



Flomsonekart Delprosjekt Lunde i Søgne

Per Ludvig Bjerke, Byman Hamududu, Rengifo Ortega

19
2017



R
A
P
P
O
R
T

Rapport nr 19-2017

Flomsonekart

Delprosjekt Lunde i Søgne

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Redaktør:

Forfattere: Per Ludvig Bjerke, Byman Hamududu, Rengifo Ortega

Trykk: NVEs hustrykkeri

Opplag: Web-publikasjon

Forsidefoto: Lundeelva ved tettstedet Lunde. Foto: Novatek AS, 2007.

ISBN 978-82-410-1571-7

ISSN 1501-2832

Sammendrag: Det er utarbeidet flomsone for 20-, 200- og 1000-årsflom i Lundeelva. I tillegg er det vist en 200-årsflom ved et endret klima i år 2100. Grunnlaget for flomsone er flomberegninger, vannlinjeberegning, tverrprofiler samt terrengmodell.

Emneord: Lundeelva, Søgne, flom, flomberegning, vannlinjeberegning, flomsone, terrengmodell

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

Mars 2017

Flomsonekart

Delprosjekt Lunde i Søgne

Innhold

Forord	5
Sammendrag	6
1 Innledning	7
1.1 Bakgrunn	7
1.2 Avgrensning av prosjektet.....	7
1.3 Flomsonekart og klimaendringer	8
1.4 Prosjektgjennomføring	9
2 Metode og data	10
2.1 Generelt.....	10
2.2 Hydrologiske data	10
2.2.1 Nedbørsfeltet og hydrologisk datagrunnlag	10
2.2.2 Hydrometriske stasjoner	12
2.2.3 Flomfrekvensanalyse	13
2.2.4 Observerte flommer	14
2.2.5 Ekstremvannstander i sjø, nå og i et endret klima	14
2.3 Topografiske data	15
2.3.1 Tverrprofil.....	15
2.3.2 Terrengmodell.....	16
3 Vannlinjeberegning	17
3.1 Modellering	17
3.2 Grensebetingelser	17
3.3 Kalibrering av modellen	18
3.4 Resultat	18
3.5 Spesielt om bruer.....	19
3.6 Sensitivitetsanalyse	19
4 Flomsonekart	20
4.1 Kartprodukt	20
4.2 Hvordan leses kartet	20
4.3 Flomsoneanalysen.....	21
4.4 Flomsonekart ved utløp i sjø	21
4.5 Lavpunkt.....	25
5 Usikkerhet	26
5.1 Flomberegning	26
5.2 Vannlinjeberegninger	27
5.3 Flomsonen.....	27
5.4 Ekstremvannstand sjø	27
5.5 Hvordan forholde seg til usikkerhet på kartet?	27
6 Andre faremoment i området.....	28
6.1 Kvikkleire og erosjon.....	28
6.2 Bølgepåvirkning fra sjø	28
6.3 Områder med fare for vann i kjeller	28

7	Veiledning for bruk	28
7.1	Arealplanlegging og byggesaker – bruk av flomsonekart	29
7.2	Flomvarsling og beredskap – bruk av flomsonekart	29
7.3	Generelt om gjentakintervall og sannsynlighet	30
8	Referanseliste	31

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 resultater fra utarbeidelse av flomsonekart for Lunde i Søgne kommune i Vest-Agder fylke. Flomsonekartet omfatter en ca. 2 km lang strekning av Lundeelva fra Mjåland til utløpet i fjorden. Grunnlaget for flomsonekartene er flomberegning, vannlinjeberegninger, tverrprofiler og terrengmodell.

En stor takk til Søgne kommune for velvillig innstilling og nyttige innspill i forbindelse med prosjektet og kontroll av foreløpig kartmateriale.

Oslo, mars 2017



Anne Britt Leifseth
avdelingsdirektør



Eli K. Øydvin
seksjonssjef

Sammendrag

Flomsonekartet for Lundeelva omfatter strekningen fra Mjåland til utløpet i Torvefjorden i Søgne kommune. Kartleggingen viser oversvømt areal for en 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.

Det er beregnet vannføringer og vannstander for normalvannføring, middelflom, 5-, 10-, 50-, 100-, 200-, 500- og 1000-årsflom. Grunnlaget for beregninger og analyser er flomdata, terrengdata og vannlinjeberegning. Vannstandene er gitt i forhold til høydereferansen NN2000.

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

Framskrivning av flommer viser at det kan forventes 20 % økning i vannføringen for Lundeelva som følge av et endret klima fram mot år 2100. Det forventes også høyere havnivå i Torvefjorden fram mot år 2100, som vil medføre økte vannstander oppover i Lundeelva.

Flere bygninger i tettstedet Lunde vil være flomutsatt allerede ved en 20-årsflom, men også de fleste bygninger som ligger inntil elva er flomutsatt.

Ved en 200-årsflom vil ytterligere noen få bygninger bli flomutsatt. For 1000-årsflommen øker utbredelsen av flomsonen noe, men antall bygninger i flomsonen tilsvarer omtrent som ved 200-årsflommen. En 200-årsflom i år 2100 tilsvarer litt i overkant av dagens 1000-årsflom.

Vannlinjeberegninger er basert på data fra ulike kilder som alle har feilkilder, i tillegg til usikkerheten i selve beregningene. Det anbefales at det legges til en sikkerhetsmargin på 30 cm på de beregnede vannstandene ved praktisk bruk.

I kommuneplanarbeidet kan flomsonene benyttes direkte for å identifisere områder som ikke bør bebygges uten nærmere vurdering av faren og mulige tiltak. Ved detaljplanlegging og i dele- og byggesaksbehandling, må kommunen ta hensyn til at flomsonekartene har begrenset nøyaktighet. I områdene nær grensen for faresonen er det viktig at høyden på terrenget kontrolleres mot de beregnede flomvannstander. Det er også viktig å huske at for å unngå flomskade, må dreneringen til et bygg utformes slik at avløpet også fungerer under flom.

Områder som er utsatt for flomfare, skal settes av som *hensynssoner – flomfare* på arealplankart, og det skal knyttes bestemmelser til området som begrenser eller setter vilkår for arealbruken (for eksempel rekkefølgekrav). Flomfaren må innarbeides når kommuneplanen blir oppdatert.

Flomsonene kan også benyttes til å planlegge beredskaps- og trygghetstiltak, som evakuering, bygging av voller og så videre.

1 Innledning

Hovedmålet med kartleggingen er å gi grunnlag for bedre arealplanlegging og byggesaksbehandling i vassdragsnære områder, samt å bedre beredskapen mot flom. Flomsonekartarbeidet gir i tillegg bedre grunnlag for flomvarsling og planlegging av flomsikring.

1.1 Bakgrunn

Etter den store flommen på Østlandet i 1995, kjent som Vesleofsen, ble det etablert et utvalg, flomtiltaksutvalget, som utarbeidet NOU 1996:16 «Tiltak mot flom»¹. Utvalget anbefalte at det ble etablert 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 flom² ble det i 1998 satt i gang flomsonekartlegging i regi av NVE. Totalt er det gjennomført detaljert flomsonekartlegging av ca. 145 vassdragsstrekninger. 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 ny kartlegging og ajourføring, skal også endringer i flomstørrelser som følge av klimaframskrivninger synliggjøres.

1.2 Avgrensning av prosjektet

Den kartlagte strekningen i Lundeelva gjelder fra utløpet i fjorden ved Torvesanden og ca. 2 km oppover elva til Mjåland ved Lunde i Søgne kommune. Oversiktskart er vist i Figur 1-1.



Figur 1-1 Oversikt over den kartlagte strekningen av Lundeelva i Søgne kommune.

Vannstander som beregnes er knyttet til flom i Lundeelva og stormflo i sjøen. Det er ikke utført beregning av vannstander i sidevassdrag og bekker, slik at oversvømmelse som følge av flom i disse er ikke inkludert i prosjektet.

Det er primært flom som følge av naturlig høy vannføring som kartlegges.

Vassdragsrelaterte faremoment som erosjon, skred og farer relatert til is er ikke analysert tilsvarende, men kjente problem av denne art omtales i kapittel 6 om andre faremomenter.

1.3 Flomsonekart og klimaendringer

Flomsonekart utarbeides med grunnlag i historiske data for vannføring og også stormflo for elvestrekninger som har utløp i sjø. 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. Alle beregninger er utført med utgangspunkt i det beste av data per dag dato.

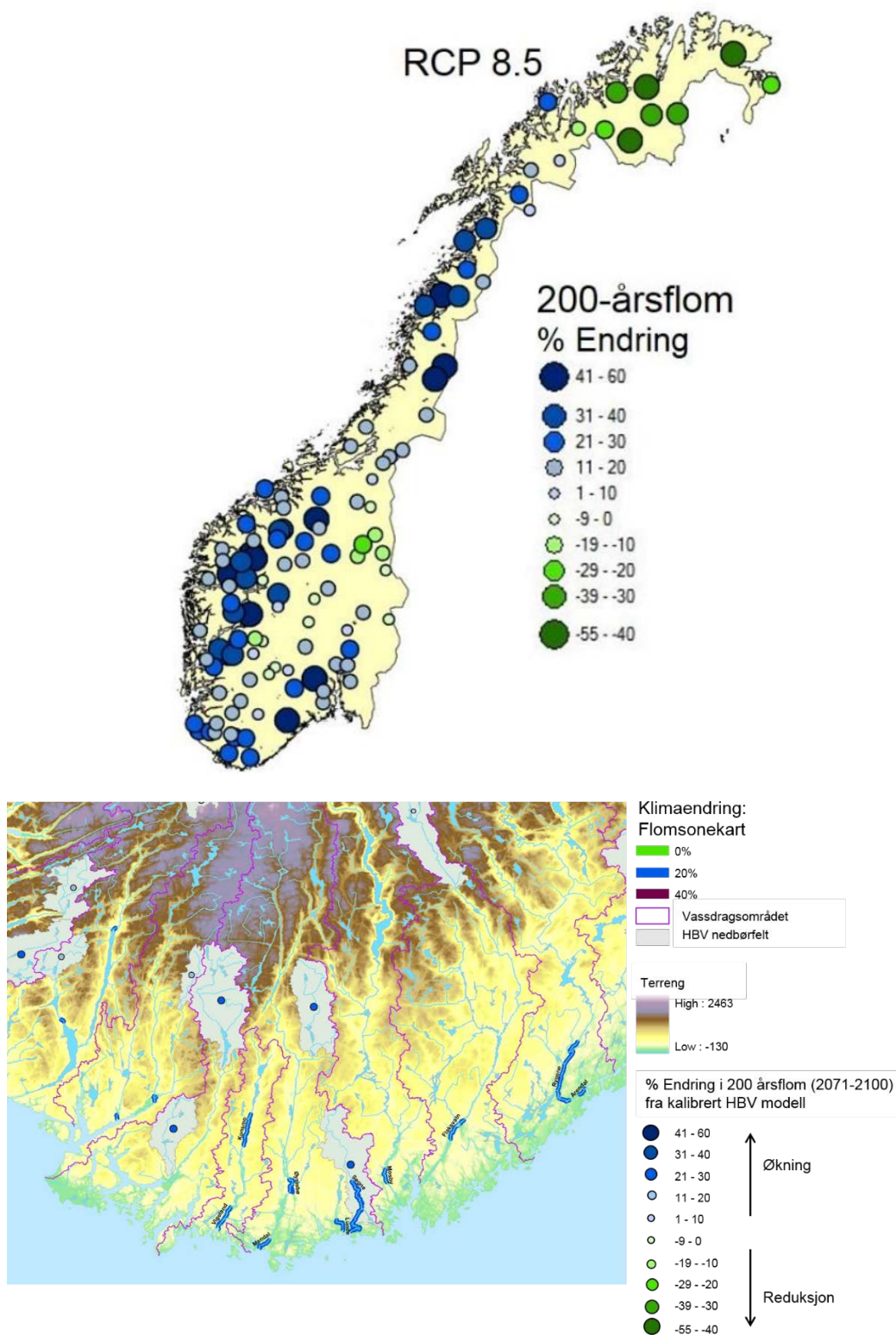
Beregningene⁴ er basert på flere tilgjengelige klimaframskrivninger, kalibrerte hydrologiske modeller og flomfrekvensanalyser. Beregnet endring i 200-årsflom er prosentvis endring mellom 1971–2000 og 2071–2100. Den fullstendige analysen inneholdt 8000 scenario (framtidbeskrivelser) for hvert nedbørfelt, der medianverdien av alle resultatene er presentert klimaendring. 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 i de større vassdragene vil minske. Resultatet av dette er økte flomstørrelser i alle vassdrag på Vestlandet, langs kysten og i små bratte vassdrag i hele landet. Også sideelver i små, bratte nedbørsfelt vil få økt flomstørrelse, selv om flomfaren i hovedelva blir redusert. I store vassdrag på Østlandet, i innlandet i Midt-Norge, i Troms og Finnmark forventes en reduksjon eller liten endring i flomstørrelsen. 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.

Effekt av klimaendringer på flom er kategorisert i tre inndelinger: ingen endring, 20 % og 40 % økning. Hvilken kategori en elvestrekning hører til, er avhengig av hvor i Norge den er, nedbørfeltets areal og høydefordelingen i nedbørsfeltet. NVE vil tilpasse flomsonekartene til et endret klima der det er nødvendig, etter hvert som gode nok data og metoder foreligger. Dette har siden 2012 inngått i NVEs arbeid med nykartlegging og ajourføring av flomsonekart.

Flomsonekartene viser kun klimaframskrivning for en 200-årsflom. I følge Figur 1-2 forventes det at vannføringen for en 200-årsflom i Lundeelva kan øke med 20 % fram mot år 2100.

Da små og bratte nedbørsfelt er mer sårbare for høyintensiv nedbør, forventer en minst 20 % økning i en 200-årsflom for alle sidevassdrag som er mindre enn 100 km² og andre nedbørfelt som reagerer raskt på styrtregn fram mot år 2100.



Figur 1-2 Endring i vannføring som følge av klimaendringer. Resultatet er basert på fremtidige utslippsscenarioer, regionale analyser og HBV-modeller i uregulerte nedbørsfelt.

1.4 Prosjektgjennomføring

Prosjektet er gjennomført under ledelse av NVE.

2 Metode og data

2.1 Generelt

Ved detaljkartlegging av flomsoneer er detaljerte terrengdata og flomberegninger viktige grunnlagsdata. Flomberegningen er en statistisk analyse av hvor store og hyppige flommer en kan forvente i gjeldende vassdrag. I tillegg beregnes middelflom og normalvannføring basert på avrenningskart (kart som viser hvor stor andel av nedbøren som renner ut i vassdragene) for Norge, med data fra 1961 til 1990. Beregningen er gjort med grunnlag i historiske flommer. Framskrivninger for klimaendringer er gjort i en egen analyse.

Data for vannføring og terrengdata blir benyttet i en hydraulisk modell, som beregner flomvannstander for hver vannføring. Der det finnes historiske data, kalibreres modellen med utgangspunkt i tilhørende verdier av vannstand og vannføring. For å utlede hvilket areal som blir overflommet, sammenlignes beregnet flomvannstander med terrenghøydene. Avhengig av modellverktøyet kan dette enten gjøres direkte i modellverktøyet eller en kan benytte GIS-programvare for å utlede flaten med flomfare.

Der elvene har utløp i sjø, er ekstremvannstanden i havet for samme gjentaksintervall gjerne høyere enn vannstanden i elva. For at kartene skal vise den høyeste vannstanden for et gitt gjentaksintervall, uavhengig av om den skyldes flom eller stormflo, brukes den høyeste vannstanden for henholdsvis flom og ekstremvannstand sjø.

2.2 Hydrologiske data

2.2.1 Nedbørsfeltet og hydrologisk datagrunnlag

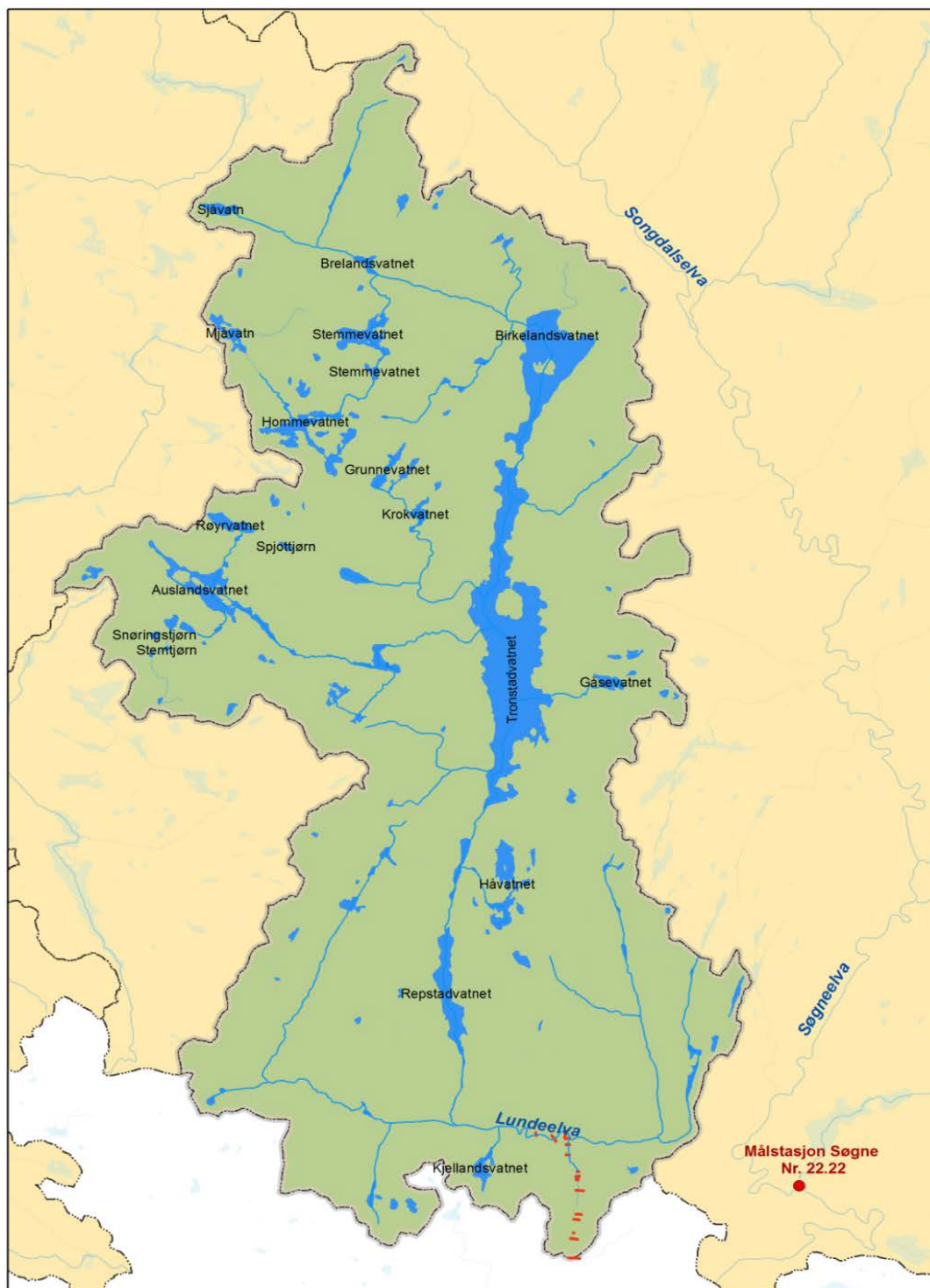
Flomberegningen er dokumentert i NVE rapport 4-2014 «Flomberegning for Lundeelva ved Kielland»⁵.

Lundeelva strekker seg 16 km innover i landet opp til og med Birkelandsvatnet. Feltet er 82 km² og består hovedsakelig av skog og noen større vann. Vassdraget har et spesifikt tilsig på 27 l/sek/km², og elva renner ut i havet ved Lunde. Figur 2-1 viser feltet og naboelvene.

Det er ingen målestasjon i feltet, men stasjon 22.22 Søgne ligger i nabovassdraget i øst, Søgneelva. Denne ble etablert i 1973 og har dermed 36 år med data. Feltet har et areal på 211 km² og dermed betydelig større enn Lundeelva. Skaleringsfaktoren fra Søgne til Lundeelva blir da 0.37. En oversikt over noen utvalgte feltparametere er gitt i Tabell 1.

Tabell 1 Feltparametre for Lundeelva og feltet ned til Søgne målestasjon.

	Areal km ²	Sjø %	Eff sjø %	Skog %	Myr %	Snaufjell %	Dyrket %
Lundeelva	82.6	7.6	2.3	84	4.5	0.4	1.7
Søgne	211	4.1	0.05	82	6.0	0.1	4.9



Figur 2-1 Nedbørsfeltet for Lundeelva, med noen av de største innsjøene og sideelvene. Tverrprofilene i Lundeelva er vist med røde linjer, samt at plassering av målestasjonen 22.22 i Søgneelva er også vist.

Det er 3 store vann i feltet; Repstadvatn/Håvatn, Tronstadvatn og Birkelandsvatn. Det er ingen regulering i Lundeelva.

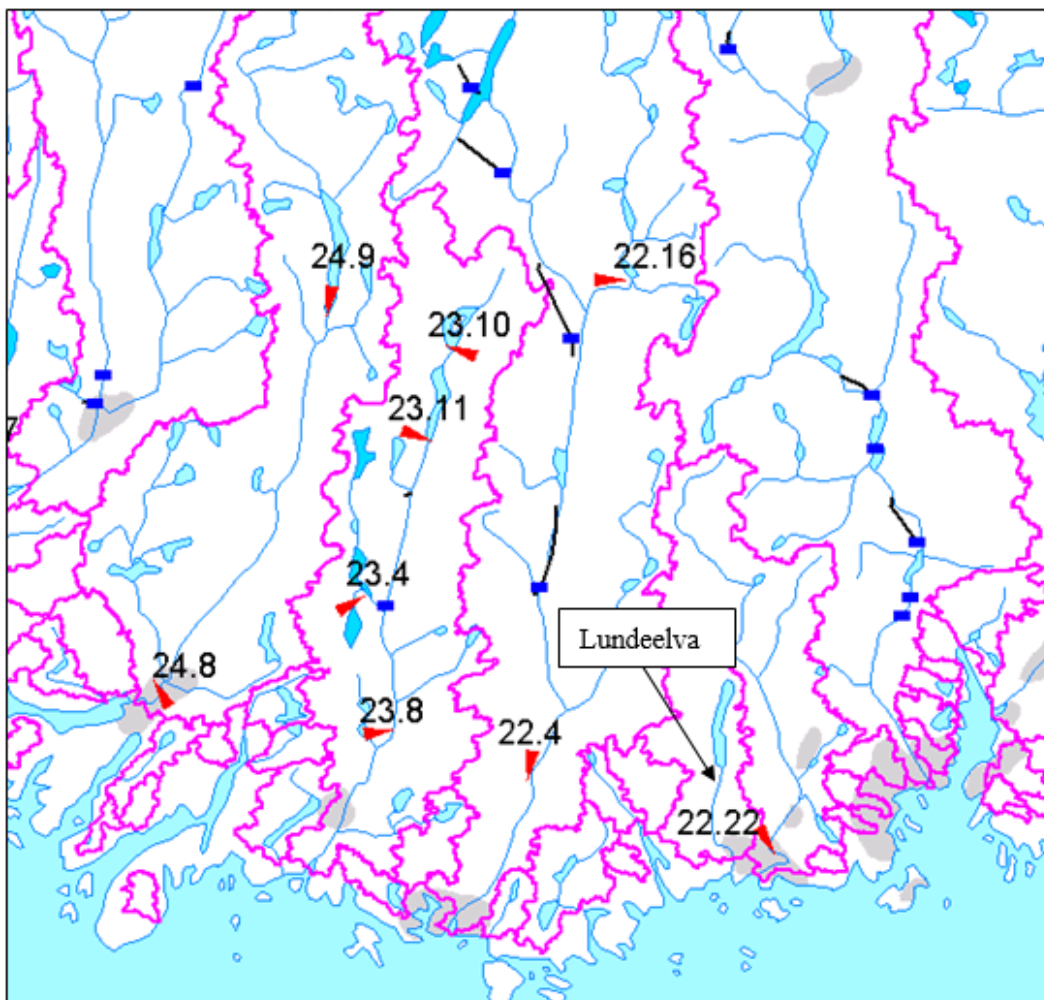
Feltet for Lundeelva har jevnt hellende terreng og sammen med de store innsjøene har feltet en ganske stor selvregulering. Det antas derfor at en flom vil kreve litt tid for å

bygge seg opp og ha en relativt flat kulminasjonstopp, ulik en flom i Søgneelva som har liten sjøprosent og bratte skrenter fra heiene og ned til elva.

2.2.2 Hydrometriske stasjoner

I Figur 2-2 er vist noen hydrometriske stasjoner i nærheten av Lundeelva. Feltparametre for stasjonene er gitt i Tabell 2. En mer utfyllende kommentar til de enkelte stasjoner er gitt i NVE Dokument 16/2002 Flomberegning for Søgneelva⁶ og i NVE 2010 Flomberegning Audna⁷.

Stasjonene Søgne 22.22 og Møska 24.8 ligger like ved utløpet til fjorden og bør være gode som utgangspunkt for en flomberegning i Lundeelva. De andre ligger langt inne i landet og vil sannsynligvis ha et noe annet flomregime enn de to andre. Møska er også nær Lundeelva i størrelse, 121 mot 82 km² og har nær samme sjøprosent som Lundeelva, 7.8 mot 7.6 % for Lundeelva. Både Lundeelva og Møska ligger lenger vest enn feltet til Søgneelva som tilsier at det midlere spesifikke årsavløpet er noe høyere enn for Søgneelva. At Søgneelva likevel har større spesifikt avløp enn Lundeelva skyldes at det strekker seg lenger inn i landet og inneholder dermed områder med høyere spesifikt årsavløp enn området ute ved kysten.



Figur 2-2 Røde trekkanter er hydrologiske målestasjoner nær Lundeelva som beskrevet i tabell 2. Kraftverkene i området er merket med blå firkanter, overføringer med svart strek og magasiner med mørk blå farge.

Tabell 2 Feltparametre og normalavløp for stasjonene i nærheten av Lundeelva.

Stasjon	Periode	Areal (km ²)	Normala vløp (l/s km ²)	Sjøprosent (%)	Effektiv sjøprosent (%)	Medianhøyde
Lundeelva		82	27	7.5	2.4	152
22.4 Kjølamo	1896-2003	1757	47	7,9	0,5	560
22.16 Myglevatn ndf.	1951-2004	182	45	5,5	1,5	447
22.22 Søgne	1974-2004	206	30	4,1	0,05	199
23.4 Brådlandsvatn	1922-2003	58,9	49	12,3	3,0	310
23.8 Gaupefossen	1988–dd	344	46	6,6	0,8	292
23.10 Øvre Øydnavatn	1985-1993	90	46	5,9	3,4	350
23.11 Ytre Øydnavatn	1985-1993	135	46	6,8	4,0	324
24.8 Møska	1978-2004	121	50	9,1	1,5	314
18.10 Gjerstad	1980-2001	237	25	2.6	0.14	294
20.2 Austenå	1924-2001	286	37	8.4	2.0	770

2.2.3 Flomfrekvensanalyse

For bestemmelse av flommer med gjentakintervall opptil 1000 år er det utført flomfrekvensanalyse på en serie avledet for Søgneelva. Serien fra Søgneelva er skalert med hensyn på areal med forholdet 82/206 og med hensyn på spesifikt tilsig med 27/29 og fått en skaleringsfaktor 0.3706. I tillegg er regionale flomformler benyttet.

Det er høst-og vinterflommer som dominerer i Lundeelva. For mer informasjon henvises til rapport NVE 4-2014 Flomberegning for Lundeelva ved Kielland⁵.

Kulminasjonsverdier for Lundeelva er gitt i Tabell 3. Basert på data fra Søgneelva, er normalvannføring Q_n for Lundeelva 2,5 m³/s.

I «Klimaendring og framtidige flommer i Norge»⁴ er det gitt anbefalinger om hvordan man skal ta hensyn til forventet klimautvikling frem mot år 2100 ved beregning av flommer. Ved et forventet endret klima viser framskrivninger 20 % økning i vannføringen i Lundeelva i år 2100, som vist i Tabell 3.

Tabell 3 Kulminasjonsvannføringer for Lundeelva ved Kielland for dagens klima og i et endret klima i år 2100.

	Qm m ³ /s	Q5 m ³ /s	Q100 m ³ /s	Q20 m ³ /s	Q50 m ³ /s	Q100 m ³ /s	Q200 m ³ /s	Q500 m ³ /s	Q1000 m ³ /s	Q200 i år 2100 m ³ /s
Lundeelva	35	44	50	55	63	69	74	81	86	88

2.2.4 Observerte flommer

Det har vært flere flommer i Lundeelva. Informasjon om hendelser med høye vannstander ved tettstedet Lunde er mottatt fra ansatte i Søgne kommune og lokale kjentmenn i form av brev og e-poster. Flomvannstandene som er vist i Tabell 4 er innmålt av Søgne kommune og oversendt i 2005⁸ og 2007⁹.

Tabell 4 Oversikt over flommer og observerte flomvannstander langs Lundeelva.

Dato	Høyde (moh)	Vannføring i Søgneelva (døgnmiddel, m ³ /s)	Kommentar
Høsten 1947 ⁸	3.0		Høy flo.
16. november 1959 ⁸	2.5		
29. oktober 1969 ⁹	3.05		Det var flere store flommer i 1969.
13. oktober 1976 ^{8,9}	2.6	160	Lav flo.
16. oktober 1987 ¹⁰		95	Storm, Høy flo
1. desember* 2000 ⁸	2.5	88	Høy flo.
2001 ⁹	2.55		

* Det er noe usikkerhet til datoen i 2000, da det i Søgneelva var kulminasjon den 30. november.

Den 2. og 3. desember 1992 var det en stor flom på stasjonene 22.16 Mygelvatn og 24.8 Møska. I 24.9 Tingvatn var det den største observerte flom på 80 år. I Søgneelva ble det da målt en vannføring på 116 m³/s. Verdier fra Lundeelva for denne episoden finnes ikke.

Det er ikke utført vannføringsmålinger ved noen av disse vannstandsobservasjonene.

2.2.5 Ekstremvannstander i sjø, nå og i et endret klima

I elvas utløpsområde kan flom opptre samtidig med stormflo, men flom og stormflo kan også opptre som hendelser hver for seg.

Lundeelva har utløp i Torvefjorden, slik at nedre deler av elven er påvirket av tidevann, stormflo og havnivåstigning. Ekstremvannstander for ulike gjentaksintervall i Torvefjorden ved dagens klima, se Tabell 5, er beregnet av Kartverket¹¹ og finnes også på «Se havnivå»¹².

Tabell 5 Ekstremvannstander i sjø (NN2000 = NN1954 – 0.1 m).

Gjentaksintervall [år]	1	10	20	50	100	200	500	1000
Vannstander [NN2000] i dagens klima	0.62	0.81	0.87	0.93	0.99	1.04	1.10	1.15
Vannstander [NN2000] i år 2100	1.40					1.82		

De beregnede ekstremvannstandene i sjø for Lundeelva er basert på data fra Tregde vannstandsmåler. Den 16.10.1987¹³ ble det observert en vannstand ved Tregde på 1,0 i forhold til høydereferanse NN2000. Dette tilsvarer en stormflo med gjentaksintervall mellom 100 og 200 år.

Søgne kommune¹⁴ har opplyst at det på brygge ved Høllen ble observert en vannstand i sjøen på 1,035 (NN2000) den 16.10.1987.

Fram mot år 2100 vil havnivået endres som følge av forventede klimaendringer. Framskrivning av havnivå er presentert i rapporten «Sea Level Change for Norway – Past and Present Observations and Projections to 2100»¹⁵. I veilederen «Havnivåstigning og stormflo – samfunnssikkerhet i kommunal planlegging»¹⁶ publisert i 2016 har DSB gitt anbefaling om hvilke utslippsscenario som skal legges til grunn for planlegging. Basert på utslippsscenariet RCP8.5 og 95 % av spredningen for årene 2081-2100 legges til grunn forventes det en havnivåstigning på 78 cm for Søgne kommune. Vannstanden for en 200-års stormflo ved et endret klima i år 2100 blir da vannstanden i dagens klima + havnivåstigningen, som vist i Tabell 5.

2.3 Topografiske data

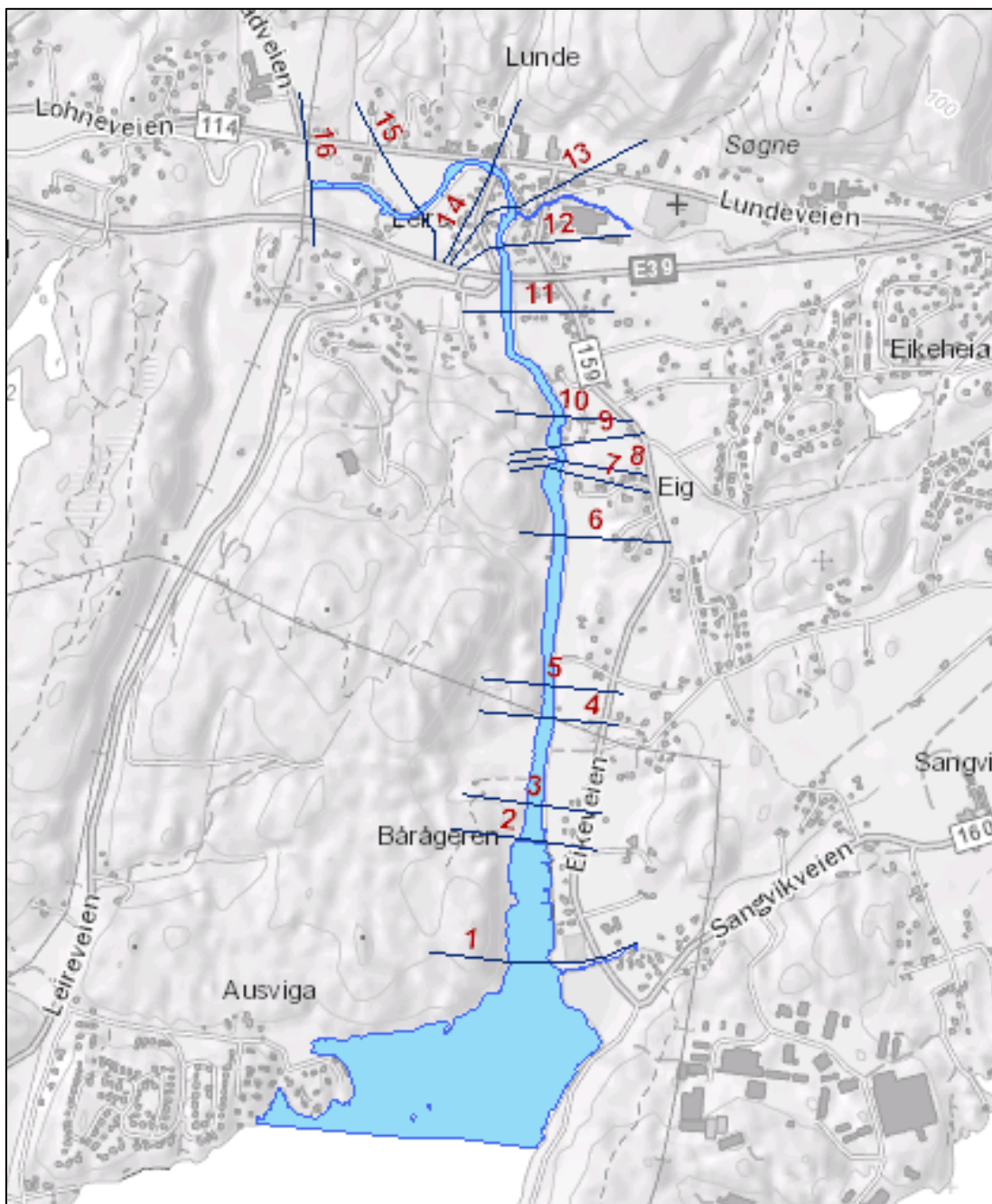
2.3.1 Tverrprofil

Det er benyttet 16 tverrprofiler i Lundeelva som ble oppmålt av Novatek AS¹⁷ i 2007. Plassering av tverrprofilene er valgt ut i forhold til at de skal representere de hydrauliske forholdene på strekningen, eksempelvis ved innsnevringer i elva eller der bunnhelningen endrer seg. Oversikt over plassering av tverrprofilene er vist på kartet i Figur 2-4 og bildene i Figur 2-3 og Figur 3-1 viser omtrent hvor tverrprofil nr. 12 og 13 ligger.

Høydene er korrigert til høydereferansen NN2000 ved å trekke fra 10 cm på høyder gitt i forhold til NN1954.



Figur 2-3 Rød linje viser omtrentlig plassering av tverrprofil nr. 12. Foto: Novatek AS.



Figur 2-4 Plassering av tverrprofilene på den kartlagte strekningen av Lundeevass.

2.3.2 Terrengmodell

Digitale terrengdata framskaffet gjennom Kartverket er grunnlag for forlengelse av alle tverrprofiler over vann. Terrengdata består av laserdata lastet ned i 2016. Basert på disse data er det generert en terrengmodell ved bruk av ArcGIS.

3 Vannlinjeberegning

3.1 Modellering

Det er utført vannlinjeberegninger ved bruk av programvaren HEC-RAS. Modellen beregner en endimensjonal og stasjonær strømmingstilstand. Nødvendig inngangsdata er geometri i tverrprofil, ruhet og vannføring. Ruheten beskrives ved mannings tall M , der lave verdier representerer stor ruhet.

Vannlinjeberegningen omfatter en strekning på ca. 2 km av Lundeelva fra Mjåland til utløpet i fjorden, se Figur 2-4.



Figur 3-1 Rød linje viser omtrentlig plassering av tverrprofil nr. 13. Foto: Novatek AS.

3.2 Grensebetingelser

I de nederste delene er Lundeelva svært slak. Fastsettelsen av nedre grensebetingelse har derfor stor betydning for beregning av vannstander langt oppover elva.

For Lundeelva vil tidevann, stormflo og havnivåstigning påvirke vannstanden oppover i elva. Dette tas hensyn til ved at ekstremvannstander i sjø, som er beskrevet i kap. 2.2.5 benyttes som nedre grensebetingelser ved beregning av flomvannstander i elva. Generelt foreligger det få observasjoner av samtidig flom i elva og stormflo i sjøen, slik at det finnes lite med datamateriale for å beregne sannsynligheten for at disse hendelsene vil opptre samtidig. Som en tilnærming velges 1-års stormflo som nedre grensebetingelse for alle beregnede gjentakintervall i dagens klima. Der Lundeelva har sitt utløp i sjøen er 1-års stormflo 0,62 (NN2000), som vist i Tabell 5.

Ved beregning av framtidige vannstander med forventet klimaendringer legges det til grunn en framskrivning som gir 1-års stormflo på 1,40 (NN2000). Forventet havnivåstigning fram mot år 2100 er da 78 cm.

3.3 Kalibrering av modellen

En vannlinjemodell bør kalibreres mot en eller flere flommer i vassdraget, da dette er med på å redusere usikkerheten i beregningene. For å kalibrere modellen er man avhengig av sammenhørende verdier av vannføring og vannstand.

Det foreligger ikke samtidig data av vannføring og målt vannstand ved flomhendelser i Lundeelva. Modellen er derfor tilpasset/kalibrert observerte vannstander fra flere flommer. Vannstanden i Lundeelva ved flommen 13. oktober 1976 er målt av kommunen oppstrøms brua i Lunde og er den viktigste observasjonen. Vannføringene ved flomhendelsene er estimert ut fra data fra flere av de nærliggende vassdragene til Lundeelva. For flommen i 1976 er det antatt en vannstand i sjøen på 0,6 (NN2000) etter informasjon fra Kartverket. Vannstanden i sjøen påvirker elva helt opp til 100 m nedenfor Kielland bru.

Modellen er tilpasset de observerte vannstander ved at det er brukt erfaringstall av ruhetsverdien som så er justert til de enkelte flomhendelser der det var avvik. Den observerte vannstanden i Lundeelva er ikke eksakt lik den beregnet vannlinjen. Dette kan skyldes flere forhold. Det er beregnet vannstander på 2,38 og 2,50 i henholdsvis profil 14 og 15. Ved å ekstrapolere den observerte vannstanden under flommen i 1976 til tverrprofilene vises det likevel godt samsvar mellom observert og beregnet vannstand, se Tabell 6. Tilpasningen anses som god, med et noe konservativt valg av ruhetsparametre.

Tabell 6 Sammenligning av den observerte vannstanden med beregnet vannstand ved kalibreringen.

Profil nr.	Avstand (i meter) fra profil til observert punkt	Observert vannstand (NN2000)	Beregnet vannstand (NN2000)
14	5	2.45	2.38
15	1	2.50	2.50

3.4 Resultat

Det er utført vannlinjeberegninger for normalvannføring, middelflom og flommer med gjentakintervallene 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500 og 1000 år. I nedre del av Lundeelva er vannstanden i sjøen høyere enn vannstanden ved flom i elva. Den vannstanden som er høyest som følge av flom i elva eller stormflo, er presentert i Tabell 7.

Det er også beregnet vannstander for en 200-årsflom i år 2100, som er basert på 20 % økning i vannføringen og en havnivåstigning på 78 cm som følge av forventede klimaendringer fram mot år 2100. Disse vannstandene er vist i kolonne «Q200 i år 2100» i Tabell 7.

Mellom tverrprofilene anses vannstanden å variere lineært og kan derfor finnes ved interpolasjon. Vannstandene er grunnlag for utbredelse av flomsone.

Tabell 7 Beregnet kulminasjonsvannstand (NN2000) for ulike gjentakintervall. I utløpsområdet (tverrprofil nr. 1 – 5) 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 i år 2100
1	0,62	0,62	0,62	<i>0,81</i>	<i>0,87</i>	<i>0,93</i>	<i>0,99</i>	<i>1,04</i>	<i>1,10</i>	<i>1,15</i>	<i>1,82</i>
2	0,62	0,70	0,74	<i>0,81</i>	<i>0,87</i>	<i>0,93</i>	<i>0,99</i>	<i>1,04</i>	<i>1,10</i>	<i>1,15</i>	<i>1,82</i>
3	0,62	0,73	0,78	0,82	<i>0,87</i>	<i>0,93</i>	<i>0,99</i>	<i>1,04</i>	<i>1,10</i>	<i>1,15</i>	<i>1,82</i>
4	0,62	0,80	0,87	0,91	0,95	1,01	1,06	1,09	1,14	1,18	<i>1,82</i>
5	0,62	0,82	0,89	0,95	0,99	1,05	1,10	1,14	1,19	1,23	<i>1,82</i>
6	0,62	0,94	1,07	1,15	1,21	1,30	1,37	1,43	1,50	1,55	1,84
7	0,62	1,00	1,14	1,22	1,29	1,39	1,46	1,52	1,59	1,65	1,84
8	0,62	1,00	1,14	1,22	1,29	1,39	1,46	1,52	1,59	1,65	1,92
9	0,62	1,06	1,21	1,30	1,37	1,48	1,56	1,62	1,71	1,77	1,95
10	0,62	1,07	1,23	1,32	1,40	1,51	1,59	1,66	1,75	1,81	2,11
11	0,62	1,20	1,37	1,48	1,56	1,68	1,77	1,84	1,93	2,00	2,45
12	0,62	1,40	1,61	1,74	1,84	1,99	2,09	2,18	2,29	2,37	2,51
13	0,62	1,43	1,65	1,78	1,88	2,04	2,15	2,23	2,35	2,43	2,60
14b	0,62	1,51	1,73	1,87	1,97	2,13	2,25	2,34	2,46	2,54	2,61
14	0,62	1,53	1,76	1,90	2,01	2,26	2,4	2,53	2,69	2,81	2,90
15	0,62	1,65	1,89	2,03	2,14	2,38	2,53	2,64	2,81	2,92	3,01
16	0,62	1,79	2,02	2,16	2,27	2,49	2,63	2,74	2,90	3,01	3,09

3.5 Spesielt om bruer

Dersom vannet kommer i kontakt med brubjelken vil den hydrauliske kapasiteten til bruene reduseres som følge av den økte friksjonen. I tillegg kan drivgods som transporteres med elven sette seg fast i bruene, og kan medføre at den hydrauliske kapasitet reduseres ytterligere.

Det er 3 bruer som krysser Lundeelva på den kartlagte strekningen. Veibrua på Fv204 i Leireveien (tverrprofil 14) er inkludert i den hydrauliske modellen, da observasjonene fra Søgne kommune og lokale beboere av vannstand oppstrøms og nedstrøms brua ved flomsituasjoner i Lunde, tyder på at brua har liten hydraulisk kapasitet og virker oppstuende ved store flommer.

Beregningene viser at vannstanden for en flom med omtrent 50 års gjentakintervall vil treffe brubjelken for veibrua på Fv204 i Leireveien (tverrprofil 14). Gangbru som krysser Lundeelva oppstrøms tverrprofil 15 blir oversvømt ved flomhendelser som tilsvarer omtrent 20-50 års gjentakintervall. Veibru på E39 har kapasitet i forhold til alle beregnede gjentakintervall.

3.6 Sensitivitetsanalyse

For å estimere sensitiviteten til modellen, er det utført en analyse med økt ruhet. Ved å øke ruheten med 20 %, viser beregninger at vannstanden øker med opptil 25 cm for en 200-årsflom. Dette tilsier at modellen er lite følsom for endringer i ruhet.

4 Flomsonekart

4.1 Kartprodukt

Det er utarbeid flomsone for gjentakintervallene 20, 200 og 1000 år, samt for 200 år med et forventet endret klima fram mot år 2100.

Sluttprodukt som er utarbeidet omfatter:

- Digitale flomsoner for en 20-, 200- og 1000-årsflom, samt en 200-årsflom ved et endret klima i år 2100. Flomsonene er kodet i henhold til SOSI-standard i UTM-sone 32 og 33, i formatene SOSI og Shape.
- Flomvannstander i tverrprofilene for alle beregnede gjentakintervall i UTM-sonene 32 og 33, i formatene SOSI og Shape.
- Rapport på PDF-format.

Sluttproduktene er tilgjengelige på NVEs nettside www.nve.no og i følgende karttjenester:

- NVEs Kartkatalog <http://kartkatalog.nve.no> der flomsonene er presentert under temakart «Fare» og «Flomsoner». Vannstander for hvert tverrprofil, finnes i en tekstboks i kartet. Rapporten er tilgjengelig som lenke i tekstboksen.
- NVE Atlas <https://atlas.nve.no> der flomsonene finnes under tema «Naturfare».
- NVEs nedlastningsløsning <http://nedlasting.nve.no/gis>
- WMS http://gis3.nve.no/kartkatalog/metadatagh_wmstjenester.html

4.2 Hvordan leses kartet

Flomutsatte områder er markert med blå farge og lavpunkt er markert som blå stripete skraver. Flomutsatte områder ved et endret klima i år 2100, er markert med rosa farge og tilhørende lavpunktsovråder har rosa stripete skraver.

Tegnforklaring



Kartene i Figur 4-1 til 4-3 viser plasseringen av tverrprofilene, som er utgangspunktet for den genererte flomsonen. Det er ved disse profilene vannstandene er beregnet.

Flomvannstand i tverrprofilene er vist i Tabell 7. Mellom tverrprofilene anses vannstanden å variere lineært og kan derfor finnes ved interpolasjon.

4.3 Flomsoneanalysen

Flomsonene viser oversvømte arealer for en flom med et gitt gjentaksintervall. På grunnlag av beregnede vannstander i tverrprofilene genereres en flomflate. Oversvømt areal finnes ved å beregne skjæring mellom flomflaten og terrengmodellen.

Basert på de digitale data er det generert en terrengmodell ved bruk av ArcGIS.

Resultatet av flomsoneanalysen viser at i tettstedet Lunde vil flere bygninger være flomutsatt allerede ved en 20-årsflom, se Figur 4-1. Nesten alle bygningene som ligger inntil elvekanten på den kartlagte strekningen vil også bli flomutsatt. I tillegg til at Lundeveien blir oversvømt, vil også Leireveien delvis bli oversvømt om en 20-års hendelse inntreffer.

Ved en 200-årsflom vil utbredelsen av flomsonen bli litt større, se flomsonekartet i Figur 4-2. I tillegg til de bygningene som er utsatt ved en 20-årsflom vil ytterligere noen få bygninger ved tettstedet Lunde bli flomutsatt.

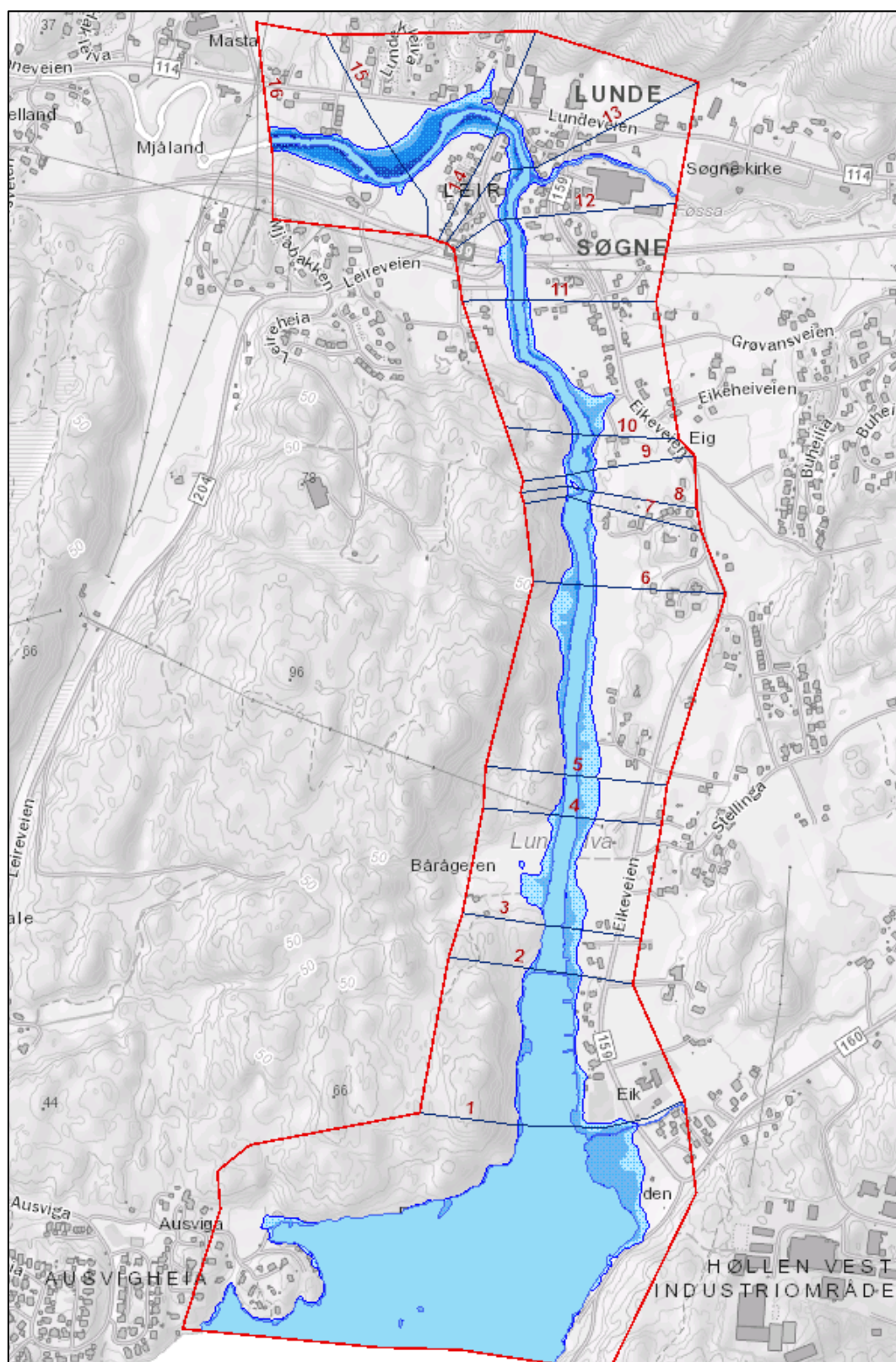
Dersom en 1000-årshendelse inntreffer i Lundeelva, som vist i Figur 4-3, vil dette medføre at vannstanden stiger ytterligere 10-30 cm og oversvømte arealer blir noe større sammenlignet med en 200-årsflom. Men omfanget av flomutsatt bebyggelsen blir omtrent tilsvarende som ved en 200-årshendelse.

Klimaframskrivninger fram mot år 2100 viser at flomstørrelsen på en framtidig flom i Lundeelva forventes å øke med 20 %. I tillegg er det også forventet at havnivået vil stige med 78 cm i Torvefjorden som følge av et endret klima. Dette gir økte flomvannstander, som medfører at utbredelsen av flomsonene øker. Figur 4-2 viser at oversvømte arealer ved en 200-årsflom i år 2100 er noe større enn en 1000-årsflom i dagens klima. Noen flere bygninger langs Eikeveien kan bli flomutsatt, i tillegg til direkte oversvømmelse av veien på flere steder.

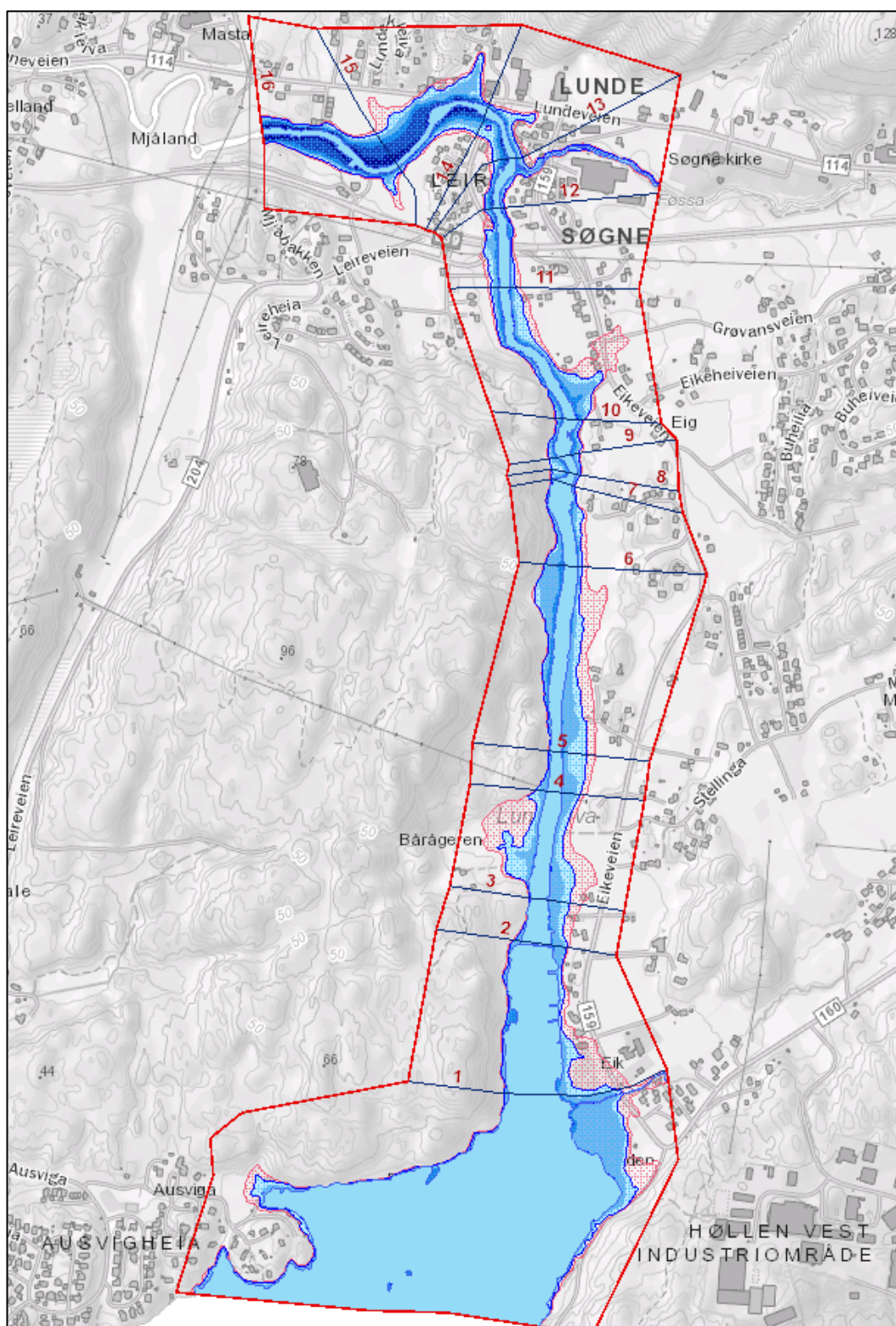
4.4 Flomsonekart ved utløp i sjø

I perioder med lavt lufttrykk og kraftig vind fra én retning, kan vann bli stuert opp inne ved kysten og føre til at vannstanden i sjøen blir høyere enn normalt. Vannstanden i sjøen vil påvirke vannstanden i Lundeelva. I utgangspunktet antas det at flom i elva og stormflo er uavhengige hendelser, slik at sannsynligheten for at begge hendelsene inntreffer samtidig er svært liten. Det antas imidlertid at en flom i elva kan ha noe samtidighet med -lavtrykk og pålandsvind. Ved beregning av flomvannstander i Lundeelva, forutsettes derfor at flom i elva og 1-års stormflo kan inntreffe samtidig.

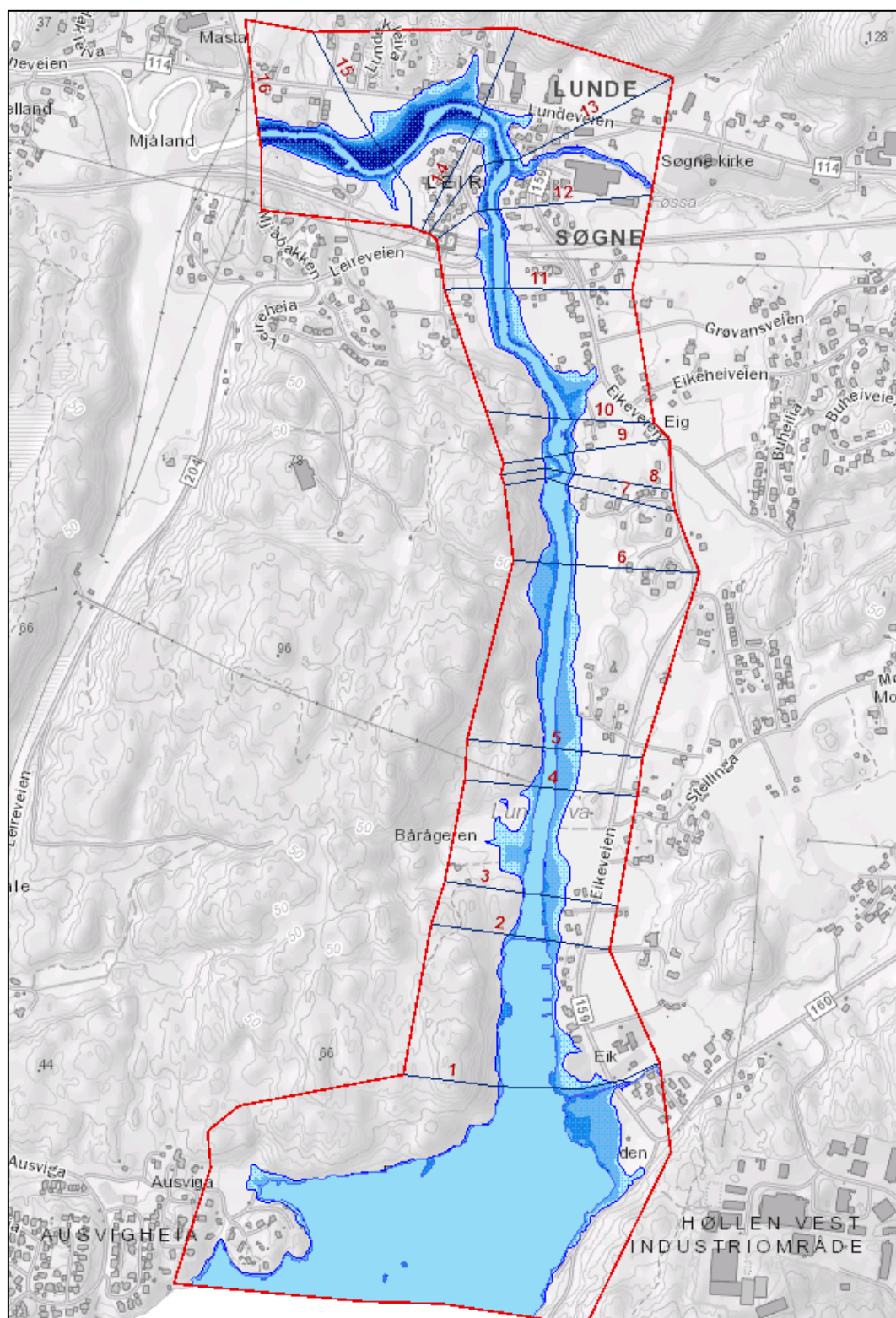
For å vise oversvømt areal ved 20, 200 og 1000 års-hendelser, utarbeides flomsonekartene med den høyeste flomvannstanden enten den skyldes flom i elva eller stormflo i sjøen. Se prinsippskisse i Figur 4-4, der vannstanden i sjøen er høyere enn flomvannstanden i elva ved utløpsområdet.



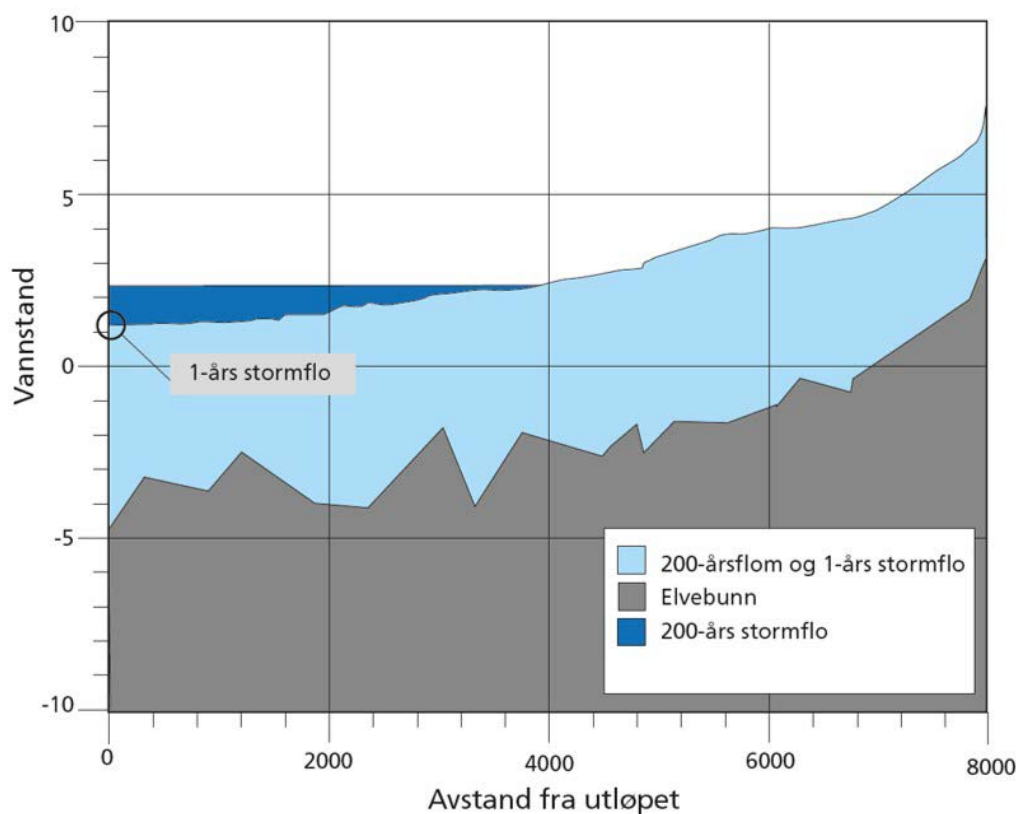
Figur 4-1 Flomsonekart for en 20-årsflom i Lundelva. Flomutsatte områder er vist med blå skravur, der den mørkeste blåfargen representerer de største vannndybder.



Figur 4-2 Flomsonekart for en 200-årsflom i Lundeelva. Flomutsatte områder ved dagens klima er vist med blå skravur, der den mørkeste blåfargen representerer de største vanddybder. Flomutsatte områder ved et endret klima i år 2100 er vist med rosa skravur.



Figur 4-3 Flomsonekart for en 1000-årsflom i Lundeelva. Flomutsatte områder er vist med blå skravur, der den mørkeste blåfargen representerer de største vanddybder.

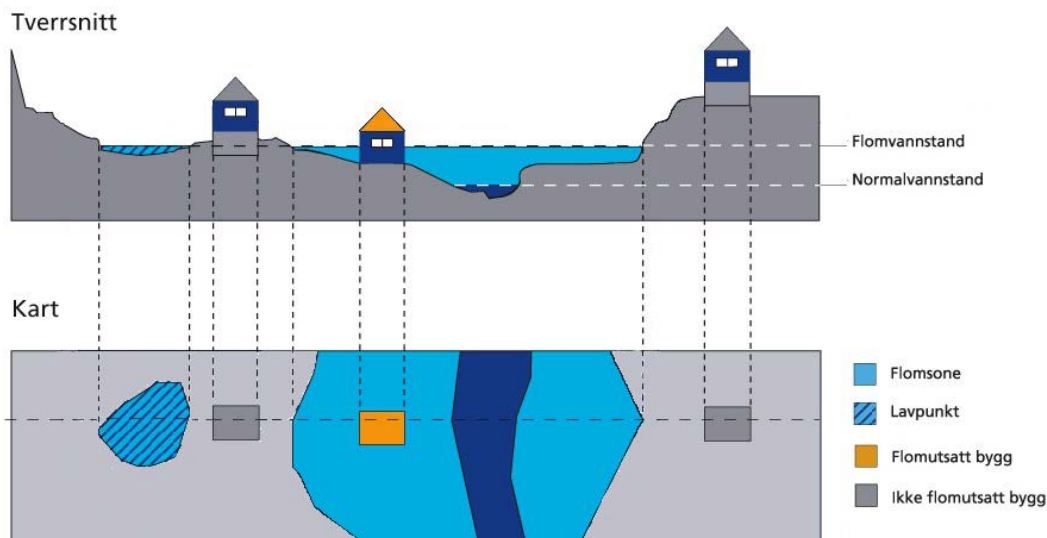


Figur 4-4 I flomsonekartene presenteres den hendelsen som gir høyest vannstand for en flom med et gitt gjentaksintervall, uavhengig av om vannstanden skyldes flom i elva eller stormflo i sjøen.

4.5 Lavpunkt

En del steder vil det være areal som ligger lavere enn de beregnede flomvannstandene, men uten direkte forbindelse til elva, se Figur 4-5. Dette kan være områder som ligger bak flomverk eller veier/fyllinger, men også lavpunkt som har forbindelse via en kulvert eller via grunnvannet. Disse områdene er markert med egen skravur, fordi de vil ha en annen sannsynlighet for oversvømmelse og må behandles spesielt. Disse områdene vil være spesielt utsatt ved intenst lokalt regn, ved stor flom i sidebekker eller ved gjentetting av kulverter.

En må være oppmerksom på at det vannet som er markert som lavpunkt, ikke har noen direkte sammenheng med den vannstanden som er gitt for selve elva. Her kan det stå vann selv om det ikke er flom i elva, for eksempel ved intens nedbør.



Figur 4-5 Prinsippskisse som viser definisjon av lavpunkt.

5 Usikkerhet

Som ved all beregning av denne typen er det usikkerhet knyttet til resultatene samt at faktorer nevnt i kapittel 6 kan påvirke framtidige flomhendelser. Modellene bygger på forutsetninger som en mener er realistisk skal inntreffe i framtida. Disse forutsetningene er de en regner som mest sannsynlig, men det er ikke gitt at dette alltid stemmer. Det er derfor viktig å påpeke at flomsonekartene er et verktøy, som bygger på best tilgjengelige kunnskap og data fra fortida og nåtida, for slik å kunne si hvordan en framtidig flom mest sannsynlig vil opptre.

5.1 Flomberegning

Det hydrologiske datagrunnlaget er hentet fra målestasjoner, der det observeres vannstand. Vannføringen beregnes ved hjelp av en kurve, som viser sammenhengen mellom vannstand og vannføring (vannføringskurve). Her ligger usikkerhet både i vannstandsavlesingen og i vannføringskurven. Usikkerheten i vannføringskurven øker normalt ved økende vannføring, da de fleste vannføringskurver er ekstrapolert for å dekke sjeldne vannføringshendelser.

For dette prosjektet er flomberegningene ikke utført på målinger fra Lundeelva, men på målinger og data fra nærliggende elver. Ved å overføre verdiene og beregninger til Lundeelva antas like egenskaper for elvene og feilen som da innføres blir proporsjonal med forskjellen på elvene og dets feltegenskaper.

Likeså vil målingene og observasjonene som overføres til vannføring via en vannføringskurve være avhengig av hvor god denne kurven er. Og for høye vannføringer er kurven basert på ekstrapolasjon og dermed enda mer usikker enn innenfor det målte området.

Det er også stor usikkerhet i å regne om fra døgnmiddel til kulminasjonsverdi. Dette fordi en slik omregning er spesifikk for hver elv og avhenger av elva og dets feltegenskaper. Når det ikke finnes målinger blir denne omregningen ekstra usikker.

Å kvantifisere usikkerhet i hydrologiske data er vanskelig da det er mange faktorer som virker inn, særlig for å anslå usikkerhet i ekstreme vannføringsdata. Konklusjonen for denne beregningen er at datagrunnlaget kan klassifiseres som klasse 3, på en skala fra 1 til 3 der 1 svarer til beste klasse.

5.2 Vannlinjeberegninger

Kvaliteten på vannlinjeberegningene er avhengig av en godt kalibrert modell. Det vil si at det samles inn sammenhørende verdier av vannføring og vannstand som modellen kan kalibreres etter.

I dette prosjektet finnes ikke sammenhørende måling av vannføring og vannstand, men det finnes noen vannstandsmålinger.

5.3 Flomsonen

Nøyaktigheten til flomsonene er avhengig av usikre moment i hydrologiske data, flomberegningen og den hydrauliske modelleringen. I tillegg kommer usikkerheten i terrengmodellen.

Alle faktorer som er nevnt ovenfor, vil sammen påvirke usikkerheten i sluttresultatet, det vil si utbredelsen av flomsonen på kartet. Utbredelsen av flomsonen er derfor mindre nøyaktig bestemt enn vannlinjene. Dette må en ta hensyn til ved praktisk bruk.

5.4 Ekstremvannstand sjø

Datasettene som ligger til grunn for analyser av ekstremvannstander i sjø, har en annen fordeling enn dem som ligger til grunn for vannlinjen. Datasettet for sjøvannstander har mindre variasjoner, slik at usikkerheten blir mindre. Den reelle usikkerheten er derfor lavere i områdene der ekstremvannstand som følge av stormflo er dimensjonerende.

I områder som grenser mot sjø, må en i tillegg ta hensyn til bølgeoppskylling.

5.5 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 oppmerksom på at flomsonenes utbredelse avhenger av bakenforliggende datagrunnlag og analyser.

Spesielt i områder nær flomsonegrensen er det viktig at høyden på terrenget sjekkes mot de beregnede 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 flomvannstanden. 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 beregnede flomvannstandene. Hvor store disse skal være, vil avhenge av hvilke tiltak det er snakk

om. I forbindelse med beredskapssituasjoner vil usikkerheten i flomvarslene langt overstige usikkerheten i beregnede flomvannstander og faresonene. NVE anbefaler at det legges til en sikkerhetsmargin for å ta høyde for usikkerheten i kartene, se kap. 7.1.

6 Andre faremoment i området

I flomsonekartprosjektet blir andre faremoment i vassdraget også vurdert, men disse blir ikke tatt direkte hensyn til i kartleggingen. Andre faremoment kan være flom i sideelver/bekker, isgang, massetransport, erosjon og lav kapasitet på kulverter.

Flomsonekartprosjektet har ikke som mål å kartlegge slik fare fullstendig, men skal systematisk prøve å samle inn eksisterende informasjon og presentere kjente flomrelaterte problem langs vassdraget. En gjennomgang av eventuelle faremoment bør inngå som en del av kommunens risiko- og sårbarhetsanalyse (ROS).

6.1 Kvikkleire og erosjon

Lundeelva har svært lite fall på den nederste delen. Gjennomsnittlig hastighet er relativt lav, 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 Lundeelva.

Det aktuelle området ligger under marin grense hvor det kan finnes områder med kvikkleire. Flom i Lundeelva som gir erosjon og/eller høyt poretrykk er to av flere faktorer som kan utløse et kvikkleireskred dersom det viser seg å være kvikkleire langs vassdraget.

6.2 Bølgepåvirkning fra sjø

Vannstander ved stormflohendelser og forventet havnivåstigning som følge av et endret klima, er innarbeidet i flomsonekartene. Eventuell bølgeoppskylling som kan inntreffe samtidig med en stormflohendelse er ikke vurdert som en del av flomsonekartleggingen.

6.3 Områder med fare for vann i kjeller

Også utenfor direkte flomutsatte områder og lavpunkt vil det kunne være nødvendig å ta hensyn til flomfaren, da flom ofte vil føre til høyere grunnvannstand innover elvesletter. Uavhengig av flommen kan forhøyet grunnvannstand medføre vann i kjellere. For å analysere dette er det nødvendig med omfattende analyser, blant annet av grunnforholdene. Det ligger utenfor flomsonekartprosjektets målsetting å kartlegge slike forhold i detalj.

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 forbindelse med flom er gitt i Byggeteknisk forskrift, TEK10, § 7-2. Kravene er differensiert i henhold til type flom og type byggverk/infrastruktur. *NVEs retningslinje 2-2011 Flaum- og skredfare i arealplanar*¹⁸ 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 hensynssoner 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 vannstandene og kontrollere terrenghøyden i felt mot disse. For å unngå flomskade må dessuten dreneringen til et bygg ligge slik at avløpet fungerer under flom. Områder som etter nærmere kontroll i felt er utsatt for flomfare, avsettes som hensynssoner på plankartet jf. pbl § 12-6.

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

En sikkerhetsmargin bør legges til ved praktisk bruk. For dette delprosjektet anbefaler vi et påslag på 30 cm på de beregnede vannstandene. Sikkerhetsmarginen dekker opp usikkerhet i grunnlagsmateriale og beregninger.

Med grunnlag i flomsonekartene må det innarbeides hensynssoner med bestemmelser som ivaretar tilstrekkelig sikkerhet mot flom når kommuneplanen oppdateres.

7.2 Flomvarsling og beredskap – bruk av flomsonekart

www.varsom.no er kilden til varsling av naturfare i Norge. NVE overvåker kontinuerlig vassdragene i Norge og sender ut flomvarsel som forteller hvor og når det ventes stor vannføring. Dette er ikke nødvendigvis et varsel om skade. For å kunne varsle skadeflom må man ha detaljert kjennskap til et område. I dag gis flomvarslene 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 rødt aktsomhetsnivå vil vannføringen nå et nivå over 50-årsflom. Ved varsel på oransje aktsomhetsnivå vil vannføringen nå et nivå mellom 5-årsflom og 50-årsflom. Også ved gult aktsomhetsnivå, hvor det ventes vannføring med mindre enn 5-års gjentaksintervall, kan det forekomme skader. Det dreier seg som oftest om skader av mer lokal karakter i tilknytning til kulverter eller mindre bekker /elver. Ved kontakt med flomvarslingen vil en ofte kunne få mer detaljert informasjon.

Faresonekart for flom gir detaljkunnskap i form av beregnede vannstander ved flom, og man kan se hvilke områder og hvilke typer verdier som er utsatt. Beredskapsmyndighetene bør innarbeide denne informasjonen i sine planer.

Aktsomhetsnivå	Flomstørrelse og skadeomfang
4 Varsel om flom	Vannføring/vannstand som kan medføre omfattende oversvømmelser og flomskader på bebyggelse og infrastruktur i store deler av varslingsområdet.
3 Varsel om flom	Vannføring/vannstand som kan medføre omfattende oversvømmelser og flomskader på utsatte steder.
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 aktsomhetsnivåer for flom som benyttes ved flomvarslings.

7.3 Generelt om gjentakintervall 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 % 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 inntreffer. Den neste 50-årsflommen kan inntreffe allerede i inneværende år, om 2 år, 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 med hensyn til gjentakintervall og levetid? Gitt en konstruksjon med forventet (økonomisk) levetid på 50 år som sikres mot en 100-årsflom. Ifølge tabellen vil det fremdeles være 40 % sjanse for å få flomskader i løpet av en 50-årsperiode. Tar man utgangspunkt i en «akseptabel sannsynlighet for flomskade» på eksempelvis 10 % i en 50-årsperiode, viser tabellen at konstruksjonen må være sikker mot en 500-årsflom.

Tabell 8 Sannsynlighet for overskridelse i prosent ut fra forventet økonomisk levetid og gjentakintervall.

Gjentaksintervall (T)	Periodelengde år (L)					
	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 Referanseliste

¹ NOU (Norges offentlige utredninger) 1996:16 *Tiltak mot flom*.

² St.meld. nr. 42 (1996 – 97) *Tiltak mot flom*

³ St.meld. nr. 15 (2011–2012) *Hvordan leve med farene – om flom og skred*.

⁴ Deborah Lawrence *Klimaendring og framtidige flommer i Norge*, NVE rapport nr. 81-2016.

⁵ Per Ludvig Bjerke *Flomberegning for Lundeelva ved Kielland*, NVE oppdragsrapport B nr. 4-2014

⁶ Erik Holmqvist *Flomberegning for Søgneelva*, NVE Dokument nr. 16-2002.

⁷ Erik Holmqvist *Flomberegning for Audna ved Vigeland*, NVE Dokument 11-2010.

⁸ Søgne kommune *Flomhøyder Lundeelva*, Brev datert 01.06.2005 (NVE ref. 201001584-1)

⁹ Søgne kommune *Flom i Lundeelva*, E-post datert 13.03.2007 fra Oddvar Ringstad (NVE ref. 201001584-3).

¹⁰ Søgne kommune *Flommer Lundeelva Kielland*, E-post datert 06.02.2013 fra Dag Arntsen (NVE ref. 201001584-10).

¹¹ Kartverket *Vannstander for Lundeelva ved Torveffjorden 10, 50 og 500 års gjentakintervall*. E-post 22.12.2016 (NVE ref. 201001584-6)

¹² Kartverket *Se havnivå, Vannstands nivå, Lundeelva (Vest-Agder)* [Internett].

Tilgjengelig fra: <http://www.kartverket.no/sehavniva/sehavniva-lokasjonside/?cityid=354828&city=Lundeelva> [Lest 18. november 2016].

¹³ Kartverket *Stormflo og bølgehøyder*. E-post 22.02.2017 (NVE ref. 201001584-9)

¹⁴ Søgne kommune *Stormflo og bølgehøyder*. E-post 06.03.2017 (NVE ref. 201001584-11)

¹⁵ Nansensenteret, Bjerknæssenteret og Kartverket *Sea Level Change for Norway – Past and Present Observations and Projections to 2100*. NCCS (Norwegian Center for Climate Services) report no. 1/2015, ISSN no: 2387-3027.

¹⁶ DSB (Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap) *Havnivåstigning og stormflo – samfunnssikkerhet og kommunal planlegging*, Veileder, 2016.

¹⁷ Novatek AS *Flomsonekartlegging Tverrprofileringer – 2007 i Lundeelva ved Søgne. Vest-Agder fylke*.

¹⁸ NVE *Flaum- og skredfare i arealplanar*, Retningslinjer nr. 2-2011.



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

Norges vassdrags- og energidirektorat

Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstuen
0301 Oslo

Telefon: 09575
Internett: www.nve.no