved Meteorologisk Institutt's målestasjoner.

De store skadene på infrastruktur oppsto særlig der det var menneskelig påvirkning på dreneringsveiene i små sidevassdrag og i bekker langs dalsiden. For nærmere detaljer, se Olsen et al., 2015b.



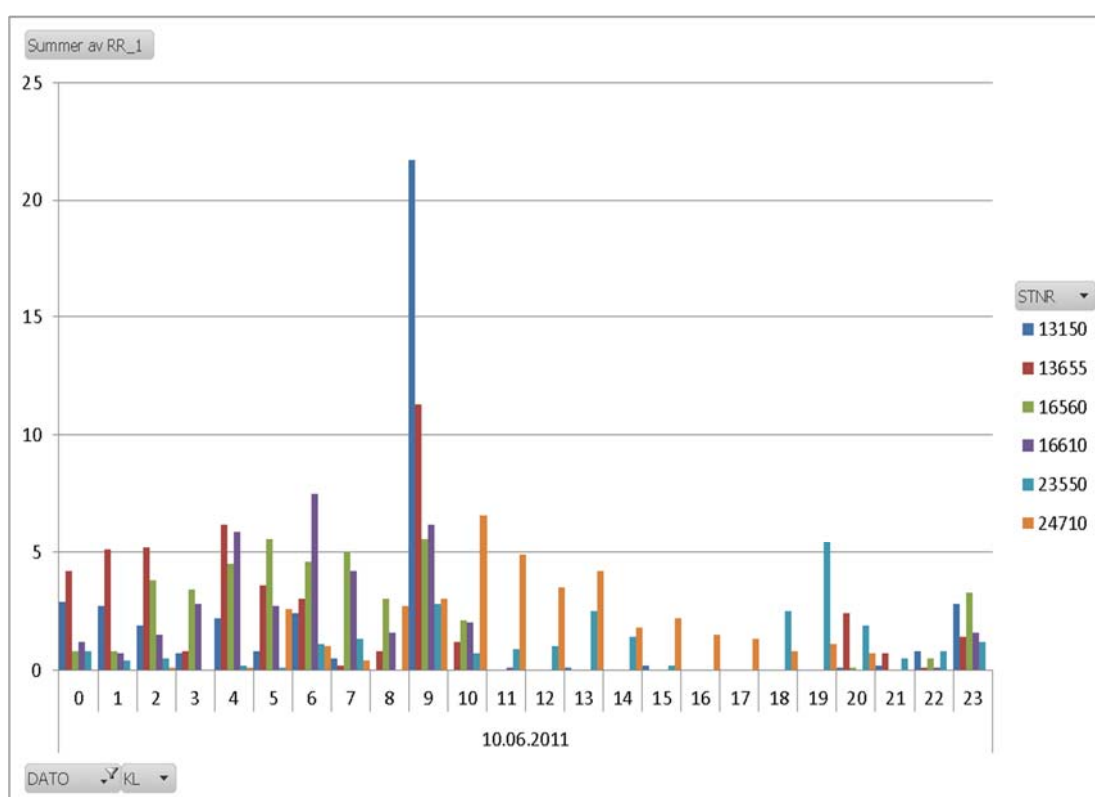
Figur 6.5.1 Ett-døgns nedbør målt kl 08 den 10.juni 2011.

Tabell 6.5.1 Høyeste registrerte nedbørverdier for ulike varigheter

Varighet (timer/døgn)	Høyeste verdi (mm)	Målestasjon	Gjentaksintervall (år)*
1	21,7	13150 Fåvang	~ 100
2	21,7	13150 Fåvang	~ 10
3	22,2	13150 Fåvang	<10
6	28,3	16560 Dombås-Nordigard	~ 10
12	41,6	13655 Skåbu	~ 10
24	57,9	13150 Fåvang	10 - 50
48	80,6	24710 Gulsvik II	10 - 50
1 døgn **	68,0	13060 Gausdal - Ovrehagen	~ 50
2 døgn**	88,5	13060 Gausdal - Ovrehagen	10 - 50

* Gjentaksintervall er basert på regionale IVF-verdier for nordlige del av Østlandet

** Manuelle målinger kl 08-08



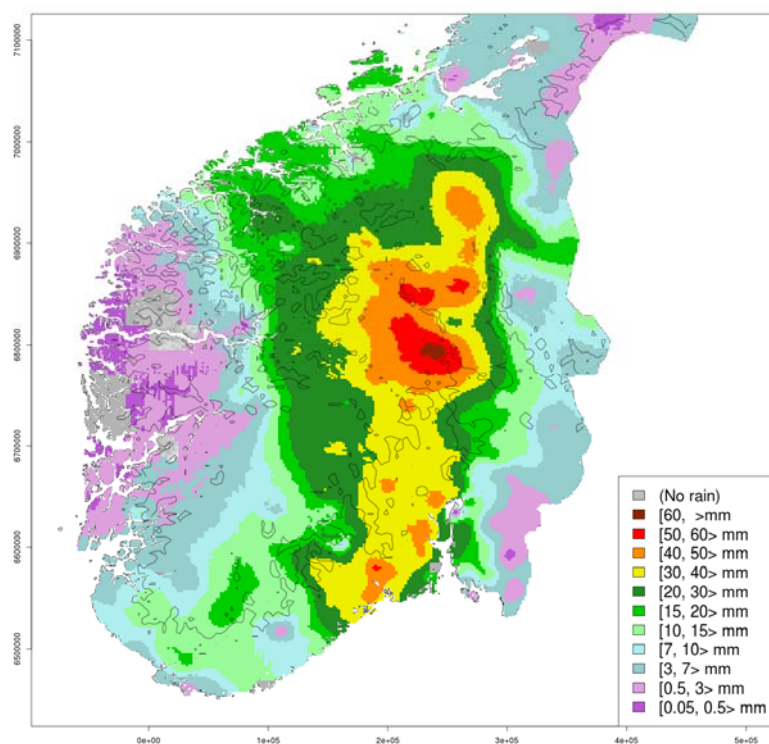
Figur 6.5.2 Tidsforløp av timesnedbør 10. juni 2011 for målestasjonene 13150 Fåvang, 13655 Skåbu, 16560 Dombås-Nordigard, 16610 Fokstugu, 23550 Beitostølen og 24710 Gulsvik

6.6 Dovrebanen/Gudbrandsdalen 21-23. mai 2013

Den geografiske fordelingen av 1-døgns nedbør målt 23.mai 2013 kl 08 er vist i figur 6.6.1. For alle varigheter fra 1 time og opp til 48 timer er det målesteder som har returperiode på over 10 år for nedbørverdiene i denne episoden (Tabell 6.6.1). Høyeste døgnverdi var på 69 mm målt ved Lillehammer Sætherengen. Denne verdien har et gjentaksintervall på 50-100 år, og ligger helt i ytterkant av spennet på 25-70 mm for METs varsling av ekstremvær.

Det falt mye nedbør over området i hele perioden 21.mai-23.mai.2013, og i tillegg var det i denne perioden enkelte nedbørceller som ga høye 1-times verdier både 21.mai (figur 6.6.2), 22.mai og 23.mai. 6-timers verdien (39 mm) ved Rena Flyplass har et gjentaksintervall på ca. 100 år, men ulike målestasjoner har registrert verdier med gjentaksintervall ca. 50 år eller høyere for varigheter 3, 6, 12 og 24 timer. Lokalt kan nedbørintensiteten ha vært større enn det som er registrert på Meteorologisk Institutt's stasjoner.

Skadene på infrastruktur som jernbane, veier og bebyggelse var svært omfattende, og de samfunnsøkonomiske skadene beløper seg til 1-2 milliarder kroner. Skadene skyldtes hovedsakelig menneskelig påvirkning på dreneringsveiene i små sidevassdrag og i bekker langs dalsiden. For nærmere detaljer, se Olsen et al., 2015b.



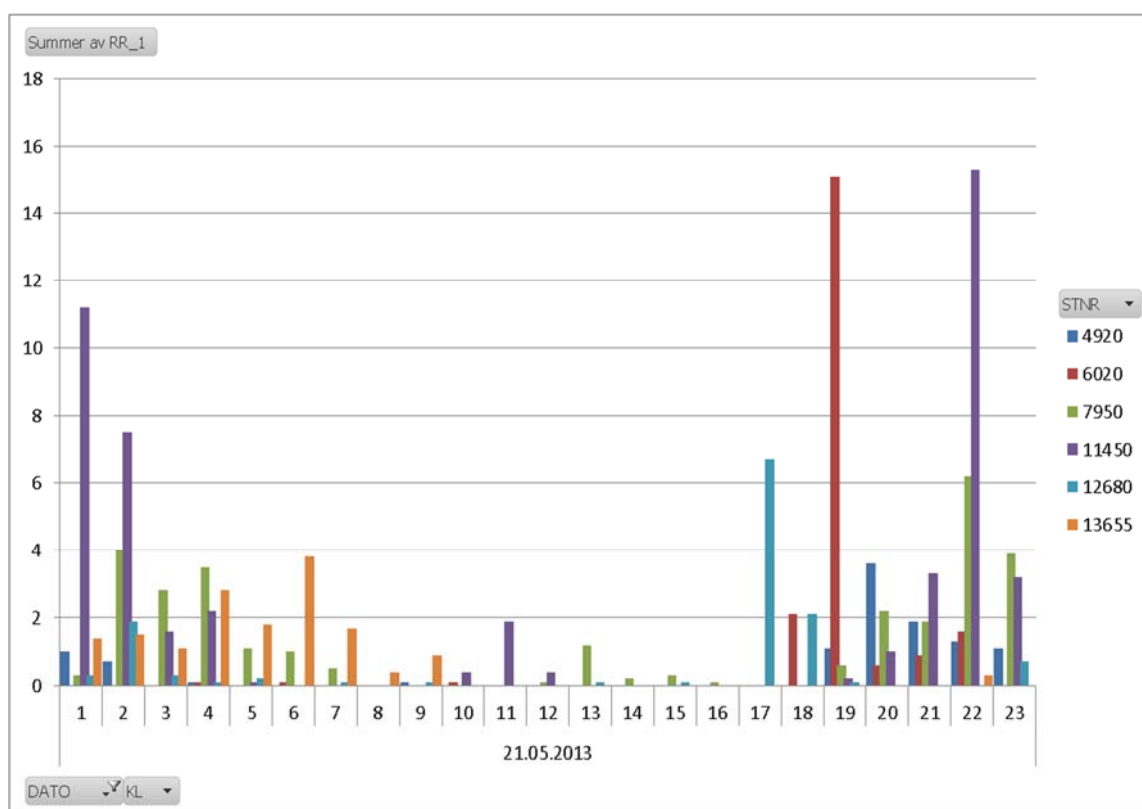
Figur 6.6.1 Ett-døgns nedbør målt kl 08 den 23.mai 2013

Tabell 6.6.1 Høyeste registrerte nedbørverdier i nærområdet for ulike varigheter

Varighet (timer/døgn)	Høyeste verdi (mm)	Målestasjon	Gjentaksintervall (år)*
1	15,3	11450 Minnesund jbst	~ 10
2	19,6	4920 Årnes	~ 10
3	25,9	11450 Minnesund jbst	~ 50
6	38,5	07950 Rena Flyplass	~ 100
12	51,5	12680 Lillehammer-Sæther.	50 - 100
24	68,8	12680 Lillehammer-Sæther	50 - 100
48	83,9	11450 Minnesund jbst	10 - 50
1 døgn **	61,6	13030 Gausdal-Follebu	~ 50
2 døgn**	90,4	29350 Uvdal Kraftverk	~ 25

* Gjentaksintervall er basert på regionale IVF-verdier for nordlige del av Østlandet

** Manuelle målinger kl 08-08

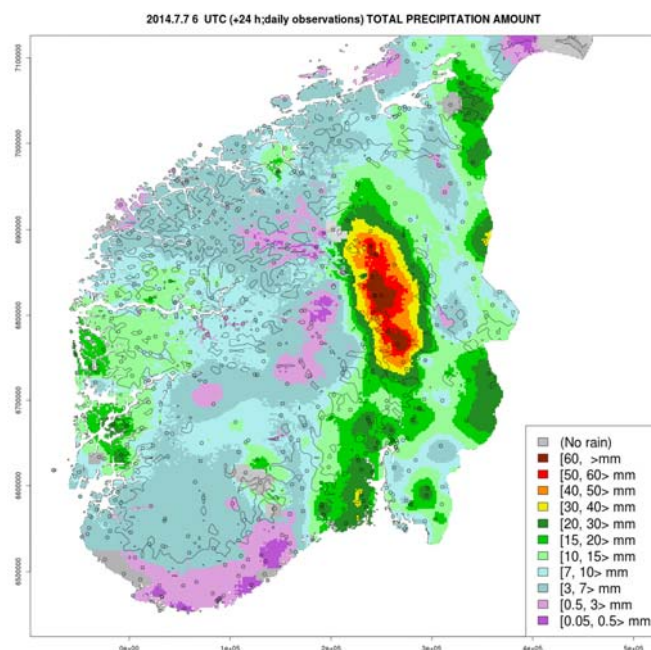


Figur 6.6.2 Tidsforløp av 1-times nedbør den 21. mai 2013 for målestasjonene 4920 Årnes, 6020 Flisa, 7950 Rena Flyplass, 11450 Minnesund jernbanestasjon, 12680 Lillehammer – Sætherengen og 13655 Skåbu

6.7. Lillehammer 8. juli 2014

For alle varigheter fra 1 time og opp til 48 timer er det målesteder som har gjentaksintervall på over 10 år for nedbørverdiene i denne episoden (Tabell 6.7.1). Høyeste døgnverdi var på 88 mm (13420 Venabu). Denne verdien har et gjentaksintervall på over 100 år. For både Fåvang og Venabu har nedbørverdiene i løpet av ett og to døgn gjentaksintervall på ca. 100 år eller høyere. For nedbørstasjonene med måling én gang i døgnet var høyeste 1-døgns verdi 87,8 mm målt ved 13420 Venabu. Denne stasjonen har vært i drift siden 1980, og nest høyeste 1-døgns verdi er på 52 mm (juli 1982). 100-års returverdi for Venabu er estimert til ca. 80 mm, og døgnnedbøren for 8.juli overskrider klart denne verdien. To-døgns verdien fra Venabu var på 95 mm, og har en returverdi på nokså nøyaktig 100-år. Nest høyeste målte verdi er på 79 mm fra august 2003. Lokalt kan nedbørintensiteten ha vært større enn det som er registrert på Meteorologisk Institutts stasjoner.

Figur 6.7.1 og 6.7.2 viser at det falt spesielt mye nedbør over området i nedbördøgnet (08-08) den 8.juli.2014., men at det også falt 5-10 mm i området i nedbördøgnet 7.juli.2014. Figur 6.7.3 tyder på at det var en del nedbørceller som lokalt ga høye nedbørintensitet fra ca. kl 13 den 7.juli til ca. kl 05 den 8.juli. Den høyeste 1-times nedbør i området (18 mm ved Fåvang) ble registrert kl 17 den 7.juli.. Skadeomfanget mellom Lillehammer og Øyer var stort, mens det til tross for høy døgnnedbør var lite skader nord for Øyer. Dette kan skyldes at lav korttids nedbørintensitet og at det hadde falt lite nedbør forut for hendelsen (se figur 6.7.2), slik at bakkens initialfuktighet var forholdsvis lav. Skadene skyldtes i all hovedsak menneskelig påvirkning og vann på avveie i de mest påvirkede sidevassdragene og bekkene.



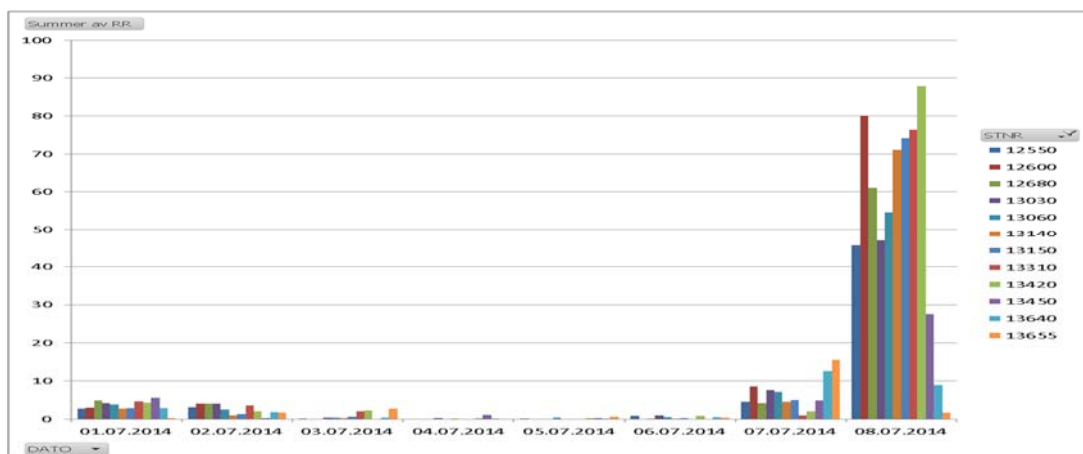
Figur 6.7.1 Ett-døgns nedbør målt kl 08 den 8.juli 2014

Tabell 6.7.1 Høyeste registrerte nedbørverdier i nærområdet for ulike varigheter

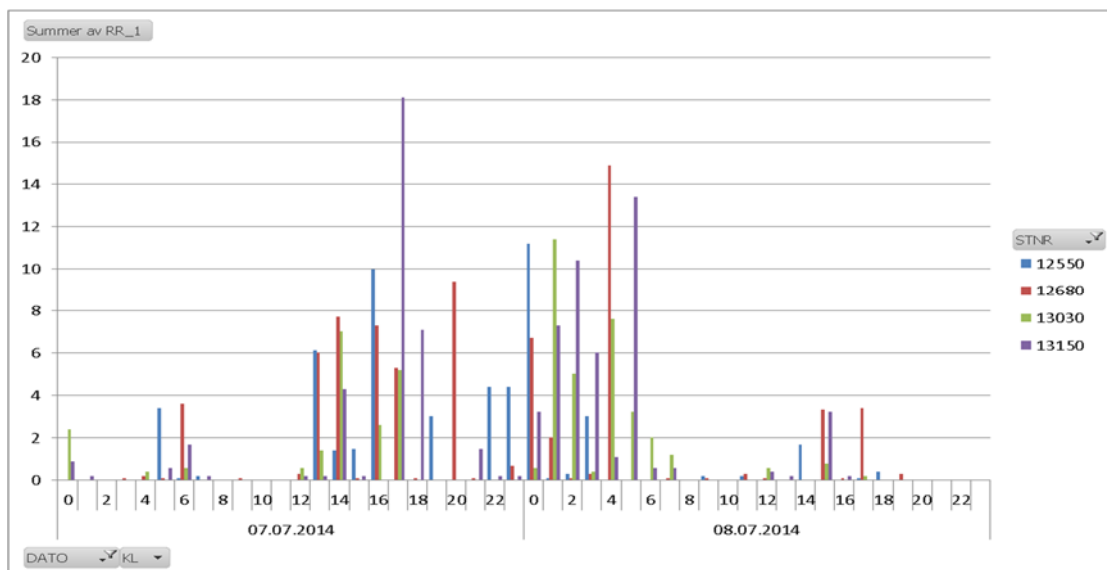
Varighet	Høyeste verdi (mm)	Målestasjon	Gjentaksintervall (år)*
1 time	18,1	13150 Fåvang	~ 10
2 timer	25,2	13150 Fåvang	~ 50
3 timer	25,2	13150 Fåvang	~ 10
6 timer	41,4	13150 Fåvang	~ 50
12 timer	55,1	13150 Fåvang	~ 50
24 timer	75,3	13150 Fåvang	~ 100
48 timer	83,0	13150 Fåvang	50 - 100
1 døgn**	87,8	13420 Venabu	> 100
2 døgn**	94,9	13420 Venabu	~ 100

* Gjentaksintervall for 1-12 timer er basert på regionale IVF-verdier for indre deler av Østlandet (Førland et al., 2012), og for 1 og 2 døgn basert på metodikk i Førland (1992).

** Manuelle målinger kl 08-08



Figur 6.7.2 Døgnnedbør 1.7.2014 – 8.7.2014 for ulike stasjoner i området



Figur 6.7.3. Timesnedbør 7. og 8. juli 2014 ved målestasjonene: 12550 Kise på Hedmark, 12680 Lillehammer- Sætherengen, 13030 Gausdal – Follebu og 13150 Fåvang

7 Fremtidig klimautvikling / Klimafaktor

Til å beregne fremtidig klimautvikling benyttes det globale klimamodeller som beskriver prosesser og vekselvirkninger i klimasystemet (hav, luft, land og jord) ved hjelp av fysiske lover og matematiske ligninger. For å ta hensyn til hvordan menneskelig aktivitet vil virke inn på klimautviklingen, gjøres det antagelser om hvordan menneskeskapte klimagassutslipp vil utvikle seg fremover. FNs klimapanel oppsummerer i sin siste hovedrapport (IPCC, 2013) beregninger av fremtidig klimautvikling på global skala under forskjellige antagelser om klimagassutslipp. For å kunne få et mål på fremtidig klimautvikling («klimafremskrivninger») i forskjellige deler av Norge er det nødvendig å «nedskalere» resultatene fra de globale klimamodellene. Resultatene i denne rapporten bygger på såkalt «dynamisk nedskalering»; - også kalt «regional klimamodellering». (Se Hanssen-Bauer et al., (2015) for nærmere beskrivelse).

Nedskaleringene for Norge tyder på økt nedbørintensitet og økt hyppighet av ekstreme nedbørepisoder (Hanssen-Bauer et al., 2015). På grunn av stor usikkerhet i klimafremskrivningene er det vanlig praksis å benytte seg av resultat fra flere klimamodeller, et «ensemble», og beregne både middel og spredning for ensemblet. I Hanssen-Bauer et al. 2015 er det benyttet to utslippsscenarioer: RCP4.5 (stabile eller svakt økende klimagass utslipp til 2040; deretter reduserte utslipp) og RCP8.5 (kontinuerlig vekst i klimagassutslipp). Fremskrivningene er gitt som «median-fremskrivninger» (50-persentil) og spredningen er illustrert med 10-persentil (lav) og 90-persentil (høy) for hvert av utslippsscenarioene RCP4.5 og RCP8.5.

Bortsett fra beregningene som beskrives i kapittel 7.3, foreligger det få fremskrivninger for korttidsnedbør. Vi tar derfor med resultat fra Hanssen-Bauer et al (2015) også for fremtidige endringer i 1-døgns nedbør.

7.1 Klimafaktor

For å dimensjonere for fremtidig nedbørutvikling benyttes ofte en såkalt klimafaktor (Paus et al., 2015). Med klimafaktor forstås den faktor en må multiplisere dagens dimensjonerende nedbørverdier med for å få et mål for fremtidige dimensjonerende verdier. Klimafaktoren avhenger bl.a. av returperioder, nedbørvarighet, lokalitet, referanseperiode, scenarioperiode og klimamodell (global/regional). I denne rapporten er klimafaktorer beregnet som forholdstall mellom fremskrivninger av nedbør for perioden 2071-2100 og data for dagens klima. Slike beregninger er gjort både for 1-døgns og 3-timers nedbør.

7.2 Fremskrivninger av kraftig 1-døgns nedbør

Resultat fra nedskalerte klimamodeller har blitt benyttet til å vurdere endringer i hyppighet av dager med kraftig nedbør, samt nedbørmengdene på slike dager for Norge som helhet og i forskjellige norske nedbørregioner (Hanssen-Bauer et al., 2015. www.klimaservicesenter.no). Kraftig nedbør er definert som 1-døgns nedbør som ble overskredet i 0,5 % av tilfellene i perioden 1971–2000; - det vil si den døgnverdien som ble overskredet ca. to ganger per år på årsbasis og en gang pr andre år for årstider.

Medianfremskrivningen på lands- og årsbasis (Tabell 7.1) viser en økning i antall dager med kraftig nedbør på 89 % ved slutten av århundret for RCP8.5 scenarioet og 49 % for RCP4.5. Det største utslaget ses om vinteren (143 % i RCP8.5). Alle modellene viser en økning for alle årstider og det kan ikke utelukkes at antall dager med kraftig nedbør vil bli mer enn fordoblet ved slutten av århundret i alle årstider (høyt estimat ligger over 100 % for alle årstider) under RCP8.5 scenarioet. Det estimeres en økning i antall dager med kraftig nedbør i alle nedbørregioner for alle årstider. De største forandringene forekommer for nordlige deler av Norge.

Tabell 7.1 Relativ forandring (%) i antall dager med “kraftig nedbør” fra 1971–2000 til 2071–2100 for de to utslippsscenarioene RCP4.5 og RCP8.5 ifølge median (med), lav og høy fremskrivning. En verdi på 100 % indikerer en dobling av antall dager. (Fra Hanssen-Bauer et al., 2015).

Sesong	RCP 4.5			RCP 8.5		
	Median	Lav	Høy	Median	Lav	Høy
År	49	30	75	89	66	132
Vinter DJF	73	27	89	143	74	168
Vår MAM	65	22	94	91	62	116
Sommer JJA	59	38	90	98	76	164
Høst SON	49	38	111	111	96	155

I tillegg til at antall dager med kraftig nedbør øker, viser beregningene også en økning i nedbørmengde på dager med kraftig nedbør (tabell 7.2). På lands- og årsbasis er forandringene for medianfremskrivningen for RCP8.5 scenarioet +19 % ved slutten av århundret, og for RCP4.5 scenarioet +12 %. Økningen ses for alle årstider og i alle regioner; med noe større verdier om sommeren; se tabell 7.3. Forandringen midlet over hele året er størst i nordlige deler av landet, mens i absolutte verdier (forandring i antall millimeter) er forandringene kraftigst i kystnære strøk og spesielt på Vestlandet. Om vinteren er de relative forandringene størst på Østlandet og i Nord- Norge, mens forandringene sommerstid er størst fra Trøndelag og nordover. For flere detaljer samt data for perioden 2031-2060; - se www.klimaservicesenter.no.

Tabell 7.2 Relativ endring (%) i nedbørintensitet for dager med «kraftig nedbør» fra 1971–2000 til 2071–2100 for utslippsscenarioene RCP4.5 og RCP8.5 ifølge median (med), lav og høy fremskrivning. (Fra Hanssen-Bauer et al., 2015).

Sesong	RCP 4.5			RCP 8.5		
	Med	Lav	Høy	Med	Lav	Høy
År	12	6	15	19	12	25
Vinter DJF	9	3	15	18	7	23
Vår MAM	13	1	19	16	9	19
Sommer JJA	14	9	20	21	15	32
Høst SON	10	7	20	20	16	25

Tabell 7.3 Klimafaktor for endring i kraftig 1-døgns nedbør fra 1971-2000 til 2071-2100. Verdiene viser endring i nedbørintensitet for utslippsscenario RCP8.5 på dager med «kraftig nedbør» for 13 norske nedbørregioner fra Hanssen-Bauer et al. (2015). Tabellen gir kun medianverdier. Verdier for Lav og Høy klimafremskrivning, samt for utslippsscenario RCP4.5 og for endringer til perioden 2031-2060 er gitt i Hanssen-Bauer et al. (2015).

Nedbørregion	År	Vinter	Vår	Sommer	Høst
R1: Østfold	1,19	1,23	1,22	1,25	1,18
R2: Østlandet	1,17	1,28	1,23	1,19	1,19
R3: Sørlandet	1,14	1,24	1,16	1,14	1,14
R4: Sørvestlandet	1,16	1,23	1,08	1,11	1,15
R5: Ryfylke / Sunnhordland	1,14	1,16	1,07	1,15	1,12
R6: Nordhordland/ Sogn & Fjordane	1,14	1,14	1,06	1,18	1,16
R7: Dovre/ Nord Østerdal	1,21	1,19	1,27	1,20	1,28
R8: Møre & Romsdal	1,18	1,14	1,06	1,19	1,21
R9: Inntrøndelag	1,22	1,16	1,15	1,22	1,23
R10: Trøndelag / Helgeland	1,21	1,13	1,09	1,28	1,24
R11: Hålogaland	1,23	1,09	1,17	1,30	1,23
R12: Finnmarksvidda	1,27	1,27	1,33	1,25	1,29
R13: Varanger	1,29	1,23	1,38	1,29	1,26

7.3 Fremskrivninger og klimafaktorer for 3-timers nedbør

Det er intens nedbør i løpet av 10 minutt til noen få timer som forårsaker de fleste flomskadene i bebygde strøk. Det er usikkert hvor realistisk beskrivelse nedskalerte verdier fra klimamodeller gir av korttidsnedbør i Norge, og det pågår arbeid (bl.a. i «ExPrecFlood»-prosjektet) med å etablere et bedre grunnlag for fremskrivninger av intens korttidsnedbør og styrtflommer.

For seks regionale klimamodeller (Tabell 7.4) foreligger det nedskalerte verdier som viser endringer i 3-timers nedbør fra 1976-2005 til 2071-2100. Disse seks klimafremskrivningene er utviklet i EURO-CORDEX prosjektet (Jacob et al., 2014, se www.euro-cordex.net). Klimafremskrivningene er produsert for to utslippsscenarioer; RCP4.5 og RCP8.5. De regionale fremskrivningene i EURO-CORDEX er laget ved å nedskalere simuleringer fra globale klimamodeller (GCM) ved hjelp av regionale klimamodeller (RCM). I EURO-CORDEX har man gjort dette med mange ulike GCM'er og RCM'er, med to romlige oppløsninger; 0,11° (~12 km) og 0,44° (~50 km).

Tabell 7.4: Klimafremskrivninger for 3-timers nedbør fra EURO-CORDEX prosjektet.
(RCM = Regional klimamodell, GCM = Global klimamodell).

Institusjon	RCM	GCM	Forkortelse
Danish Meteorological Institute (DMI)	HIRHAM 5	ICHEC EC-EARTH	DMI
Pierre-Simon Laplace Institute/National Institute for Industrial Environment and Risks (IPSL-INNERIS)	WRF 3.3.1	IPSL-CM5	IPSL
Royal Netherlands Meteorological Institute (KNMI)	RACMO 2.2	ICHEC EC-EARTH	KNMI
Swedish Meteorological and Hydrological Institute (SMHI)	RCA 4	ICHEC-EC-EARTH	SMHI-I
SMHI	RCA 4	CNRM-CM5	SMHI-C
CLM community (CLMcom)	CCLM 4.8.17	MPI-ESM-LR	CCLM

I regi av NIFS-prosjektet er EURO-CORDEX fremskrivningene med 12 km oppløsning brukt til å analysere endringer i 3-timers nedbør for returperioder på 5-år (M5) og 200-år (M200). Returverdier er beregnet ved å tilpasse data til GEV fordelingen (Dyrddal et al., 2014, Dyrddal et al., 2015, og Dyrddal & Stordal, 2015 (submitted)). Det er i tillegg gjort beregninger for 99.5 persentilen (q99,5) som er benyttet av Hanssen-Bauer et al (2015), se kapittel 7.2. For å studere forskjeller mellom ulike varigheter er det utført analyser både for 3-timers og 1-døgns nedbør.

Tabell 7.5 Klimafaktorer for endring i 3-timers og 1-døgns nedbør fra 1976-2005 til 2071-2100 for de to utslippsscenarioene RCP4.5 og RCP8.5. Verdiene er middelerverdi for Norge, og er basert på endring i hhv. nedbørmengde som overskrides i 0,5 % av tilfellene (q99,5), og verdier med returperioder på 5 år (M5) og 200 år (M200)

Indeks	RCP4,5		RCP8,5	
	3-timer	1-døgn	3-timer	1-døgn
q99,5	1,11	1,11	1,20	1,20
M5	1,16	1,13	1,28	1,22
M200	1,19	1,14	1,38	1,26

Tabell 7.5 viser at klimafaktoren er høyere for utslippsscenario RCP8.5 enn for RCP4.5. Ett-døgns verdien for det begrensede utvalg (6) modeller det foreligger 3-timers verdier for, er i godt samsvar med de 10 modellene (Tabell 7.5) som er brukt for ett-døgns nedbør av Hanssen-Bauer et al. (2015). Middelerverdien for de seks simuleringene indikerer en økning i 3-timers nedbør på ca. 10-20 % (RCP4.5) eller ca. 20-40 % (RCP8.5), avhengig av hvilken nedbørindeks vi ser på.

For nedbørmengder som overskrides i 0,5 % av tilfellene er det liten forskjell mellom klimafaktorer for 3 timer og 1 døgn. For estimatene for returperioder på 5 og 200 år (M5 og M200) er det en klar tendens til høyere klimafaktor for 3 timer enn for 1 døgn, og en tendens til at den mest ekstreme nedbøren (M200) vil øke mer enn for de noe lavere returperiodene (M5 og spesielt q99,5). Disse tendensene til høyere klimafaktor for kortere varigheter og for økende returperioder er i overensstemmelse med resultat fra andre land (Paus et al., 2015; Westra et al., 2014).

Det er også beregnet klimafaktorer for 3-timers nedbør både for M5-, M200- og q99.5-verdier for hver av de 13 nedbørregionene som er beskrevet i Hanssen-Bauer et al. (2015). Tabell 7.6 gjengir klimafaktorene (Middel, Lav og Høy fremskrivning) for 3-timers nedbør med returperiode på 200 år. Lav og høy er her definert som den laveste og høyeste klimafaktoren fra de seks modellene, da det ikke er hensiktsmessig å beregne persentiler på det begrensede antall verdier. Dette er også grunnen til at vi her viser middel i stedet for median. Selv om alle fremskrivningene viser positive klimafaktorer (økning i nedbør) i omtrent hele landet, er det et relativt stort spenn i verdiene. Klimafaktorene for utslippsscenario RCP4.5 ligger mellom 1,0 og 1,4, mens de for utslippsscenario RCP8.5 ligger mellom 1,1 og 1,5. For RCP8.5 er klimafaktoren for middelfremskrivningen lavest for region 4 (Sørvestlandet) og høyest for region 12 (Finnmarksvidda). Som det fremgår av bl.a. figur 4.8 er 3-timers nedbøren for Sørvestlandet vesentlig høyere enn for Finnmarksvidda, slik at økningen i millimeter er størst for de sørlige deler av landet.

Tabell 7.6 Klimafaktorer for endring i 3-timers nedbør fra 1976-2005 til 2071-2100 for de to utslippsscenarioene RCP4.5 og RCP8.5. Resultatene er basert på endring i verdier med returperioder på 200 år, og er gitt for median, lav og høy klimafremskrivning.

Nedbørregion	RCP4.5		RCP8.5	
	Middel	Lav - Høy	Middel	Lav - Høy
R1: Østfold	1,20	1,07 – 1,40	1,51	1,05 – 2,23
R2: Østlandet	1,17	1,09 – 1,32	1,37	1,18 – 1,70
R3: Sørlandet	1,19	1,07 – 1,38	1,29	1,08 – 1,53
R4: Sørvestlandet	1,16	1,02 – 1,42	1,29	1,10 – 1,53
R5: Sunnhordland/Ryfylke	1,16	1,08 – 1,37	1,33	1,21 – 1,46
R6: Nordhordl/ Sogn&Fj.	1,18	1,08 – 1,28	1,32	1,21 – 1,42
R7: Dovre/ Nord Østerdal	1,18	1,05 – 1,24	1,38	1,30 – 1,59
R8: Møre & Romsdal	1,23	1,13 – 1,39	1,39	1,20 – 1,64
R9: Inntrøndelag	1,19	1,05 – 1,37	1,31	1,16 – 1,60
R10: Trøndelag / Helgeland	1,20	1,12 – 1,35	1,35	1,21 – 1,56
R11: Hålogaland	1,19	1,10 – 1,25	1,36	1,23 – 1,41
R12: Finnmarksvidda	1,19	1,12 – 1,35	1,39	1,27 – 1,54
R13: Varanger	1,19	1,07 – 1,37	1,40	1,27 – 1,60

8 Anbefalt fremgangsmåte for beregning av IVF-verdier

Nedenstående tekst er utviklet i samarbeid med NVE, og er hentet fra rapporten «Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt» (Stenius et al., 2015):

«Når en skal anvende nedbørdata i hydrologiske beregninger er det viktig å gjøre en grundig vurdering av verdien som skal benyttes. Resultatene fra analysene utført av Meteorologisk Institutt i NIFS-prosjektet gir et godt grunnlag for å velge dimensjonerende nedbør for varigheter opp mot 24 timer og returperioder på opptil 200 år. For varigheter over 1 døgn og returperioder over 200 år må estimer bestilles fra Meteorologisk Institutt eller en annen meteorologisk institusjon som kan dokumentere en faglig god beregningsmetodikk. For å se eksemplifisering av de understående anbefalinger henvises leseren til regneeksemplene i vedlegg 6 i NVE (2015).

Generell arbeidsgang

Det anbefales alltid innledningsvis å få oversikt over hva som er tilgjengelig av observasjoner i området det skal utføres beregninger for. Nettportalen www.xgeo.no er resultatet av et samarbeid mellom Statens Vegvesen, Jernbaneverket, Kartverket, Meteorologisk Institutt og NVE. Gjennom denne portalen er det enkelt å få oversikt over hva som finnes av hydrologiske og meteorologiske målestasjoner. Ettersom datagrunnlaget på døgnnedbør (manuelle målestasjoner) er mye større enn det er for kortere varigheter, anbefales det at dette inngår i alle analyser, selv om varigheten en er interessert i er kortere (eksempelvis timesverdier).

Estimat av verdier for 1-døgn (24 timer)

Bruk figur 4.18 for å gjøre et første estimat av dimensjonerende døgnverdi. Sammenlign estimatet fra figur 4.18 opp mot resultater fra frekvensanalyser (tilgjengelig gjennom Meteorologisk Institutt sine nettsider www.klimaservicesenter.no og www.eklima.no) for nærliggende stasjoner, og bestem dimensjonerende døgnverdi. Bruk de høyeste observerte verdiene fra de respektive målestasjoner til å vurdere den

dimensjonerende nedbørverdien. Eksempelvis kan det være grunn til mistanke om for lav verdi om en med totalt 120 år med data har observert fem hendelser med returperiode på over 200 år. Når endelig verdi er valgt, legg til 13% for å justere påregnelig verdi fra kalenderdøgn til vilkårlige 24-timer.

Estimat av verdier for kortere varigheter enn 24 timer

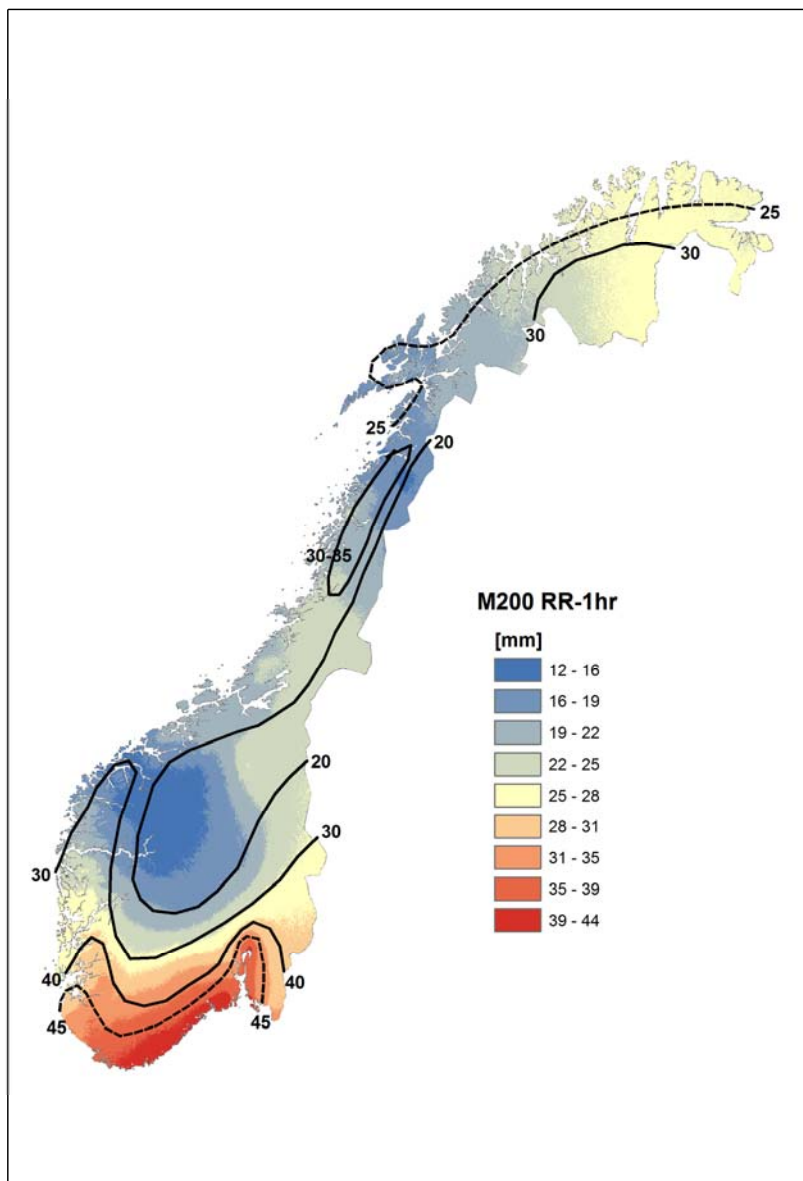
For varigheter kortere enn 1-døgn foreligger det i dag et mer begrenset datagrunnlag, og følgelig er de regionale analysene beheftet med en større grad av usikkerhet. I tillegg til korte måleserier som øker usikkerheten i ekstremverdi-estimatet, vil den relativt lave stasjonstettheten ofte ikke fange opp de mest intense konvektive bygene. Resultatene fra regresjonsanalysene presentert i Figur 4.7 forventes naturlig nok å gi bedre estimater i områder med høy stasjonstetthet (eksempelvis Sørøstlandet) enn i områder med lite data (eksempelvis Nord-Norge). Slike kart vil etterhvert også bli produsert for flere varigheter og flere returperioder. For estimat av dimensjonerende nedbørverdier for korte varigheter er det helt nødvendig å nyttiggjøre seg av all tilgjengelig informasjon. Undersøk alltid alle om det finnes nærliggende pluviometerstasjoner i området (Figur 2.2).

Dersom det finnes IVF-statistikk fra nærliggende pluviometerstasjoner, anbefales det å benytte disse estimatene som utgangspunkt. Sjekk om estimatene virker representative ut fra IVF-verdiene for andre stasjoner i regionen (fig 4.10 – 4.16), og at 200-års verdiene for 1 time passer inn i mønsteret i Figur 8.1 og for 3-timer i figur 4.8. Sjekk om det fra området foreligger observasjoner som tyder på at IVF-statistikken ikke gir representative estimat.

For områder der det ikke finnes nærliggende pluviometerstasjoner, anbefales det å benytte Figur 4.18 og benytte %-andel (Figur 4.20) for å utarbeide et grovestimat av nedbør for ulike varigheter <24 timer. Sammenlign denne verdien med IVF- kurvene fra den aktuelle regionen (Figur 4.10-4.16), og bestem dimensjonerende verdi. Sjekk om det fra området foreligger observasjoner som tyder på at dette estimatet ikke er representativt.

Som nevnt tidligere medfører det begrensede datagrunnlaget på korttidsnedbør at timesverdiene presentert i Figur 4.7 ikke alltid klarer å fange opp de faktiske regionale forskjellene og at verdiene stedvis er noe lave. Dette kartet er følgelig modifisert i et forsøk på bedre å beskrive dette og resultatet er vist i figur 8.1. Dersom dimensjonerende timesverdi bestemt etter tilnærmingen beskrevet over avviker betydelig fra isolinje-verdien på kartet i 8.1, er estimatet muligens for høyt eller lavt. I områder med veldig høye døgnverdier, eksempelvis midtre strøk av Vestlandet og kysten av Nordland, vil bruk av figur 4.19 og figur 4.20 kunne gi svært høye verdier. I slike situasjoner anbefales det å anvende verdien fra figur 8.1; - eventuelt å ta kontakt med Meteorologisk Institutt for ytterligere veiledning».

Det kan også være nyttig å sjekke kapittel 3 som gir en oversikt over de høyeste målte verdier i Norge for varigheter fra 1 minutt til 30 døgn.



Figur 8.1 Tentative øvre estimat for 1-times nedbør med 200-års returperiode.

Kommentarer: Isolinjene er en subjektiv modifisering av den geografiske fordeling som er vist i figur 4.7 og som er gjengitt her som bakgrunnskart. Det er spesielt forsøkt å ta hensyn til nedbørforhold i områder med dårlig stasjonsdekning. Figur 4.7 er basert på målinger i sommermånedene, og gir et underestimert for nedbørrike områder langs kysten der det kan forekomme høy 1-times nedbør også utenfor sommersesongen. Isolinjene bygger bl.a. på resultat fra re-analyser (Mamen et al., 2011). Den geografiske fordelingen i figur 4.7 vil bli modifisert etter hvert som datagrunnlaget forbedres, og oppdaterte versjoner vil fortløpende bli gjort tilgjengelige på nettsidene til Klimaservicesenteret (www.klimaservicesenter.no).

9 Videre arbeid

NIFS-prosjektet har i betydelig grad bidradd til oppdatering og kvalitetssikring av måledata fra pluviometerstasjoner. P.g.a. mange uregelmessigheter i registreringene fra vektpluviometrene; - spesielt på 1990-tallet, - er verdiene fra disse målerne bare i begrenset grad benyttet i denne rapporten. MET arbeider nå med kvalitetssikring av lange serier fra vektpluviometre, slik at også disse dataene kan benyttes til IVF-statistikk og trendstudier. Det har de senere år skjedd en betydelig økning i antall pluviometerstasjoner med eksterne stasjonsholdere (spesielt JBV, SVV og en rekke kommuner), og det tettere stasjonsnettet vil føre til bedre lokale IVF-estimat.

Det tettere stasjonsnettet vil bli benyttet som grunnlag for oppdaterte kart tilsvarende de som er vist i figur 4.7 og 4.8. Slike kart vil bli konstruert for en rekke varigheter og returperioder, og vil på sikt kunne benyttes til å gi IVF-estimat for vilkårlige steder i Norge. Beregningen av returperiodeverdier vil bli basert på «Generalized Extreme Value Distribution» (GEV), og vil kunne gi estimat både for punkt og for nedbørfelt (Dyrddal, 2014 og Dyrddal, 2015).

En stor del av klimaanalysene som ble startet opp i NIFS-prosjektet vil bli videreført i et prosjekt finansiert av Norges Forskningsråd: ExPrecFlood («Climatic changes in short duration extreme precipitation and rapid onset flooding – implications for design values»). Dette prosjektet (2015-2018) støttes av JBV og SVV, og er et samarbeid mellom Universitetet i Bergen (UiB), NVE, MET, SINTEF og UniResearch. Prosjektet vil benytte både observasjoner (intens nedbør, styrtflommer), radardata og meteorologiske og hydrologiske modeller til å analysere historisk utvikling, dagens forhold, og hvordan klimaendringer vil påvirke dimensjonerende verdier. Sammen med brukere (spesielt JBV og SVV) skal det utvikles et interaktivt web-verktøy slik at brukere kan hente ut IVF-statistikk, grafer og kart for områder både med og uten pluviometerdata. Resultatene vil omfatte både dagens og fremtidens klima (bl.a. «klimafaktorer») og vil fortløpende bli presentert på web-sidene til Norsk Klimaservicesenter (www.klimaservicesenter.no).

10 Sammendrag

Korttidsnedbør; - dvs. nedbør med varighet ≤ 24 timer, - måles med automatiske nedbørmålere («pluviometre»). Vippepluviometre kan registrere nedbør på minutt-basis, og de første målerne av denne typen kom i bruk i Norge på slutten av 1960-tallet. For å måle snønedbør må vippepluviometrene være utstyrt med oppvarming. Fra begynnelsen av 1990-tallet ble det tatt i bruk vektpluviometre som ikke trenger oppvarming for å måle snønedbør. Tidsoppløsningen for METs vektpluviometre var 1-time, men fra 2013 er det en gradvis overgang til 10-minutters målinger. For å sammenligne statistikk for 1-times verdier fra vippepluviometre (glidende 60-minutters verdier) med statistikk fra vektpluviometre (faste klokketimer), må verdiene fra vektpluviometrene justeres opp. I denne rapporten er det brukt en faktor på 1,12 for slik justering. P.g.a. mange uregelmessigheter i registreringene fra vektpluviometrene; - spesielt de første årene, - er verdiene fra disse målerne bare i begrenset grad benyttet i denne rapporten. Det arbeides imidlertid med kvalitetssikring av lange serier også fra vektpluviometre, slik at også disse dataene kan benyttes til IVF-statistikk og trendstudier.

De høyeste nedbørverdiene for korte varigheter er i hovedsak målt i områdene rundt Oslofjorden og langs Sørlandskysten, mens det for varigheter lenger enn ca. 6 timer er høyest verdier på Vestlandet. De høyeste målte verdier ved Meteorologisk Institutt's målestasjoner for ulike varigheter er: 1 minutt: 4,3 mm; 10 minutter: 26 mm; 30 minutter: 42 mm; 1 time: 55 mm; 6 timer: 87 mm; 12 timer: 144 mm og 1 døgn: 230 mm. Ved uoffisielle private målestasjoner er det for en del varigheter målt vesentlig høyere verdier enn ved Meteorologisk Institutt's målestasjoner.

Dimensjonerende nedbørverdier presenteres ofte som IVF-verdier: Intensitet-Varighet-Frekvens. I NIFS-prosjektet er det fokusert på verdier med returperiode på 200 år. Basert på kart over geografisk fordeling av 1 og 3-timers nedbør, samt forløp av IVF-kurver, er IVF-verdiene tentativt inndelt i syv regioner. De høyeste IVF-verdiene for korte varigheter forekommer for områdene rundt Oslofjorden og på Sørlandet, mens Vestlandet har de høyeste verdiene for varigheter over 4 timer. 200-års estimat for 1-

times nedbør varierer fra ca. 40 mm rundt Oslofjorden og på Sørlandet, til ca. 20 mm i innlandet i Sør-Norge og på Nord-Vestlandet.

Dimensjonerende nedbør i løpet av 1 minutt utgjør ca. 10 % av 1-times verdien, mens 10 minutters nedbøren utgjør 40-60 % avhengig av region. For Oslofjord regionen utgjør dimensjonerende 200 års verdi for 1-time ca. 50 % av 1-døgns verdien, mens den på Vestlandet og for Møre/Romsdal/Trøndelag bare utgjør ca. 20 %.

Trend analyser er utført for både høyeste årlige nedbørintensiteter og for hyppighet av intensiteter over visse terskelverdier. Dessverre er det få lange serier for korttidsnedbør, men for de ti lengste seriene var det en overvekt av positive trender. To serier fra Oslo hadde statistisk sikker positiv trend både for høyeste årlige intensiteter og for hyppighet av episoder med kraftig nedbør. For Asker og Kristiansund var det (ikke-signifikant) tendens til negative trender.

På grunn av det begrensede antall serier med korttidsnedbør, er det vanskelig å få en oversikt over den romlige fordelingen av trender for høyeste sommernedbør. Det er derfor analysert trender for 142 serier med døgnnedbør for perioden 1968-2014. Av disse har 112 serier positiv trend, men særlig på Vestlandet er det en del stasjoner med negative trender. For 21 serier er de positive trendene signifikante ved et 95 % konfidensnivå, mens kun 2 serier (i Hordaland) har signifikante negative trender.

I NIFS-prosjektet har det også vært fokus på enkelte nylige «ekstremhendelser», der det har blitt store skader på veier, jernbane (linjer og stasjonsområder), bebyggelse og/eller landbruksareal. Hendelsene som er valgt ut er Notodden 24. juli 2011, Rørosbanen 15. august 2011, Ål i Hallingdal 5. juli 2011, Buskerud/Telemark/Sørlandet 6. - 7. august 2012, Dovrebanen / Gudbrandsdalen 10. - 12. juni 2011 og 21. - 23. mai 2013, og Lillehammer 8. juli 2014. For enkelte av disse hendelsene er det ved METs målestasjoner registrert nedbørintensiteter som har returperiode på over 100 år. Enkelte uoffisielle private målinger viser langt høyere verdier enn ved METs stasjoner, og radarkartlegging viser at det har vært lokale nedbørceller med høy intensitet i de fleste av disse ekstremhendelsene. Årsaken til de omfattende skadene ved de ulike hendelsene skyldes mange faktorer, men hovedsakelig menneskelig påvirkning og vann på avveie.

Resultat fra nedskalerte klimamodeller er blitt benyttet til å vurdere fremtidige endringer i hyppighet av dager med kraftig nedbør, samt nedbørmengdene på slike dager. Kraftig nedbør er definert som 1-døgns nedbør som ble overskredet i 0,5 % av dagene (q99.5) i perioden 1971–2000. Medianfremskrivningen på lands- og årsbasis viser en økning i antall dager med kraftig nedbør på 89 % ved slutten av århundret for utslippsscenario RCP8.5. Beregningene viser også en økning i nedbørmengde på dager med kraftig nedbør. På lands- og årsbasis er forandringene for medianfremskrivningen for RCP8.5 scenarioet +19 % ved slutten av århundret. Økningen ses i alle årstider og i alle regioner; med noe større verdier om sommeren.

I regi av NIFS-prosjektet er det for seks nedskalerte klimamodeller også analysert endringer i 3-timers nedbør for q99.5 og for returperioder på 5-år og 200-år. Middelverdien for de seks simuleringene indikerer en økning i 3-timers nedbør på ca. 20-40 % for utslippsscenario RCP8.5. For nedbørmengder som overskrides i 0,5 % av tilfellene er det liten forskjell mellom klimafaktorer for 3 timer og 1 døgn. For estimatene for returperioder på 5 og 200 år er det en klar tendens til høyere klimafaktor for 3 timer enn for 1 døgn, og en tendens til at 200-års verdien vil øke mer enn for lavere returperioder (5-års verdi og q99,5). Disse tendensene til høyere klimafaktor for kortere varigheter og for økende returperioder er i overenstemmelse med resultat fra andre land.

Det er også beregnet klimafaktorer (Middel, Lav og Høy fremskrivning) for 3-timers nedbør for 5 og 200-års returperioder og for q99.5 for norske nedbørregioner. Klimafaktorene for et lavt utslippsscenario (RCP4.5) ligger mellom 1,0 og 1,4, mens de for utslippsscenario RCP8.5 ligger mellom 1,1 og 1,5. Alle fremskrivningene viser positive klimafaktorer (økning i nedbør) i omtrent hele landet, men det er et relativt stort spenn i verdiene.

Referanser

- Bakkehøi, S., E.J. Førland & K. Øien, 1985: An Automatic Precipitation Gauge Based on Vibrating-Wire Strain Gauges. *Nordic Hydrology*, 16, 193-202
- Bonnin, G., D. Martin, T. Parzybok, B. Lin, D. Riley, and M. Yekta, 2006: Precipitation frequency atlas of the United States. NOAA Atlas 14 Volume 1, Version 4.0, National Weather Service, Silver Spring, Maryland.
- DeGaetano, A. and D.Zarrow, 2014: Extreme Precipitation in New York & New England. Technical Documentation & User Manual. Northeast Regional Climate Center Cornell University Ithaca, New York. (http://precip.eas.cornell.edu/docs/xprecip_techdoc.pdf)
- Dyrddal, A V, Skaugen, T, Stordal, F, & Førland, E J., 2014. Estimating Extreme Areal Precipitation in Norway from a Gridded Dataset. *Hydrological Sciences Journal*. DOI:10.1080/02626667.2014.947289.
- Dyrddal, A V, Lenkoski, A., Thorarinsdottir, T L, & Stordal, F., 2015. Bayesian hierarchical model of extreme hourly precipitation in Norway. *Environmetrics*. DOI: 10.1002/env.2301.
- Dyrddal, A.V. and F.Stordal.: Evaluation of fine-scale extreme summer precipitation from EURO-CORDEX RCM simulations over Norway. Submitted to *Int.J Journal of Climatology*.
- Førland, E.J., 1984: Påregnelige ekstreme nedbørverdier. MET Fagrapport 3/84 KLIMA.
- Førland, E.J., 1992: Manual for beregning av påregnelige ekstreme nedbørverdier. Report 21/92 Norwegian Meteorological institute, Oslo, Norway. <http://www.met.no/Forskning/Publikasjoner/>
- Førland et al., 1996: Manual for operational correction of Nordic precipitation data. Report 24/96 Norwegian Meteorological institute, Oslo, Norway, <http://www.met.no/Forskning/Publikasjoner/>
- Førland, E.J., J.Mamen, K.Ødemark, H.Heiberg og S. Myrabø, 2014: Dimensjonerende korttids-nedbør for Telemark, Sørlandet og Vestlandet. NIFS-Rapport 3/2014 (Met.Inst. Rapport 28/2013).
- Førland, E.J., J.Mamen, K.Ødemark og S.Myrabø, 2014: Dimensjonerende korttidsnedbør for Møre, Romsdal, Trøndelag og Nord-Norge.NIFS-rapport 42/2014 (Met.Inst. Report 5/2014).
- Giorgi, F., C. Jones & G.R. Asrar, 2009: Addressing climate information needs at the regional level: the CORDEX framework. *WMO Bulletin*, 58, 175-183.
- Hanssen-Bauer I., E.J. Førland, 1998: Annual and seasonal precipitation variations in Norway 1876-1997. met.no Report 27/98 KLIMA. Norwegian Meteorological Institute, Oslo.
- Hanssen-Bauer, I., E.J.Førland, I.Haddeland, H.Hisdal, S.Mayer, A.Nesje, J.E.Ø.Nilsen, S.Sandven, A.B.Sandø, A.Sorteberg and B.Ådlandsvik, 2015: Klima i Norge 2100 – Kunnskapsgrunnlag for klimatilpasningoppdatert i 2015. Norsk Klimaservicesenter, Report 2/2015 203pp. (www.klimaservicesenter.no)
- Iden, K.A., 1991: Hvor i Norge har nedbøren størst intensitet? *Vær & Klima*, Nr. 3/1991, s.91-97

IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.

Jacob, D. et al., 2013: [EURO-CORDEX: new high-resolution climate change projections for European impact research](#) Regional Environmental Change, Springer Berlin Heidelberg, 1-16.

Lussana, C. and O.E. Tveito, 2014: Spatial Interpolation of Precipitation using Bayesian methods. Internal research note, Norwegian Meteorological institute.

Mamen, J., R.Benestad & J.E.Haugen, 2011: Analysis of short term precipitation in Norway 1967-2010. Met.no Report 15/2011

NGI - Norges geotekniske institutt NGI; 2013: Impacts of extreme weather events on infrastructure in Norway (InfraRisk) - Sluttrapport til NFR-prosjekt 200689. Utarbeidet av: R. Frauenfelder m/flere. NGI Report no. 20091808-05-R.94s.

NVE, 2011: Retningslinjer for flomberegninger. NVE - Retningslinjer nr. 4/2011.

Olsen, M.H., Hopland, A.A., Myrabø, S., Viréhn, P., Glad, P.A., Almenningen, O.E., Traaa, E., 2015a: Flom- og skredhendelsen Frida på Sørlandet 2012. NIFS-Rapport nr 124-2015

Maria H. Olsen, M.H. Agathe A. Hopland, A.A., Myrabø, S., Viréhn, P. og Glad, P.A., 2015b: Flom- og skredhendelser i Gudbrandsdalen. NIFS-Rapport nr 123-2015

Paus, KH, EJ Førland, A Fleig, O Lindholm og SO Åstebøl (2015) Metoder for beregning av klimafaktorer for fremtidig nedbørintensitet. Miljødirektoratet, Rapport M-292/2015

Stenius, S., Glad, P. A., Wang, T. K., Væringstad, T., 2015: Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt. NVE-Veileder nr 7-2015

Sunde, A., 1991: Noen kommentarer til den store nedbørintensiteten i Molde-Nøisomhed. Vær & Klima, Nr. 3/1991, s.98-101

Tveito, O.-E., I. Bjørndal, A. O. Skjelvåg and B. Aune, 2005: A GIS-based agro-ecological decision system based on gridded climatology. Meteorological Applications, 12(1). Temporal disaggregation of daily temperature and precipitation grid data for Norway. J. Hydrometeor, 14, 989-999,

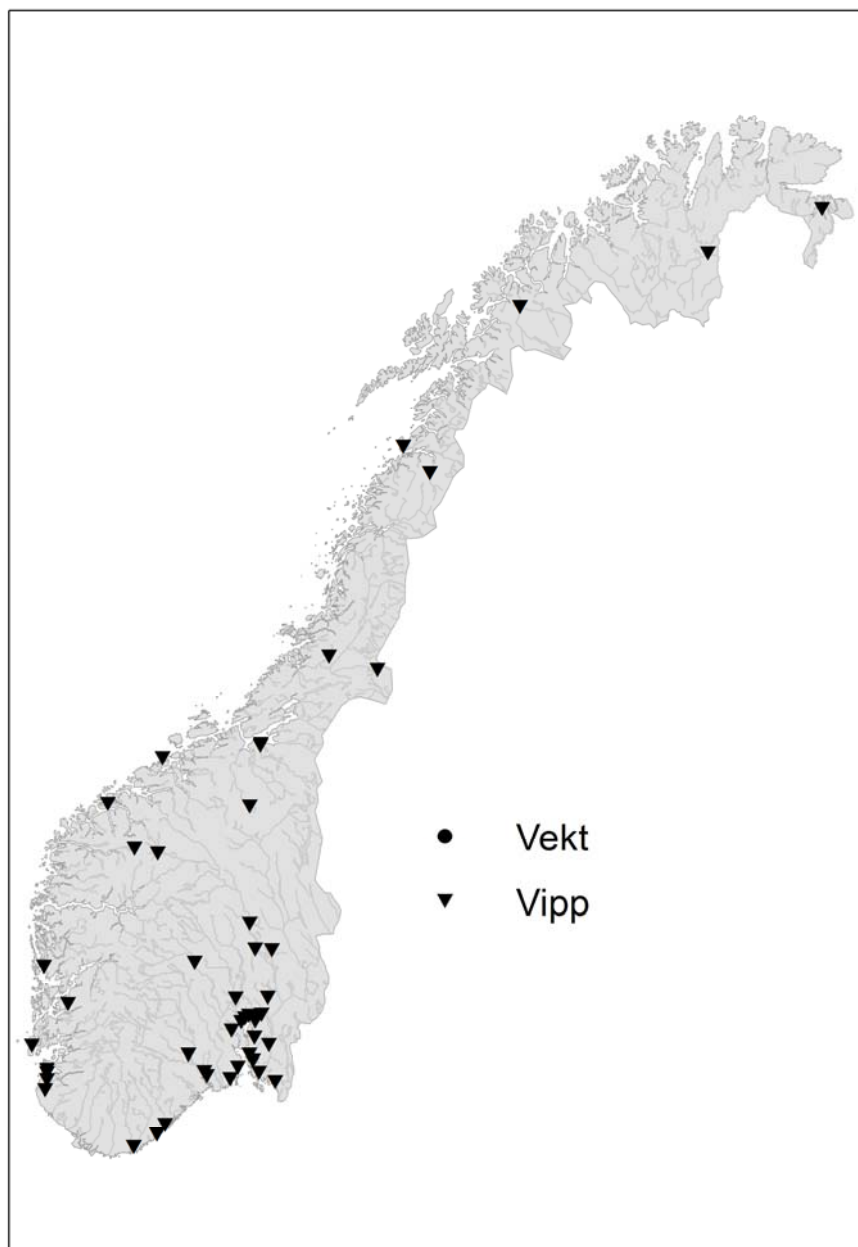
Westra, S, HJ Fowler, JP Evans, LV Alexander, P Berg, F Johnson, EJ Kendon, G Lenderink, and NM Roberts (2014) Future changes to the intensity and frequency of short duration extreme rainfall, Rev. Geophys., 52, 522–555, doi:10.1002/2014RG000464

WMO, 2009: Manual on Estimation of Probable Maximum Precipitation (PMP), WMO-No 1045.

Wolff, M., K. Isaksen, K. Ødemark, A. Petersen-Øverleir, T. Reitan og R. Brækkan, 2013: Vindkorreksjon av nedbør. Meteorologisk institutt Rapport 22/2013.

Ødemark, K., E.J. Førland, J. Mamen, C. A. Elo, A.V. Dyrødal og S. Myrabø, 2012: Ekstrem korttidsnedbør på Østlandet fra pluviometer og radar data. NVE-Rapport 78/2012; Meteorologisk Institutt Rapport 14/2012.

Appendix 1. Oversikt over stasjoner med dataserier ≥ 10 år og stasjoner med IVF-estimat



Figur A1. Stasjoner med IVF-verdier som er benyttet i denne rapporten
(Oversikt over stasjoner med IVF-statistikk er gitt i tabell A1. NB! Det er foreløpig kun beregnet IVF-verdier for vippepluviometer-stasjoner)

Tabell A1. Oversikt over pluviometer stasjoner med mer enn 10 år med data

(Max 1 t angir høyeste registrerte 1-times verdi i millimeter. For stasjoner med vippepluviometer er dette høyeste verdi i løpet av glidende 60 minutters periode, mens det for vektpluviometer er høyeste verdi i løpet av en klokke time. Verdiene fra vektpluviometer-stasjonene er ikke justert (cf. kap. 2.1). Kolonnen IVF angir hvilke stasjoner det (pr. desember 2015) er beregnet IVF-statistikk for.

STNR	NAVN	FRA	TIL	HOH	TYPE	FYLKE	Max 1 t	IVF
1220	HALDEN STADION	1974	1995	10	Vippe	Østfold	21,8	JA
3015	BORGE - BERG	2003	2013	10	Vippe	Østfold	20,1	
3030	FREDRIKSTAD	1970	2013	30	Vippe	Østfold	32,9	JA
3120	ROLVSØY - ELVENESVEIEN	2003	2013	9	Vippe	Østfold	31,8	
3810	ASKIM II	1968	2013	141	Vippe	Østfold	34,3	JA
17000	STRØMTANGEN FYR	1994		10	Vekt	Østfold	35,5	
17005	ONSØY - ØYENKILEN	2003	2013	5	Vippe	Østfold	24,5	
17030	ONSØY - EVJA	2003	2013	3	Vippe	Østfold	27,1	
17150	RYGGE	1986	2000	40	Vippe	Østfold	19,8	JA
17260	MOSS TROLLDALEN	1973	1994	40	Vippe	Østfold	36,7	JA
2840	HØLAND - KOLLERUD	1972	1987	139	Vippe	Akershus	35,6	
4220	KJELLER TELENOR	1975	1992	114	Vippe	Akershus	18,6	
4781	GARDERMOEN SØR	1967	2010	202	Vippe	Akershus	23,7	JA
17870	ÅS - RUSTADSKOGEN	1974	2013	120	Vippe	Akershus	33,6	JA
19490	GJETTUM	1970	2014	67	Vippe	Akershus	46,3	JA
19510	ØVREVOLL	1967	2014	125	Vippe	Akershus	36,9	JA
19710	ASKER	1983	2010	163	Vippe	Akershus	54,9	JA
17980	OSLO - LJABRUVIEIEN	2000		92	Vippe	Oslo	27,0	
18020	OSLO - LAMBERTSETER	1985		135	Vippe	Oslo	33,8	JA
18210	OSLO - HOVIN	1998		100	Vippe	Oslo	49,3	
18269	OSLO - HAUGENSTUA	2004		123	Vippe	Oslo	32,8	
18270	OSLO - VESTLI	1974	2013	200	Vippe	Oslo	28,3	JA
18320	OSLO - HAUSMANNSGT	1984	2014	12	Vippe	Oslo	29,2	JA
18420	OSLO - DISEN	1998		130	Vippe	Oslo	26,2	
18640	OSLO - VESTRE VIKA	1974	1988	10	Vippe	Oslo	28,3	
18700	OSLO - BLINDERN	1993		94	Vekt	Oslo	44,5	
18701	OSLO - BLINDERN PLU	1968		94	Vippe	Oslo	46,1	JA
18815	OSLO - BYGDØY	2002		15	Vippe	Oslo	26,9	
18920	OSLO - BESSERUD	2001		240	Vippe	Oslo	32,1	
18950	TRYVANNSHØGDA	1997		514	Vekt	Oslo	24,1	
18980	OSLO - LILLEAKER	2004		39	Vippe	Oslo	32,3	
19020	OSLO - VOKSENLIA	1985	1997	346	Vippe	Oslo	22,0	
180	TRYSIL VEGSTASJON	1993		360	Vekt	Hedmark	26,1	
6020	FLISA II	2003		185	Vekt	Hedmark	16,7	
6760	ÅSTDALEN - SKVALDRA	1984	1995	870	Vippe	Hedmark	16,6	
9580	TYNSET - HANSMOEN	2001		482	Vekt	Hedmark	14,4	
12290	HAMAR II	1968		132	Vippe	Hedmark	26,2	JA
12550	KISE PA HEDMARK	2003		128	Vekt	Hedmark	18,8	
66830	SÆTER I KVIKNE	1968	1984	543	Vippe	Hedmark	25,6	JA

Tabell A1. Oversikt over pluviometerstasjoner med mer enn 10 år med data, forts.

STNR	NAVN	FRA	TIL	HOH	TYPE	FYLKE	Max 1 t	IVF
11500	ØSTRE TOTEN - APELSVOLL	2000		264	Vekt	Oppland	19,8	
11620	GJØVIK - SOGSTAD	1974	1995	240	Vippe	Oppland	22,5	JA
12670	LILLEHAMMER	1969	1991	260	Vippe	Oppland	15,4	JA
12680	LILLEHAMMER - SÆTHER.	1994		240	Vekt	Oppland	19,1	
15720	BRÅTÅ	1968	1987	712	Vippe	Oppland	14,8	JA
23500	LØKEN I VOLBU	2000		521	Vekt	Oppland	17,8	
20300	HØNEFOSS	1969	1994	140	Vippe	Buskerud	18,8	JA
24880	NESBYEN - SKOGLUND	1967	1986	167	Vippe	Buskerud	14,0	JA
24890	NESBYEN - TODOKK	2003		166	Vekt	Buskerud	17,6	
26890	DRAMMEN - MARIENLYST	1968	1995	3	Vippe	Buskerud	20,2	JA
26900	DRAMMEN - BERSKOG	2004		8	Vekt	Buskerud	15,4	
27270	TØNSBERG - KILEN	2000		3	Vippe	Vestfold	33,1	JA
27450	MELSOM	1999		26	Vekt	Vestfold	29,3	
27470	TORP	1972	1987	88	Vippe	Vestfold	24,1	
27564	SANDEFJORD - MOSSERØD	1998	2009	72	Vippe	Vestfold	44,9	
27580	SANDEFJORD - VARDEN	1973	1996	70	Vippe	Vestfold	25,6	JA
30270	PORSGRUNN - SANNA	1973	1992	10	Vippe	Telemark	33,1	JA
30310	SKIEN - KLOSTERSKOGEN	1968	2000	22	Vippe	Telemark	30,8	JA
32060	GVARV - NES	2004		93	Vekt	Telemark	23,5	
32100	GVARV	1967	1987	26	Vippe	Telemark	31,8	JA
36060	ARENDAL BRANNSTASJON	1967	1996	44	Vippe	Aust-Agder	29,8	JA
36200	TORUNGEN FYR	2004		12	Vekt	Aust-Agder	20,7	
38130	GRIMSTAD - HIA	1974	1997	15	Vippe	Aust-Agder	42,6	JA
38140	LANDVIK	2000		6	Vekt	Aust-Agder	24,8	
40140	HYLESTAD - BROKKE	1971	1981	443	Vippe	Aust-Agder	17,6	
40880	HOVDEN - LUNDANE	1994		841	Vekt	Aust-Agder	19,3	
39040	KJEVIK	1995		12	Vekt	Vest-Agder	22,0	
39150	KRISTIANSAND - SØMSKLEIVA	1974	2013	12	Vippe	Vest-Agder	38,4	JA
42160	LISTA FYR	1994		14	Vekt	Vest-Agder	22,0	
44080	OBRESTAD FYR	1993		24	Vekt	Rogaland	26,0	
44190	TIME - LYE	1981	2013	135	Vippe	Rogaland	41,9	JA
44300	SÆRHEIM	2000		87	Vekt	Rogaland	37,6	
44580	STAVANGER - MADLA	1983	2009	15	Vippe	Rogaland	21,3	
44620	STAVANGER - TASTA	1999	2009	30	Vippe	Rogaland	22,7	
44640	STAVANGER - VÅLAND	1999		72	Vippe	Rogaland	32,1	JA
44660	STAVANGER - HUNDVÅG	1982	2009	5	Vippe	Rogaland	27,7	JA
44730	SANDNES - ROVIK	1974	2013	19	Vippe	Rogaland	26,2	JA
47240	KARMØY - BREKKEVANN	1968	2013	19	Vippe	Rogaland	27,6	JA
47300	UTSIRA FYR	2003		55	Vekt	Rogaland	20,2	

Tabell A1. Oversikt over pluviometerstasjoner med mer enn 10 år med data, forts.

STNR	NAVN	FRA	TIL	HOH	TYPE	FYLKE	Max 1 t	IVF
25830	FINSEVATN	1993		1210	Vekt	Hordaland	13,8	
47890	OPSTVEIT	1968	1987	38	Vippe	Hordaland	27,0	JA
50070	KVAMSØY	2003		49	Vekt	Hordaland	15,8	
50480	BERGEN - SANDSLI	1984	2013	45	Vippe	Hordaland	22,0	JA
51530	VOSSEVANGEN	2004		54	Vekt	Hordaland	15,1	
52300	MODALEN	1968	1979	104	Vippe	Hordaland	27,1	
53101	VANGSNES	1993		49	Vekt	Sogn Og Fjordane	10,0	
56420	FURENESET	2000		7	Vekt	Sogn Og Fjordane	17,8	
58700	OPPSTRYN	1968	1987	201	Vippe	Sogn Og Fjordane	11,1	JA
58900	STRYN - KROKEN	1993		208	Vekt	Sogn Og Fjordane	20,1	
60940	ÅLESUND - SPJELKAVIK	1970	1995	55	Vippe	Møre Og Romsdal	12,4	JA
62290	MOLDE - NØISOMHED	1974	1986	14	Vippe	Møre Og Romsdal	28,9	
64300	KRISTIANSUND - KARIHOLA	1973	2013	39	Vippe	Møre Og Romsdal	22,4	JA
68170	TRONDHEIM - TYHOLT	1967	1993	113	Vippe	Sør-Trøndelag	17,8	JA
68190	TRONDHEIM - BLAKLI	1974	1985	138	Vippe	Sør-Trøndelag	15,1	
68230	TRONDHEIM - RISVOLLAN	1986	2013	84	Vippe	Sør-Trøndelag	21,6	JA
68860	TRONDHEIM - VOLL	1996		127	Vekt	Sør-Trøndelag	14,9	
68863	TRONDHEIM - VOLL PLU	2002	2012	127	Vippe	Sør-Trøndelag	17,1	
71990	BUHOLMRÅSA FYR	1994		18	Vekt	Sør-Trøndelag	14,0	
69150	KVITHAMAR	2000		40	Vekt	Nord-Trøndelag	17,6	
69380	MERÅKER - VARDETUN	2004		169	Vekt	Nord-Trøndelag	24,4	
72850	HØYLANDET	1967	1980	22	Vippe	Nord-Trøndelag	16,3	JA
73490	NORDLI - BRATTVOLD	1967	1982	462	Vippe	Nord-Trøndelag	17,2	JA
76530	TJØTTA	2000		21	Vekt	Nordland	18,2	
81620	ØVRE SALTDAL	1967	1981	26	Vippe	Nordland	12,4	JA
82090	FAUSKE	1983	1995	31	Vippe	Nordland	11,2	
82310	BODØ - SKIVIKA	1997	2013	5	Vippe	Nordland	11,0	JA
84710	NARVIK - STASJONSVN.	1983	1996	50	Vippe	Nordland	11,2	
86740	BØ I VESTERÅLEN III	2003		8	Vekt	Nordland	19,3	
87640	HARSTAD STADION	2003		45	Vekt	Troms	12,3	
89350	BARDUFOSSE	1969	1987	76	Vippe	Troms	15,6	JA
90400	TROMSØ - HOLT	2000		20	Vekt	Troms	11,3	
91380	SKIBOTN II	2004		20	Vekt	Troms	10,3	
93301	SUOLOVUOPMI - LULIT	2004		381	Vekt	Finnmark	11,2	
97250	KARASJOK	1968	1987	155	Vippe	Finnmark	17,1	
97251	KARASJOK – MARKANNJ.	2004		131	Vekt	Finnmark	16,0	JA
99370	KIRKENES LUFTHAVN	1968	1987	89	Vippe	Finnmark	22,4	JA



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

Norges vassdrags- og energidirektorat

Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstuen
0301 Oslo

Telefon: 09575
Internett: www.nve.no