Flomsonekart
Delprosjekt Dokka

Petter Reinemo, Julio Pereira

99
2015

RAPPORT

Flomsonekart
Delprosjekt Dokka

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Redaktør:

Forfattere: Petter Reinemo, Julio Pereira

Trykk: NVEs hustrykkeri
Opplag: Web-publikasjon
Forsidefoto: NVE
ISBN 978-82-410-1151-1

Sammendrag: Det er utarbeidet flomsonekart for 20-, 200- og 1000-årsflom langs elva Dokka og Etna ved Dokka sentrum i Nordre Land kommune. Grunnlaget for flomsonene er flomberegninger, vannlinjeberegninger, tverrprofiler samt terrengmodell.

Emneord: Dokka, Etna, Nordre Land, flom, flomberegning, vannlinje, flomsone

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

Innhold

Forord **5**

Sammendrag **6**

1 Innledning **8**

1.1 Bakgrunn 8
1.2 Avgrensning av prosjektet 8
1.3 Flomsonekart og klimaendringer 9
1.4 Prosjektgjennomføring 11

2 Metode og databehov **11**

2.1 Metode 11
2.2 Hydrologiske data 12
2.2.1 Nedbørsfeltet 12
2.2.2 Vannstander i Randsfjorden 14
2.2.3 Flomberegning 14
2.2.4 Kalibreringsdata 15
2.3 Topografiske data 16
2.3.1 Tverrprofiler og bruer 16
2.3.2 Terrengdata 17

3 Vannlinjeberegning **17**

3.1 Generelt om modelleringen 17
3.2 Sensitivitetsanalyse 20
3.3 Spesielt om bruer 20
3.4 Resultater fra vannlinjeberegningen 20

4 Flomsonekart **25**

4.1 Flomsoneanalyse 25
4.2 Lavpunkter 25
4.3 Spesielt om bruer 26
4.4 Spesielt om flomverk 26
4.5 Kartprodukter 27

5 Usikkerhet **34**

5.1 Flomberegningen 34
5.2 Vannlinjeberegningen 34
5.3 Flomsonekartet 34

6 Andre faremomenter i området **35**

6.1 Bekker og sidevassdraget 35
6.2 Områder med fare for vann i kjeller 35
6.3 Sikringstiltak 35

7 Veiledning for bruk **36**

7.1 Unngå bygging på flomutsatte områder 36
7.2 Hvordan forholde seg til usikkerhet på kartet? 37
7.3 Arealplanlegging og byggesaker – bruk av flomsonekart 37
7.4 Flomvarsling og beredskap – bruk av flomsonekart 38

7.5 Generelt om gjentaksintervall og sannsynlighet 39
8 Referanser 40

Vedlegg

Digitale kartprodukter på formatene SOSI og Shape:

- Flomsone for 20-, 200- og 1000-årsflom
- Tverrprofil med flomvannstander

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 resultatene fra kartleggingen av flomfare langs elvene Dokka og Etna ved Dokka sentrum. Grunnlaget for flomsonekartet er flomberegning, vannlinjeberegning og terrengmodell.

En stor takk til Nordre Land kommune for velvillig bistand ved innmåling og nyttige innspill i forbindelse med kartmaterialet.

Oslo, oktober 2015

Anne Britt Leifseth
avdelingsdirektør

Eli K. Øydvin

Eli K. Øydvin
seksjonssjef

Sammendrag

NVE har utarbeidet flomsonekart for elvene Dokka og Etna ved Dokka sentrum. Den kartlagte strekningen langs elva Etna gjelder fra Ulvasvea til samløpet med elva Dokka. I Dokka er område fra Møllevegen til samløpet med Etna kartlagt. Videre fra samløpet er kartleggingen i Etna/Dokka ført ned mot Randsfjorden og avsluttes ovenfor innsjøen. Grunnlaget for flomsonekartet er terrengmodell, flomberegninger og vannlinjeberegninger i tilknytning til flom i Dokka og Etna. Vannstander i sidevassdrag og bekker er ikke beregnet, slik at oversvømmelse som følge av flom i disse er ikke inkludert i flomsonekartet.

Det er beregnet vannføringer og vannstander for 5-, 10-, 20-, 50-, 100-, 200-, 500- og 1000-årsflom i vassdraget. Klimaframskrivninger viser ingen økning i flomvannføringer for 200-årsflom frem mot et endret klima i år 2100. De største flommene opptrer i forbindelse med snøsmelting i mai-juni, men regnflommer kan også forekomme om høsten.

Flomsoneanalysen er utført med GIS. Denne omfatter flomsone med flomdybder for 20-, 200- og 1000-årsflom. Flomvannstander tilknyttet tverrprofilene er oppgitt i forhold til høydereferanse NN2000 og NN1954.

Allerede ved en 20-årsflom er noen bygninger flomutsatt. Ved 200-årflom er kornsiloen og noe bebyggelse på østsiden av Dokkas flomløp flomutsatt. I tillegg er store deler av campingplassen oversvømt. Ved en 1000-årsflom vil store områder oversvømmes og ytterligere flere bygning være flomutsatt.

Ved jernbanebrua vil elva ved flom større enn 50-årsgjentaksintervall kunne føre til oppstuvning bakover i elveløpet som en konsekvens av innsnevring i løpet. Beregningene viser at bruene har kapasitet for 1000-årsflom, med unntak av veibru (Fv. 33) som har kapasitet for omtrent en 200-årsflom. Ved store flommer kan elva rive med seg vegetasjon og erosjonssikringer som ligger langs elvekanten. Dette kan føre til tilstopping av bruer og kulverter, med påfølgende oppstuing og oversvømmelser, selv ved mindre flommer. Under flomepisoder er det viktig at kommunen inspiserer bruer og kulverter i vassdraget, for kontinuerlig å kunne vurdere faren og muligheten for å sette inn avbøtende tiltak.

I kommuneplanen kan en bruke flomsonene direkte 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 også flomsonekartene har begrenset nøyaktighet. Spesielt i områder nær flomsonegrensen, er det viktig at høyden på terrenget sjekkes mot de beregnede flomvannstandene i tverrprofilene. Primært må en ta utgangspunkt i de beregnede vannstander, og kontrollere terrenghøyden i felt mot disse. En må spesielt huske på at for å unngå flomskade, må dreneringen til et bygg ligge slik at avløpet også fungerer under flom.

Vannlinjeberegninger er basert på data fra ulike kilder som alle har feilkilder, i tillegg til usikkerheten i selve vannlinjeberegningene. NVE anbefaler derfor at det legges til en sikkerhetsmargin på 30 cm på de beregnede vannstander.

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.

1 Innledning

Hovedformålet 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

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 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 et 10-årsprosjekt for 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 oversvømming som følge av stormflo også kartlagt. Arbeidet med detaljert flomsonekartlegging er videreført som en del av forvaltningen fra og med 2008.

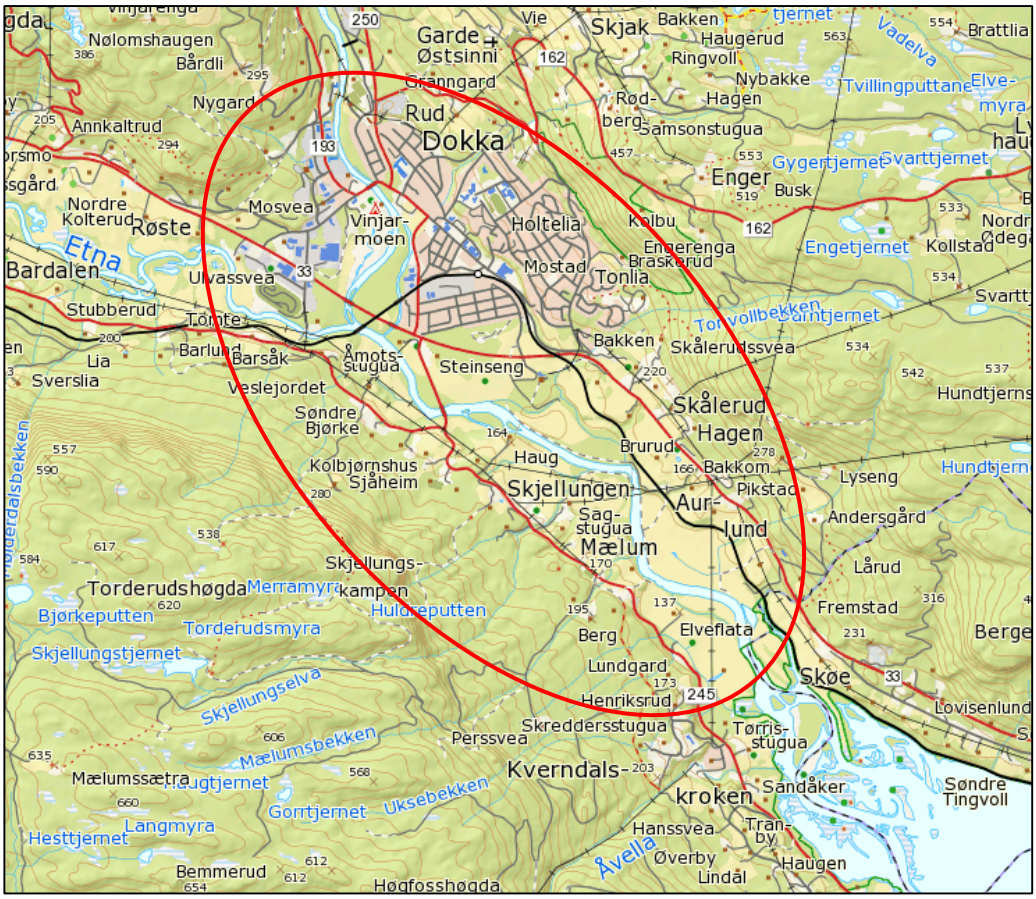
I St.meld. nr. 15 (2011-2012)[3], ble det gjort klart at regjeringen vil videreføre satsingen på flomsonekart. Regjeringen fastholder, at styring av arealbruken er det absolutt viktigste tiltaket, for å holde risikoen for flomskader på et akseptabelt nivå. Ved nykartlegging og ajourføring, skal også endringer som følge av klimafremskrivninger synliggjøres.

1.2 Avgrensning av prosjektet

Det kartlagte området omfatter en strekning i elva Dokka fra ovenfor utløpet i Randsfjorden til Møllevegen. Langs Etna omfatter det strekningen fra samløpet med Dokka opp til Ulvasvea. Figur 1 viser en oversikt over prosjektområdet.

Oversvømt areal beregnes som følge av flom i Dokka og Etna. Det er ikke utført beregninger for vannstander i sidevassdrag og bekker, slik at oversvømmelse som følge av flom i disse er ikke inkludert i prosjektet.

Det er primært oversvømte arealer som følge av naturlig høy vannføring som er kartlagt. Virkningen av andre vassdragsrelaterte faremomenter som isgang, erosjon og utrasing er ikke gjenstand for tilsvarende analyser, men kjente problemer av denne art er omtalt i tilknytning til flomsonekartprosjektet, jf kapittel Andre faremomenter i området.



Figur 1: Oversikt som viser den kartlagte strekningen langs Dokka og Etna (www.norgeskart.no).

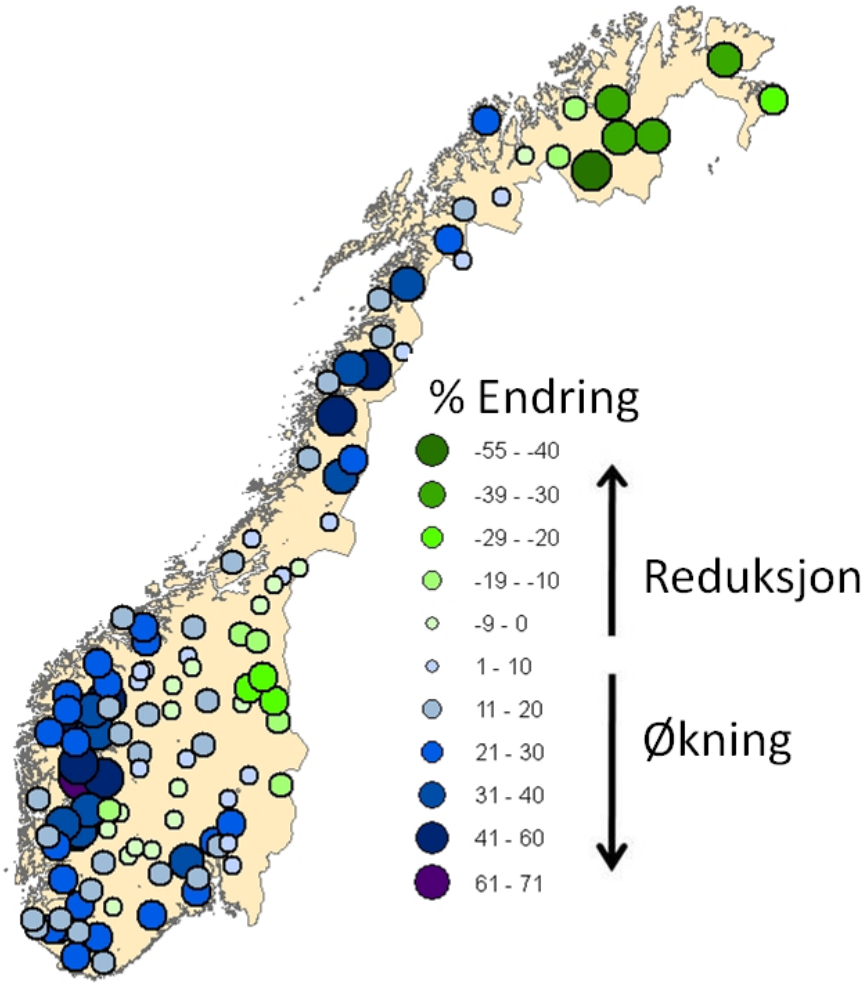
1.3 Flomsonekart og klimaendringer

NVE utarbeider flomsonekart med grunnlag i flomberegninger og vannlinjeberegninger. For strekninger med utløp i sjø blir det i tillegg tatt hensyn til stormflo. 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 for eksempel 200-årsflom. Alle beregninger er utført med utgangspunkt i det beste av data pr. dags dato.

Forskningsresultater viser hvordan klimaendringer vil påvirke fremtidige flommer. NVE har for 115 nedbørsfelt, estimert forventet endring i 200- og 1000-årsflom mot slutten av dette århundret. Beregningene er basert på flere tilgjengelige klimafremskrivninger, kalibrerte hydrologiske modeller og flomfrekvensanalyser (NVE rapport 5-2011)[4]. Beregnet endring i fremtidige flommer er prosentvis endring fra perioden 1961-1990 og 2071-2100, se Figur 2. Den fullstendige analysen inneholder 8000 scenarioer for hvert nedbørfelt, hvor medianverdien av alle resultatene er beregnet klimaendring. Medianverdi er den midterste verdien i en tallrekke.

Generelt er det forventet at flommer som forårsakes av ekstremnedbør i form av regn kommer til å øke i hele landet, mens snøsmelteflommer i de større vassdragene vil avta. Dette vil medføre økte flomstørrelser i alle vassdragene på Vestlandet, langs kysten og i små bratte vassdrag i hele landet. Også sideelver fra små, bratte nedbørfelt vil få økte flomstørrelser, selv om flomfaren i hovedelva reduseres. I store vassdrag på Østlandet, i

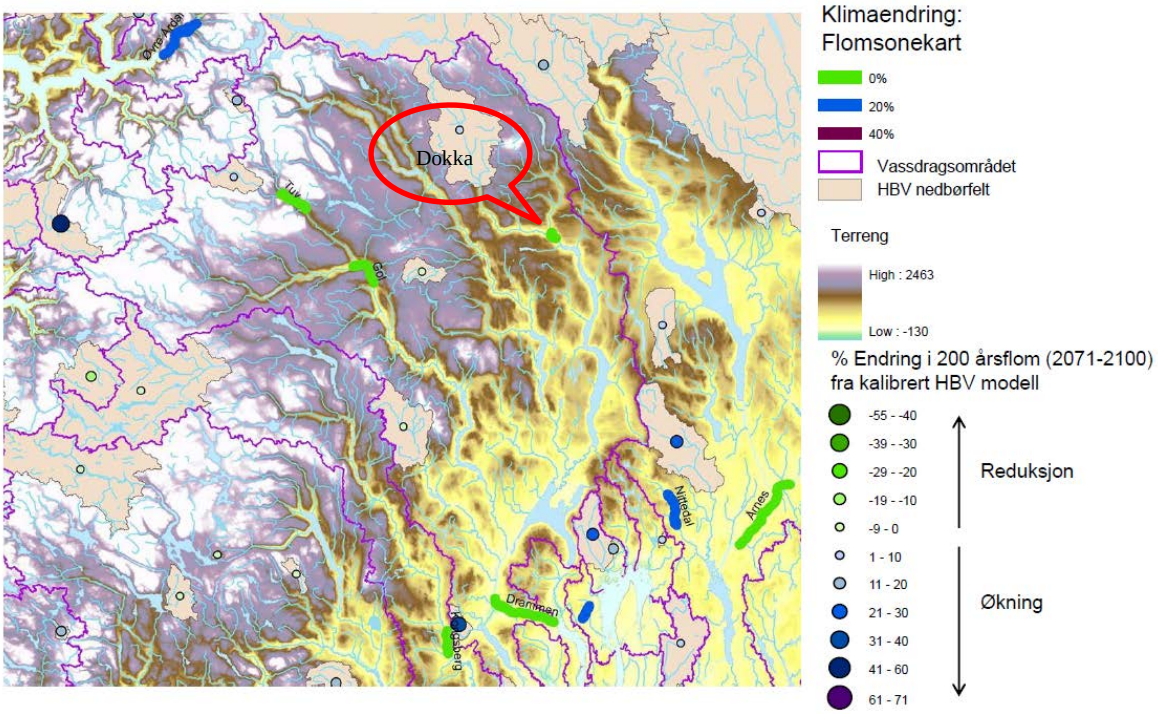
innlandet i Midt-Norge, Troms og Finnmark forventes en reduksjon eller liten endring. I sistnevnte gruppe vil derfor eksisterende flomsoner gi et tilfredsstillende grunnlag for vurdering av flomfare i hovedelva også i forhold til fremtidige flommer. Dette gjelder imidlertid ikke områdene som har utløp i sjø, da havnivåstigning og noe økt stormfloaktivitet vil føre til forhøyede vannstander.



Figur 2: Endringer i 200-årsflommen som blir benyttet i flomsonekartleggingen.

Effekter av klimaendring på flom er inndelt i tre kategorier: Ingen endring, 20 % økning og 40 % økning. Hvilken kategori en elvestrekning tilhører er avhengig av hvor i Norge en befinner seg, nedbørfeltets areal og høydefordelingen i nedbørfeltet. NVE vil tilpasse flomsonekartene til et endret klima der det er nødvendig etter hvert som gode nok data og metoder foreligger. Dette inngår som en del av NVEs ajourføring av flomsonekart.

Klimafremskrivninger for 200-årsflom for innlandsfelt på Østlandet der feltareal er større enn 100 km^2 og som domineres av vårflom er det ikke forventet noen økning i flomstørrelser i fremtiden. Som det fremgår av Figur 3 forventes Dokka/Etna å tilhøre kategorien ingen endring i vannføringen fram mot år 2100.



Figur 3: Endringer i vannføring som følge av klimaendringer. Resultatet er basert på fremtidige utslippsscenarioer, regionale analyser og HBV-modeller i uregulerte nedbørsfelt.

For sidevassdrag og bekker med nedbørsfelt mindre enn 100 km^2 anbefales det imidlertid å legge til grunn 20 % økning i flomvannføringer for en 200-årsflom i et endret klima i år 2100. Dette fordi en forventer at kortvarig ekstrem nedbør vil øke over hele landet i et fremtidig klima og at mindre nedbørsfelt er mer sårbare for denne økningen.

1.4 Prosjektgjennomføring

Prosjektet er gjennomført under ledelse av NVE med Nordre Land kommune som bidragsyter. Et utkast til flomsonekart ble oversendt til kommunen i februar 2015 for innspill og vurdering av flomutbredelse.

2 Metode og databehov

2.1 Metode

Detaljkartlegging av flomsoner er basert på detaljerte data av terrenget og geometrien til elva, flomberegning, vannlinjeberegning og beregning av flomflater.

I en flomberegning beregnes vannføringer for flommer med gjentaksintervall hhv. 5-, 10-, 20-, 50-, 100-, 200-, 500- og 1000 år. I tillegg beregnes middelflom og normalvannføring, basert på avrenningskart for Norge med data fra 1961-1990. Dataene om vannføring og elveløpets egenskaper benyttes i en hydraulisk modell, som beregner vannstander for hver vannføring (vannlinjer). Kalibrering av modellen gjøres med utgangspunkt i sammenhørende verdier av vannstand og vannføring fra historiske flommer.

Der elvene har utløp i sjø er ekstremvannstander i sjøen/havet gjerne høyere enn vannstanden i elva ved en 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. For detaljer omkring ekstremvannstander sjø vises det til kapittel 2.2.2.

Av vannlinjen utledes en vannflate, som kombineres med en digital terrengmodell i GIS og ut fra dette beregnes oversvømte arealer (flomsonen).

Resultatet i form av flomsonekart viser per definisjon oversvømt areal ved et gitt gjentaksintervall.

2.2 Hydrologiske data

2.2.1 Nedbørsfeltet

Flomberegning ble utført i 2007 og de følgende kapitlene er utdrag fra NVE dokument 15-2007 *Flomberegning for Etna/Dokka*[5]. Flomberegningene ble i 2011 komplettert med 1000-årsflom (Petterson, 2011)[6]. Elvene Etna og Dokka drenerer fjellområdet mellom Valdres og Vestre Gausdal. Høyeste topp i området er Skaget, 1686 m.o.h. øverst i Etna, mens laveste punkt, Randsfjorden, er ca. 135 m.o.h.

Etna er den vestre grenen, som i de øvre relativt flate områdene inneholder mange innsjøer, før den etter hvert renner ned i den nedskårete Etnedalen og faller ut i Randsfjordens nordre ende.

Dokka er den østre grenen, og inneholder som Etna mange innsjøer i den øvre delen av feltet. Nedenfor reguleringsmagasinet Dokkfløyvatnet renner Dokka sørover i en dal til tettstedet Dokka, der den faller ut i Etna bare fem kilometer oppstrøms Randsfjorden.

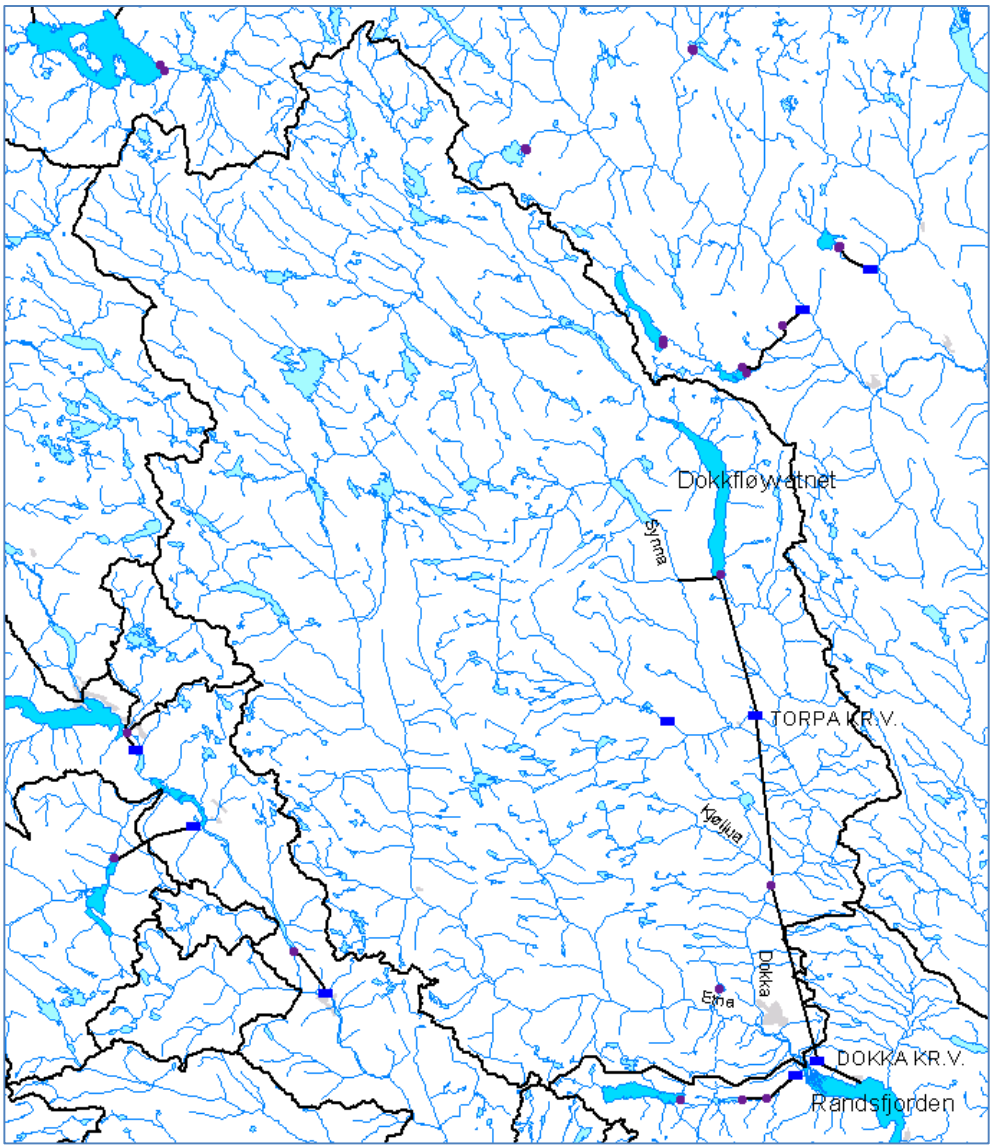
Reguleringen av Dokka, som fant sted i 1988-1989, omfatter to kraftverk, ett reguleringsmagasin og en overføring av vann. Elven Synna, har et vanninntak på ca. 760 m.o.h., og derfra overføres vann til det store Dokkfløymagasinet noen kilometer øst for Synna. Dette magasinet ble dannet ved oppdemming av Døkkfløyvatnet og har en reguleringshøyde mellom HRV og LRV på 65 meter og et sjøareal ved HRV på ca. 9 km^2. Her er inntaket til Torpa kraftverk, som ligger inne i fjellet ca. 10 km sør for Dokkfløyvatnet. Vannet fra kraftverket slippes ut i Dokka like ved der sideelven Kjøljua kommer inn fra vest. Her er det lille inntaksmagasinet for Dokka kraftverk, som ligger nede ved Randsfjorden, nesten 12 km unna.

I Tabell 1 vises noen data fra vassdraget, hentet fra ”Avrenningskart for Norge”. Det viser at avrenningen er betraktelig mindre øverst i Etna enn lenger øst, i Dokkas nedbørfelt.

Tabell 1: Feltarealer og hydrologiske data for felt i Etna/Dokka.

	Totalt areal km^2	**Årsavløp mill. m^3**	**Årsavløp m^3/s**	**Årsavrenning $l/s \cdot km^2$**	**Årsavrenning mm**
Dokkfløyvatnet	496	340.98	10.8	21.8	688
Synna inntak	104	81.96	2.60	25.0	788
Dam Kjøljua	1065	715.77	22.7	21.3	672
Dokka v/samløp med Etna	1127	748.20	23.7	21.0	664
Etna v/samløp med Dokka	929	397.49	12.6	13.6	428
Etna/Dokka v/utløp i Randsfjorden	2085	1158.04	36.7	17.6	555

Arealet for Etna/Dokkas utløp i Randsfjorden er beregnet uten å ta med arealene for Uksebekken og Åvella, som renner fra vest ut i deltaet i Randsfjordens nordende.



Figur 4: Oversikt over Etna/Dokkavassdraget.

Den største avrenningen og de største flommene er i forbindelse med snøsmeltingen i mai-juni. Store flommer kan imidlertid også opptre i forbindelse med regn om høsten, derimot neppe vinterstid.

2.2.2 Vannstander i Randsfjorden

Vannstander i Randsfjorden ved noen store flommer i Etna/Dokka er vist i tabell 2.

Tabell 2: Samhørende vannstander ved 12.69 Randsfjord og vannføringer ved 12.200 Kolbjørnshus.

Dato	12.200 Kolbjørnshus m^3/s	12.69 Randsfjord m	Kulm.dato Randsfjord	Kulm.vst. Randsfjord m	Forsinkelse antall dager	Stigning til maks. m
24.05.1978	550	134.10	04.06.	134.55	10	0.45
26.05.1979	558	133.83	03.06.	134.63	7	0.80
31.05.1980	572	134.78	02.06.	135.08	2	0.30
12.05.1983	523	133.85	24.05.	134.90	12	1.05
22.05.1985	572	134.11	30.05.	134.74	8	0.63
09.05.1986	541	133.24	19.05.	134.54	10	1.30
16.10.1987	591	134.74	18.10.	135.25	2	0.51
17.05.1988	532	134.23	20.05.	134.50	3	0.27
01.06.1995	630	134.35	04.06.	134.89	3	0.54
12.10.2000	538	134.78	15.10.	135.21	3	0.43

Tabellen viser vannstanden ved stasjonen 12.69 Randsfjord i sørenden av Randsfjorden samme dag som flommen kulminerer ved 12.200 Kolbjørnshus. Tabellen viser også ved hvilken vannstand som Randsfjorden kulminerer, hvor mange dager etter flomkulminasjonen ved Kolbjørnshus som Randsfjorden kulminerer og hvor mye vannstanden stiger i de dagene.

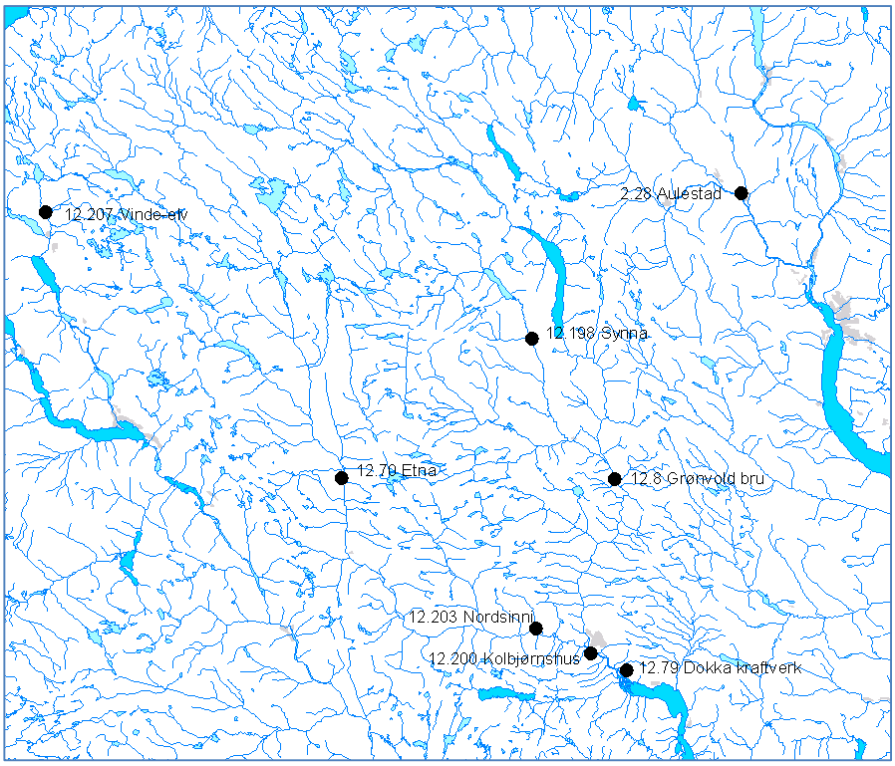
Det er ikke noe entydig sammenheng mellom flomstørrelsen i elven og kulminasjonsvannstanden i Randsfjorden. De høyeste vannstandene ved flommens kulminasjon i elven har vært 134.78 m, mens vannstanden i dagene etter kulminasjonen i elven ofte har steget ytterligere ca. en halv meter ved de store flommene. Det antas at vannstanden i Randsfjorden er på 134.80 (NN1954) ved kulminasjonen av flommer ved alle gjentaksintervall i nedre del av Etna/Dokka.

2.2.3 Flomberegning

Flomfrekvensanalysen for Etna/Dokka er presentert i NVE dokument 15-2007 *Flomberegning for Etna/Dokka* og i notatet *Komplettering av flomberegninger for Etan/Dokka.*

Det er flere målestasjoner i og i nærheten av Etna/Dokkavassdraget som er benyttet som grunnlag for frekvensanalysen. Oversikt over hydrometriske stasjoner er vist i Figur 5.

Det har etter 2007 kommet en ny vannføringskurve ved Kolbjørnshus målestasjon. Da utbyggingen i vassdraget på 80-tallet i stor grad påvirker Kolbjørnshus er den ikke vektlagt i flomberegningen. Det betyr at flomberegningene er gjeldende også etter ny vannføringskurve.



Figur 5: Hydrometriske stasjoner i og i nærheten av Etna/Dokkavassdraget.

Resultatene fra flomberegningene er gjengitt i Tabell 3 under. I tillegg er det anslått samtidige vannstander i Randsfjorden ved flomkulminasjon i nedre del av Etna/Dokka. Vannføringene er avrundet til nærmeste 5 m^3/s.

Tabell 3: Kulminasjonsvannføringer ved flommer i nedre del av Etna/Dokka ved regulerte forhold og samhørende vannstander i Randsfjorden.

	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
Dokka ved samløp med Etna.	130	185	245	300	375	425	480	550	605
Etna ved samløp med Dokka.	195	245	290	330	385	425	465	515	560
Etna/Dokka ved Randsfjorden	330	440	545	645	770	865	955	1085	1165
Randsfjorden (NN1954)	134.80	134.80	134.80	134.80	134.80	134.80	134.80	134.80	134.80
Randsfjorden (NN2000)	134.98	134.98	134.98	134.98	134.98	134.98	134.98	134.98	134.98

2.2.4 Kalibreringsdata

En er avhengig av samtidige data for både vannstand og vannføring for å kalibrere en hydraulisk modell. Modellen er kalibrert mot flommene 23. mai 2013 og 7. oktober 2010. Da vannføringen var en god del mindre i 2010 enn i 2013 er det valgt å kalibrere modellen med hovedvekt på 2013-flommen.

Kalibrering for flommen i mai 2013

23. mai 2013 var det en flom som kulminerte i Etna/Dokka med et gjentaksintervall på ca. 15 år i samløpet. Maksimal registrert vannstand ved Kolbjørnshus (12.200) tilsvarte en vannføring på 600 m^3/s på vannføringskurven. Ut fra måledata fra målestasjon 12.70 Etna er vannføringen i Etna rett oppstrøms samløpet med Dokka estimert til 222 m^3/s.

Estimatet baserer seg på de samme vurderingene som er gjort i dokumentet NVE 15/2007 *Flomberegning for Etna/Dokka*.

Det finnes gode kalibreringsdata fra denne flommen som innbefatter målinger av vannstand utført av Nordre Land kommune. Innmålingene ble gjennomført i juni 2014 av Arne-Edgar Rosenberg og Jørn Håvard Øversveen og baserer seg på kjente punkter der vannet sto under flommen. Det forventes en grad av usikkerhet i dataene da innmålingen ikke er gjort direkte av vannlinjen under flommen, men ett år etter. Der kalibreringspunktene ikke treffer på tverrsnittprofilene er det gjort en lineær interpolasjon mellom punktene for å finne kalibreringsvannstand ved profilene.

Kalibrering for flommen i oktober 2010

7. oktober 2010 ble det ved Kolbjørnshus (12.200) registrere at det var stor og stigende vannføring i Dokka/Etna. Arne Edgar Rosenberg i Nordre Land kommune merket av vannstander basert på oversendt kart med tverrprofiler. Vannføringen var i dette tidsrommet synkende fra ca. 150 m^3/s kl 10:00 normaltid til ca. 141 m^3/s kl 14:00 normaltid. Topp vannføring var på ca. 156 m^3/s kl 09:00. Vannstand i profilene ble merket av med spray på steiner og trær. Vannstandene ble målt inn med GPS av Odd Arne Haarseth og Kari Svelle Reistad i to omganger, den 12. og 21. oktober. Høyder og posisjoner er målt med GPS av type R8 med TSC2 målebok. Basen ble satt opp over Landsnettpunkt F32T0491.

Kalibrering ved Kolbjørnshus målestasjon (12.200)

Ved Kolbjørnshus målestasjon (profil 9) er modellen kalibrert på bakgrunn av vannføringskurven ved stasjonen. Høyeste målte vannføring med ADCP ved målestasjonen er 457 m^3/s (23. mai 2013). Kurven er kun benyttet til kalibrering av modellen opp til og med 5-årsflom. Kalibreringsdataene gitt av vannføringskurven er gjengitt i Tabell 4. Disse vannstandene er lagt inn i modellen som kjente vannstander og fungerer dermed som interne grensebetingelser.

Tabell 4: Benyttet kalibreringsdata fra Kolbjørnshus målestasjon basert på vannføringskurven.

Returperiode	Vannføring, Q [m^3/s]	Vannstand, H [m]
Q_M	330	141.57
Q_5	440	141.98

2.3 Topografiske data

2.3.1 Tverrprofiler og bruer

Tverrprofiler langs Dokka og Etna ble målt opp av Novatek AS i 2006. Det ble målt opp 50 elveprofiler og 6 bruer på strekningen. Måledataene og beskrivelse av oppmålingsarbeidet er gitt i rapporten «NVE Flomsonekartlegging Tverrprofileringer – 2006» (Novatek, 2006)[7]. Nordre Land kommune har supplert oppmålingene med innmåling av Kolbjørnshus bru.

2.3.2 Terrengdata

Det er benyttet digitale kartdata som er fremskaffet gjennom Kartverket. Kartgrunnlaget er laserdata som ble lastet ned i 2013 og 2014, med høyder gitt i forhold til høydereferansen NN1954.

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

3 Vannlinjeberegning

Det er utført vannlinjeberegninger ved bruk av dataprogrammet Hec-Ras, som er utviklet av U.S. Army. Vannlinjeberegningen dekker elvestrekningen fra utløpet i Randsfjorden (nedstrøms), til Ulvasvea i Etna og til Møllevegen i Dokka (oppstrøms).

Vannlinjeberegningene er utført i forhold til høydereferansen NN1954. Resultatet presentert i Tabell 5 og Tabell 6 er gitt i forhold til henholdsvis NN2000 og NN1954.

3.1 Generelt om modelleringen

Strømningsregime

På bakgrunn av befaring av elvestrekningen og kalibreringsdata fra flommen i mai 2013, er det valgt å kjøre modellen med et underkritisk strømningsregime (rolig strømning).

Grensebetingelser

Den hydrauliske modellen er kjørt med et underkritisk strømningsregime og trenger derfor en nedstrøms grensebetingelse. Vurdering av vannstanden i Randsfjorden er gjort i forbindelse med flomberegningen (NVE, 15/2007). Det antas at vannstanden i Randsfjorden er på 134,80 (NN1954) ved kulminasjonen for alle flommer.

For flommer med høye gjentaksintervaller (større eller lik 50-årsflom) er nedre grensebetingelse satt til kritisk. Dette skyldes at modellen er avsluttet for langt fra Randsfjorden slik at vannstandsnivå på 134,80 i det nederste profilet er urealistisk for store flommer. Dersom dette skulle benyttes vil det kreve urealistisk høye vannhastigheter for å komme ned i gitt strømningsareal ved profilet (strømningsareal er gitt av vannivå og tverrprofilets utforming). Et nivå på 134,80 i Randsfjorden vil først nås lengre nedstrøms det nederste profilet ved større flommer.

Modellering av flomløpet til Dokka

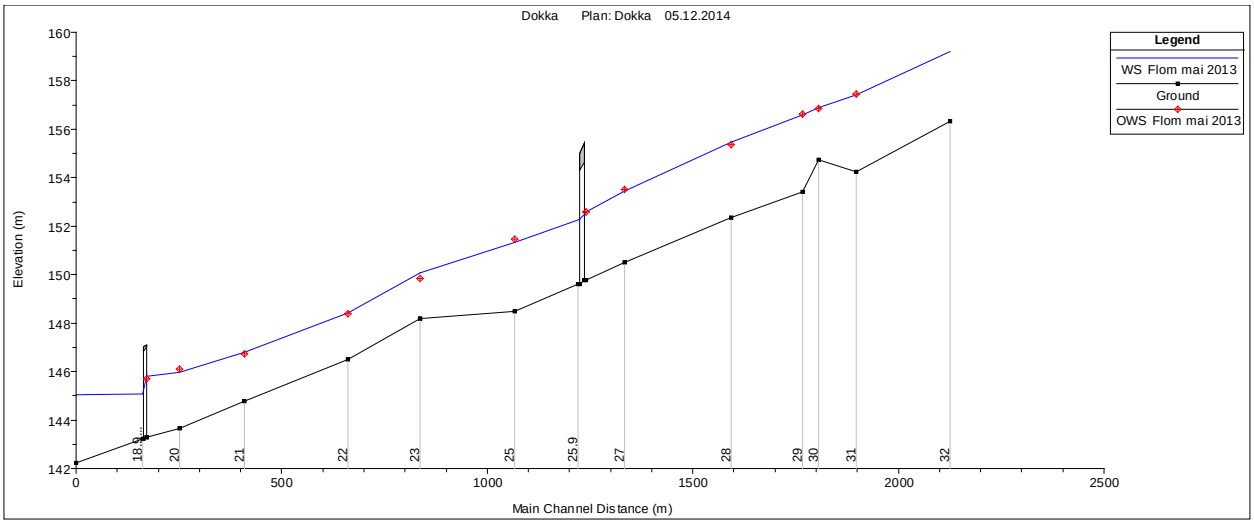
Ved Storgata 67 går et flomløp ut i yttersvingen av elva Dokka (øst for hovedløpet). Flomløpet har samløp med hovedløpet 200 meter nedstrøms samløpet mellom Etna og Dokka. Fordelingen av vann mellom flomløpet og hovedløpet er beregnet i modellene men ikke kalibrert, da det ikke foreligger vannføringsmålinger i de to løpene ved flom. Øverst i flomløpet er det en terskel med en del vegetasjon som bestemmer vannføringen over terskelen og videre til flomløpet. Denne terskelen er modellert for å beregne fordelingen av vannføringen. På bakgrunn av målte nivåer fra flommen i mai 2013, virker fordelingen å gi en realistisk fordeling av vannføringen.

Kalibrering av modellen

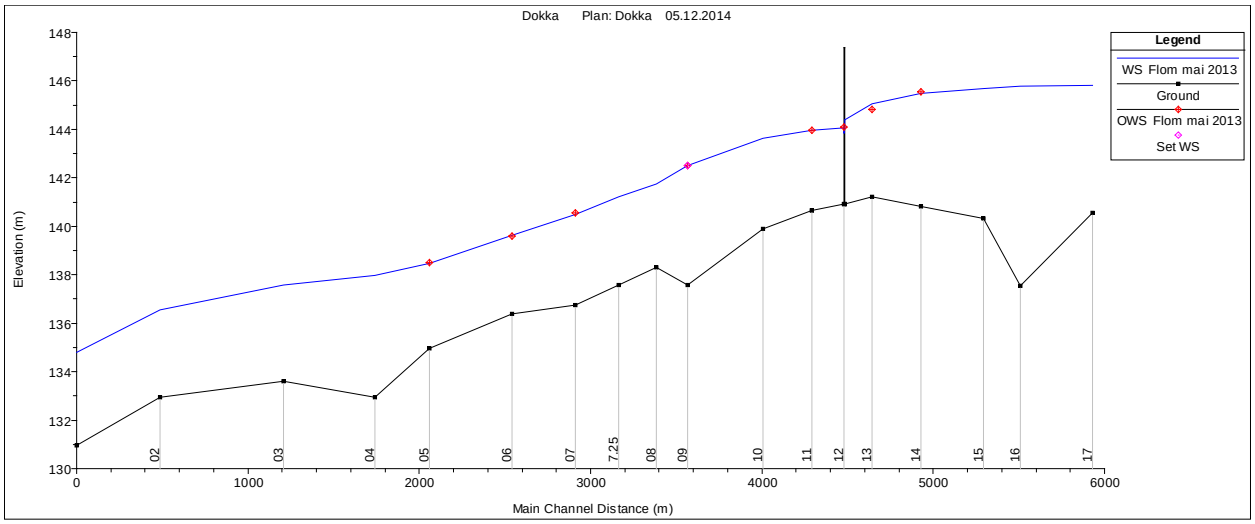
Modellen er kalibrert mot to ulike vannføringer, en mindre flom den 7.oktober 2010 og en 15-årsflom 23. mai 2013. Vannføringen fra 7. oktober 2010 tilsvarer omtrent halvparten av en middelflom, slik at 15-årsflommen i 2013 er sterkt vektlagt i kalibreringen.

For 2013-flommen er det godt samsvar mellom de observerte vannstandene og modellen. Avviket mellom observerte data og modellen varierer i hovedsak mellom +/-10 cm, noe som anses som svært bra, da usikkerheten i utgangspunktet forventes å være større enn dette. Ved profil 23 og 42 er de oppmålte observasjonsdataene vurdert å være usikre og er dermed ikke vektlagt i like stor grad ved kalibreringen. Avvikene her på ca. 25 cm anses derfor som akseptable. I Figur 6, Figur 7 og Figur 8 er beregnet vannlinje vist sammen med observerte vannstander (røde punkter).

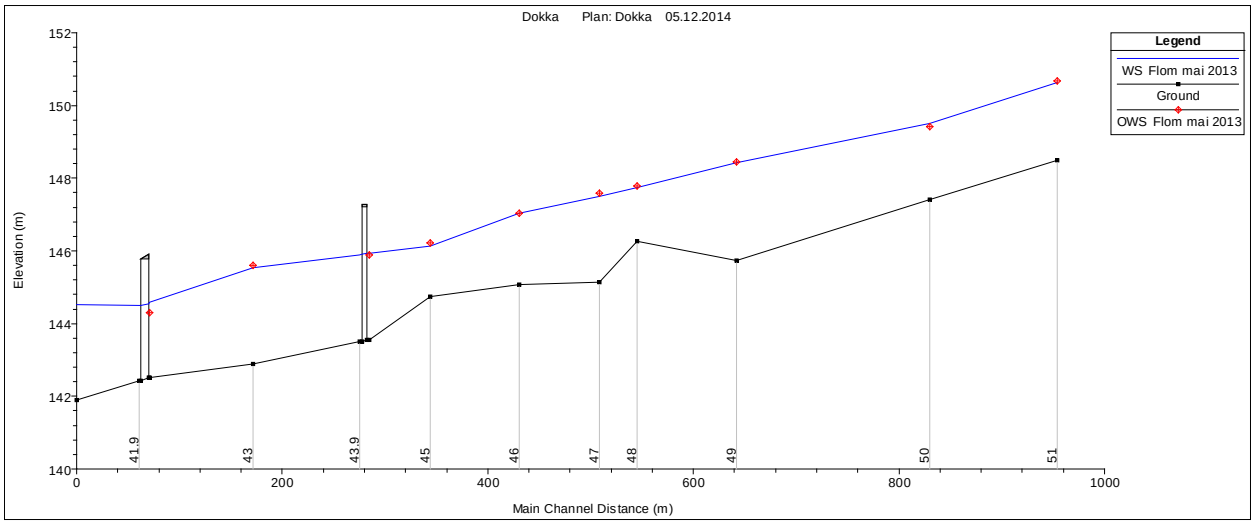
2010-vannføringer gir variabelt samsvar mot de observerte dataene. Ettersom vannføringen er lav, sammenlignet med de dimensjonerende vannføringene, blir variasjonen sett på som akseptabel. Avviket ligger i hovedsak innenfor +/- 30 cm. Ved enkelte tverrprofiler er avviket større. De største avvikene virker å være i flomløpet der modellen underestimerer systematisk. Dette er forventet, da friksjonen her kan øke ved økt vannføring, som en konsekvens av at vannstrømmen kommer i kontakt med en vesentlig større andel tett vegetasjon.



Figur 6: Modellert vannlinje for 2013-flommen med observerte vannstander (NN1954). Lengeprofilet gjelder for Dokka oppstrøms samløpet med Etna.



Figur 7: Modellert vannlinje for 2013-flommen med observerte vannstander (NN1954). Lengeprofilet gjelder for Etna og nedstrøms del av Dokka.



Figur 8: Modellert vannlinje for 2013-flommen med observerte vannstander (NN1954). Lengeprofilet gjelder flomløpet.

Den største usikkerheten ved kalibreringen av den hydrauliske modellen, er vannføringene det er blitt kalibrert mot. I tillegg til feilkilder som er lister opp under, er ruheten uttrykt ved Manning's n-verdier i modellen en viktig feilkilde. Kalibreringen viser at en ikke alltid klarer å tilpasse den beregnede vannlinjen til observerte vannstander, dersom en benytter realistiske n-verdier. Dette skyldes både at n-verdiene i modellen er brukt for å representere falltap, som inkluderer andre forhold enn ruhet, og at en ikke alltid har strømning som lar seg beskrive med en 1D-vannlinjemodell. Dette gjelder spesielt rundt konstruksjoner i vassdraget som bruer.

Avvik fra beregnet vannstand og registrert vannstand kan skyldes mange forhold:

- avstanden mellom profilene gjør det vanskelig å fange opp alle lokale forandringer i vertikal- og horisontalplanet.
- lokale hastighetsvariasjoner og variasjoner i energitap. Usikkerheten ved bruene er større enn for resten av beregningen.

- samhørigheten mellom registrert vannstand og plassering i vannlinjemodellens lengdeprofil.
- ikke homogen samhørighet mellom vannføring og vannstand pga. synkende eller stigende vannstand.
- feil i vannføringskurve og antatt variasjon i vannføring nedover i elva -> spesielt på flommer med høye gjentaksintervall er dette aktuelt.
- feil ved avmerking av høyde og/eller oppmåling av høydemerkene. For kalibrering mot 2013-flommen kan dette være en vesentlig feilkilde.
- feil ved interpolering av vannstand mellom kalibreringspunktene for å finne vannstand ved profilene dersom vannlinja ikke er lineær mellom punktene.

3.2 Sensitivitetsanalyse

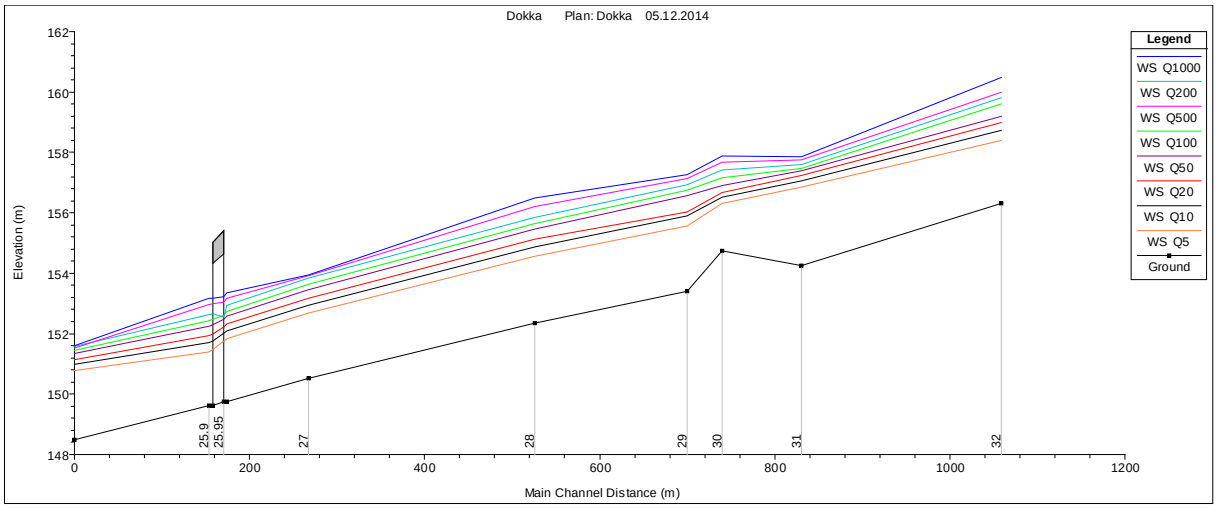
Det er gjort en sensitivitetsanalyse av modellen der ruheten i elveløpet og på flomslettene er økt med 20 %. Dette blir gjort for å se på følsomheten til modellen samt for å gi et tall på usikkerheten i kalibreringen. For en 200-årsflom øker vannlinjen fra -3 til 40 cm ved økt ruhet. Den største økningen i vannlinje forekommer i nedre del av Etna/Dokka (etter samløpet). Gjennomsnittlig økning i vannlinje for hele området er på 17 cm.

3.3 Spesielt om bruer

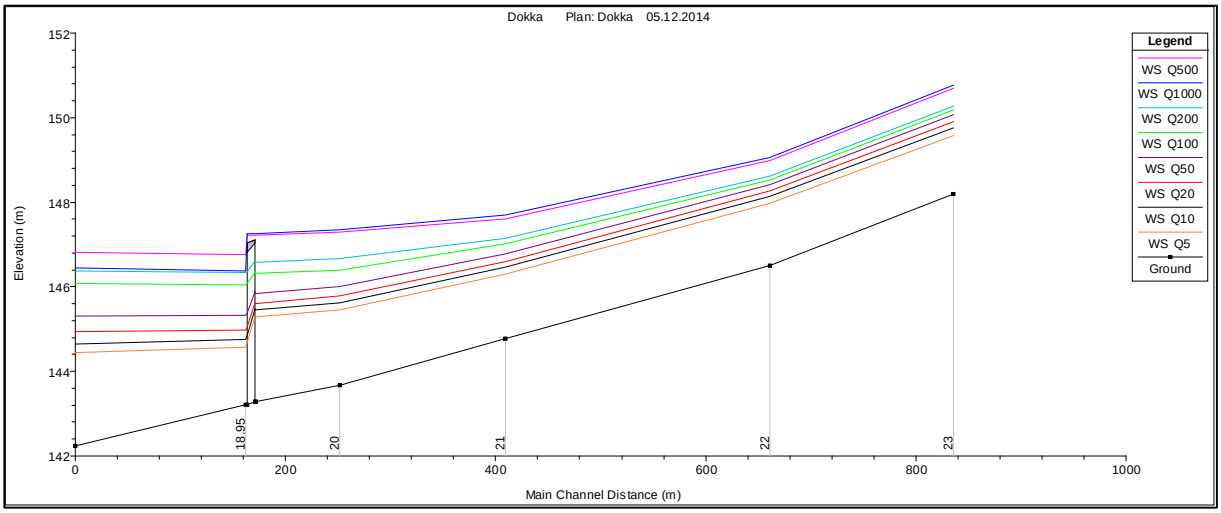
Det er 7 bruer på elvestrekningen. Gangbrua nedstrøms profil 13 og kjørebrua nedstrøms profil 8 (Kolbjørnshus bru) er utelatt fra modellen. Dette da de er høye og i liten grad vil påvirke vannstanden ved flom. Antagelsen er kontrollert ved at modellert vannlinje er sammenlignet mot målt nivå av underkant bru utført av Novatek AS (gangbrua, profil 13) og Nordre Land kommune (Kolbjørnshus bru). Gangbrua ved profil 13 har ingen pilarer i elveløpet mens Kolbjørnshus bru har en større pilar som er lokalisert på en øy sør i elveløpet. Det er valgt å ikke legge pilaren inn i modellen slik at pilaren kun er tatt hensyn til gjennom kalibreringen (n-verdier). For Kolbjørnshus bru foreligger det kalibreringsdata både på oppstrøms og nedstrøms side slik at kalibreringen her anses som god. Resterende bruer er målt opp av Novatek AS (2006). Geometrien til bruene er lagt inn i modellen.

3.4 Resultater fra vannlinjeberegningen

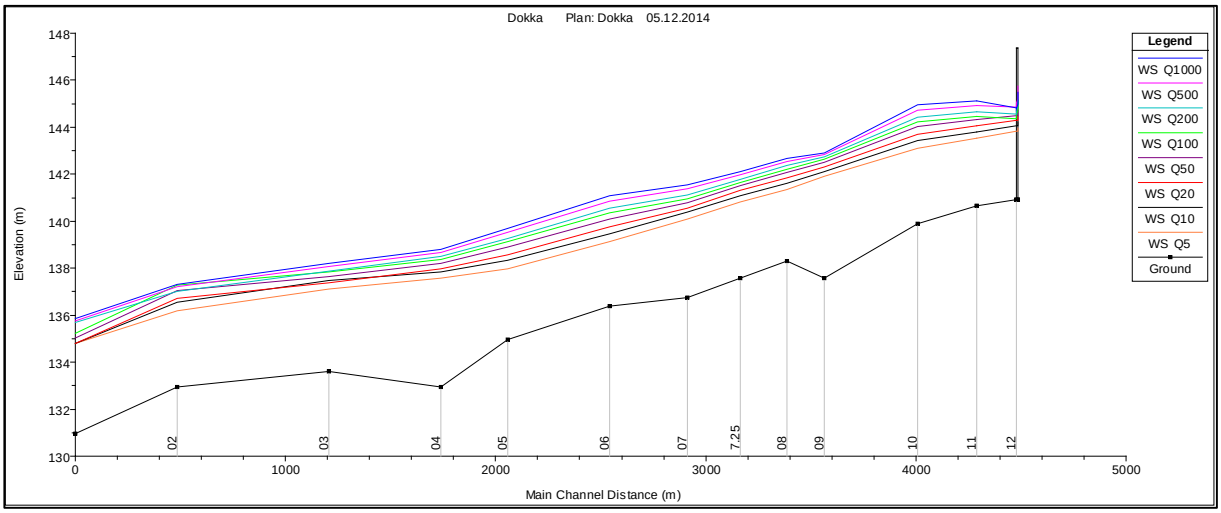
Det er utført vannlinjeberegninger for flommer med gjentaksintervall middelflom, 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500 og 1000 år. Resultatet er presentert på lengdeprofiler på Figur 9 til Figur 13, der høydene er vist i forhold til NN1954. Vannstander for alle tverrprofilene er også presentert i Tabell 5 og Tabell 6, der vannstandene er gitt i forhold til NN2000 og NN1954. Ut fra illustrasjon vist på Nordre Land kommunes nettside[8] er høydene korrigert til NN2000 ved å legge på 18 cm på de beregnede vannstandene i NN1954.



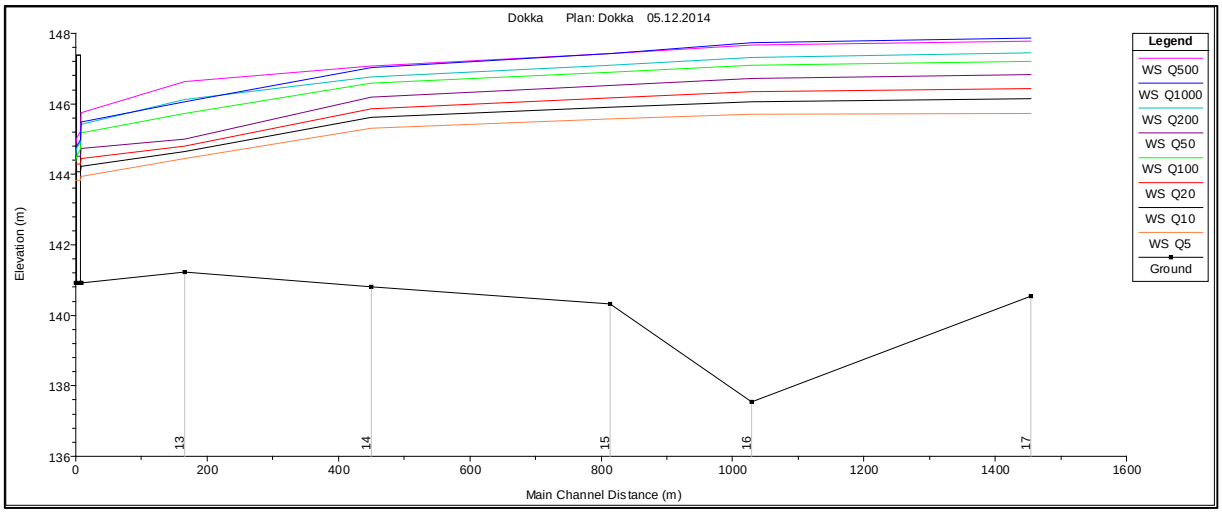
Figur 9: Dokka oppstrøms flomløpet.



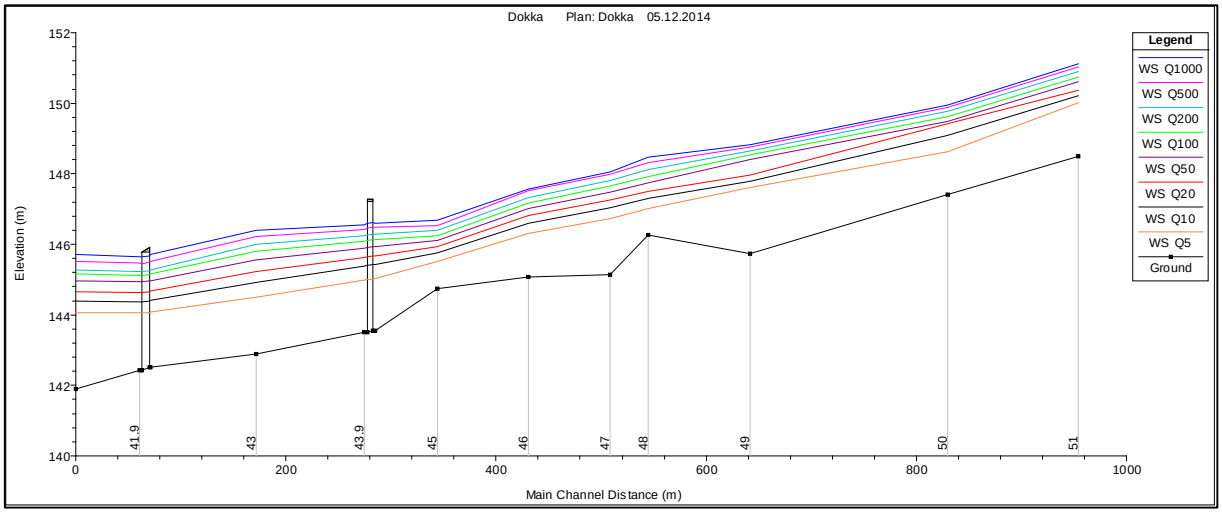
Figur 10: Dokka parallelt med flomløpet.



Figur 11: Dokka/Etna, nedstrøms del.



Figur 12: Etna, oppstrøms samløpet med Dokka.



Figur 13: Flomløpet til Dokka.

Tabell 5: Beregnede vannstander (NN2000) for tverrprofilene i Etna og Dokka.

Elv	Profil nr.	Qm	Q5	Q10	Q20	Q50	Q100	Q200	Q500	Q1000
Etna/Dokka	1	135,9	136,4	136,7	136,9	137,2	137,5	137,2	137,4	137,5
Etna/Dokka	2	136,8	137,3	137,7	137,6	137,8	138,0	138,1	138,3	138,4
Etna/Dokka	3	137,3	137,8	138,0	138,2	138,4	138,6	138,7	138,9	139,0
Etna/Dokka	4	137,7	138,2	138,5	138,8	139,1	139,3	139,5	139,7	139,9
Etna/Dokka	5	138,9	139,3	139,7	140,0	140,3	140,5	140,7	141,0	141,3
Etna/Dokka	6	139,9	140,3	140,6	140,7	141,0	141,2	141,3	141,6	141,7
Etna/Dokka	7	141,2	141,5	141,8	142,0	142,3	142,4	142,5	142,7	142,9
Etna/Dokka	8	141,8	142,1	142,3	142,5	142,7	142,8	142,9	143,0	143,1
Etna/Dokka	9	142,9	143,3	143,6	143,9	144,2	144,4	144,6	144,9	145,1
Etna/Dokka	10	143,4	143,7	144,0	144,2	144,5	144,6	144,8	145,1	145,3
Etna/Dokka	11	143,7	144,0	144,3	144,5	144,7	144,6	144,7	145,0	145,0
Etna	12	144,5	144,6	144,8	145,0	145,2	145,9	146,3	146,8	146,2
Etna	13	145,2	145,5	145,8	146,0	146,4	146,8	146,9	147,3	147,2
Etna	14	145,4	145,8	146,1	146,4	146,7	147,1	147,3	147,6	147,6
Etna	15	145,5	145,9	146,2	146,5	146,9	147,3	147,5	147,9	147,9
Etna	16	145,5	145,9	146,3	146,6	147,0	147,4	147,6	148,0	148,1
Dokka bru nedstrøms side	17,95	144,6	144,8	144,9	145,2	145,5	146,2	146,5	146,9	146,6
Dokka	18	145,3	145,5	145,6	145,8	146,0	146,5	146,8	147,4	147,4
Dokka	19	145,4	145,6	145,8	146,0	146,2	146,6	146,9	147,5	147,5
Dokka	20	146,3	146,5	146,6	146,8	147,0	147,2	147,3	147,8	147,9
Dokka	21	148,0	148,2	148,3	148,4	148,6	148,7	148,8	149,2	149,2
Dokka	22	149,6	149,8	149,9	150,1	150,3	150,4	150,5	150,9	151,0
Dokka	24	150,7	151,0	151,2	151,3	151,5	151,6	151,8	151,7	151,8
Dokka bru nedstrøms side	24,9	151,2	151,6	151,9	152,1	152,4	152,6	152,8	153,2	153,3
Dokka	25	151,7	152,0	152,3	152,5	152,8	152,9	153,1	153,4	153,5
Dokka	26	152,6	152,9	153,1	153,4	153,6	153,8	154,0	154,1	154,1
Dokka	27	154,4	154,7	155,1	155,3	155,6	155,8	156,0	156,4	156,7
Dokka	28	155,4	155,7	156,1	156,2	156,8	156,9	157,1	157,3	157,5
Dokka	29	156,3	156,5	156,7	156,9	157,1	157,4	157,6	157,9	158,1
Dokka	30	156,8	157,0	157,3	157,4	157,6	157,7	157,8	157,9	158,0
Dokka	31	158,3	158,6	158,9	159,2	159,4	159,8	160,0	160,2	160,7
Flomløp	40	143,8	144,2	144,6	144,8	145,2	145,3	145,5	145,7	145,9
Flomløp	41	143,9	144,3	144,6	144,9	145,2	145,4	145,5	145,7	145,9
Flomløp	42	144,3	144,7	145,1	145,4	145,7	146,0	146,2	146,4	146,6
Flomløp	43	144,8	145,2	145,6	145,9	146,1	146,3	146,5	146,7	146,8
Flomløp	44	145,5	145,7	145,9	146,1	146,3	146,4	146,6	146,7	146,9
Flomløp	45	146,2	146,5	146,8	147,0	147,2	147,4	147,5	147,7	147,8
Flomløp	46	146,6	146,9	147,2	147,4	147,7	147,8	148,0	148,2	148,2
Flomløp	47	147,0	147,2	147,5	147,7	147,9	148,1	148,3	148,5	148,7
Flomløp	48	147,5	147,8	148,0	148,1	148,6	148,7	148,8	148,9	149,0
Flomløp	49	148,5	148,8	149,3	149,6	149,7	149,8	150,0	150,1	150,1
Flomløp	50	150,0	150,2	150,4	150,6	150,8	150,9	151,1	151,2	151,3

Tabell 6: Beregnede vannstander (NN1954) for tverrprofilene i Etna og Dokka.

Elv	Profil nr.	Qm	Q5	Q10	Q20	Q50	Q100	Q200	Q500	Q1000
Etna/Dokka	1	135,8	136,2	136,6	136,7	137,1	137,3	137,0	137,2	137,3
Etna/Dokka	2	136,7	137,1	137,5	137,4	137,7	137,8	137,9	138,1	138,2
Etna/Dokka	3	137,1	137,6	137,9	138,0	138,2	138,4	138,5	138,7	138,8
Etna/Dokka	4	137,5	138,0	138,3	138,6	138,9	139,1	139,3	139,5	139,7
Etna/Dokka	5	138,8	139,1	139,5	139,8	140,1	140,4	140,6	140,9	141,1
Etna/Dokka	6	139,8	140,1	140,4	140,6	140,8	141,0	141,1	141,4	141,6
Etna/Dokka	7	141,0	141,4	141,6	141,8	142,1	142,2	142,4	142,6	142,7
Etna/Dokka	8	141,6	141,9	142,1	142,3	142,5	142,6	142,7	142,9	142,9
Etna/Dokka	9	142,7	143,1	143,4	143,7	144,0	144,2	144,4	144,7	145,0
Etna/Dokka	10	143,2	143,5	143,8	144,1	144,3	144,4	144,7	144,9	145,1
Etna/Dokka	11	143,5	143,8	144,1	144,3	144,5	144,4	144,6	144,8	144,8
Etna	12	144,3	144,4	144,6	144,8	145,0	145,7	146,1	146,6	146,1
Etna	13	145,0	145,3	145,6	145,9	146,2	146,6	146,8	147,1	147,0
Etna	14	145,2	145,6	145,9	146,2	146,5	146,9	147,1	147,4	147,4
Etna	15	145,3	145,7	146,1	146,4	146,7	147,1	147,3	147,7	147,7
Etna	16	145,3	145,7	146,1	146,4	146,8	147,2	147,4	147,8	147,9
Dokka bru nedstrøms side	17,95	144,4	144,6	144,8	145,0	145,3	146,1	146,3	146,8	146,4
Dokka	18	145,1	145,3	145,5	145,6	145,8	146,3	146,6	147,2	147,3
Dokka	19	145,3	145,5	145,6	145,8	146,0	146,4	146,7	147,3	147,4
Dokka	20	146,1	146,3	146,5	146,6	146,8	147,0	147,1	147,6	147,7
Dokka	21	147,8	148,0	148,1	148,3	148,4	148,5	148,6	149,0	149,1
Dokka	22	149,4	149,6	149,8	149,9	150,1	150,2	150,3	150,7	150,8
Dokka	24	150,5	150,8	151,0	151,1	151,3	151,5	151,6	151,5	151,6
Dokka bru nedstrøms side	24,9	151,1	151,4	151,7	152,0	152,3	152,4	152,6	153,0	153,2
Dokka	25	151,5	151,8	152,1	152,3	152,6	152,8	153,0	153,2	153,4
Dokka	26	152,4	152,7	152,9	153,2	153,5	153,6	153,8	153,9	154,0
Dokka	27	154,2	154,6	154,9	155,1	155,5	155,6	155,8	156,2	156,5
Dokka	28	155,2	155,6	155,9	156,0	156,6	156,8	156,9	157,1	157,3
Dokka	29	156,1	156,3	156,5	156,7	156,9	157,2	157,4	157,7	157,9
Dokka	30	156,6	156,9	157,1	157,2	157,4	157,5	157,6	157,8	157,9
Dokka	31	158,1	158,4	158,7	159,0	159,2	159,6	159,8	160,0	160,5
Flomløp	40	143,7	144,1	144,4	144,7	145,0	145,2	145,3	145,5	145,7
Flomløp	41	143,7	144,1	144,4	144,7	145,0	145,2	145,3	145,5	145,7
Flomløp	42	144,1	144,5	144,9	145,2	145,6	145,8	146,0	146,2	146,4
Flomløp	43	144,7	145,0	145,4	145,7	145,9	146,1	146,3	146,5	146,6
Flomløp	44	145,3	145,5	145,8	145,9	146,1	146,3	146,4	146,5	146,7
Flomløp	45	146,1	146,3	146,6	146,8	147,0	147,2	147,3	147,5	147,6
Flomløp	46	146,4	146,7	147,0	147,3	147,5	147,7	147,8	148,0	148,1
Flomløp	47	146,8	147,0	147,3	147,5	147,7	147,9	148,1	148,3	148,5
Flomløp	48	147,3	147,6	147,8	148,0	148,4	148,5	148,7	148,8	148,8
Flomløp	49	148,3	148,6	149,1	149,4	149,5	149,6	149,8	149,9	150,0
Flomløp	50	149,8	150,0	150,2	150,4	150,6	150,8	150,9	151,0	151,1

4 Flomsonekart

4.1 Flomsoneanalyse

Flomsonene viser oversvømte arealer for en flom med et gitt gjentaksintervall. På grunnlag av vannstandene i tverrprofilene (vannlinja) genereres en flomflate. Oversvømt areal finnes ved å beregne skjæring mellom flomflaten og terrengmodellen. Det er utarbeidet flomsone for gjentaksintervallene 20, 200 og 1000 år.

Analyse av flomsonen er utført med høydedata som refererer seg til NN1954. Dette har ingen betydning for selve flomsoneanalysene (flomareal). Resultatene med flomhøyder knyttet til tverrprofilene er oppgitt både i NN2000 og NN1954 høyder.

Resultater fra flomsoneanalysen viser at en 20-årsflom vil oversvømme områder langs Dokka. Langs Etna og samløpet Dokka/Etna blir større arealer oversvømt, og en del spredt bebyggelse i disse området er flomutsatt. Ved Vinjarmoen viser analysen at det er 2-3 flomutsatte bygninger i et lavpunktsområde.

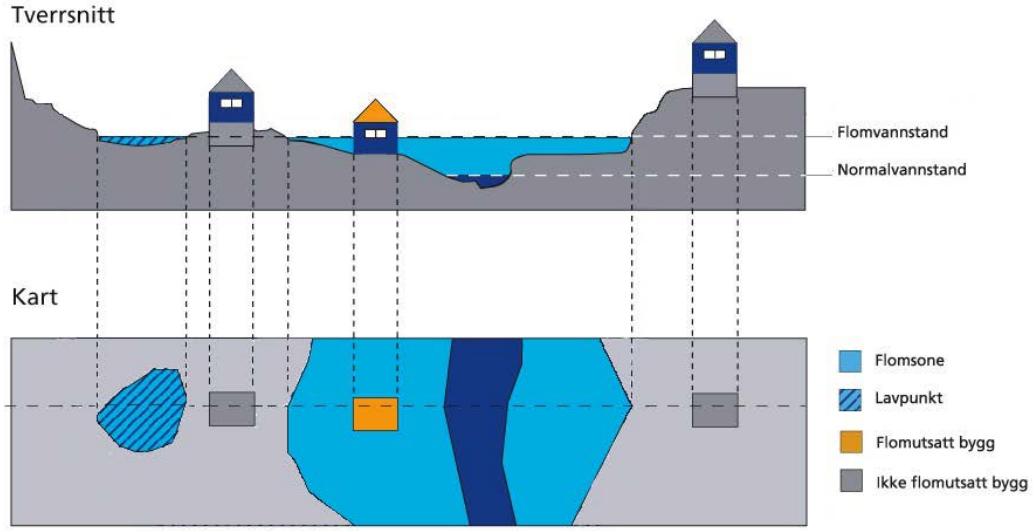
Ved en 200-årsflom er kornsiloen flomutsatt. På østsiden av Dokkas flomløp er det 3-4 bygninger som blir berørt av flom. Store deler av campingplassen blir oversvømt i tillegg til store arealer langs Etna og Dokka/Etna. I sentrum ligger det 2 bygninger i et lavpunktsområde.

En 1000-årsflom vil medføre at oversvømte arealer langs elvene øker, der blant annet noe av bebyggelsen langs Dokkas flomløp blir direkte utsatt for flom. I tillegg vil flere av lavpunktsområdene bli direkte oversvømt.

4.2 Lavpunkter

En del steder vil det finnes arealer som ligger lavere enn den beregnede flomvannstanden, men uten direkte forbindelse til elva. Dette kan være områder som ligger bak flomverk, men også lavpunkter som har forbindelse via en kulvert eller via grunnvannet, se Figur 14.

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 14: Prinsippskisse som viser definisjonen av lavpunkt.

4.3 Spesielt om bruer

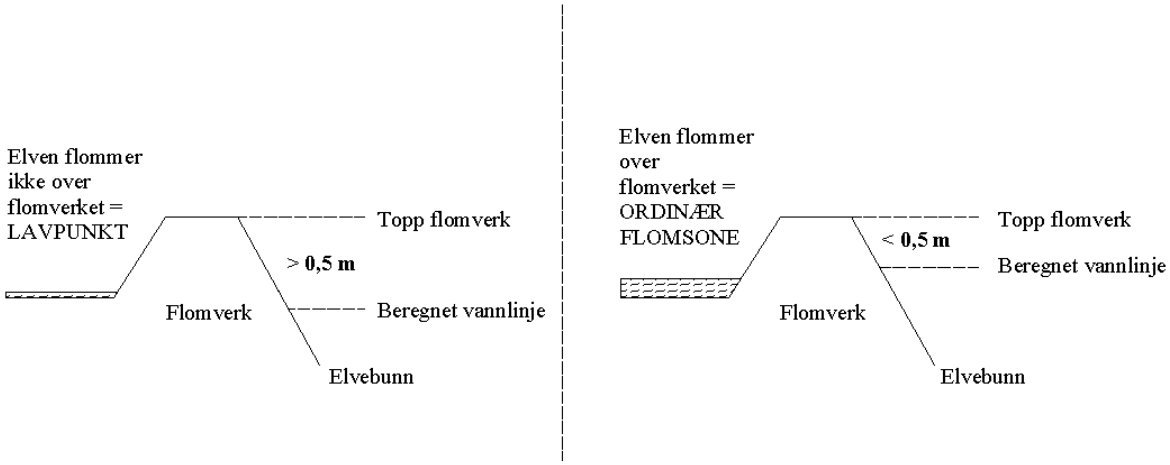
Modelleringen viser at kjørebrua over Dokkas hovedløp (Fv. 33) har en kapasitet tilsvarende en 200-årsflom. For flommer med gjentaksintervall større enn 200 år forventes det at vannivået vil nå over underkant bru. Resterende bruer har kapasitet for en 1000-årsflom.

Ved jernbanebrua vil elva ved flom få en innsnevring som følge av fyllingen jernbanen ligger på. For flommer med gjentaksintervall større enn 50 år vil vannet stue seg opp bakover i elveløpet, som en konsekvens av innsnevringen. For flommer med gjentaksintervall mellom 5 og 50 år vil ikke jernbanebrua stue nevneverdig opp.

Ved store flommer kan elva rive med seg vegetasjon og erosjonssikringer som ligger langs elvekanten. Dette kan føre til tilstopping av bruer og kulverter med påfølgende oppstuing og oversvømmelser, selv ved mindre flommer. Under flomepisoder er det viktig at kommunen inspiserer bruer og kulverter i vassdraget, for kontinuerlig å kunne vurdere faren og muligheten for å sette inn avbøtende tiltak.

4.4 Spesielt om flomverk

Ved vurdering av areal bak flomverk, er det tatt utgangspunkt i at flommer der beregnet flomvannstand langs hele flomverket ikke når høyere enn 0,5 m under toppen av flomverket, holdes ute av flomverket, se Figur 15. Man antar at flomverket beholder formen og ikke bryter sammen opp til dette nivået. Området bak flomverket blir da definert som lavpunkt. For flommer med vannstander over dette nivået, dvs. mindre enn 0,5 m klaring til topp flomverk, defineres arealet bak flomverket som ordinær flomsone.



Figur 15: Prinsippskisse flomverk og flomsone.

Det finnes 2 flomverk på strekningen; ved Haug og ved Aurlund. Ut fra flomsoneanalysen for alle gjentaksintervallene er det åpning mellom elva og områdene bak flomverkene. Områdene blir derfor vist som flomutsatt. Det er derfor ikke utført vurdering av hvor stor klaring det er mellom beregnet vannstand og topp flomverk.

4.5 Kartprodukter

Kartene viser utbredelsen av flomsonen for den aktuelle flomstørrelsen. Flomsonekartene viser plasseringen av tverrprofilene, som er utgangspunktet for den genererte flomsonen. Det er ved disse profilene vannstander er beregnet. Flomvannstandene er vist i Tabell 5 og Tabell 6. Mellom tverrprofilene anses vannstanden 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.

Det er utarbeidet følgende kartprodukter:

- Flomsone for 20-, 200- og 1000-årsflom. Flomsonene er kodet i henhold til SOSI-standarden i UTM sone 32 og 33, i formatene SOSI og Shape.
- Tverrprofil med flomvannstander for alle beregnede flommer i UTM sonene 32 og 33, i formatene SOSI og Shape.
- Foreliggende rapport "Flomsonekart, Delprosjekt Dokka" på pdf-format.

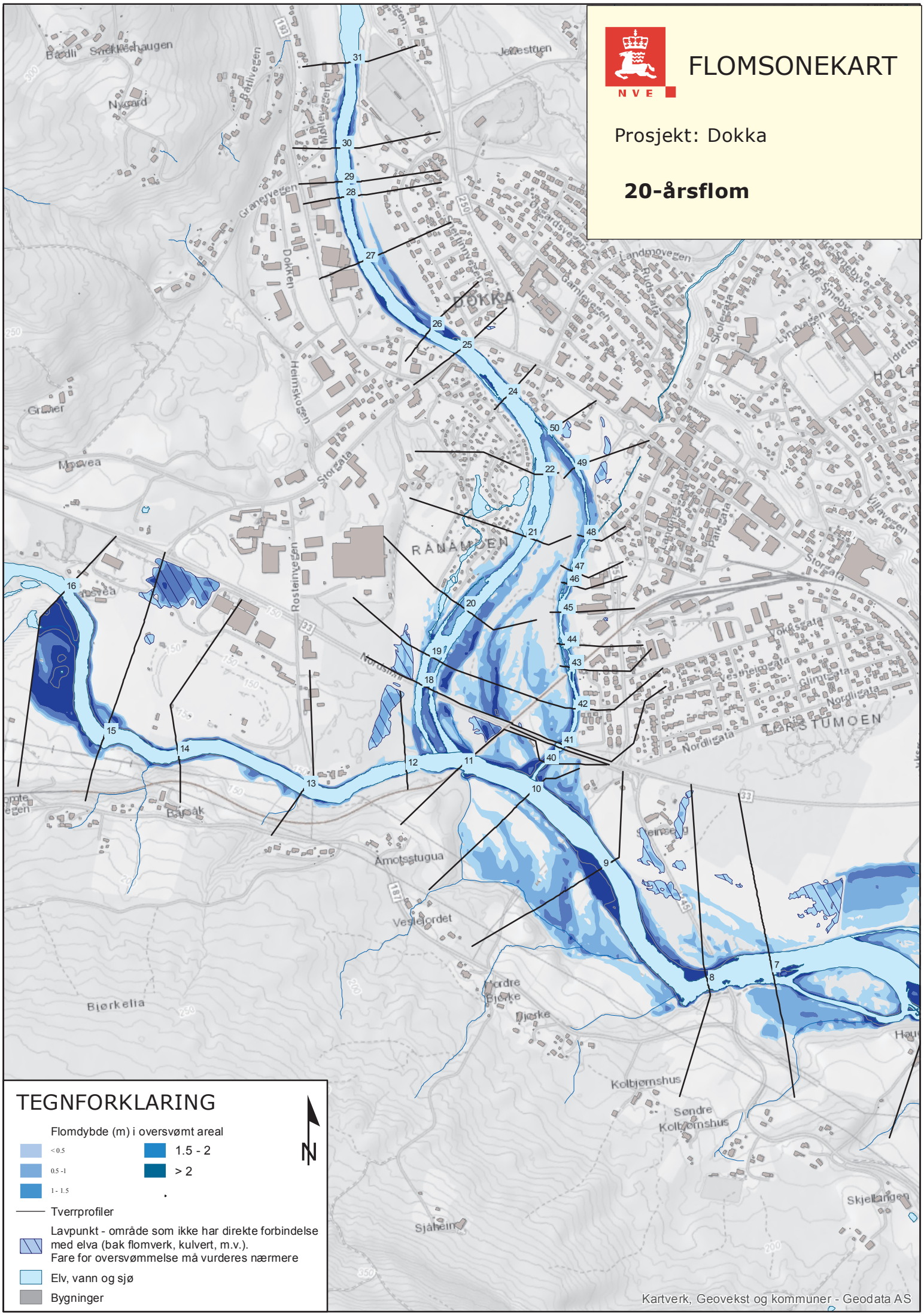
Produktene er tilgjengelig på NVEs internettsider, www.nve.no.

På de neste 6 sidene er flomsonene for flommer med 20-, 200- og 1000 års gjentaksintervall vist med Kartverkets standard topografiske bakgrunnskart.

FLOMSONEKART

Prosjekt: Dokka

20-årsflom



TEGNFORKLARING

Flomdybde (m) i oversvømt areal

- < 0.5
- 0.5 -1
- 1 - 1.5
- 1.5 - 2
- > 2

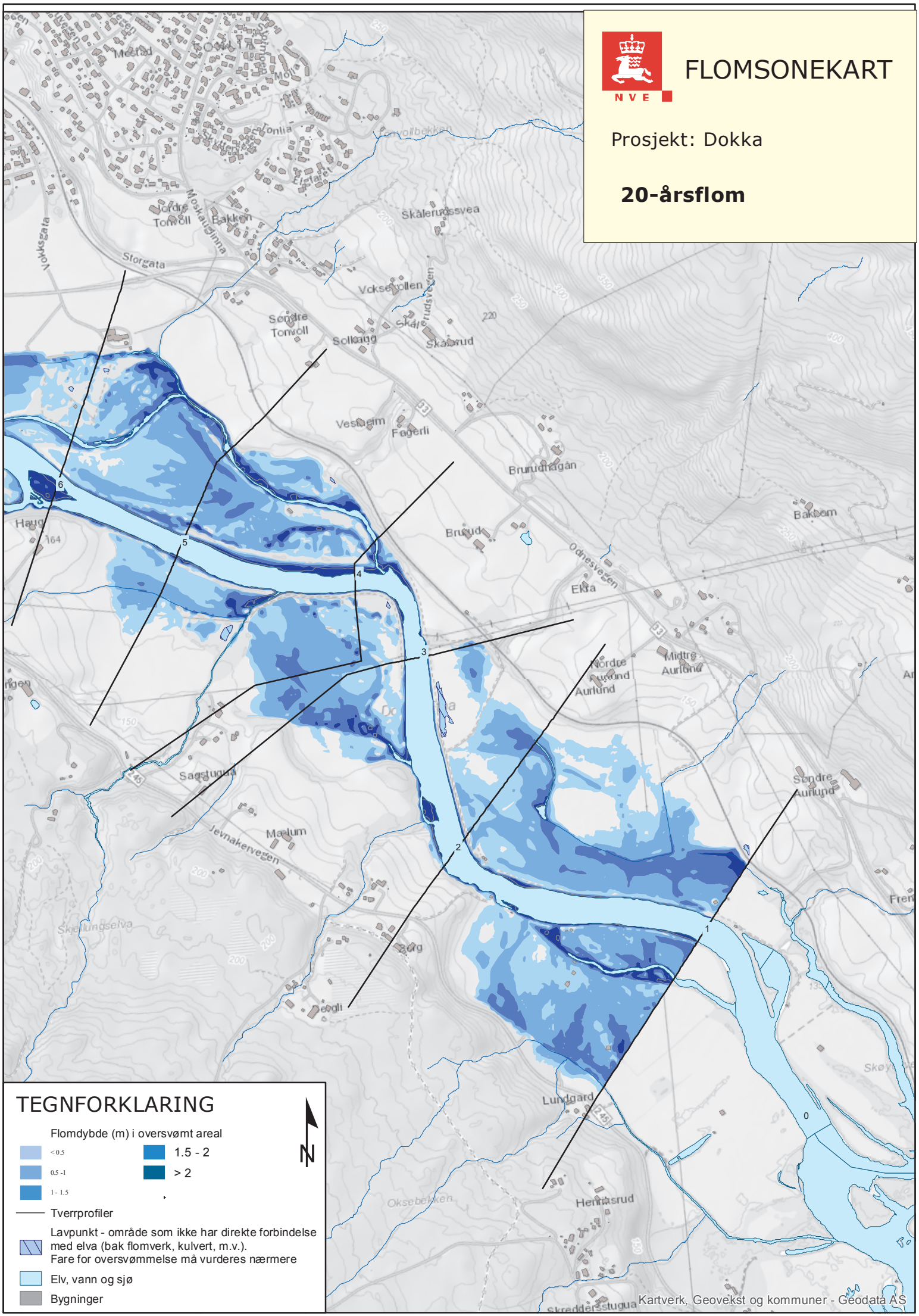
Tverrprofiler

Lavpunkt - område som ikke har direkte forbindelse med elva (bak flomverk, kulvert, m.v.). Fare for oversvømmelse må vurderes nærmere

Elv, vann og sjø

Bygninger

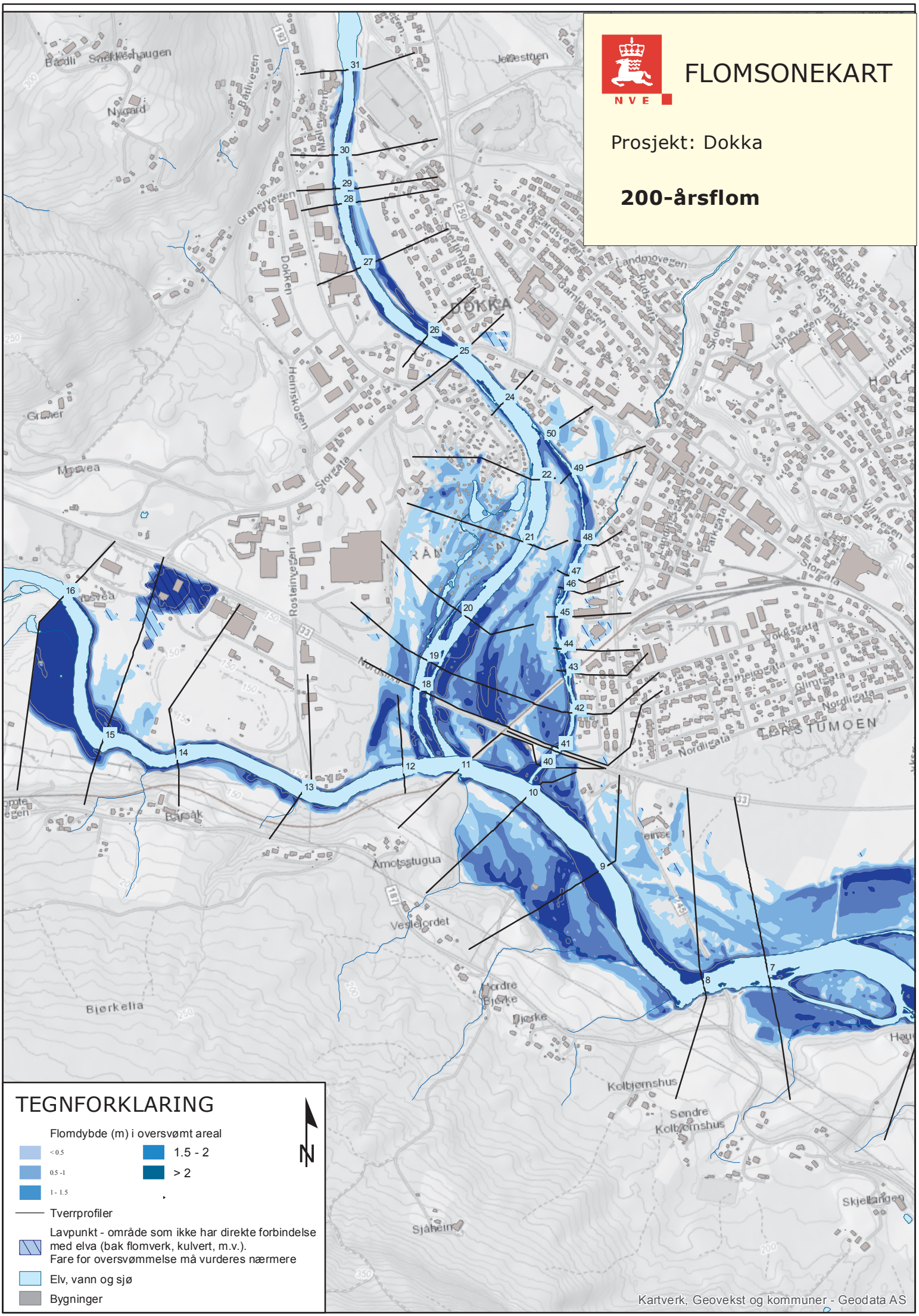
N


FLOMSONEKART
NVE
Prosjekt: Dokka
20-årsflom
TEGNFORKLARING
Flomdybde (m) i oversvømt areal
< 0.5
0.5 -1
1 - 1.5
1.5 - 2
> 2
Tverrprofiler
Lavpunkt - område som ikke har direkte forbindelse med elva (bak flomverk, kulvert, m.v.).
Fare for oversvømmelse må vurderes nærmere
Elv, vann og sjø
Bygninger
N
Kartverk, Geovekst og kommuner - Geodata AS
Storgata
Vokksgata
Vokseåsen
Fagerli
Bruvoll
Bakken
Ekra
Odnesvegen
Aurlund
Nordre Aurlund
Midtre Aurlund
Søndre Aurlund
Saastugua
Jevnakervegen
Mælum
Skjellungselva
Lundgard
Henmasrud
Oksebekken
Skåleruddsveien
Skåleruddsveien
Skåleruddsvea
Tonlia
Elgtaget
Moskaugjinna
Nordre Tomoll
Søndre Tomoll
Sollaug
Vestheim
Haug
Bakkem
Skreddersstugua
1
2
3
4
5
6
0

FLOMSONEKART

Prosjekt: Dokka

200-årsflom



TEGNFORKLARING

Flomdybde (m) i oversvømt areal

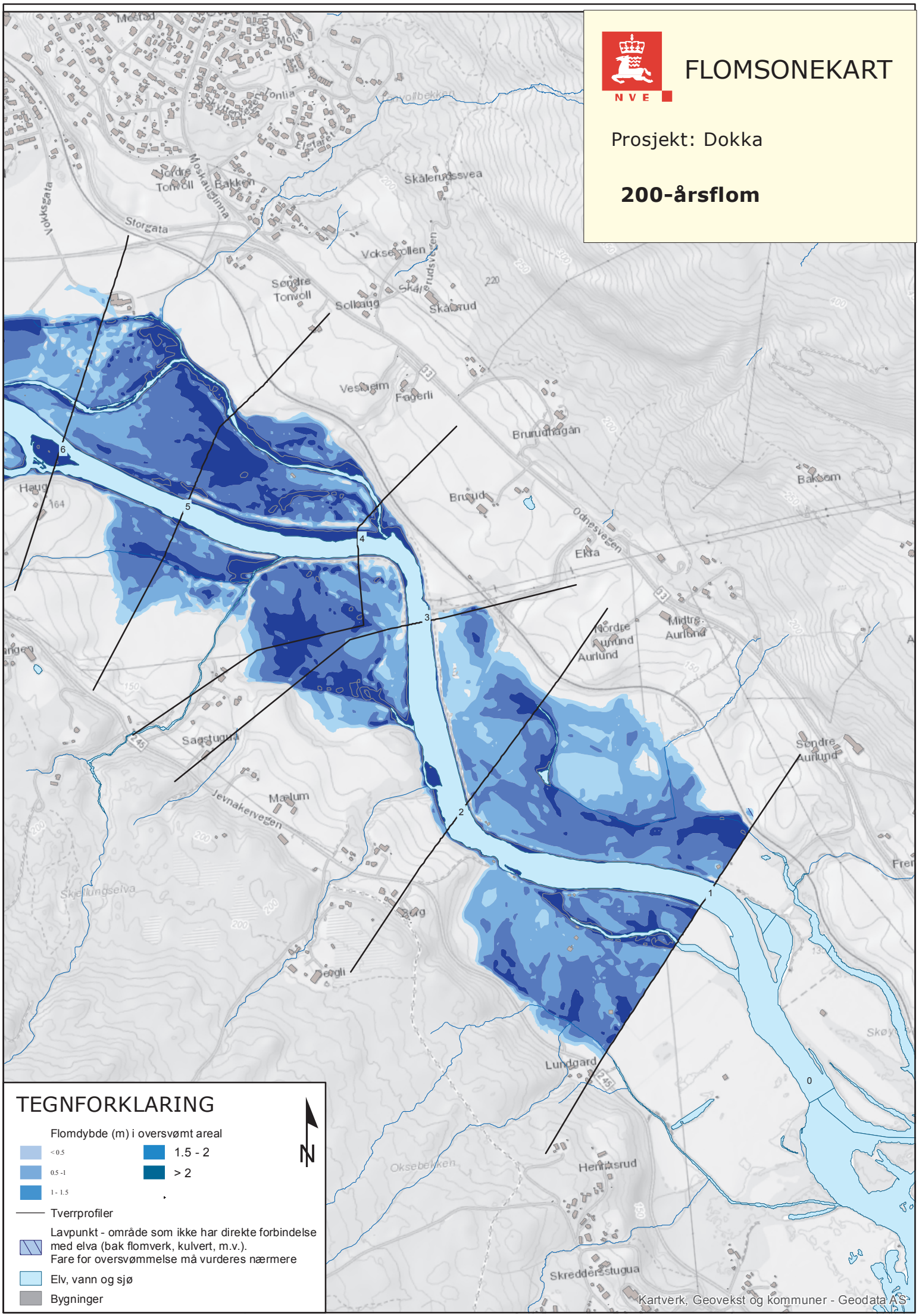
- < 0.5
- 0.5 -1
- 1 - 1.5
- 1.5 - 2
- > 2

Tverrprofiler

Lavpunkt - område som ikke har direkte forbindelse med elva (bak flomverk, kulvert, m.v.). Fare for oversvømmelse må vurderes nærmere

Elv, vann og sjø

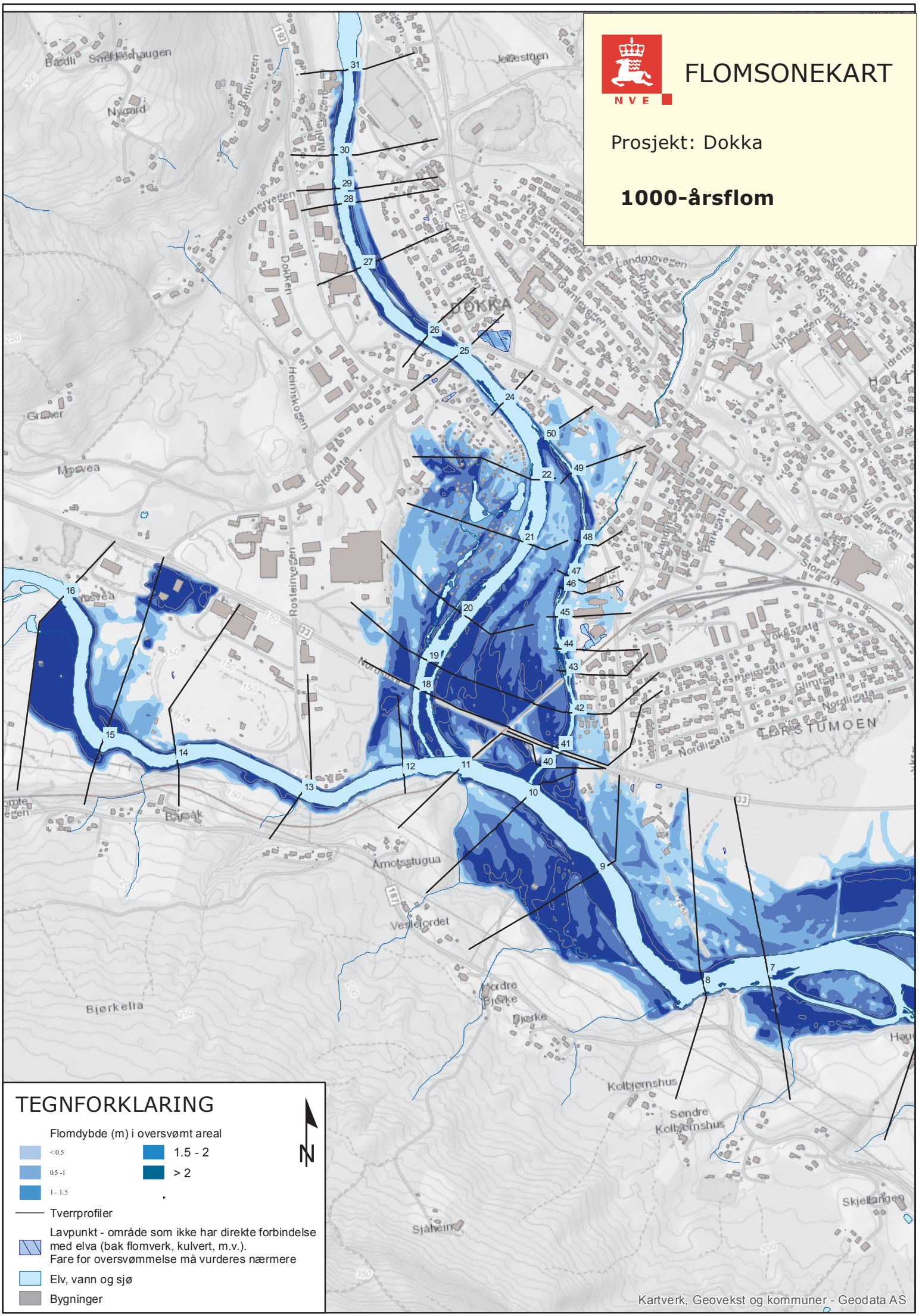
Bygninger


FLOMSONEKART
NVE
Prosjekt: Dokka
200-årsflom
TEGNFORKLARING
Flomdybde (m) i oversvømt areal
< 0.5
0.5 -1
1 - 1.5
1.5 - 2
> 2
Tverrprofiler
Lavpunkt - område som ikke har direkte forbindelse med elva (bak flomverk, kulvert, m.v.).
Fare for oversvømmelse må vurderes nærmere
Elv, vann og sjø
Bygninger
N
Kartverk, Geovekst og kommuner - Geodata AS
Storgata
Vokksgata
Skålerudssvea
Vokseåsen
Skålerudsveien
Skålerud
Solhaug
Vestheim
Fagerli
Brurudhagen
Brurud
Odnesvegen
Ekra
Bakkom
Nordre Aurlund
Midtre Aurlund
Aurlund
Søndre Aurlund
Saastugum
Jevnakervegen
Mælum
Skjellungselva
Lundgard
Henriksrud
Oksebekken
Skreddersstugua
Haug
Tonlia
Tonvoll
Bakken
Moskaugjinna
Søndre Tonvoll
Vollbekken
0
1
2
3
4
5
6

FLOMSONEKART

Prosjekt: Dokka

1000-årsflom



TEGNFORKLARING

Flomdybde (m) i oversvømt areal

- < 0.5
- 0.5 -1
- 1 - 1.5
- 1.5 - 2
- > 2

Tverrprofiler

Lavpunkt - område som ikke har direkte forbindelse med elva (bak flomverk, kulvert, m.v.). Fare for oversvømmelse må vurderes nærmere

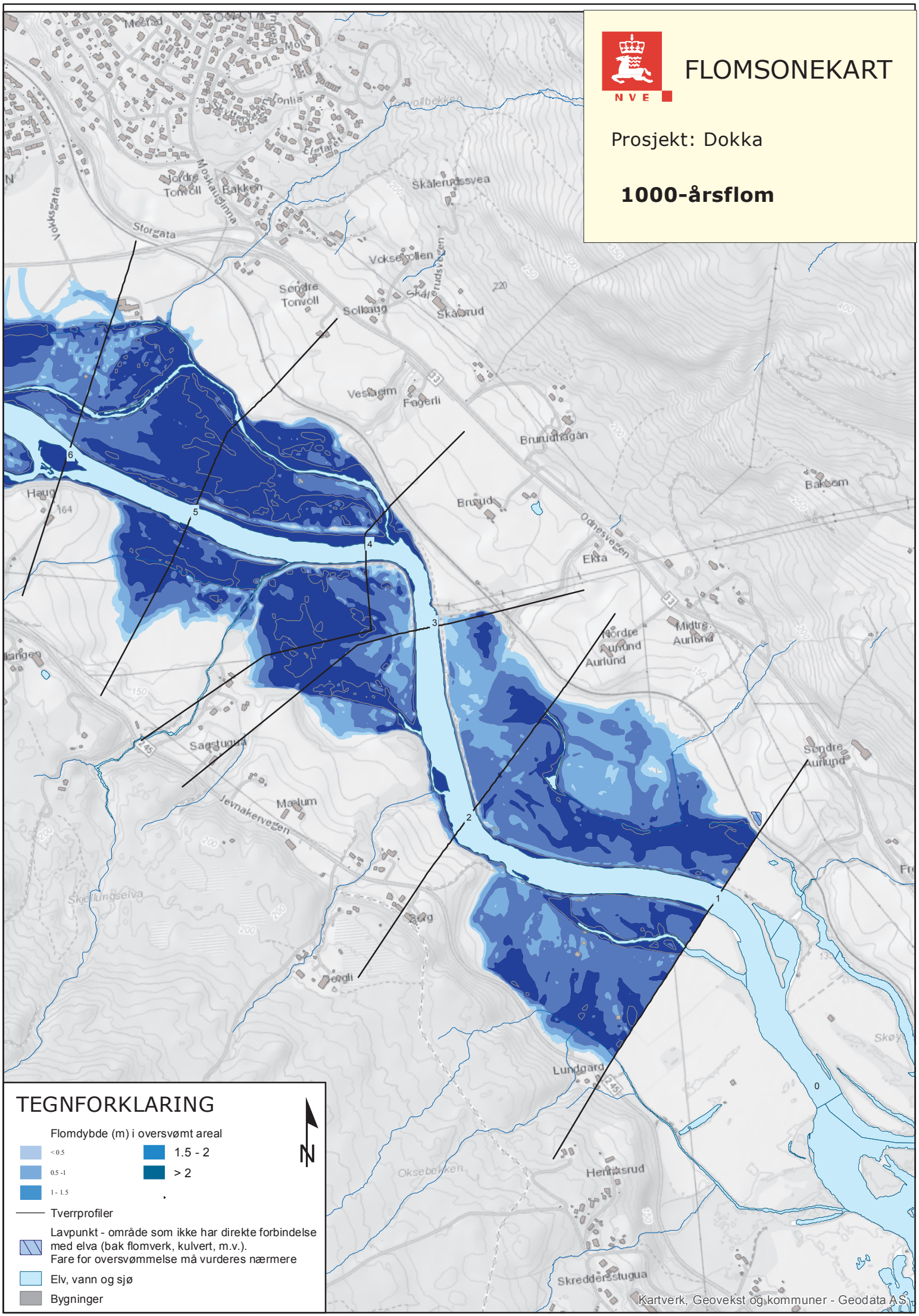
Elv, vann og sjø

Bygninger

FLOMSONEKART

Prosjekt: Dokka

1000-årsflom



TEGNFORKLARING

Flomdybde (m) i oversvømt areal

- < 0.5
- 0.5 -1
- 1 - 1.5
- 1.5 - 2
- > 2

Tverrprofiler

Lavpunkt - område som ikke har direkte forbindelse med elva (bak flomverk, kulvert, m.v.). Fare for oversvømmelse må vurderes nærmere

Elv, vann og sjø

Bygninger

5 Usikkerhet

5.1 Flomberegningen

Usikkerheten til flomberegningene er vurdert i NVE Dokument 15-2007. Det konkluderes med at datagrunnlaget for beregningene er godt, men at det er en ekstra usikkerhet knyttet til reguleringens effekt på flommer i deler av vassdraget. Beregningene klassifiseres i klasse 2, på en skala fra 1 til 3 der 1 tilsvarer beste klasse.

5.2 Vannlinjeberegningen

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
- erosjon og masseavlagring i en fremtidig flom

Vannstand nær kompliserte geometrier som bruer kan også gi økt usikkerhet lokalt. I Dokka og Etna vurderes nøyaktigheten til tverrprofilene som dekker elveleiet til å være god. Erosjon og masseavlagring under en fremtidig flom representerer generelt et usikkerhetsmoment i kartene, som er utenfor vår kontroll. 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 en 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. På bakgrunn av dette anslås usikkerheten i vannlinjeberegningene å ligge innenfor +/- 30 cm.

5.3 Flomsonekartet

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

Alle faktorer som er nevnt ovenfor vil sammen påvirke usikkerheten i sluttresultatet, dvs. utbredelsen av flomsoner på kartet. Utbredelsen av flomsonene er mindre nøyaktig bestemt enn de beregnede vannstandene i tverrprofilene. Dette må en ta hensyn til ved praktisk bruk, jfr. kap. 7.

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 og lav kapasitet på kulverter.

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 Etna/Dokka som følge av flom i hovedvassdraget. Flom i sidevassdragene er ikke inkludert i analysen.

Bekker og sidevassdrag i tilknytning til 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 og som følge av overvann i tettbygde strøk. Dette tilsier at kommunene må kartlegge utsatte bekker og områder med fare for overvann, spesielt i områder med mange boliger og fortettingsplaner.

6.2 Områder med fare for vann i kjeller

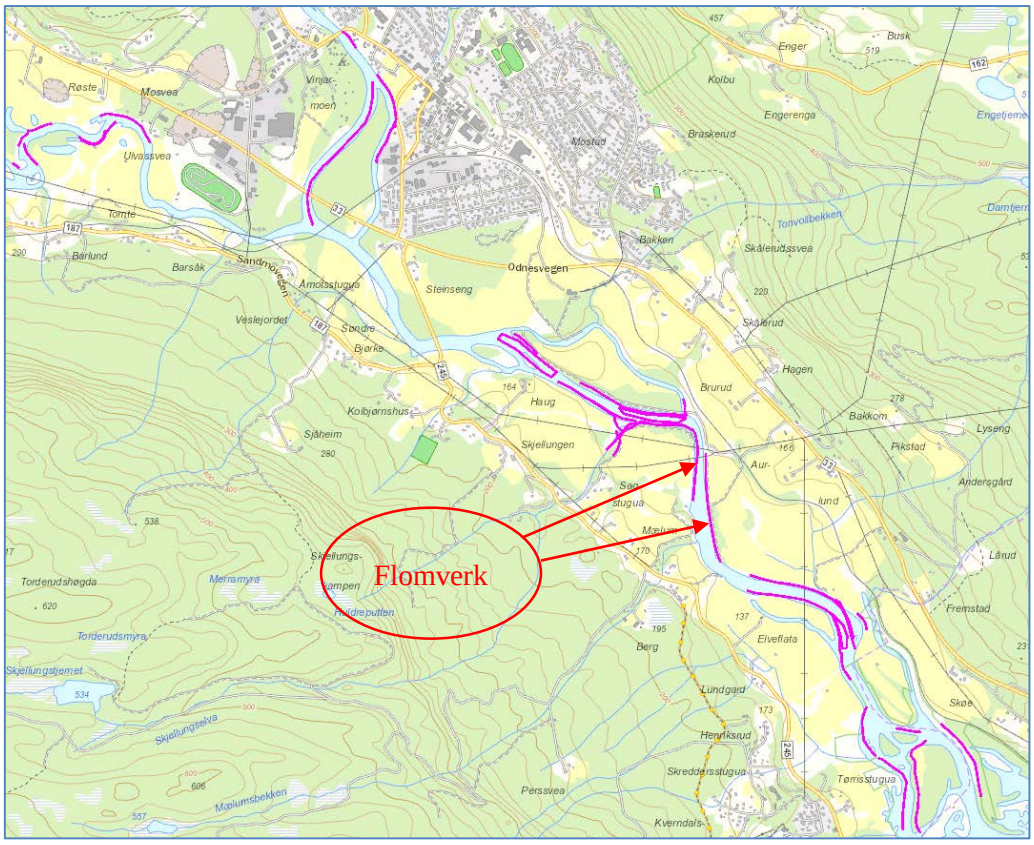
Også utenfor direkte flomutsatte områder og lavpunkter vil det være nødvendig å ta hensyn til flomfaren, da flom ofte vil føre til forhøyet grunnvannstand innover elvesletter. I slike områder vil det være fare for at bygg som har kjeller får oversvømmelse i denne, som følge av flommen.

Uavhengig av flommen, kan forhøyet grunnvannstand føre til vann i kjellere. For å analysere dette kreves inngående analyser blant annet av grunnforhold. Dette er ikke inkludert i flomsonekartet for Dokka.

6.3 Sikringstiltak

Det er flere erosjons- og flomsikringstiltak på den kartlagte strekningen. Figur 17 viser et utsnitt fra NVE Atlas, som gir en oversikt over sikringstiltakene registrert av NVE. De fleste tiltakene er erosjonssikringer.

På den nedre del av strekningen er det flomverk på begge sider av elva, der det ene er ved Haug og det andre er ved Aurlund.



Figur 17: Erosjons- og sikringstiltak (markert rosa) på den kartlagte strekningen. Utsnitt fra NVE Atlas.

7 Veiledning for bruk

7.1 Unngå bygging på flomutsatte områder

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"[9], beskriver hvordan sikkerhetskravene i TEK10 kan oppfylles i arealplanleggingen. I tillegg kan NVEs veileder 2-2015 "Flaumfare langs bekker"[10] gi råd om hvordan en kan identifisere og kartlegge flomutsatte områder.

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

7.2 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 beregnede flomvannstandene. På tross av god nøyaktighet på terrengmodell 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 beregnede flomvannstander. Hvor store disse skal være vil avhenge av hvilke tiltak det er snakk om. For byggetiltak anbefales at en sikkerhetsmargin som fastsettes for hvert enkelt delprosjekt, legges til de beregnede vannstandene, jf. kapittel *Arealplanlegging og byggesaker – bruk av flomsonekart*. 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 riktig 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.

7.3 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 vannstander i aktuelle profiler 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 hensynssoner på plankartet jf. pbl. § 12-6.

I dette prosjektet er grunnlagsmaterialet vurdert som godt. NVE anbefaler et påslag med 30 cm på de beregnede vannstandene for å dekke opp usikkerheter i beregningene.

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-års flom, med mindre det utføres tiltak som sikrer bebyggelsen mot flom. For å unngå flomskade må dessuten dreneringen til et bygg ligge slik at avløpet fungerer under flom.

Med grunnlag i flomsonekartene, må det innarbeides hensynssoner med bestemmelser som ivaretar tilstrekkelig sikkerhet mot flom når kommuneplanen for Nordre Land kommune rulleres.

7.4 Flomvarsling og beredskap – bruk av flomsonekart

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 18 viser en oversikt over aktsomhetsnivåene.

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 18: Oversikt over aktsomhetsnivåer for flom som benyttes ved flomvarsling.

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. Kopling 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.

7.5 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: Sannsynlighet for overskridelse i prosent ut fra periodelengde og gjentaksintervall.

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 Referanser

[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] Lawrence, Deborah og Hisdal Hege *Hydrological projections for floods in Norway under a future climate.* NVE Report No. 5-2011.

[5] NVE dokument nr. 15-2007 *Flomberegning for Etna/Dokka*.

[6] NVE internt notat datert 09.11.2011 (200709565-2) *Komplettering av flomberegninger for Etna/Dokka (012.EZ).*

[7] Novatek AS *Tverrprofilering – 2006 i "Dokka og Etna" v/Dokka i Nordre Land kommune, Oppland*

[8] Nordre Land kommune (22. april 2015) *Nytt høydesystem i Gjøvikregionen* [Internett]. Tilgjengelig fra: <http://www.nordre-land.kommune.no/nytt-hoeydesystem-i-gjoevikregionen.5716779-95986.html> [Lest 9. juli 2015].

[9] NVE retningslinje nr. 2-2011 *Flaum- og skredfare i arealplanar, Revidert 22. mai 2014*.

[10] NVE veileder nr. 3-2015 *Flaumfare langs bekker, Råd og tips om kartlegging*.

Norges
vassdrags- og
energidirektorat

Norges vassdrags- og energidirektorat

Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstuen
0301 Oslo

Telefon: 09575
Internett: www.nve.no