Flomsonekart
Delprosjekt Drammenselva

Demissew K. Ejigu, Turid Bakken Pedersen, Camilla M. Roald

3
2017

RAPPORT

Rapport nr 3-2017

Flomsonekart
Delprosjekt Drammenselva

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Redaktør:

Forfattere: Demissew K. Ejigu, Turid Bakken Pedersen, Camilla M. Roald

Trykk: NVEs hustrykkeri
Opplag: 15
Forsidefoto: Mjøndalen bru. Flom i Drammenselva i juli 2007. Foto: Eirik Traae, NVE
ISBN 978-82-410-1552-6
ISSN 1501-2832

Sammendrag: Det er utarbeidet flomsonekart for Drammenselva for Hokksund i Øvre Eiker, gjennom Mjøndalen i Nedre Eiker og til utløpet i sjøen i Drammen. Denne rapporten erstatter flomsonekart delprosjekt Drammen, nr. 2/2005. Grunnlaget for de ajourførte flomsonekartene er flomberegninger og vannlinjeberegninger.

Emneord: Drammen, Nedre Eiker, Mjøndalen, Øvre Eiker, Hokksund, Drammenselva, flom, flomberegning, flomanalyse, vannlinjeberegning, flomsonekart, klima

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

Januar 2017

Innhold

Forord **4**

Sammendrag **5**

1 Innledning **6**

1.1 Bakgrunn for ajourføring 6
1.2 Avgrensing av prosjektet 7
1.3 Flomsonekart og klimaendringer 8
1.3.1 Klimaendringer og framtidige flommer 8
1.3.2 Klimaendringer stormflo og havnivåstigning 10
1.4 Prosjektgjennomføring 10

2 Metode og databehov **11**

2.1 Metode 11
2.2 Hydrologiske data 11
2.2.1 Nedbørfelt 11
2.2.2 Hydrologisk datagrunnlag 13
2.2.3 Flomfrekvensanalyse 14
2.2.4 Virkninger av klimaendringer 15
2.2.5 Historiske flommer 15
2.2.6 Kalibreringsdata 16
2.3 Topografiske data 17
2.3.1 Tverrprofil 17
2.3.2 Flomverk 18
2.3.3 Bruer 18
2.3.4 Digitale kartdata 19

3 Vannlinjeberegning **19**

3.1 Grensebetingelser 19
3.2 Kalibrering av modellen 20
3.3 Resultat 21
3.4 Spesielt om bruer 21
3.5 Resultatene i forhold til delprosjekt 2/2005 25
3.6 Sensitivitetsanalyse 26

4 Flomsonekart **27**

4.1 Flomsonekart ved utløp sjø 27
4.2 Resultater fra flomsoneanalysen 27
4.2.1 20-årsflom 28
4.2.2 200-årsflom 28
4.2.3 1000-årsflom 30
4.2.4 200-årsflom med klimaendringer 30
4.3 Lavpunkter 30
4.4 Kartpresentasjon 31
4.4.1 Hvordan leses kartet? 31
4.4.2 Kartprodukter 31

5 Usikkerhet **32**

5.1 Flomberegningen 32
5.2 Vannlinjeberegningen 33
5.3 Flomsonekartet 33
6 Andre faremomenter i området 33
6.1 Bekker og sidevassdraget.....34
6.2 Kvikkleire og erosjon 34
6.3 Bølgeoppskylling og vindoppstuving 34
6.4 Is og isgang.....34
6.5 Områder med fare for vann i kjeller.....35
7 Veiledning for bruk 35
7.1 Arealplanlegging og byggesaker – bruk av flomsonekart.....35
7.2 Flomvarsling og beredskap – bruk av flomsonekart.....36
7.3 Hvordan forholde seg til usikkerhet på kartet?.....37
7.4 Generelt om gjentaksintervall og sannsynlighet.....38
8 Referanse 39

Vedlegg kartprodukter

Digitale kartprodukter:
Flomsone for 20-, 200- og 1000-årsflom, samt 200-årsflom i et endra klima i år 2100.

Forord

Et nasjonalt kartgrunnlag – flomsonekart – er under etablering for de vassdragene i Norge som har størst skadepotensial. Hovedmålet med kartleggingen er forbedret arealplanlegging, byggesaksbehandling og beredskap i flomutsatte områder, slik at skadene ved flom blir redusert.
Denne rapporten presenterer ajourførte resultater fra kartleggingen av Drammenselva fra Hokksund i Øvre Eiker, gjennom Mjøndalen i Nedre Eiker og til utløpet i sjøen ved Drammen. Vannstanden i nedre deler av Drammenselva er sterkt påvirket av vannstanden i sjøen. Grunnlaget for flomsonekartene er flomberegninger og vannlinjeberegninger.

Vi takker kommunene Øvre Eiker, Nedre Eiker og Drammen som har vært viktige og gode støttespillere.

Oslo, desember 2016

Anne Britt Leifseth

avdelingsdirektør

Eli K. Øydvin

seksjonssjef

Sammendrag

Flomsonekartet for Drammen viser oversvømt areal for 20-, 200- og 1000-årsflom som følge av en flom i vassdraget og stormflo i sjøen. I tillegg er det vist en 200-årsflom ved et endret klima i år 2100. Kartleggingen er basert på klima-, terreng- og flomdata. Alle resultatene i denne rapporten er oppgitt i høydesystemet NN2000.

Det er utført vannlinjeberegning for Drammenselva fra Hellefoss kraftverk til Drammensfjorden, som omfatter kommunene Øvre Eiker, Nedre Eiker og Drammen. Det er beregnet vannføringer og vannstander for gjentaksintervall Qn, middel-, 5-, 10-, 20-, 50-, 100-, 200-, 500- og 1000-årsflom.

Vannstander i sidevassdrag og bekker er ikke beregnet, slik at oversvømmelse som følge av flom i disse er ikke inkludert i flomsonekartet.

Beregning av framtidige flommer, viser at det ikke er forventet økning i flomvannføringen i Drammenselva som følge av et endret klima frem mot år 2100. Derimot forventes det et høyere havnivå i Drammensfjorden fram mot år 2100, som medfører økte flomvannstander i Drammenselva. For sidevassdrag med nedbørsfelt mindre enn 100 km² eller andre nedbørsfelt som reagerer raskt på styrtregn, forventes det at flomvannføringen vil øke med minst 20 % som følge av et endret klima i år 2100.

Allerede ved en 20-årsflom er store verdier utsatt for oversvømmelse. Ved en 200-årsflom er svært store verdier utsatt og omfatter blant annet både bygninger, veier og jernbane. Dersom en 1000-årsflom inntreffer, tilsier dette at svært store områder med bygninger og infrastruktur blir flomutsatt.

I kommuneplanen kan flomsonene brukes for å identifisere områder, som ikke bør bebygges uten nærmere vurdering av faren og mulige tiltak. I reguleringsplaner og ved dele- og byggesaksbehandling, må en ta hensyn til at flomsonekartene har begrenset nøyaktighet. Spesielt i områder nær yttergrensen av flomsonen, er det viktig at høyden på terrenget kontrolleres mot beregnet flomvannstand. En må spesielt huske på at for å unngå flomskade, må dreneringen til et bygg ligge slik at avløpet også fungerer under flom.

Områder som er utsatt for flomfare skal avsettes som hensynssone - flomfare på arealplankart, og tilknyttes bestemmelser som begrenser eller setter vilkår for arealbruken. Dette kan gjøres ved at det ikke tillates etablering av ny bebyggelse lavere enn nivå for en 200-årsflom, med mindre det utføres tiltak som sikrer bebyggelsen mot flom.

Hensynssonene for flom må innarbeides når kommuneplanen for kommunene Drammen, Nedre Eiker og Øvre Eiker rulleres. Flomsonene kan også brukes til å planlegge beredskaps- og sikringstiltak; som evakuering og bygging av voller.

1 Innledning

Hovedmålet med kartleggingen er å bedre grunnlaget for vurdering av flomfare til bruk i arealplanlegging, byggesaksbehandling og beredskap mot flom. Kartleggingen vil også gi bedre grunnlag for flomvarsling og planlegging av flomsikringstiltak.

1.1 Bakgrunn for ajourføring

Etter den store flommen på Østlandet i 1995, kjent som Vesleofsen, ble det oppnevnt et utvalg, Flomtiltaksutvalget som utarbeidet NOU 1996:16 Tiltak mot flom /1/. Utvalget anbefalte at det skulle etableres et nasjonalt kartgrunnlag – flomsonekart – for vassdragene i Norge som har størst skadepotensial. Utvalget anbefalte en detaljert digital kartlegging.

Med grunnlag i *St.meld. nr. 42 (1996–97) Tiltak mot flom* /2/ ble det i 1998 satt i gang flomsonekartlegging i regi av NVE. Totalt er det gjennomført detaljert flomsonekartlegging av ca. 140 vassdragsstrekninger. Nær halvparten av de kartlagte strekningene munner ut i sjøen. For disse utløpsområdene er flom som følge av stormflo også kartlagt.

I *St.meld. nr. 15 (2011–2012)* /3/ ble det gjort klart at regjeringen vil videreføre satsingen på flomsonekart. Regjeringen holder fast på at styring av arealbruken er det absolutt viktigste tiltaket for å holde risikoen for flomskader på et akseptabelt nivå. Ved nykartlegging og ajourføring, skal også endringer som følge av klimaframskrivinger synliggjøres. Les mer om NVEs flomsonekartleggingsarbeid på www.nve.no.

Det er flere kjente store flommer i Drammensvassdraget de siste 200 årene. Flomproblemer på strekningen Hokksund i Øvre Eiker til Drammenselvas utløpet i Drammensfjorden ble tydeliggjort i kartleggingen Flomsonekart, delprosjekt Drammen 2/2005 /4/. Selv om en flomfrekvensanalyse viser at flomstørrelsene ved ulike gjentaksintervall ikke er endret de siste årene, er det siden 2005 flere forhold som gjør at man nå har bestemt å ajourføre delprosjekt Drammen:

- Nye kalibreringsdata, målte flomvannstander og flomvannføringer.
- Nye analyser av stormfloverdier utført av Kartverket
- Geometridata er gjennomgått og flere tverrprofiler er målt opp.
- Det foreligger bedre kartgrunnlag basert på nye laserdata.
- Klimatilpasning – prosjektet påvirkes av forventet havnivåstigning fram mot år 2100

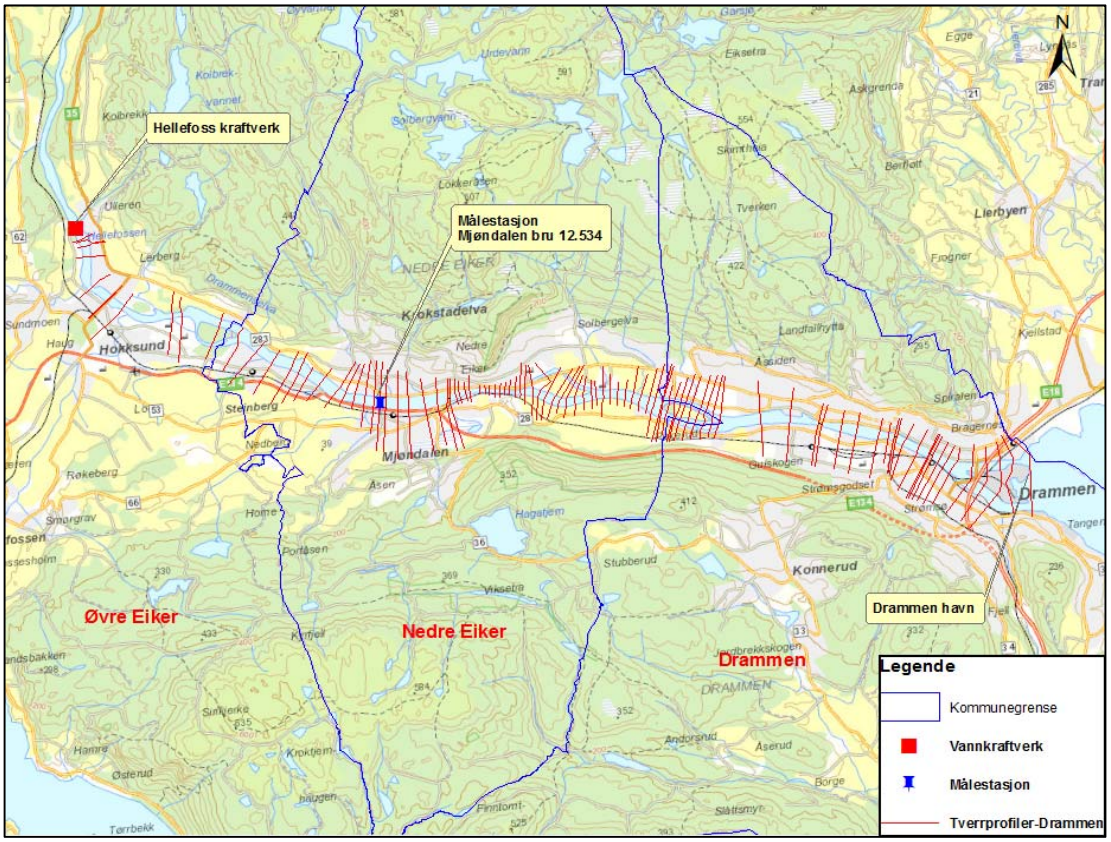
I tillegg har det skjedd en utvikling innen elvemodellering siden 2005. Det er nå gjort en mer detaljer hydraulisk modellering hvor det bl.a. er benyttet et dynamisk flomforløp ved kalibreringen av modellen.

1.2 Avgrensing av prosjektet

Området som er kartlagt langs Drammenselva strekker seg fra Hokksund i Øvre Eiker, gjennom Mjøndalen i Nedre Eiker og til utløpet i sjøen ved Drammen i Drammen kommune, en strekning på ca. 21 km, se Figur 1-1. Dette er den samme utstrekningen, som ble analysert i år 2005. Denne rapporten erstatter flomsonekart delprosjekt Drammen, nr. 2/2005.

Grunnlaget for de ajourførte flomsonekartene er flomberegninger og vannlinjeberegninger. Oversvømt areal beregnes som følge av flom i Drammenselva. Vannstander i sidebekker og oversvømmelse som følge av flom i disse er ikke beregnet her.

Det er primært oversvømte arealer som følge av naturlig høy vannføring som skal kartlegges. Virkningen av andre vassdragsrelaterte faremomenter som isganger, erosjon og utrasinger er ikke gjenstand for tilsvarende analyser, men kjente problemer av denne art er omtalt i tilknytning til flomsoneprosjektet, jf. kapittel 6 Andre faremomenter i området.



Figur 1-1 Oversiktskart over kartlagt område.

1.3 Flomsonekart og klimaendringer

NVE utarbeider flomsonekart med grunnlag i flomberegninger og vannlinjeberegninger, i tillegg blir det tatt hensyn til stormflo for strekninger med utløp i sjø. Beregningene av flomstørrelser og stormflo, er basert på historiske data. Klimafremskrivninger er basert på resultater fra modeller for dagens og fremtidens klima, som er sammenlignet for å beregne forventet endring i f.eks. 200-årsflom. Alle beregninger er utført med utgangspunkt i det beste vi har av data i dag.

1.3.1 Klimaendringer og framtidige flommer

Klimaframskrivningene kommer fra ti ulike kombinasjoner av globale og regionale klimamodeller kjørt under ulike utslippsscenarioer, der scenariet RCP 8.5 er basert på høyt utslipp i framtiden. NVE har brukt klimadataene som inngangsdata til kalibrerte hydrologiske HBV-modeller for 115 nedbørfelt fordelt over hele Norge, for å finne forventet endring i middel-, 200- og 1000-årsflom i år 2100.

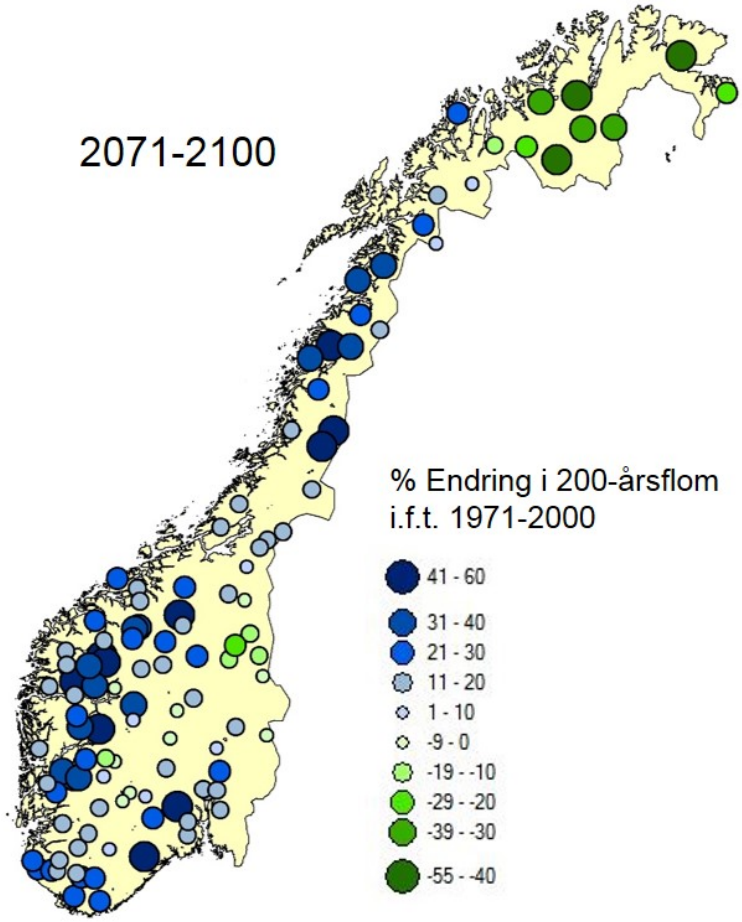
Beregnet endring i 200-årsflom er prosentvis endring mellom 1971–2000 og 2071-2100, der medianverdien av alle resultatene danner utgangspunkt for anbefalt klimapåslag. Medianverdi er den midterste verdien i en tallrekke.

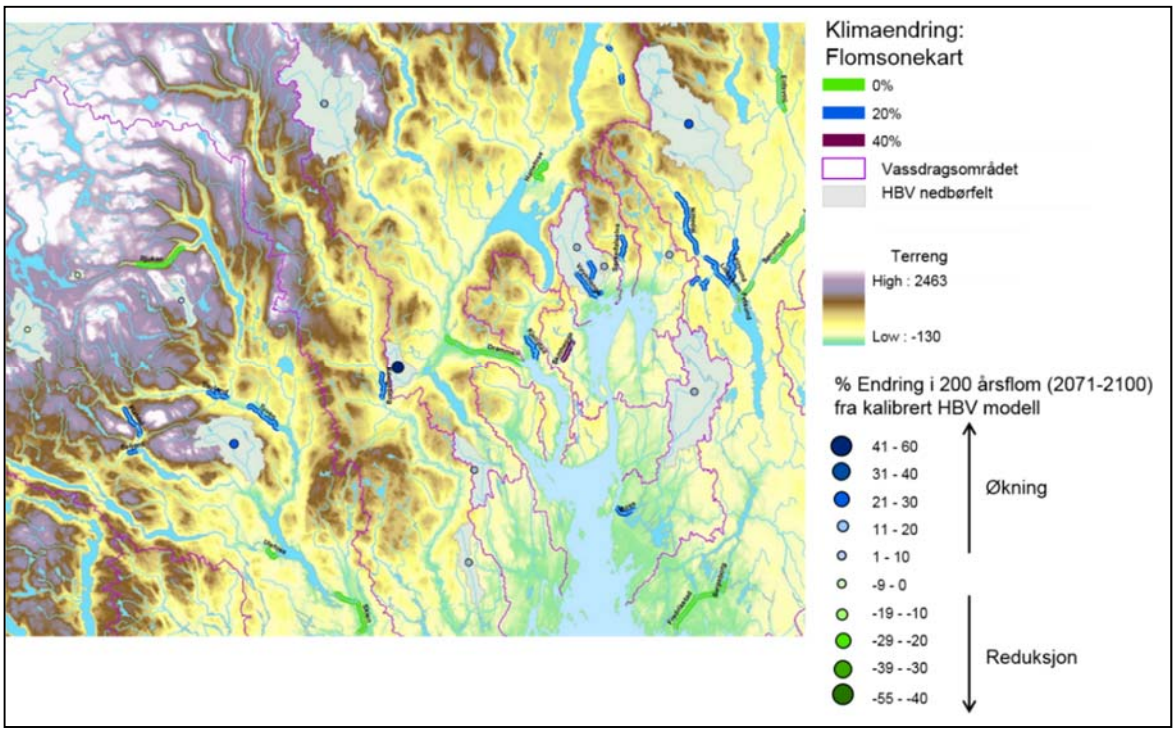
Generelt er det forventet at ekstremnedbør og regnflommer kommer til å øke i hele landet, mens snøsmelteflommer etter hvert vil bli mindre. Resultatet av dette er økte flomstørrelser i alle vassdrag på Vestlandet, langs kysten og i små bratte vassdrag i hele landet. Også mindre sideelver kan få økt flomstørrelse, selv om ikke flomstørrelsen i hovedelva nødvendigvis øker. Flommene forventes også å øke noen steder i innlandet på Sørlandet, Østlandet, i Trøndelag og Troms. Her vil det likevel være små endringer eller en reduksjon de fleste stedene, særlig i de fleste store vassdragene på Østlandet og i Finnmark. I sistnevnte gruppe vil derfor eksisterende flomsonekart gi et tilfredsstillende grunnlag for vurdering av flomfaren, også med hensyn til framtidige flommer. Dette gjelder likevel ikke i munningsområdene, fordi havnivåstigning og økt stormfloaktivitet vil medføre forhøyede vannstander.

Effekten av klimaendringer på flom er kategorisert i tre inndelinger: ingen endring, 20 % økning og 40 % økning. Hvilken kategori en elvestrekning hører til, er avhengig av hvor i Norge den er, nedbørfeltets areal og høydefordelingen i nedbørsfeltet. NVE innarbeider klimapåslag i flomsonekartene der det er nødvendig, basert på best mulig oppdatert kunnskap. Dette har siden 2012 inngått i NVEs arbeid med nykartlegging og ajourføring av flomsonekart.

Flomsonekartene viser kun klimafremskrivninger for 200-årsflommen. I følge Figur 1-2 forventes det at 200-årsflommen i Drammensvassdraget ikke vil øke frem til år 2100 som følge av et endret klima.

Da små og bratte nedbørfelt er mer sårbare for forventede økninger i høyintensiv nedbør, forventer en minst 20 % økning i 200-årsflommen for alle sidevassdrag som er mindre enn 100 km^2 og andre nedbørfelt som reagerer raskt på styrtregn fram mot år 2100.





Figur 1-2 Endring i vannføring som følge av klimaendringer for Drammenselva. Resultatet er basert på klimafremskrivninger og HBV-modeller i uregulerte nedbørfelt

1.3.2 Klimaendringer stormflo og havnivåstigning

Utløpsområder er spesielle områder å kartlegge da flom kan opptre samtidig med stormflo, men flom og stormflo kan også opptre som hendelser hver for seg.

Drammenselva munner ut i Drammensfjorden, slik at nedre deler av elven er påvirket av tidevannet. Når påvirkning fra været gjør vannstanden ekstra høy er det stormflo i sjøen. Særlig lufttrykksendring og vind påvirker vannstanden. Ekstra høy vannstand blir det når en stormflo faller sammen med høyt tidevann.

Stormflovannstander i Drammensfjorden for ulike gjentaksintervall er beregnet basert på observasjoner av Statens kartverk, Sjødivisjonen /8/, se Tabell 1-1.

Tabell 1-1 Oversikt over stormfloverdier (NN2000) i Drammen hentet fra Statens kartverk /8/.

Drammen	5 år	10 år	20 år	50 år	100 år	200 år	500 år	1000 år
Stormflo (m)	1,20	1,30	1,39	1,50	1,59	1,67	1,78	1,86
Stormflo (m) i år 2100		1,82				2,19		

I år 2100 vil havnivået være høyere, som følge av klimaendringer med påfølgende havnivåstigning. Havnivåstigningen som er omtalt i rapport Sea Level Change for Norway, NCCS report no. 1/2015 /9/, er korrigert for landheving. For Drammen forventes en havnivåstigning på 52 cm når 95 % av spredningen for 2081-2100 og utslippsscenariet RCP8.5 legges til grunn. Stormflo for år 2100 er vist i Tabell 1-1. For et gjentaksintervall på 200 år, samsvarer dette også med anbefalinger gitt i veilederen Havnivåstigning og stormflo – samfunnssikkerhet og kommunal planlegging fra Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB) /10/.

I områder som grenser mot sjø må en også ta hensyn til bølge- og vindoppstuving.

1.4 Prosjektgjennomføring

Prosjektet er gjennomført under ledelse av NVE. De hydrauliske beregningene er utført av Demissew K. Ejigu og flomberegningene er utført av Erik Holmqvist. Kvalitetssikring av de hydrauliske beregningene er utført av Turid Bakken Pedersen og Martin Nørman Jespersen.

Det foreløpige reviderte flomsonekartet ble oversendt Øvre Eiker, Nedre Eiker og Drammen kommune med e-post fra NVE av 27.01.2015. Den 15. februar 2016 ble de foreløpige reviderte kartene gjennomgått i et møte med Drammen kommune. Fra møtet med Drammen kommune og i e-post av 24. februar 2016 fra Nedre Eiker kommune har vi mottatt innspill til flomsonekartet som er forsøkt innarbeide i endelig flomsonekart.

Prosjektet er gjennomført i henhold Prosjekthåndbok flomsonekartprosjektet /11/.

2 Metode og databehov

2.1 Metode

Ved detaljkartlegging av flomsoner benyttes detaljerte terrengdata, flomberegning og tverrprofiler som grunnlagsdata. Tverrprofilene gir en forenklet geometri av elven. Data for vannføring og tverrprofiler benyttes i en hydraulisk modell, som beregner vannstander for hvert gjentaksintervall. Der elva har utløp i sjø, er ekstremvannstander i havet gjerne høyere enn vannstanden i elven ved flom. For at kartene skal vise den høyeste vannstanden for et gitt gjentaksintervall, benyttes den høyeste vannstanden for henholdsvis flom og ekstremvannstand sjø når flomsonene tegnes på kartene. Modellen kalibreres med sammenhørende verdier av vannstand og vannføring fra historiske flommer. Resultatet i form av flomsonekart, viser oversvømt areal ved et gitt gjentaksintervall.

2.2 Hydrologiske data

I forbindelse med ajourføringen av flomsonekartet for Drammen, ble flomberegningen revidert med oppdaterte og forlengede dataserier frem til og med 2009 for 12.68 Døvikfoss. Revisjonen er dokumentert i Vurdering av flomberegning for Drammenselva *(012:Z) /12/*. I notatet Komplettering av flomberegning for Drammensvassdraget *(012.Z)* er også normalvannføringen beregnet /13/. De reviderte flomberegningene viser at nye frekvensanalyser med data fra 2000 til og med 2008 ikke påvirker resultatene fra 2001 signifikant. Flomberegning for Drammenselva *(012.Z), 2001 /14/,* ligger derfor fortsatt til grunn for flomsonekartene langs Drammenselva. De følgende avsnittene bygger blant annet på denne rapporten som det henvises til om man ønsker en mer detaljert gjennomgang av det hydrologiske datagrunnlaget og beregningene, samt en vurdering av parametere som nedbørsfelt, målestasjoner og dataserier. For lokalfeltene til Drammenselva på strekningen fra Døvikfoss til utløpet i Drammensfjorden er det gjort beregninger gjengitt i Vannlinjeberegningsnotat for Drammenselva /16/.

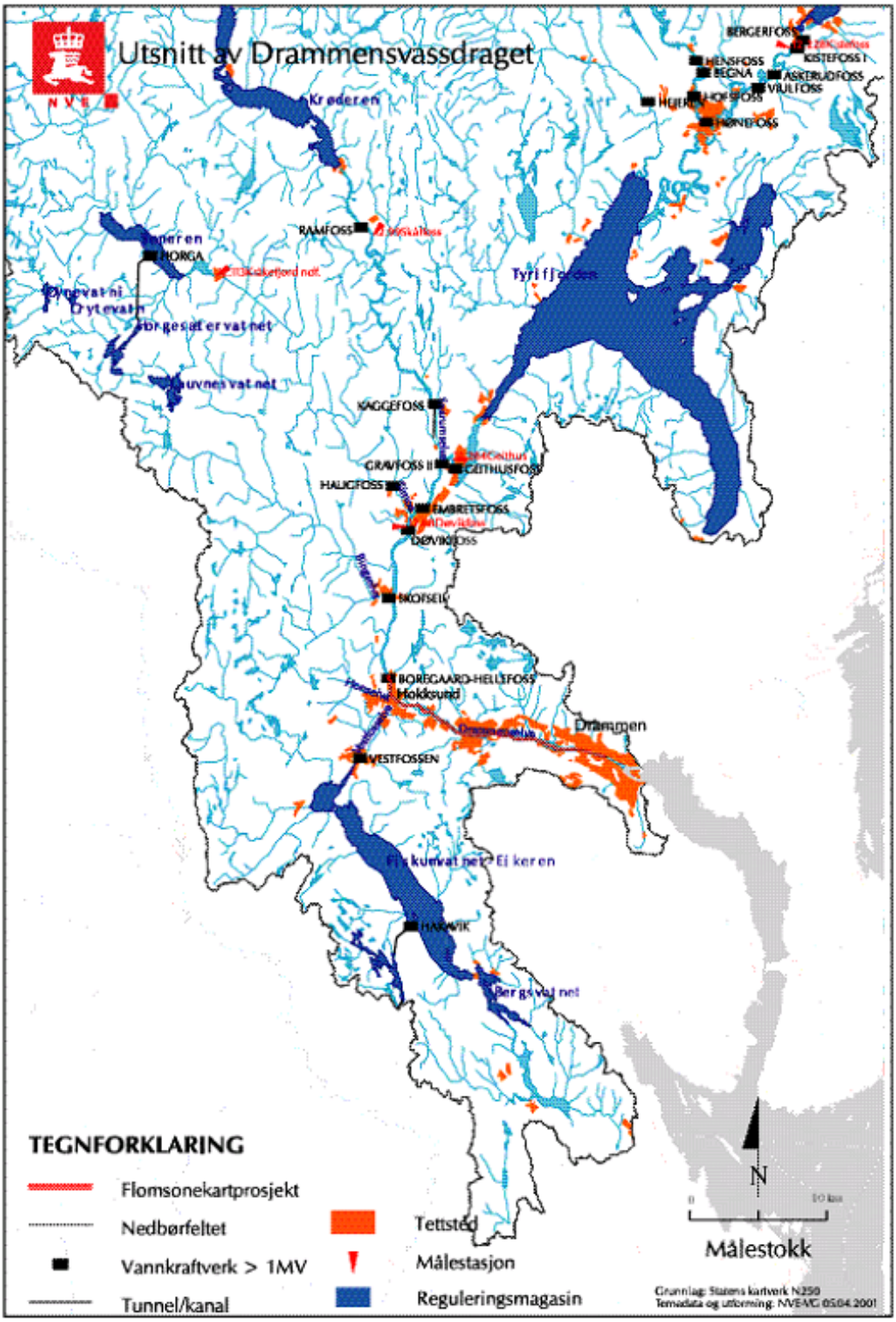
2.2.1 Nedbørfelt

Med et nedbørfelt på 17114 km^2 er Drammensvassdraget Norges nest største vassdrag. Vassdraget har sentral beliggenhet på Østlandet, og omfatter en vesentlig del av Buskerud og Oppland fylke og litt av Vestfold fylke, se utsnitt i Figur 2-1. Nedbørfeltet avgrenses i nord mot Valdresflya og Jotunheimen, i nordvest av Filefjell og Tyin, i vest mot Hardangervidda/Hardangerjøkulen og Numedalslågens nedbørfelt, i øst mot Gausdal, Nordmarka, Bærumsmarka og Mjøsas nedbørfelt.

Drammensvassdraget deler seg naturlig i flere delvassdrag. Den sentrale elv i vassdraget er Drammenselva som strekker seg fra Tyrifjorden ned til utløpet i Drammensfjorden. På denne strekningen tilløper tre større elver: Vestfosselva fra Eikeren med nedbørfelt på 533 km^2, Simoa fra Eggedal og Sigdal med 887 km^2, og Snarumselva (Hallingdalselva) med nedbørfelt på 5252 km^2. Hovedvassdraget nordfra samles i Storelva som drenerer inn i Tyrifjorden. Storelva dannes ved Hønefoss ved samløpet mellom Randselva fra Randsfjordvassdraget (3765 km^2) og Ådalselva fra det ovenforliggende Begnavassdraget

(4851 km^2). Flere mindre vassdrag har også tilsig til Tyrifjorden. Av disse er Songa med 624 km^2 det største.

Drammensvassdragets nedbørfelt omfatter alle typer østlandslandskap fra lavland til høyfjell. Vassdraget er sterkt regulert.



Figur 2-1 Oversiktskart over Drammensvassdraget.

2.2.2 Hydrologisk datagrunnlag

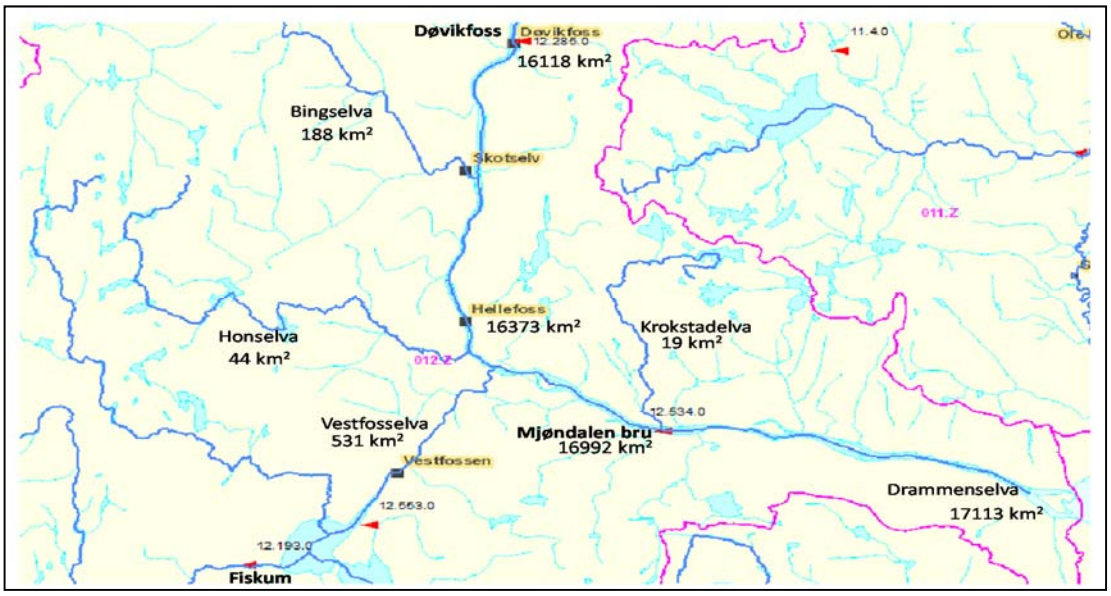
Normalvannføring eller midlere årsavløp for årene 1961-90 er beregnet for flere punkter i Drammensvassdraget, se Tabell 2-1og Figur 2-2. Verdiene er beregnet fra NVEs Avrenningskart /15/ og arealene fra NVEs kartdatabase.

Tabell 2-1 Midlere årsavløp 1961-1990

	Feltareal km^2	Q_N $l/s\ km^2$	Q_N m^3/s
Drammenselva ved Døvikfoss	16118	18,5	297,9
Lokalfelt Hellefoss (Bingselva)	255	12,9	3,3
Drammenselva ved Hellefoss	16373	18,4	301,2
Honselva	44	16,5	0,7
Vestfosselva	531	18,7	10,0
Lokalfelt Mjøndalen bru	43	16	0,7
Drammenselva ved Mjøndalen bru	16992	18,4	312,6
Krokstadelva	19	16	0,3
Lokalfelt til utløp i fjorden	102	16	1,6
Drammenselva ved utløp i fjorden	17113	18,4	314,5

I store østlandsvassdrag som Drammensvassdraget er det stort sett vårflommer som er dominerende, men det forekommer også at årets største flom inntrer om høsten.

Flomberegningene fra 2001 er basert på analyser av kraftverksdata fra 12.68 Døvikfoss og 12.284 Geithus, som har vist seg å ha noe usikker datakvalitet. Av den grunn er det i tillegg benyttet flomdata fra hydrometriske stasjoner i vassdraget for sammenligning og komplettering av kraftverksdataene.



Figur 2-2 Kart over nedre del av Drammensvassdraget

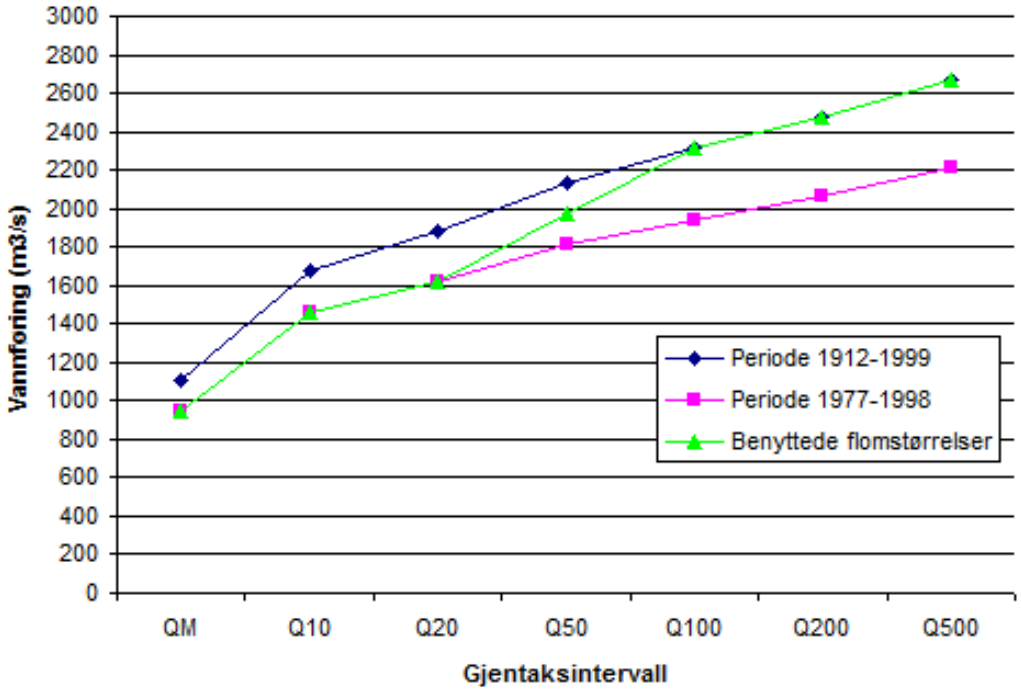
I nedre del av Drammensvassdraget er det de senere årene i tillegg til observert vannføring ved målestasjonene 12.285 Døvikfoss kraftverk, observert vannføringer ved

målestasjon 12.534 Mjøndalen bru og 12.193 Fiskum. Fiskum ligger i nedbørfeltet til Vestfosselva som renner ut i Drammenselva mellom Døvikfoss og Mjøndalen bru, se Figur 2-2.

Til kalibrering av den hydrauliske modellen er observerte vannføringsdata fra Mjøndalen bru og Fiskum benyttet. Fiskum representerer tilsiget fra alle lokalfeltene som drenerer til Drammenselva nedstrøms Døvikfoss kraftverk. Dette er nærmere omtalt i Vannlinjeberegningsnotat for Drammenselva /16/.

2.2.3 Flomfrekvensanalyse

I 2009 ble det som omtalt i kapittel 2.2 gjort en ny analyse for flomvannføringene ved Døvikfoss /12/. Det ble konkludert med at flomberegningene fra 2001 /14/ fortsatt kunne legges til grunn da den nye analysen gav moderate endringer. Drammensvassdraget er sterkt regulert til kraftproduksjon. Reguleringene startet tidlig på 1900-tallet og tilveksten av reguleringsmagasin har pågått helt til 1970. For de mindre flommene fra middelflom til 20-50-årsflom er det antatt at reguleringene har en dempende virkning, se Figur 2-3. Ved større og mer sjeldne flomhendelser vil reguleringens flomdempende effekt avta med økende gjentaksintervall, slik at flomforholdene sannsynligvis blir mer lik uregulerte forhold.



Figur 2-3 Flomverdier for Døvikfoss (årsflommer). Øverste kurve viser flomstørrelsene beregnet ved frekvensanalyse for hele observasjonsperioden 1912-1999. Nederste kurve viser flomstørrelser beregnet ved frekvensanalyse for perioden 1977-1998, som regnes som representative for dagens regulerte forhold. Midterste kurve antas å representere regulerte forhold ved store gjentaksintervall.

I rapporten fra 2001 benyttes det et forholdstall på 1,03 mellom kulminasjons- og døgnmiddelvannføring i Drammenselva. Dette var basert på sammenligning med observasjoner fra nabovassdrag. Fra de siste årene foreligger det data med fin tidsoppløsning registrert ved Mjøndalen bru. Her gir observasjoner fra flommene i 2007,

2008 og 2011 forholdstall på 1,02 – 1,03 som bekrefter at tidligere valgt forholdstall er rimelig.

Flommer kulminerer sjelden samtidig eller/og med samme gjentaksintervall i sidevassdrag og i hovedvassdrag. Når flommen er på topp i hovedvassdraget er som regel flommen i sidevassdraget mindre. For sidevassdragene som har utløp i Drammenselva på den flomsonekartlagte strekningen, er det vannføringen disse har når det er flom i Drammenselva som er beregnet. Flomverdier i Drammenselva ved kulminasjon blir da som gitt i Tabell 2-2.

Tabell 2-2 Flomvannføringer i Drammenselva, kulminasjon /14/, /13/

	Felt-areal km^2	Q_M m^3/s	Q_5 m^3/s	Q_{10} m^3/s	Q_{20} m^3/s	Q_{50} m^3/s	Q_{100} m^3/s	Q_{200} m^3/s	Q_{500} m^3/s	Q_{1000} m^3/s
Drammenselva ved Døvikfoss	16118	980	1310	1510	1670	2030	2380	2550	2750	2910
Lokalfelt Hellefoss (Bingselva) *)	255	40	50	50	70	80	90	100	110	120
Drammenselva ved Hellefoss	16373	1020	1360	1560	1740	2110	2470	2650	2860	3030
Honselva*)	44	4	5	6	6	8	9	9	10	10
Vestfosselva *)	531	43	60	69	69	94	103	112	120	120
Lokalfelt Mjøndalen bru *)	43	3	5	6	6	8	8	9	10	10
Drammenselva ved Mjøndalen bru	16992	1070	1430	1640	1820	2220	2590	2780	3000	3170
Krokstadelva **)	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lokalfelt til utløp i fjorden **)	102	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Drammenselva ved utløp i fjorden	17113	1070	1430	1640	1820	2220	2590	2780	3000	3170

*) For sidevassdragene/ lokalfeltene er det vannføring ved flom i Drammenselva som er gitt. Denne er mindre enn ved flom i det enkelte lokalfeltet.
**) Det er antatt at tilsiget fra Krokstadelva og lokalfeltet nærmest Drammensfjorden er neglisjerbart ved flom i Drammenselva. Bidraget herifra vil være langt mindre enn usikkerheten knyttet til beregnede vannføringer i Drammenselva. Samme forutsetning er lagt til grunn i flomberegningen fra 2001.

2.2.4 Virkninger av klimaendringer

Som omtalt i kapittel 1.3.1 og 1.3.2 viser klimafremskrivningene for Drammenselva at det ikke forventes en økning i flomvannføringene frem mot år 2100, men klimaendringer vil bidra til økt sjøvannstand i Drammensfjorden. Dette legges til grunn i flomsonekartleggingsarbeidet.

2.2.5 Historiske flommer

De største flommene i Drammenselva i senere tid opptrådte i løpet av de første 30 år av 1900-tallet da det fortsatt var relativt få reguleringsmagasiner i vassdraget. De seks største flommene ved Døvikfoss er listet opp i Tabell 2-3. Fem av de seks største flommene var

vårflommer som opptrådte i mai og juni, én er høstflom i september. De to største flommene, i slutten av juni i 1927 og i midten av juni 1926, hadde døgnmiddelvannføring på henholdsvis 2324 m^3/s og 2197 m^3/s. Tabell 2-3 viser at flommen i 1927 er estimert til en 100-årsflom, mens flommen i 1926 hadde gjentaksintervall på 50-100 år.

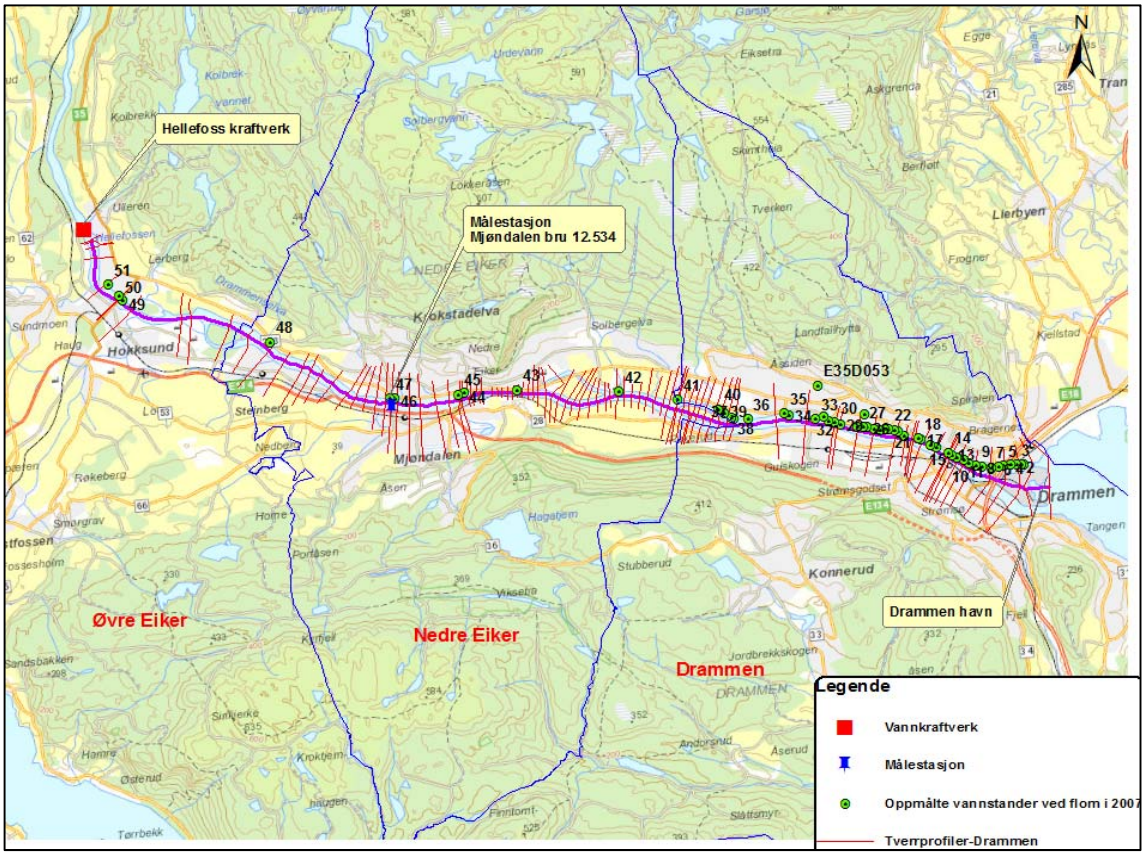
Tabell 2-3 De seks største flommene i løpet av observasjonsperioden ved kraftverket Døvikfoss. Hentet fra NVEs dataarkiv Hydra2.

Stasjon		Observasjons-periode	År	*Dato*	Døgnmiddel-vannføring, m^3/s
12.68	Døvikfoss	1912-1999	1927	30/6	2324
			1926	13/6	2197
			1916	12/5	1850
			1931	31/5	1834
			1934	4/9	1821
			1967	3/6	1786

De senere årene har det vært flere flommer i vassdraget, som i 2007 da det var en flom med omtrent 10-20 års gjentaksintervall. Det var også en flom i september 2011 med i overkant av en middelflom og i mai 2013 med 5 til 10-årsflom.

2.2.6 Kalibreringsdata

For å kalibrere modellen er man avhengig av sammenhørende verdier av vannføring og vannstand. Vannstandene under flommen i 2007, ble målt inn på en rekke steder i prosjektområdet, se Figur 2-4.



Figur 2-4 Oversiktskart for kalibreringspunkter, plassering av oppmålte vannstander for Drammenselva fra 6. juli 2007 kl. 20:06 til 7. juli 2007 kl. 00:22

I tillegg er tidsserier av vannstandsdata fra årene 2007 og 2008 ved målestasjon 12.534 Mjøndalen bru benyttet for å kalibrere modellen, se plassering av målestasjonen i Figur 2-4.

Under flommen 24.05.2013 utførte NVE vannstands- og vannføringsmålinger ved bruk av ADCP ved Mjøndalen bru. Disse sammenhørende vannførings- og vannstandsdata er benyttet for å validere modellen, se Tabell 2-4.

Tabell 2-4 Observerte vannstand og vannføring for Drammenselva ved målestasjon 12.534 Mjøndalen bru, den 24.05.2013

Dato	Observert vannføring ved Mjøndalen bru (m^3/s)	Observert vannstand ved Mjøndalen bru i NN2000 (NN1954+0,12m) (m)	Observert vannstand ved Drammen havn i NN2000 (NN1954+0,13m) (m)
24.05.2013	1528,6	Kl: 16:40=2,70 Kl: 16.50=2,71	Kl: 16:40=0,143 Kl: 16:50=0,153

2.3 Topografiske data

2.3.1 Tverrprofil

På den kartlagte strekningen i Drammensvassdraget fra Hellefoss kraftverk til utløpet i Drammensfjorden, er det benyttet 98 tverrprofiler, se Figur 2-5.

Tverrprofilene er valgt ut for å representere de hydrauliske forholdene på strekningen på en best mulig måte. Det betyr for eksempel at det er lagt inn tverrprofiler ved innsnevring og der bunnhelningen endrer seg.

Profilene er hentet ut fra totalt 6 forskjellige datasett. Omregning av høyder gitt i høydereferansen NN1954 er utført ved bruk av ArcMap og verktøyet «Høydetransformasjon» /26/.

Profil 1 til 19 er konstruert med grunnlag i bunnkotekartet laget i 1992, Blom A/S. 1992-dataene er sammenlignet med nye bunnkotekart fra 2004 og 2006. Det ble kun funnet små forskjeller mellom datasettene og vi velger derfor å beholde tverrprofilene med grunnlag i data fra 1992. For området som er sikret med en utfylling i 2005/2006 er det lagt inn 4 nye profiler.

Fra profil 20 til 61 er tverrprofiler fra Statens vegvesen, 1997 som ligger i NVEs tverrprofildatabase lagt til grunn. Profilene er sammenlignet med data fra NGU, kartlagt i 2005 samt egne oppmålinger gjort av NVE i 2014. Generelt sett samsvarer 1997-dataene fra Vegvesenet godt med NGUs data og egne oppmålinger. Unntaket er ved profil 40 hvor elvebunnen er 4 m lavere enn elvebunnen som ligger i modellen fra 2005 (Profil 40 tilsvarer profil 26 i modellen fra 2005). Vi antar at profilene i modellen fra 2005 er lagt inn manuelt og at det har skjedd en feil da dataene ble lagt inn. Vegvesenets data, NGUs data og NVEs nye oppmålinger stemmer bra overens i dette profilet**.**

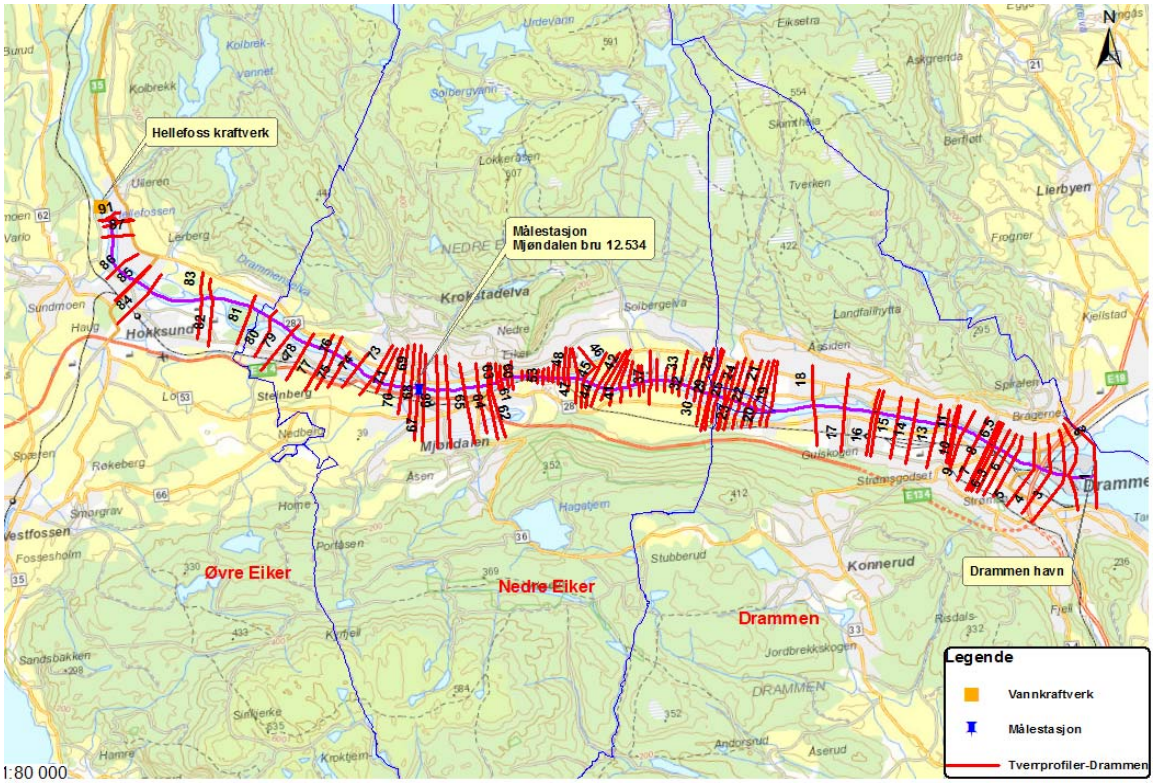
Fra profil 62 til 81 ble det målt opp nye tverrprofiler av NVE høsten 2014.

På strekningen profil 82 til 87 brukes data fra Anleggsdata AS i 1997 /18/. Disse tverrprofilene er kontrollert mot ny oppmåling utført av NVE i 2014 og bare små forskjeller mellom datasettene er funnet.

Profilene 88 til 90 ble målt opp av NVE høsten 2014 for å forlenge modellen slik at den dekker all bebyggelse og hele området opp til Hellefossen.

Alle tverrprofilene er forlenget inn på land på begge sider av elva basert på digital terrengmodell fra 2014 (las-DTM i NN2000 som har 30 cm oppløsning) for området.

For ytterligere omtale av tverrprofilene og oppmåling vises det til notat vedrørende tverrprofildata /19/.



Figur 2-5 Oversiktskart for modellområdet og plassering av benyttede tverrprofiler.

2.3.2 Flomverk

Ifølge NVEs database er det ingen flomverk på den kartlagte strekningen.

2.3.3 Bruer

På den flomsonekartlagte strekningen i Drammensvassdraget er det seks bruer som er inkludert i den hydrauliske modellen; Hokksund bru, Mjøndalen bru, bru på Rv283 ved Stensetøya, Landfalløybrua, Øvre Sund bru og Bybrua.

Tabell 2-5 viser alle egenskapene som er brukt i modellen for alle bruer. Modellering av bruene er nærmere omtalt i notat om vannlinjeberegninger for Drammenselva /16/.

Tabell 2-5 Oversikt over bruer som er inkludert i modelleringen.

Brunavn	Bru-bredde (m)	Bru-overkant/rekkverk, i NN2000 (moh)	Bru-underkant, i NN2000 (moh)	Bru-lysåpning (m)
Hokksund bru-RV35	12	8,7	6,4	186
Mjøndalen bru	4	7,7	6,5	219
RV283 bru ved Stensetøya	12	7,3	4,6	265
Landfalløybrua	11	4,0	2,7	149
Øvre sund bru	23	6,4	4,7	148
Bybrua	16	5,3	2,2	252

2.3.4 Digitale kartdata

Det er generert en terrengmodell i GIS basert på laserdata fra Kartverket. Terrengmodellen er etablert i henhold til høydereferansen NN2000.

3 Vannlinjeberegning

Beregningene er utført ved hjelp av programvaren Mike11 SP2 (ikke-stasjonær), en hydraulisk beregningsmodell utviklet av Dansk Hydraulisk Institutt (DHI).

Det er beregnet vannlinjer fra ca. 245 m nedstrøms Hellefoss kraftverk til Drammensfjorden, totalt ca. 21 km. Figur 2-5 viser avgrensning av analyseområdet, samt plasseringen av de benyttende tverrprofiler.

Nødvendige inngangsdata er tverrprofilgeometri, ruhet, nedstrøms grensebetingelse og vannføring, der ruhet er friksjonen mellom bunnen og vannet i elven. Ruheten beskrives ved Mannings tall n, der lave n-verdier representerer lav ruhet.

3.1 Grensebetingelser

For flomsonekartlegging i elv som har utløp i havet må det tas hensyn til forholdene ved tidevann og stormflo. Det legges da til grunn en tilnærming hvor man som grensebetingelse normalt benytter 1-års stormflo for alle flomvannføringene /20/. For slike utløpsområder er det ofte lite med samtidige observasjoner av flom i elv og stormflo. Det foreligger derfor sjelden statistikk som sier noe om sannsynligheten for at disse hendelsene skal opptre samtidig. I masteroppgaven Virkninger av kombinerte effekter av stormflo og flom av Trine Indergård /21/ ble det bl.a. sett på noe data fra Drammensvassdraget hvor det konkluderes med at stormflom og flom i en viss grad opptrer samtidig. På grunnlag av dette, velges 10-års stormflo som nedre grensebetingelse for ajourføring av flomsonekart Drammen tilsvarende som for kartleggingen i 2005. For

alle gjentaksintervallene legges det til grunn at det samtidig er 10-års stormflo i sjøen, se nærmere omtale i kapittel 4.1.

I tillegg til sjøvannstander basert på historiske data, er det gjort beregninger hvor det er tatt hensyn til forventet klimaendringer og havnivåstigning. Det er da lagt til grunn havnivåstigning for Drammen i år 2100, se kapittel 1.3.2.

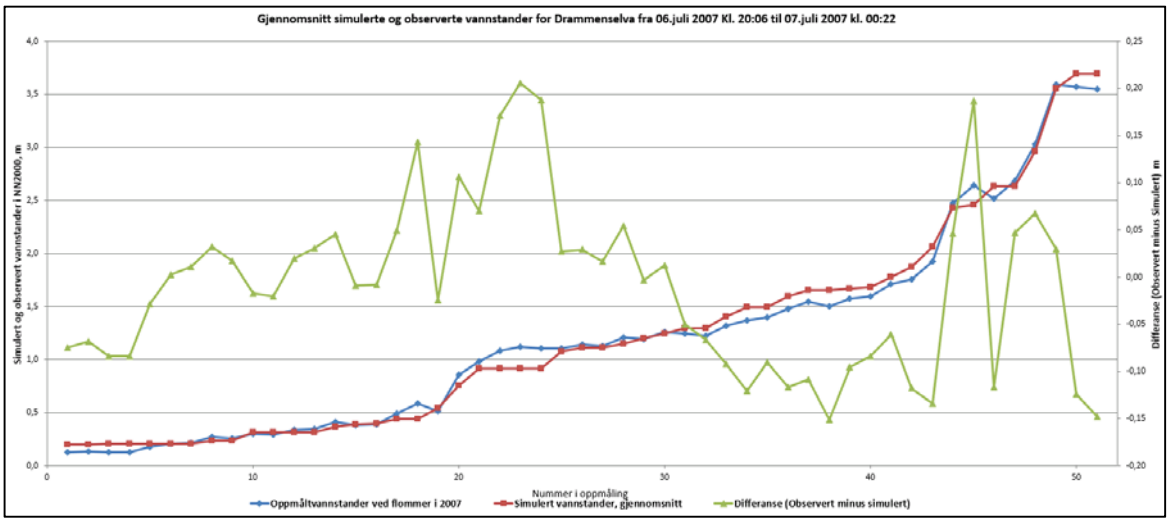
Som vist i Tabell 1-1 er 10-års stormflo på kote 1,30 (NN2000) basert på historiske data og kote 1,82 (NN2000) når havnivåstigning som følge av klimaendringer frem til år 2100 legges til grunn.

3.2 Kalibrering av modellen

For å redusere usikkerhetene i modellen må den kalibreres mot flommer med kjente vannføringer og vannstander. Modellkalibreringen er gjort ved tilpasning av ruhetsparametre (n-verdier/manningstall). Disse verdiene varierte vertikalt på alle tverrprofilene. For dette ajourføringsprosjektet har vi flere og gode kalibreringsdata.

Fra flommen i 2007 er vannstandene fra 6. juli kl. 20:06 til 7. juli kl. 00:22, registrert på en rekke steder langs Drammenselva på strekningen mellom Hellefoss kraftverk til utløpet i Drammen. Disse data er benyttet i kalibreringen, se kapittel 2.2.6 og Figur 2-4. Flommen sommeren 2007 tilsvarer ca. en 20-års flom. Det er godt samsvar mellom observerte og simulerte verdier, se Figur 3-1. Den observerte vannføringen fra NVEs database (Hydra) er benyttet.

I tillegg er modellen kalibrert for lave vannføringer fra 2007 og 2008. Tidsserier for vannstandsdata for 2007 og 2008 ved målestasjonen Mjøndalen bru 12.534 er benyttet. Det er svært godt samsvar mellom observerte og simulerte vannstander ved målestasjon Mjøndalen bru 12.534.



Figur 3-1 Sammenligning av simulerte og observerte vannstander i Drammenselva ved flommen i 2007.

Ved kalibrering av modellen er observerte sjøvannstander ved Drammen havn /25/ for de ulike kalibreringsflommene benyttet som nedre grensebetingelse. Mer om høydegrunnlaget og beregninger er omtalt i /8/ og /16/.

NVE målte vannstand og vannføring ved bruk av ADCP under flommen den 24.05.2013 ved Mjøndalen bru. Disse samtidige målingene av vannføring og vannstandsdata er benyttet for å validere modellen. Det er godt samsvar mellom observert og simulert vannstand.

Resultatet av kalibreringen kan karakteriseres som svært godt, se nærmere beskrivelse av dette i /16/.

3.3 Resultat

Det er utført vannlinjeberegninger for normalvannføringen (Q_N), middelflom (Q_m) flommer med gjentaksintervall 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500 og 1000 år og forventa 200-årsflom i år 2100. I nedre delen av Drammenselva er vannstanden påvirket av tidevann/stormflo. Den vannstanden som er høyest som følge av flom i elva eller stormflo, er presentert i Tabell 3-1. For nedre del av Drammenselva, er det stormflo som gir den høyeste vannstanden for hvert gjentaksintervall.

For Drammenselva gir klimafremskrivninger frem mot år 2100 ingen forventet endring i flomstørrelsene /7/, men det forventes en havnivåstigning på 52 cm /10/ som medfører at vannstandene øker. Dette er tatt hensyn til i beregning av en fremtidig 200-årsflom og er presentert i kolonne «Q200, år 2100» i Tabell 3-1.

Lengdeprofil av beregnede vannstander for flommer med gjentaksintervall 50, 100, 200 og 500 år vises i Figur 3-2.

3.4 Spesielt om bruer

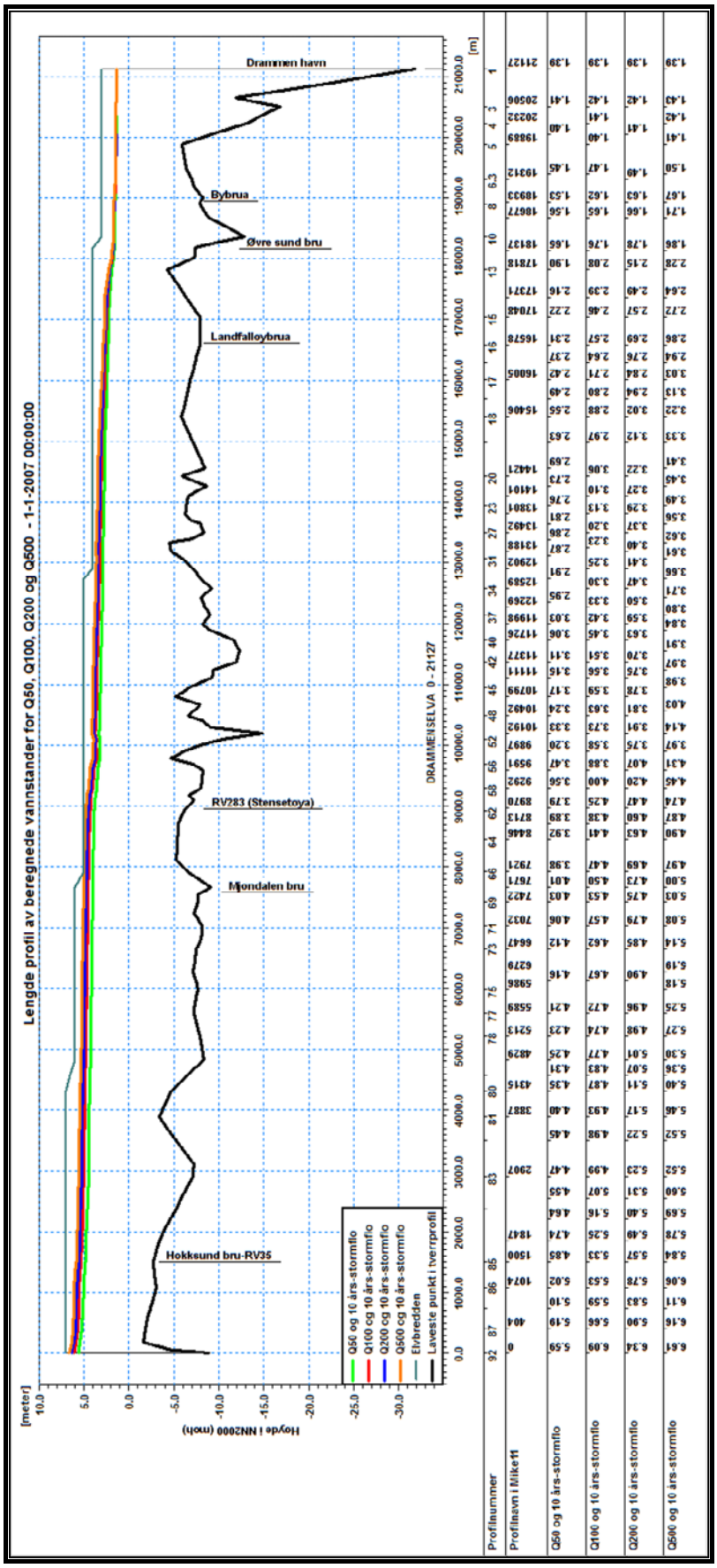
Dersom vannet kommer i kontakt med brubjelken vil den hydrauliske kapasiteten til bruen reduseres, som følge av den økte friksjonen. En vil også kunne få redusert hydraulisk kapasitet som følge av at drivgods som transporteres med elven setter seg fast i bruen og dermed redusere den hydrauliske kapasiteten ytterligere.

I den hydrauliske modellen er det tatt hensyn til seks bruer i prosjektområdet. Det beregnes da med reint vann og uten innsnevringer som kan forekommer dersom drivgods som kommer i elva kiler seg fast. Beregningen viser at bru på Rv35 i Hokksund, Mjøndalen bru og Øvre Sund bru har kapasitet i forhold til en 1000-årsflom. Bybrua i Drammen har også kapasitet tilsvarende ca. en 1000-årsflom, men ved en 200-års stormflohendelse i år 2100 vil vannstanden kunne nå opp til brubjelken. Flomvann vil også treffe brubjelkene for bru på Rv283 ved Stensetøya og for Landfalløybrua ved en flomhendelse som tilsvarer omtrent en 200-årsflom ved dagens klima.

Tabell 3-1 Beregnet kulminasjonsvannstand (NN2000) for ulike gjentaksintervall. I utløpsområdet (tverrprofil nr. 1 – 11) der stormflo er høyere enn flomvannstanden, er dette vist med rød kursiv skrift.

Profil nr.	Qn	Qm	Q5	Q10	Q20	Q50	Q100	Q200	Q500	Q1000	Q200 år 2100
1	1,30	1,30	1,30	1,30	*1,39*	*1,50*	*1,59*	*1,67*	*1,78*	*1,86*	*2,19*
2	1,30	1,30	1,29	1,29	*1,39*	*1,50*	*1,59*	*1,67*	*1,78*	*1,86*	*2,19*
3	1,30	1,31	1,31	1,31	*1,39*	*1,50*	*1,59*	*1,67*	*1,78*	*1,86*	*2,19*
4	1,30	1,30	1,31	1,31	*1,39*	*1,50*	*1,59*	*1,67*	*1,78*	*1,86*	*2,19*
5	1,30	1,30	1,30	1,31	*1,39*	*1,50*	*1,59*	*1,67*	*1,78*	*1,86*	*2,19*
6	1,30	1,31	1,33	1,33	*1,39*	*1,50*	*1,59*	*1,67*	*1,78*	*1,86*	*2,19*
6,3	1,30	1,31	1,33	1,34	*1,39*	*1,50*	*1,59*	*1,67*	*1,78*	*1,86*	*2,19*
6,4	1,30	1,32	1,34	1,35	*1,39*	*1,50*	*1,59*	*1,67*	*1,78*	*1,86*	*2,19*
6,5	1,30	1,32	1,34	1,36	*1,39*	*1,50*	*1,59*	*1,67*	*1,78*	*1,86*	*2,19*
7	1,30	1,38	1,40	1,41	1,42	*1,50*	*1,59*	*1,67*	*1,78*	*1,86*	*2,19*
8	1,30	1,38	1,40	1,41	1,42	*1,50*	*1,59*	*1,67*	*1,78*	*1,86*	*2,19*
9	1,30	1,38	1,41	1,43	1,44	1,51	*1,59*	*1,67*	*1,78*	*1,86*	*2,19*
10	1,30	1,38	1,41	1,43	1,44	1,51	*1,59*	*1,67*	*1,78*	*1,86*	*2,19*
10,5	1,30	1,39	1,42	1,44	1,45	1,53	1,60	*1,67*	*1,78*	*1,86*	*2,19*
11	1,31	1,42	1,46	1,49	1,51	1,60	1,67	1,73	1,79	*1,86*	*2,19*
12	1,31	1,43	1,49	1,52	1,55	1,66	1,74	1,81	1,88	1,94	2,22
13	1,31	1,48	1,57	1,63	1,69	1,86	2,00	2,11	2,22	2,29	2,48
14	1,32	1,57	1,71	1,80	1,89	2,12	2,33	2,45	2,59	2,67	2,77
15	1,33	1,59	1,74	1,84	1,94	2,18	2,40	2,53	2,68	2,76	2,83
15,5	1,33	1,61	1,78	1,89	1,99	2,25	2,48	2,62	2,76	2,84	2,90
16	1,33	1,62	1,80	1,91	2,01	2,28	2,51	2,65	2,80	2,89	2,95
17	1,34	1,66	1,85	1,98	2,10	2,39	2,66	2,81	2,98	3,08	3,09
18	1,34	1,70	1,92	2,07	2,20	2,53	2,82	2,99	3,18	3,28	3,26
19	1,35	1,75	2,00	2,16	2,31	2,67	2,99	3,17	3,37	3,48	3,42
20	1,35	1,75	2,01	2,17	2,32	2,69	3,01	3,20	3,39	3,50	3,44
21	1,35	1,76	2,02	2,19	2,34	2,70	3,03	3,21	3,41	3,52	3,45
22	1,35	1,77	2,04	2,20	2,36	2,73	3,06	3,24	3,44	3,55	3,48
23	1,35	1,77	2,04	2,21	2,37	2,74	3,07	3,25	3,45	3,56	3,48
24	1,35	1,78	2,05	2,22	2,38	2,75	3,08	3,27	3,47	3,58	3,50
25	1,35	1,79	2,06	2,24	2,39	2,77	3,11	3,30	3,50	3,61	3,52
26	1,35	1,79	2,07	2,25	2,41	2,79	3,13	3,32	3,52	3,63	3,54
27	1,35	1,80	2,09	2,27	2,43	2,81	3,16	3,34	3,55	3,66	3,57
28	1,35	1,81	2,10	2,28	2,44	2,83	3,18	3,37	3,57	3,68	3,59
29	1,35	1,81	2,10	2,28	2,45	2,84	3,18	3,37	3,58	3,69	3,59
30	1,35	1,82	2,11	2,29	2,45	2,84	3,19	3,38	3,58	3,69	3,60
31	1,35	1,82	2,11	2,29	2,46	2,84	3,19	3,37	3,58	3,68	3,59
32	1,36	1,83	2,12	2,31	2,47	2,86	3,20	3,39	3,59	3,70	3,60
33	1,36	1,84	2,14	2,33	2,49	2,89	3,24	3,42	3,63	3,74	3,63
34	1,36	1,85	2,15	2,34	2,51	2,91	3,26	3,45	3,66	3,77	3,66
35	1,36	1,85	2,16	2,35	2,52	2,92	3,28	3,47	3,68	3,79	3,68
36	1,36	1,85	2,16	2,35	2,52	2,92	3,29	3,48	3,70	3,81	3,69
37	1,36	1,86	2,18	2,37	2,55	2,96	3,34	3,55	3,77	3,88	3,75
38	1,36	1,88	2,20	2,40	2,58	3,00	3,38	3,57	3,79	3,90	3,77
39	1,36	1,88	2,21	2,41	2,59	3,01	3,39	3,59	3,80	3,91	3,78
40	1,36	1,89	2,22	2,43	2,61	3,04	3,41	3,61	3,83	3,94	3,81
41	1,36	1,90	2,24	2,45	2,63	3,07	3,45	3,66	3,88	3,99	3,85
42	1,36	1,91	2,25	2,46	2,65	3,08	3,47	3,68	3,90	4,02	3,87

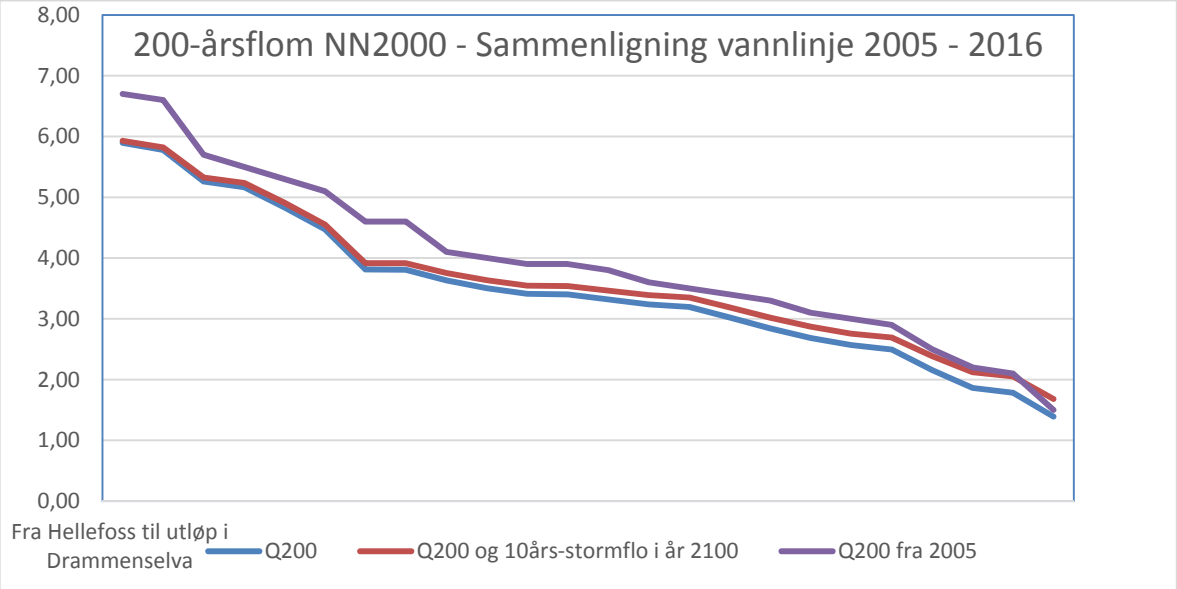
Profil nr.	Qn	Qm	Q5	Q10	Q20	Q50	Q100	Q200	Q500	Q1000	Q200 år 2100
43	1,37	1,92	2,27	2,48	2,67	3,12	3,51	3,71	3,94	4,05	3,90
44	1,37	1,92	2,27	2,49	2,68	3,13	3,52	3,73	3,96	4,07	3,92
45	1,36	1,91	2,26	2,48	2,67	3,12	3,51	3,72	3,95	4,07	3,91
46	1,37	1,93	2,29	2,51	2,70	3,15	3,55	3,76	3,99	4,10	3,94
47	1,37	1,95	2,31	2,53	2,73	3,18	3,57	3,78	4,00	4,12	3,96
48	1,37	1,98	2,35	2,58	2,78	3,22	3,59	3,79	4,00	4,11	3,96
49	1,37	1,99	2,37	2,60	2,80	3,26	3,63	3,82	4,04	4,15	3,99
50	1,38	2,00	2,38	2,61	2,81	3,26	3,64	3,83	4,05	4,16	4,00
51	1,38	2,02	2,41	2,64	2,85	3,31	3,69	3,89	4,11	4,22	4,06
52	1,37	1,97	2,33	2,55	2,74	3,17	3,52	3,71	3,91	4,01	3,88
53	1,37	1,99	2,36	2,59	2,79	3,23	3,60	3,79	4,00	4,11	3,96
54	1,37	1,96	2,33	2,55	2,74	3,18	3,54	3,73	3,94	4,05	3,90
55	1,37	1,97	2,34	2,57	2,76	3,21	3,57	3,77	3,98	4,09	3,93
56	1,38	2,04	2,44	2,68	2,88	3,35	3,73	3,93	4,14	4,25	4,08
57	1,39	2,08	2,50	2,75	2,97	3,45	3,85	4,06	4,28	4,40	4,20
58	1,39	2,11	2,55	2,82	3,04	3,55	3,97	4,19	4,43	4,55	4,33
59	1,40	2,19	2,65	2,93	3,17	3,70	4,14	4,37	4,62	4,74	4,50
60	1,40	2,20	2,67	2,95	3,19	3,72	4,16	4,39	4,64	4,76	4,52
61	1,40	2,22	2,71	3,00	3,24	3,78	4,23	4,46	4,71	4,84	4,59
62	1,42	2,26	2,75	3,04	3,30	3,84	4,30	4,54	4,78	4,92	4,66
63	1,43	2,28	2,77	3,07	3,33	3,88	4,35	4,59	4,84	4,98	4,70
64	1,43	2,29	2,79	3,09	3,36	3,91	4,38	4,62	4,87	5,01	4,73
65	1,43	2,32	2,83	3,13	3,40	3,95	4,43	4,67	4,91	5,06	4,78
66	1,43	2,33	2,85	3,15	3,42	3,97	4,44	4,68	4,93	5,08	4,79
67	1,44	2,34	2,86	3,17	3,44	4,00	4,48	4,72	4,97	5,11	4,83
68	1,44	2,35	2,87	3,18	3,44	4,00	4,48	4,72	4,98	5,12	4,83
69	1,44	2,35	2,88	3,18	3,45	4,02	4,50	4,75	5,00	5,15	4,85
70	1,44	2,36	2,89	3,20	3,47	4,04	4,53	4,77	5,03	5,17	4,88
71	1,44	2,37	2,90	3,22	3,49	4,06	4,54	4,79	5,05	5,19	4,89
72	1,44	2,39	2,93	3,25	3,52	4,09	4,58	4,82	5,08	5,23	4,93
73	1,44	2,40	2,95	3,26	3,54	4,11	4,60	4,85	5,11	5,25	4,95
74	1,45	2,42	2,97	3,30	3,57	4,15	4,65	4,90	5,16	5,31	5,00
75	1,45	2,43	2,98	3,31	3,58	4,16	4,65	4,89	5,15	5,30	4,99
76	1,45	2,44	3,00	3,33	3,61	4,19	4,69	4,94	5,20	5,35	5,04
77	1,45	2,45	3,01	3,34	3,62	4,20	4,70	4,95	5,22	5,36	5,05
78	1,45	2,46	3,03	3,35	3,63	4,22	4,72	4,97	5,24	5,38	5,07
79	1,45	2,47	3,05	3,38	3,66	4,25	4,75	5,00	5,27	5,42	5,10
80	1,46	2,53	3,13	3,47	3,75	4,34	4,85	5,11	5,38	5,52	5,20
81	1,47	2,56	3,16	3,50	3,79	4,39	4,91	5,16	5,43	5,58	5,25
82	1,49	2,65	3,27	3,61	3,89	4,49	5,00	5,25	5,53	5,67	5,34
83	1,49	2,65	3,26	3,59	3,87	4,46	4,97	5,23	5,50	5,64	5,31
84	1,53	2,92	3,57	3,91	4,17	4,74	5,23	5,48	5,75	5,89	5,56
84,5	1,57	3,02	3,66	3,99	4,24	4,78	5,26	5,50	5,76	5,89	5,57
85	1,59	3,07	3,70	4,03	4,29	4,84	5,32	5,57	5,82	5,97	5,63
86	1,62	3,17	3,84	4,18	4,45	5,01	5,51	5,77	6,04	6,18	5,83
87	1,76	3,43	4,07	4,40	4,65	5,18	5,65	5,89	6,14	6,27	5,94
90	1,85	3,59	4,25	4,58	4,84	5,37	5,85	6,09	6,34	6,47	6,13
91	1,88	3,68	4,36	4,70	4,97	5,52	6,01	6,25	6,52	6,65	6,30
92	1,89	3,71	4,40	4,75	5,02	5,58	6,08	6,33	6,59	6,73	6,37



Figur 3-2 Beregnede vannstander i Drammenselva, lengdeprofilet viser beregninger for 50-, 100-, 200- og 500-årsflom. Det er forutsatt at det samtidig er 10-årstormflo i Drammensfjorden.

3.5 Resultatene i forhold til delprosjekt 2/2005

I forhold til resultatene gitt i rapport Flomsonekart, delprosjekt Drammen 2/2005 gir resultatene fra de nye beregningene en lavere flomvannstand for alle de ulike gjentaksintervallene for flom. For en 200-årsflom viser de nye beregningene 20-50 cm lavere flomvannstand i Drammen, 50-80 cm lavere flomvannstand både i Nedre Eiker og Øvre Eiker, se Figur 3-3. For nedre deler av elva må det tas hensyn til forventet havnivåstigning frem til år 2100.



Figur 3-3 Vannstanden på strekningen fra Hellefoss til utløpet. Blå linje viser 200-årsflom med 10-års stormflo, rød linje viser 200-årsflom med 10-års stormflo i år 2100 og lilla linje viser 200-årsflom med 10-års stormflo fra prosjektet utført i 2005.

Det er flere årsaker til at de nye beregninger gir en lavere flomvannstand ved den samme vannføringen:

- Ny analyse av stormfloverdier. For delprosjekt 2/2005 gjorde NVE analyser av observasjoner fra Drammen havn, se resultat i Tabell 3-2. Kartverket gjorde i 2015 nye stormfloanalyser for alle kommunene langs kysten. Drammen ligger i en tidevannssone som er koblet til den permanente vannstandsmåleren på Viker. Resultatene fra disse analysene gir noe lavere stormfloverdier. Dette tilsier at vannstanden for en 200-års stormflo er 0.22 m lavere enn i 2005.

- Bedre kalibrert modell. Det foreligger samtidig måling av vannføring og vannstand slik at den nye modellen er veldig godt kalibrert opp til 20-årsflom. Når man har dårligere data gjøres noe konservative vurderinger for ulike parameter. Når kalibreringsdataene er gode får man en mer riktig modell og det skal normalt gi en noe lavere flomvannstand for strekningen.

- Georefererte profil. I modellen fra 2005 er tverrprofilene lagt inn manuelt og avstand mellom profiler er mest sannsynlig målt ut fra kart. Ved sammenligning av modellene ser vi at den modellerte Drammenselva fra 2005 er ca. 1,2 km

lengre enn den nye modellen. Dette tilsier en lavere flomvannstand på øvre deler av den nye modellen.

Tabell 3-2 Analyser av stormfloverdier gjort til prosjektet i 2005 og til prosjektet i 2016

	5-års	10-års	20-års	50-års	100-års	200-års	500-års	1000-års
Delprosjekt 2/2005 (NN1954)	1.29	1.41	1.52	1.66	1.76	1.85	1.96	
Data fra Kartverket i 2016 (NN1954)	1.16	1.26	1.35	1.46	1.55	1.63	1.74	1.82
Data fra Kartverket i 2016 (NN2000)	1.20	1.30	1.39	1.50	1.59	1.67	1.78	1.86

- Tverrprofildata. For profil 40 som tilsvarer profil 26 i delprosjekt 2/2005, er elvebunn 4 m for høy i modellen fra 2005. Dette tilsier en lavere flomvannstand for områdene fra profil 40 og opp til Hellefoss.
- Det er nå brukt en ikke stasjonær beregning i modellen, dvs at vannføringen endres over tid i modellen. I forhold til den stasjonære beregningen fra 2005 gir dette en mer riktig modell og innebærer noe lavere vannlinje.

3.6 Sensitivitetsanalyse

Det er utført en sensitivitetsanalyse der ruheten er økt med 10 og 20 % for flomvannstander over nivået for 2007-flommen.

Som omtalt i kapittel 3.2 er modellen kalibrert til nivå for 2007-flommen og resultatene er tilfredsstillende. Ved kalibreringen er manningstallene (n) variert vertikalt på alle tverrprofiler for å tilpasse modellen til observerte verdier. Fastsettelsen av disse n-verdier er gjort delvis fra kalibreringsdata og delvis fra litteratur.

For å finne følsomheten, ved valg av manningstallet over vannstandsnivået i 2007 er det utført sensitivitetsanalyse ved å øke manningstallet med både 10 % og 20 %. Beregningene viser at vannstanden øker med opptil ca 30 cm dersom ruheten øker med 10 % og 60-70 cm dersom ruheten øker med 20 %. Dette tilsier at modellen er veldig følsom for endringer i ruhet.

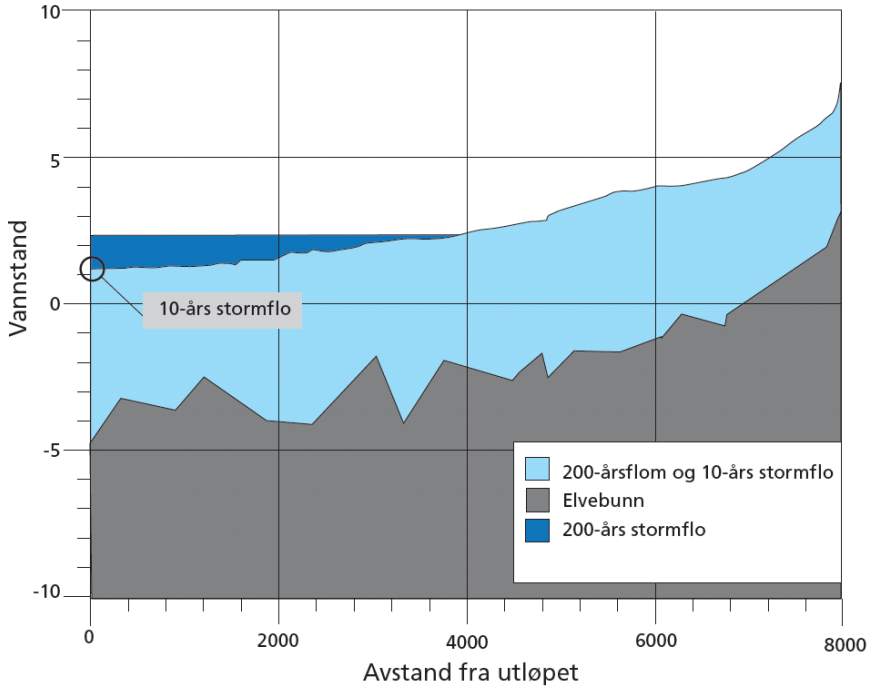
Observasjoner fra en flom større en 2007-flommen vil gi en større sikkerhet i valg av ruhet for de store flommene. For nærmere resultater av sensitivitetsanalysen vises til /16/.

4 Flomsonekart

Flomsonekartene presenterer de høyeste vannstandene for et gitt gjentaksintervall, uavhengig om de skyldes flom i elva eller stormflo fra sjøen.

4.1 Flomsonekart ved utløp sjø

For utløpsområder i sjø forutsetter kartene for Drammen at det er 10-års stormflo samtidig med en flom. I utgangspunktet antas det at stormflo og flom med store gjentaksintervall er uavhengige hendelser, slik at sannsynligheten for at begge hendelsene skal inntreffe samtidig er svært liten. 10-års stormflo blir allikevel benyttet som grensebetingelse i beregningene for Drammensvassdraget, da en flom vil kunne ha noe samtidighet med lavtrykk og pålandsvind. Når kartene utarbeides, presenteres den høyeste vannstanden for hvert gjentaksintervall, uavhengig av om den skyldes flom i elva eller stormflo, se Figur 4-1.



Figur 4-1 I flomsonekartene presenteres den hendelsen som gir høyeste vannstand for en 200-årshendelse, uavhengig av om den skyldes flom i elven eller stormflo. Figuren må leses som en skisse hvor aksene ikke gjengir riktige verdier i forhold til flomsone, delprosjekt Drammen.

4.2 Resultater fra flomsoneanalysen

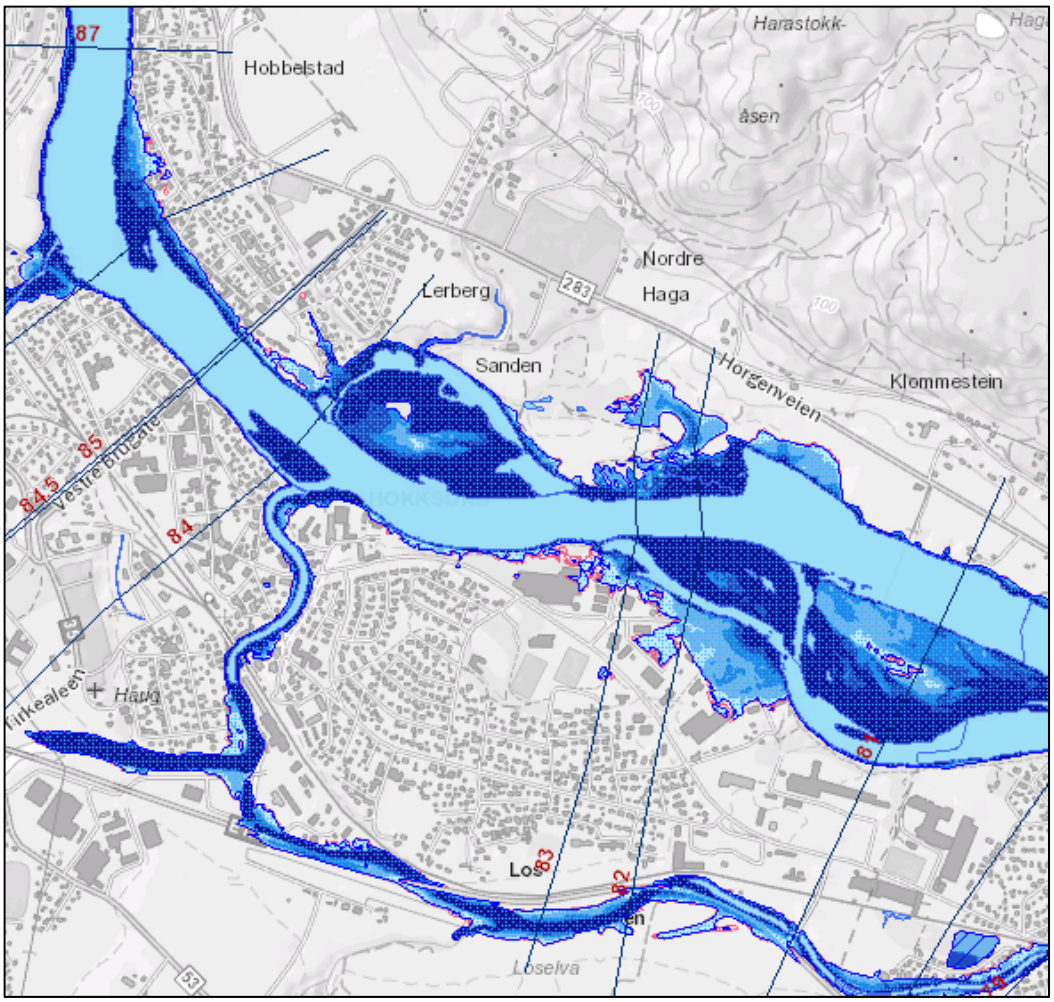
For flomsonekart delprosjekt Drammen 2/2005 ble det utarbeidet flomsonekart for 10-, 50-, 200-, og 500-årsflom. I dette ajourføringsprosjektet er det utarbeidet flomsoner for 20-, 200- og 1000-årsflom samt en flomsone for 200-årsflommen i år 2100 der det er tatt hensyn til havnivåstigning som følge av de forventa klimaendringene. Flomsonekartene er presentert i NVEs karttjeneste: Kartkatalog fra NVE http://kartkatalog.nve.no.

4.2.1 20-årsflom

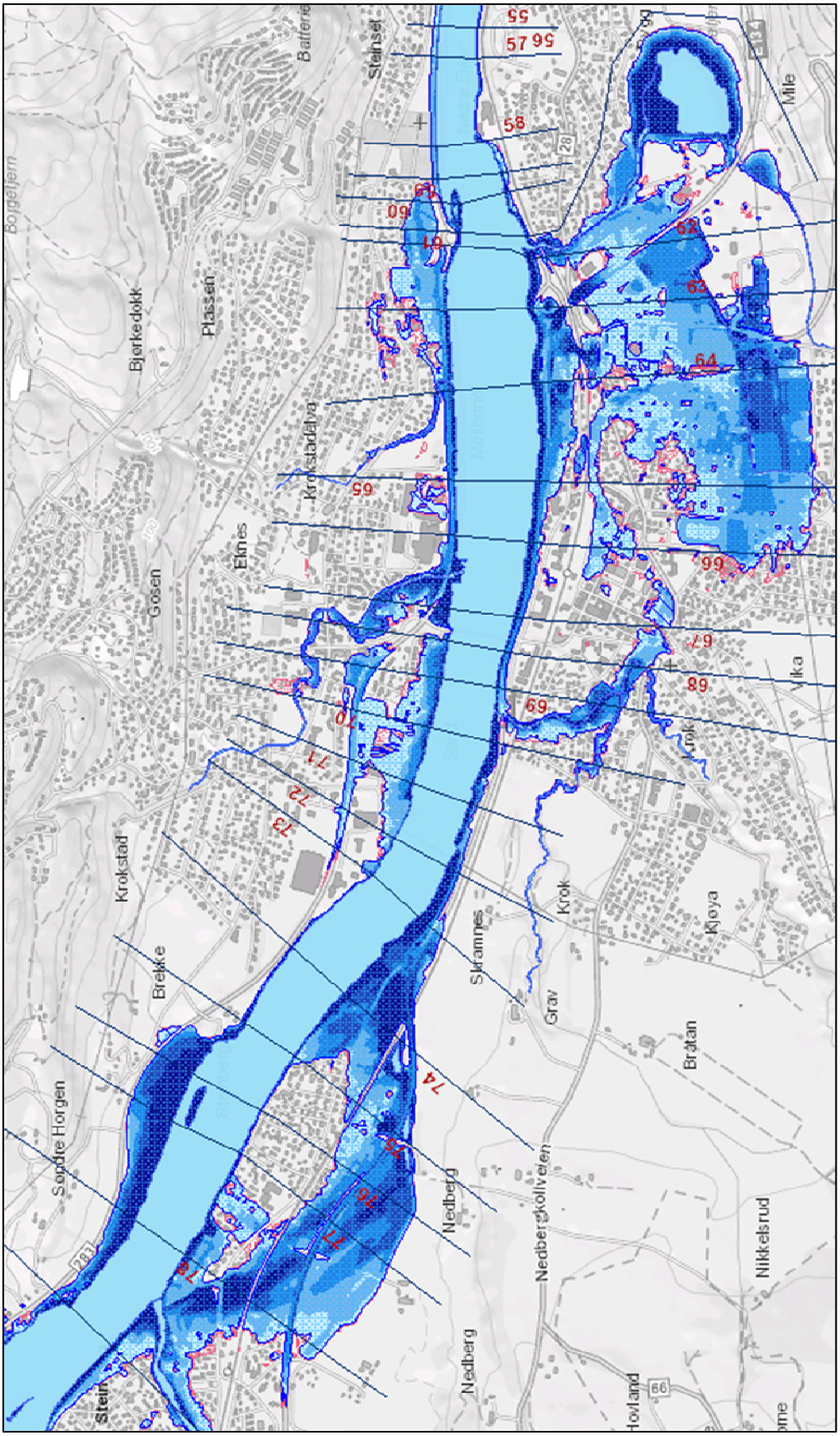
Både i Drammen, Nedre Eiker og Øvre Eiker blir enkelte bygninger berørt av en 20-årsflom.

4.2.2 200-årsflom

Ved en 200-årsflom vil store verdier være flomutsatt i Drammen, Nedre Eiker og Øvre Eiker. Dette gjelder både bygninger, veier og jernbane. Store deler av Mjøndalen sentrum vil oversvømmes. Utsnitt av flomsonekart for Hokksund, Mjøndalen og Drammen er vist i Figur 4-2 til Figur 4-4.



Figur 4-2 Utsnitt av flomsonekartet for en 200-årsflom i Øvre Eiker. Flomutsatte områder ved dagens klima er markert med blå farger og lavpunkt er markert med blå stripete skravur. Flomsone ved et endret klima i år 2100 er markert med rosa farge.



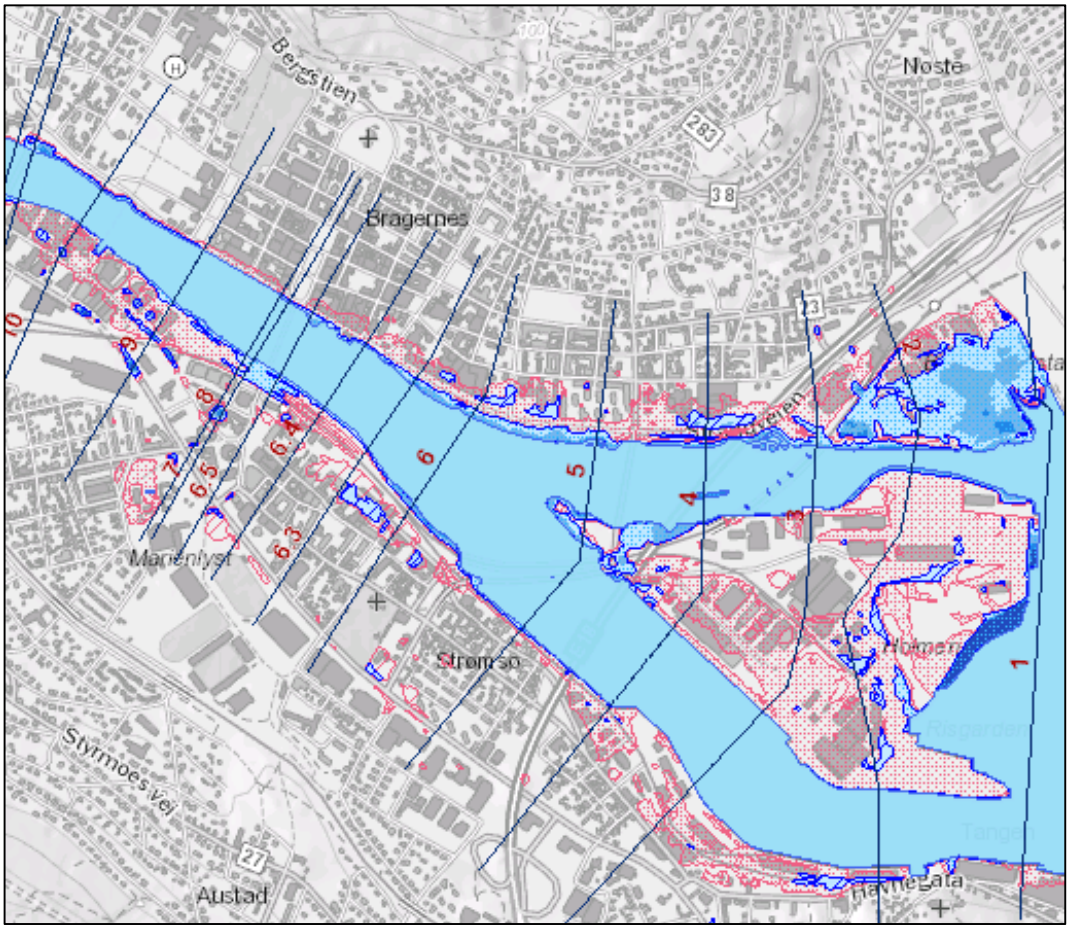
Figur 4-3 Utsnitt av flomsonekartet for en 200-årsflom på strekningen Mjøndalen sentrum og Steinberg. Flomutsatte områder ved dagens klima er markert med blå farger og lavpunkt er markert med blå stripete skravur. Flomsone ved et endret klima i år 2100 er markert med rosa farge.

4.2.3 1000-årsflom

Ved en 1000-årsflom øker flomflaten ytterligere og svært store verdier berøres i Drammen, Nedre Eiker og Øvre Eiker.

4.2.4 200-årsflom med klimaendringer

Det forventes ingen økning i flomstørrelsene i Drammenselva som følge av klimaendringer. Det forventes at havnivået vil stige 52 cm i Drammensfjorden som følge av et endret klima frem til år 2100. Dette gir ytterligere utfordringer for Drammen, men vil også virke oppover i Nedre Eiker og Øvre Eiker. Utbredelsen av en 200-årsflom i år 2100 er vist med rosa skravur på Figur 4-2 til Figur 4-4, og lavpunkt i år 2100 er vist med rosa stripete skravur.

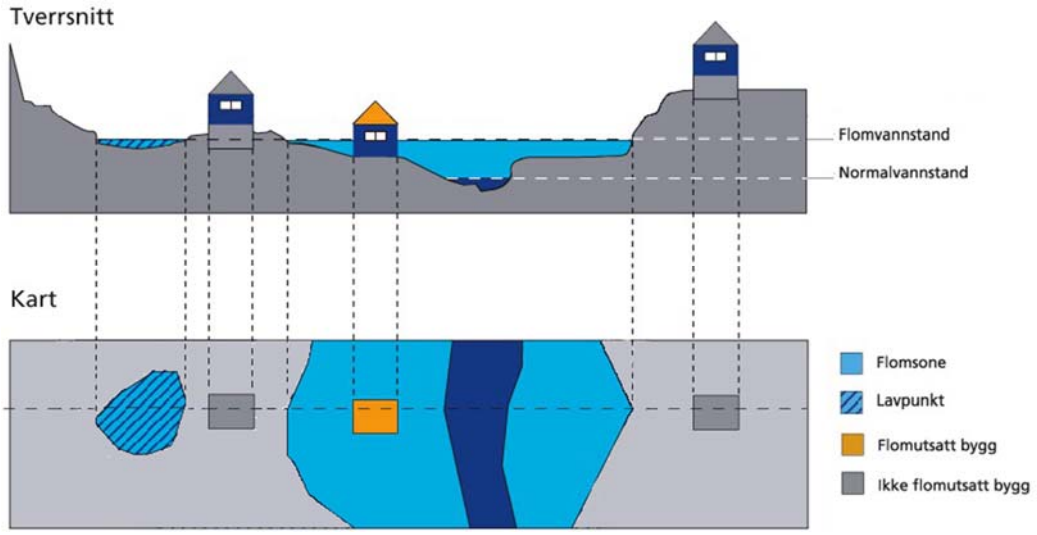


Figur 4-4 Utsnitt av flomsonekartet for en 200-årsflom ved elvas utløp i Drammen. Flomutsatte områder ved dagens klima er markert med blå farger og lavpunkt er markert med blå stripete skravur. Flomsone ved et endret klima i år 2100 er markert med rosa farge.

4.3 Lavpunkter

En del steder vil det finnes arealer som ligger lavere enn den beregnede flomvannstanden, men uten direkte forbindelse til elva. Dette kan være lavpunkter som har forbindelse via en kulvert eller via grunnvannet, se Figur 4-5. Disse områdene er markert med en egen skravur fordi de vil ha en annen sannsynlighet for oversvømmelse og må behandles

særskilt. Spesielt utsatt vil disse områdene være ved intenst lokalt regn, ved stor flom i sidebekker eller ved gjentetting av kulverter.



Figur 4-5 Prinsippskisse som viser definisjon av lavpunkt.

4.4 Kartpresentasjon

4.4.1 Hvordan leses kartet?

Kartene viser utbredelsen av flomsonen med en fargeskala for vanndybdene for den aktuelle flomstørrelsen. Flomsonekartene viser plasseringen av tverrprofilene, som er utgangspunktet for den GIS genererte flomsonen. Det er ved disse profilene vannstander er beregnet. Vannstanden mellom tverrprofilene anses å variere lineært og kan derfor finnes ved interpolasjon.

Flomutsatte områder er markert med en blå fargeskala, der den mørkeste blåfargen tilsvarer den største flomdybden. Dette er nyttig informasjon i forhold til arealplanprosesser, fordi det indikerer hvor store oppfyllinger som er nødvendig dersom flomutsatte områder skal kunne utnyttes til byggeformål. Vanndyp er også en viktig parameter å vurdere med tanke på hvor farlig det vil være å oppholde seg i disse områdene under en flomsituasjon.

Flomsonen hvor det tas hensyn til klimaendringer er presentert med rosa farge på flomsonekartet for 200-årsflommen i år 2100.

4.4.2 Kartprodukter

Sluttprodukter som er utarbeidet omfatter flomsonene for en 20-, 200- og 1000-årsflom, samt en 200-årsflom i år 2100. Flomsonene er kodet i henhold til SOSI-standarden i UTM sone 32 og 33, i formatene SOSI og shape.

Sluttproduktene gjøres tilgjengelig på NVEs nettsider, www.nve.no. Kartprodukter på andre formater vil kunne overleveres ved kontakt.

5 Usikkerhet

Kvaliteten på vannlinjeberegningene avhenger av flere faktorer hvor disse er de mest avgjørende:

- kalibreringen av vannlinjeberegningsmodellen
- hvor nøyaktig tverrprofilene er oppmålt og modellert
- usikkerhet i flomberegningen
- usikkerhet i stormfloberegningen
- erosjon og masseavlagring i en fremtidig flom

Vannstand nær kompliserte geometrier som bruer kan også gi økt usikkerhet lokalt. I Drammenselva vurderes nøyaktigheten i tverrprofilene som dekker selve elveleiet som god, og det er målt inn ekstra profiler i forhold til den opprinnelige kartleggingen. Erosjon og masseavlagring under en fremtidig flom representerer generelt et usikkerhetsmoment i kartene. Spesielt ved store flommer kan det skje store endringer i elveløpet.

En annen faktor som påvirker kvaliteten på flomsonekartene er forutsetningene som ligger til grunn for modellen. Disse forutsetningene er de man anser som mest sannsynlig skal inntreffe ved en fremtidig flomhendelse, men det er ikke gitt at dette alltid stemmer. Det er uansett viktig å påpeke at flomsonekartene er et verktøy som bygger på best tilgjengelige kunnskap og data fra fortiden, for slik å kunne forutsi hvordan en fremtidig flom mest sannsynlig vil opptre.

5.1 Flomberegningen

Flomberegninger for Drammenselva /14/ fra 2001 ligger fortsatt til grunn for flomsonekart, delprosjekt Drammen i tillegg til ytterligere beregninger og vurderinger /12/ og /13/. Datagrunnlaget for flomberegningen er i hovedsak basert på data fra Døvikfoss kraftverk. Sammenligning av direkte vannføringsmålinger (ADCP-målinger) med kraftverksdata ved flom viser at kraftverksdataene er usikre, i størrelsesorden +/- 100 m^3/s.

De siste årene er vannføringen observert også ved Mjøndalen bru. Denne vannføringen samsvarer rimelig godt med kraftverksdataene, men observasjonene fra Mjøndalen bru viser av og til mindre vannføring enn ved Døvikfoss. Det kan skyldes påvirkning av vannstanden i Drammensfjorden (høyvann/lavvann) på observasjonene ved Mjøndalen bru.

Dataene fra Mjøndalen bru bekrefter at valgt forholdstall mellom kulminasjons- og døgnmiddelvannføring på 1.03 for Drammenselva virker rimelig. Det er imidlertid begrenset antall år med observasjoner og heller ingen store flommer i materialet.

For beregnet tilsig fra lokalfeltene mellom Døvikfoss kraftverk og Drammenselvas utløp i fjorden er det betydelig usikkerhet. Usikkerheten er først og fremst knyttet til skaleringsfaktorene, som blant annet er fremkommet ved å beregne differansen mellom to store tall (sum vannføring ved Mjøndalen bru og Døvikfoss kraftverk) som har hver sine usikkerheter. Dernest er det usikkerhet knyttet til de observerte dataene fra målestasjonen

Fiskum, og hvor godt denne stasjonen representerer tilsiget fra de ulike lokalfeltene. For eksempel vil vannføringen i Vestfosselva være noe mer utjevnet, på grunn av innsjøen Eikeren, enn det skalering av dataene fra Fiskum gir.

Flomberegninger for farekart/flomsonekart klassifiseres skjønnsmessig i en av tre kategorier: godt, brukbart eller mangelfullt datagrunnlag. Flomberegninger for Drammenselva er noe usikre og klassifiseres som et brukbart datagrunnlag, det vil si klasse 2 på klassifiseringsskalaen hvor 1 tilsvarer godt datagrunnlag.

5.2 Vannlinjeberegningen

Nøyaktigheten til vannlinjeberegningene er avhengig av kvaliteten til topografisk data, flomberegningen og modelleringen der det gjøres en del skjønnsmessige forutsetninger. Vannstand nær kompliserte geometrier, som bruer og kulverter, kan også gi økt usikkerhet lokalt. Erosjon og masseavleiring representerer generelt et usikkerhetsmoment i beregningene. Spesielt ved store flommer kan det skje endringer ved tverrprofilene.

Kvaliteten på vannlinjeberegningen er avhengig av at det foreligger en godt kalibrert vannlinjeberegningsmodell. Det vil si at det er samlet inn samhørende verdier for vannføring og vannstand som modellen skal kalibreres etter. I dette prosjektet foreligger gode kalibreringsdata, både vannstandsobservasjoner og vannføringsmålinger, fra flommen i 2007 (ca. 20-års flom). Kvaliteten på kalibreringen er svært god. For flommer større enn 20-årsflommen er det utført sensitivitetsanalyser, se kapittel 3.6.

Med grunnlag i sensitivitetsanalyser og en drøfting av usikkerheter for dette prosjektet anslås usikkerheten i vannlinjeberegningene å ligge innenfor +/- 0.1 m fra utløpet til rett nedstrøms Øvre Sund bru (profil 1 til profil 10.5) og +/-0.2 m fra Øvre Sund bru til Hellefossen (profil 11 til profil 92).

5.3 Flomsonekartet

Nøyaktigheten i de beregnete flomsonene er avhengig av usikkerhet i hydrologiske data, flomberegninger og vannlinjeberegninger. I tillegg kommer usikkerheten i terrengmodellen.

6 Andre faremomenter i området

I flomsonekartprosjektet vurderes også andre faremomenter i vassdraget, som ikke uten videre inngår i eller tas hensyn til i flomsonekartleggingen. Andre faremomenter kan være flom i sideelver/bekker, isgang, massetransport, erosjon, lav kapasitet på kulverter og bølgeoppskylling for områdene som grenser mot sjø. Flomsonekartprosjektet har ikke som mål å kartlegge slik fare fullstendig, men skal forsøke å samle inn eksisterende informasjon og presentere kjente flomrelaterte problemer langs vassdraget. En gjennomgang av disse faremomenter bør inngå som en del av kommunens risiko- og sårbarhetsanalyse (ROS).

6.1 Bekker og sidevassdraget

Flomsonekartprosjektet kartlegger flomutsatte arealer langs Drammensvassdraget som følge av flom i hovedvassdraget. Flom i sidevassdragene er det ikke gjort analyser for, men flom fra Drammensvassdraget oppover i sidevassdragene inngår i kartleggingen.

Bekker og sidevassdrag nær bebyggelse kan være årsak til store lokale skader i en flomsituasjon. Ofte er slike bekker lagt i rør over kortere eller lengre strekninger. Det forventes at klimaendringene vil medføre økt fare for lokale nedbørsflommer, med påfølgende skader langs mindre elver og bekker. I følge NVEs rapport om hvordan flommene endrer seg i et endret klima /7/, forventes det at 200-årsflommen vil øke med minst 20 % i alle mindre vassdrag (nedbørsfelt < 100 km^2). Kommunene bør derfor kartlegge utsatte bekker og områder med fare for overvann, spesielt i områder med mange boliger og fortettingsplaner. Nedre Eiker og Drammen kommune har kartlagt sidevassdrag i rapportene Kartlegging av sidevassdrag i Nedre Eiker kommune med hensyn på flomutsatte områder /6/ og Kartlegging av sidevassdrag i Drammen kommune med hensyn på flom /5/. Dette omfatter flomutsatte punkter og hvilke barrierer som kan være med på å skape flomproblemene i sidevassdragene. Nedre Eiker kommune har også jobbet mye med kartlegging av bekker og overvann.

Generelt bør kommunene som en del av kommunens risiko- og sårbarhetsanalyse, gjøre seg kjent med hvilke kulverter og andre kritiske punkt langs et sidevassdrag/en bekk som gir skade.

6.2 Kvikkleire og erosjon

Drammensvassdraget har svært lite fall på den nederste delen av elva fra Drammensfjorden og opp til Hellefoss. Gjennomsnittlig hastighet er relativt lav (1-2 m/s) selv på store flommer. Lokalt skal man likevel være oppmerksom på at det kan oppstå strømningsforhold som kan gi erosjon i de relativt fine og lett eroderbare massene som finnes flere steder i og langs Drammensvassdraget.

Det er tidligere avdekket betydelige områder med kvikkleire langs Drammenselva bl.a. gjennom Program for økt sikkerhet mot leirskred og rapportene Evaluering av risiko for kvikkleireskred Nedre Eiker kommune /22/ og Evaluering av risiko for kvikkleireskred Drammen kommune /23/. I tillegg har skredfaren blitt utredet som en del av de kommunale planprosessene. Flom i Drammenselva som gir erosjon og/eller høyt poretrykk er to av flere faktorer som kan utløse et kvikkleireskred.

6.3 Bølgeoppskylling og vindoppstuving

Flomsonekartene tar utgangspunkt i analyser av stormflom og forventa havnivåstigning som følge av et endra klima. I forhold til praktisk arealbruk må det også tas hensyn til hvor utsatt arealene er for bølgeoppskylling og vindoppstuving. Dette er ikke utreda som en del av flomsonekartleggingen.

6.4 Is og isgang

NVE kjenner ikke til at denne delen av Drammensvassdraget har problemer relatert til is og isgang.

6.5 Områder med fare for vann i kjeller

Også utenfor direkte flomutsatte områder og lavpunkter vil det være nødvendig å ta hensyn til flomfaren, da flom ofte vil føre til forhøyet grunnvannstand innover elvesletter. Uavhengig av flommen, kan forhøyet grunnvannstand føre til vann i kjellere. For å analysere dette kreves inngående analyser blant annet av grunnforhold. Det ligger utenfor flomsonekartprosjektets målsetting å kartlegge slike forhold.

7 Veiledning for bruk

Stortinget har forutsatt at sikringsbehovet langs vassdragene ikke skal øke, som følge av ny utbygging. Derfor bør ikke flomutsatte områder tas i bruk, om det finnes alternative arealer. Sikkerhetskrav for byggverk i forhold til flom er gitt i byggteknisk forskrift, TEK10, § 7-2. Kravene er differensiert i forhold til type flom og type byggverk/infrastruktur. NVEs retningslinje 2/2011 Flaum- og skredfare i arealplanar /24/, beskriver hvordan sikkerhetskravene i TEK10 kan oppfylles i arealplanleggingen.

Fortetting i allerede utbygde områder, skal heller ikke tillates før sikkerheten er brakt opp på et tilfredsstillende nivå, i henhold til TEK10.

7.1 Arealplanlegging og byggesaker – bruk av flomsonekart

I kommuneplansammenheng kan en bruke flomsonene direkte for å identifisere områder som ikke bør bebygges uten nærmere vurdering av faren og mulige tiltak. Flomsonene skal avsettes som hensynsoner på plankartet jf. pbl. § 11-8.

Ved detaljplanlegging og ved dele- og byggesaksbehandling, må en ta hensyn til at også flomsonekartene har begrenset nøyaktighet. Primært må en ta utgangspunkt i de beregnede vannstander og kontrollere terrenghøyden i felt mot disse. En sikkerhetsmargin bør alltid legges til ved praktisk bruk. Områder som etter nærmere kontroll i felt er utsatt for flomfare, avsettes som hensynsoner på plankartet jf. pbl. § 12-6.

For å unngå flomskade må dessuten dreneringen til et bygg ligge slik at avløpet fungerer under flom.

<u>NVE anbefaler at det ved praktisk bruk legges til grunn en sikkerhetsmargin på 0.1 m fra utløpet til rett nedstrøms Øvre Sund bru (profil 1 til profil 10.5) og 0.2 m fra Øvre Sund bru til Hellefossen (profil 11 til profil 92).</u>

Til hensynssonene gis det bestemmelser som begrenser eller setter vilkår for arealbruken, f. eks ved at det ikke tillates etablering av ny bebyggelse lavere enn nivå for en 200-årsflom, med mindre det utføres tiltak som sikrer bebyggelsen mot flom.

Med grunnlag i flomsonekartene, må det innarbeides hensynsoner med bestemmelser som ivaretar tilstrekkelig sikkerhet mot flom når kommuneplanene for Drammen, Nedre Eiker og Øvre Eiker rulleres.

7.2 Flomvarsling og beredskap – bruk av flomsonekart

For Drammensvassdraget med utløp i sjø, vil de fleste flomhendelser være en kombinasjon av sjøvannstand og flom i elva. For Drammen kommune spesielt må den konkrete flomhendelser og sjøvannstanden vurderes opp mot kartene som foreligger. For Øvre Eiker kommune har sjøvannstanden mindre betydning og de kan i de fleste tilfellene bruke kartene uten nærmere vurdering.

www.varsom.no er kilden til varsling av naturfare i Norge, også varsling av flom. NVE overvåker kontinuerlig vassdragene i Norge. Et flomvarsel forteller hvor stor vannføring som ventes, relatert til flomstatistikk ved forskjellige målestasjoner. Det er ikke nødvendigvis et varsel om skade. For å kunne varsle skadeflom, må man ha detaljert kjennskap til skadepotensialet i et område. Flomvarslene gis i form av aktsomhetsnivåer, som også sier noe om sannsynligheten for at skader kan forekomme. Figur 7-1 viser en oversikt over aktsomhetsnivåene.

Grensen mellom de ulike aktsomhetsnivåene er oppgitt som vannføring relatert til gjentaksintervall. Ved varsel på oransje (3) aktsomhetsnivå vil vannføringen nå et nivå mellom ca. 5-årsflom og 50-årsflom. Ved rødt (4) aktsomhetsnivå vil vannføringen nå et nivå over ca. 50-årsflom. Også ved gult (2) aktsomhetsnivå, hvor det ventes vannføring med mindre enn ca. 5-års gjentaksintervall, kan det forekomme skader. Det dreier seg som oftest om skader av mer lokal karakter i tilknytning til mindre bekker/elver. Ved kontakt med flomvarslingen vil en ofte kunne få mer detaljert informasjon.

Flomsonekart gir detaljkunnskap i form av beregnede vannstander over en lengre strekning ved flom, og man kan se hvilke områder og hvilke typer verdier som blir oversvømt. Beredskapsmyndighetene bør innarbeide denne informasjonen i sine planer. Kobling mot adresseregistre kan gi lister over berørte eiendommer. På dette grunnlaget vil de beredskapsansvarlige bedre kunne planlegge evakuering, omkjøringsveier, bygging av voller og andre krisetiltak. På grunn av usikkerhet i både flomvarsel og flomsonekartene er det ved planlegging og gjennomføring av sikringstiltak også viktig å legge på en sikkerhetsmargin.

Aktsomhetsnivå	Flomstørrelse og skadeomfang
4 Varsel om flom	Vannføring som kan medføre omfattende oversvømmelser og flomskader på bebyggelse og infrastruktur over store områder. Tilsvarer vannføring med mer enn ca. 50 års gjentaksintervall.
3 Varsel om flom	Vannføring som kan medføre omfattende oversvømmelser og flomskader på utsatte steder. Tilsvarer vannføring mellom ca. 5 og 50 års gjentaksintervall.
2 Varsel om flom	Minst et av følgende tilfeller: • Fare for lokale oversvømmelser og/eller erosjonsskader pga. raskt økende vannføring i bekker/småelver, isgang, is i bekke-/elveløp, tele etc. • Spesielt stor vannføring/vannstand for årstiden. • Det ventes vannføring tett oppunder oransje nivå. Det kan forekomme store flomskader og problemer lokalt.
1	Ingen spesiell fare.

Figur 7-1: Oversikt over aktsomhetsnivåene for flom er vist til venstre i figuren.

7.3 Hvordan forholde seg til usikkerhet på kartet?

NVE lager flomsonekart med høyt presisjonsnivå, som for mange formål skal kunne brukes direkte. Det er likevel viktig å være bevisst at flomsonenes utbredelse avhenger av bakenforliggende datagrunnlag og analyser.

Spesielt i områder nær flomsonegrensen er det viktig at høyden på terrenget sjekkes mot de beregnete flomvannstandene. På tross av god nøyaktighet på terrengmodellen kan det være områder, som på kartet er angitt å ligge utenfor flomsonen, men som ved detaljmåling i felt kan vise seg å ligge lavere enn det aktuelle flomnivået. Tilsvarende kan det være mindre områder innenfor flomområdet, som ligger høyere enn den aktuelle flomvannstand. Ved detaljplanlegging og plassering av byggverk er det viktig å være klar over dette.

En måte å forholde seg til usikkerheten på, er å legge sikkerhetsmarginer til de beregnete flomvannstander. Hvor store disse skal være vil avhenge av hvilke tiltak det er snakk om. For byggetiltak har vi i kapitel 7.1 angitt konkret forslag til påslag på vannstandene. I forbindelse med beredskapssituasjoner, vil usikkerheten i flomvarslene langt overstige usikkerheten i vannlinjene og flomsonene.

Geometrien i elveløpet kan bli endret, spesielt som følge av store flommer eller ved menneskelige inngrep, slik at vannstandsforholdene endres. Tilsvarende kan terrenginngrep inne på elveslettene, så som oppfyllinger, føre til at terrengmodellen ikke lenger er gyldig i alle områder. Over tid kan det derfor bli behov for å gjennomføre nye revisjoner av beregningene og flomsonekartene.

Så lenge kartene anses å utgjøre den best tilgjengelige informasjon om flomfare i et område, forutsettes de lagt til grunn for arealbruk og flomtiltak.

7.4 Generelt om gjentaksintervall og sannsynlighet

Gjentaksintervall er det antall år som gjennomsnittlig går mellom hver gang en får en like stor eller større flom. Dette intervallet sier noe om hvor sannsynlig det er å få en flom av en viss størrelse. Sannsynligheten for eksempelvis en 50-årsflom er 1/50, dvs. 2 prosent hvert eneste år. Dersom en 50-års flom nettopp er inntruffet i et vassdrag betyr dette ikke at det vil gå 50 år til neste gang dette nivået overskrides. Den neste 50-årsflommen kan inntreffe allerede i inneværende år, om to, 50 år eller kan hende først om 200 år. Det er viktig å være klar over at sjansen for eksempelvis å få en 50-årsflom er like stor hvert år men den er liten - bare 2 prosent.

Et aktuelt spørsmål ved planlegging av virksomhet i flomutsatte områder er følgende: Hva er akseptabel sannsynlighet for flomskade i forhold til gjentaksintervall og levetid? Gitt en konstruksjon med forventet (økonomisk) levetid på 50 år som sikres mot en 100-årsflom. I følge tabellen vil det fremdeles være 40 prosent sjanse for å få flomskader i løpet av en 50-årsperiode. Tar man utgangspunkt i en ”akseptabel sannsynlighet for flomskade” på eksempelvis 10 prosent i en 50-årsperiode, viser tabellen at konstruksjonen må være sikker mot en 500-årsflom!

Tabell 7-1: Sannsynlighet for overskridelse i prosent ut fra periodelengde og gjentaksintervall.

	Periodelengde år (L)					
Gjentaksintervall (T)	10	50	100	200	500	1000
10	65 %	99 %	100 %	100 %	100 %	100 %
50	18 %	64 %	87 %	98 %	100 %	100 %
100	10 %	39 %	63 %	87 %	99 %	100 %
200	5 %	22 %	39 %	63 %	92 %	99 %
500	2 %	10 %	18 %	33 %	63 %	86 %
1000	1 %	5 %	10 %	18 %	39 %	63 %

8 Referanse

/1/ Tiltak mot flaum, Norsk offentlig utredning, NOU 1996

/2/ Tiltak mot flaum, Stortingsmelding nr. 42 (1996-1997)

/3/ Hvordan leve med farene – om flom og skred, Stortingsmelding nr. 15 (2011-2012)

/4/ Flomsonekart delprosjekt Drammen, NVE rapport 2/2005, Siri Stokseth, Jostein Svegården

/5/ Kartlegging av sidevassdrag i Drammen kommune med hensyn på flom, Norconsult 02.03.2012

/6/ Kartlegging av sidevassdrag i Nedre Eiker kommune med hensyn til flomutsatte områder, Norconsult september 2007

/7/ Klimaendring og framtidige flommer i Norge NVE rapport nr. 81/2016, Deborah Lawrence

/8/ Ekstremverdier for vannstand i Drammen, e-post fra oseanografigruppa i Kartverket sjødivisjonen, 09.01.2017 (NVE saksnr. 200905683-52)

/9/ Sea Level Change for Norway, NCCS report no. 1/2015

/10/ Havnivåstgning og stormflo – samfunnssikkerhet i kommunal planlegging, DSB, september 2016

/11/ Prosjekthåndbok flomsonekartprosjektet. (NVE saksnr. 200003038), Hallvard Berg og Øyvind Høydal 2000

/12/ Vurdering av flomberegning for Drammenselva (012.Z,) (NVE saksnr. 200905683-1 og 200905683-13), Lars-Evan Pettersson.

/13/ Kompletering av flomberegning for Drammensvassdraget (12.Z), (NVE saksnr. 200905683-2) Lars-Evan Pettersson

/14/ Flomberegning for Drammenselva, NVE rapport 8/2001. (NVE saksnr. 20013848-1) Turid-Anne Drageset.

/15/ Avrenningskart for Norge, Årsmiddelverdier for avrenning 1961-1990, NVE-rapport nr. 2-2002, Beldring, S., Roald, L. A., Voksø, A., 2002

/16/ Vannlinjeberegningsnotat for Drammenselva, 2017, (NVE saknr. 200905683-54), Demissew K. Ejigu,

/17/ Open channel Hydraulics, Chow, 1988

/18/ Profilering av Drammenselva ved Hokksund Anleggsdata AS, 1997, Konsulent-rapport

/19/ Internt NVE-notat Tverrprofiler – topografiske data, ajourføring av flomsonekart Drammen, 17.12.2014, (NVE saknr. 200905683-40)

/20/ Flomsonekartlegging – intern veileder for vannlinjeberegning, NVE, 24.05.2013 (NVE saksnr. 201400876-1)

/21/ Virkninger av kombinerte effekter av stormflo og flom, Trine Indergård, Trondheim 06.06.2005, Nummer D1-2005-08

/22/ Program for økt sikkerhet mot leirskred Evaluering av risiko for kvikkleireskred Nedre Eiker kommune, NGI, 2005, (NVE saksnr. 2001008-17)

/23/ Program for økt sikkerhet mot leirskred, Evaluering av risiko for kvikkleireskred Drammen kommune, NGI, 2004, (NVE saksnr. 2001008-4)

/24/ Flaum- og skredfare i arealplanar, NVE Retningslinje nr. 2/2011

/25/ Vannstandsrapportene (sjøvannstander), Drammen havn. Tilgjengelig fra: [http://drammenhavn.no].

/26/ Transformasjon av tverrprofiler fra NN1954 til NN2000, Geodata AS, 18.12.2014 (NVE dok.nr. 200905683-42)

Norges
vassdrags- og
energidirektorat

Norges vassdrags- og energidirektorat

Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstuen
0301 Oslo

Telefon: 09575
Internett: www.nve.no