

Neset kommune

► Flomvurdering for Tyvika hytteområde i Eikesdal

Oppdragsnr.: 5198271 Dokumentnr.: Fv01 Versjon: D01 Dato: 2019-12-10



Oppdragsgiver: Nettet kommune
Oppdragsgivers kontaktperson: Hogne Frydenlund
Rådgiver: Norconsult AS, Vestfjordgaten 4, NO-1338 Sandvika
Oppdragsleder: Gunnar Fiskum
Fagansvarlig: Jon Olav Stranden
Andre nøkkelpersoner:

D01	2019-12-10	For godkjenning hos oppdragsgiver	Gunnar Fiskum	Jon Olav Stranden	Gunnar Fiskum
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

► Sammendrag

Norconsult har på oppdrag fra Nesset kommune vurdert flomfaren ved Tyvika Hytteområde i Eikesdalen. Tyvika hytteområde faller i henhold til TEK17 inn under sikkerhetsklasse F2 noe som tilsier at området skal sikres mot en flom med 200-års gjentaksintervall. Det er utført en flomberegning for å fastsette vannføringen forbi planområdet og vannstanden i Eikesdalvatnet ved en 200-årsflom. Det er videre satt opp en hydraulisk modell for å undersøke i hvilken grad planområdet oversvømmes.

Flomstørrelser er beregnet på grunnlag av en frekvensanalyse hvor vannmerke 104.1 Lille Eikesdalsvatnet er svært sentralt. Vannmerket ligger i samme nedbørfelt som Tyvika og det er derfor ventet at målingene ved vannmerket er representative. Utfordringen knyttet til flomberegningen er at nedbørfeltet er regulert, og at en betydelig del av tilsiget overføres til Aura kraftverk. Ved fastsettelse av flomverdi er det valgt å vektlegge regulerte vannføringsmålinger og det er forventet at disse vil representere de faktiske flomverdiene. For å ta høyde for fremtidige klimaendringer er flomforholdene også vurdert med 40% klimapåslag.

Vannstandsstigning langs vassdraget er beregnet ved bruk av en 2-dimensjonal hydraulisk modell i dataprogrammet HEC-RAS. Modellen er basert på laserdata over området som både dekker terrenget og dybdene i Eikesdalsvatnet. Dybdene i elva er ikke korrigert og er derfor noe konservative.

Flom i vassdraget med 200-års gjentaksintervall fører til at store deler av planområdet til Tyvika hytteområde oversvømmes. Hvis planområdet skal utnyttes, må det sikres mot flom.

Innhold

1	Innledning og forutsetninger	5
1.1	Beskrivelse av prosjektet og Tyvika hytteområde	5
1.2	Beskrivelse av nedbørfelt	6
1.3	Reguleringsanlegg i nedbørfeltet	7
2	Beregning av flomstørrelse	9
2.1	Målestasjoner	9
2.2	Vurdering av årsmiddeltilslig	9
2.3	Sesongvariasjon	10
2.4	Frekvensanalyse på vannføring	11
2.5	Frekvensanalyse på vannstand i Eikesdalsvatnet	14
2.6	Beregning av momentanflom	15
2.7	Endelig valg av flomstørrelse og klimapåslag	17
3	Hydraulisk vannlinjemodell	18
3.1	Beregningsmodell og datakvalitet	18
3.2	Grensebetingelser	19
3.3	Infrastruktur i modellen	19
4	Resultat og konklusjon	21
5	Diskusjon og vurdering av resultatet	22
5.1	Usikkerheter	22
5.2	Sensitivitetsvurdering	23
6	Bilag og referanser	24
6.1	Bilag	24
6.2	Referanser	24

1 Innledning og forutsetninger

1.1 Beskrivelse av prosjektet og Tyvika hytteområde

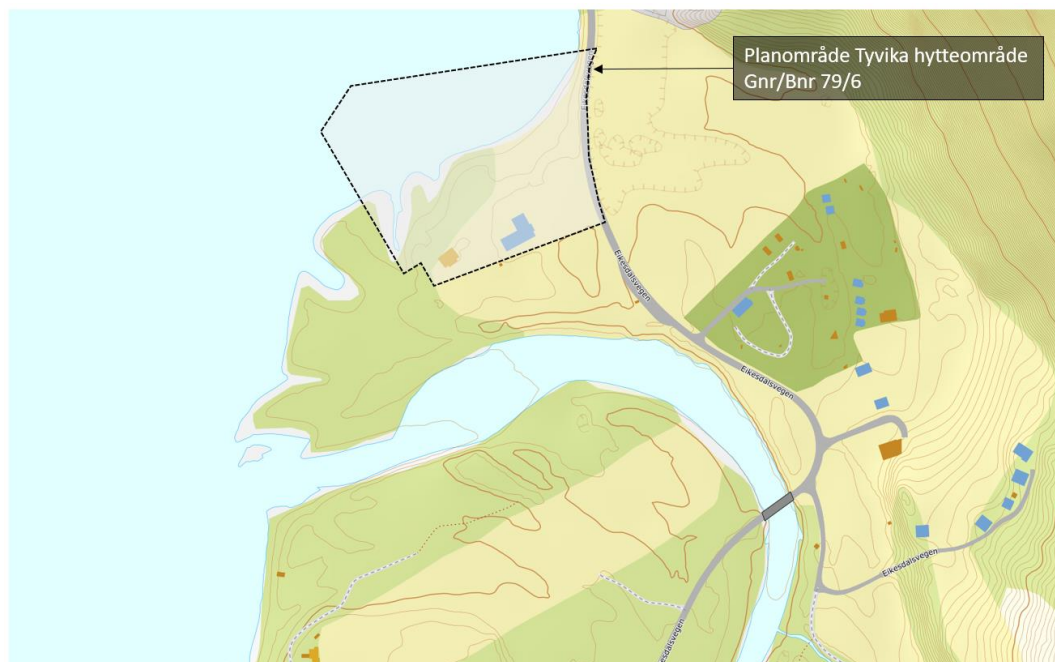
Norconsult AS er engasjert av Nesset kommune for å gjøre en flomvurdering for Tyvika hytteområde i Eikesdalen. Planområdet som ønskes vurdert ligger ved innløpet til Eikesdalsvatnet samme sted som elven Eira renner inn i innsjøen. Et oversiktskart med markering av Eikesdalen er vist i Figur 1, mens et oversiktskart med markering av planområdet til Tyvika hytteområde er vist i Figur 2.

Tyvika hytteområde faller i henhold til TEK17 (plan og bygningsloven) inn under sikkerhetsklasse F2 noe som tilsier at området skal sikres mot en flom med 200-års gjentaksintervall. Det vil derfor bli vurdert i hvilken grad 200-årsflom fører til oversvømmelse på området. I tillegg gjøres en vurdering av 200 årsflom i et fremtidig klima (år 2100). Klimapåslag er ikke et krav, men er på generelt grunnlag anbefalt av NVE ved tiltak i eller i tilknytning til vassdrag.

Arbeidet er delt opp i to deler, en flomberegning og en vannlinjeberegning. Flomberegningen gjøres for å fastsette vannføring ved et bestemt gjentaksintervall, mens vannlinjeberegningen utføres for å fastsette vannstand, oversvømmelse og vannhastigheter. Resultatene fra beregningene er endelig presentert på flomsonekart som ligger vedlagt denne rapporten.



Figur 1 Oversiktskart med markering av Eikesdalen.



Figur 2 Oversiktskart med markering av planområde for Tyvika hytteområde.

1.2 Beskrivelse av nedbørfelt

Nedbørfeltet som drenerer forbi Tyvika strekker seg fra Eikesdalsvatnet, opp forbi Aursjøen og frem til vannskillet mot øst. Nedbør som samles opp i feltet renner dermed mot vest og har sitt endelige utløp i Eresfjorden sør for Eidsvåg. Naturlig nedbørfelt er på 843 km², og består i all hovedsak av snau fjell (ca. 80%). Det er også verdt å merke seg at innsjøprosenten i feltet er forholdsvis høy med 7,4%. Nøkkeldata for nedbørfeltet, beregnet med NVEs webapplikasjon Nevina er presentert i Tabell 1. Et oversiktskart med markering av nedbørfeltet er vist i Figur 3.

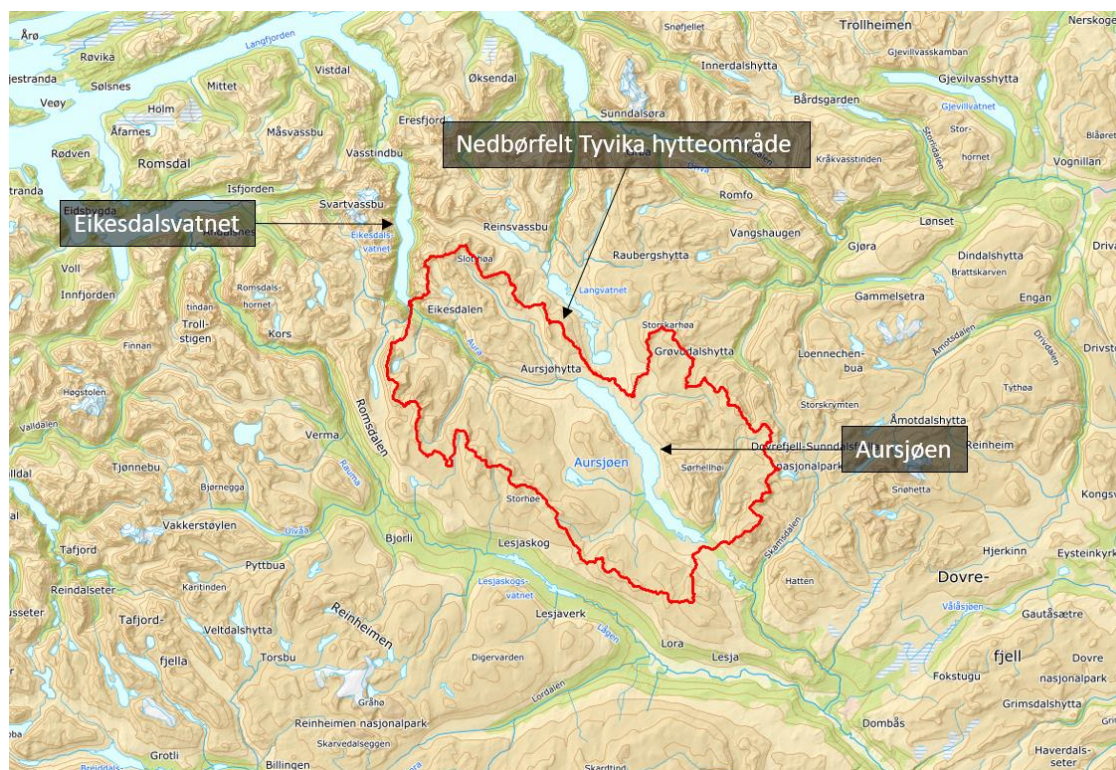
Nedbørfeltet har relativt stor variasjon i høyde. Eikesdalsvatnet, som er feltets laveste punkt, ligger ca. 20 moh, men terrenget stiger kraftig, og 80% av feltarealet ligger over 1000 meter. Aursjøen, som er det største magasinet i feltet, ligger ca. 860 moh, og de høyeste toppene er nesten 2000 meter høye.

Vassdraget er aktivt benyttet til kraftproduksjon, blant annet gjennom kraftverket Aura. Reguleringen av vassdraget har hatt betydelig effekt på normalvannføring og potensielt også flomvannføringen. Aura kraftverk ligger i nabofeltet nord for Eikesdalen og det er etablert en overføring fra Aursjøen som leder vann ut fra nedbørfeltet. I tillegg er det laget et takrennesystem som samler opp mindre nedbørfelt i Eikesdalen og leder disse til Aursjøen. Arealet som er regulert av Aursjøen kraftverk er på ca. 680 km² og utgjør dermed ca. 80% av det totale nedbørfeltet til Eikesdalsvatnet. Det naturlige nedbørfeltet til Aursjøen har videre et areal på 486 km², og takrennesystemet et areal på 195 km². I senere tid (1975) har også Grytten kraftverk bidratt til å redusere tilløpet til Eikesdalsvatnet.

Tabell 1 Nøkkeldata for nedbørfeltet til Tyvika ved Eikesdalsvatnet.

Nedbørfelt	Areal (km ²)	Eff. sjø %	Høyde, min-med-maks (moh.)	Qn ¹ (l/s/km ²)
Tyvika v. Eikesdalsvatnet (naturlig)	843	6.2	22-1265-1961	33.0
Tyvika v. Eikesdalsvatnet (ureg.lokalfelt)	146	0.52	22-1150-1961	40.8

¹ Spesifikk middelvannføring (61-90) beregnet med NVEs webapplikasjon Nevina.



Figur 3 Oversiktskart med markering av nedbørfelt.

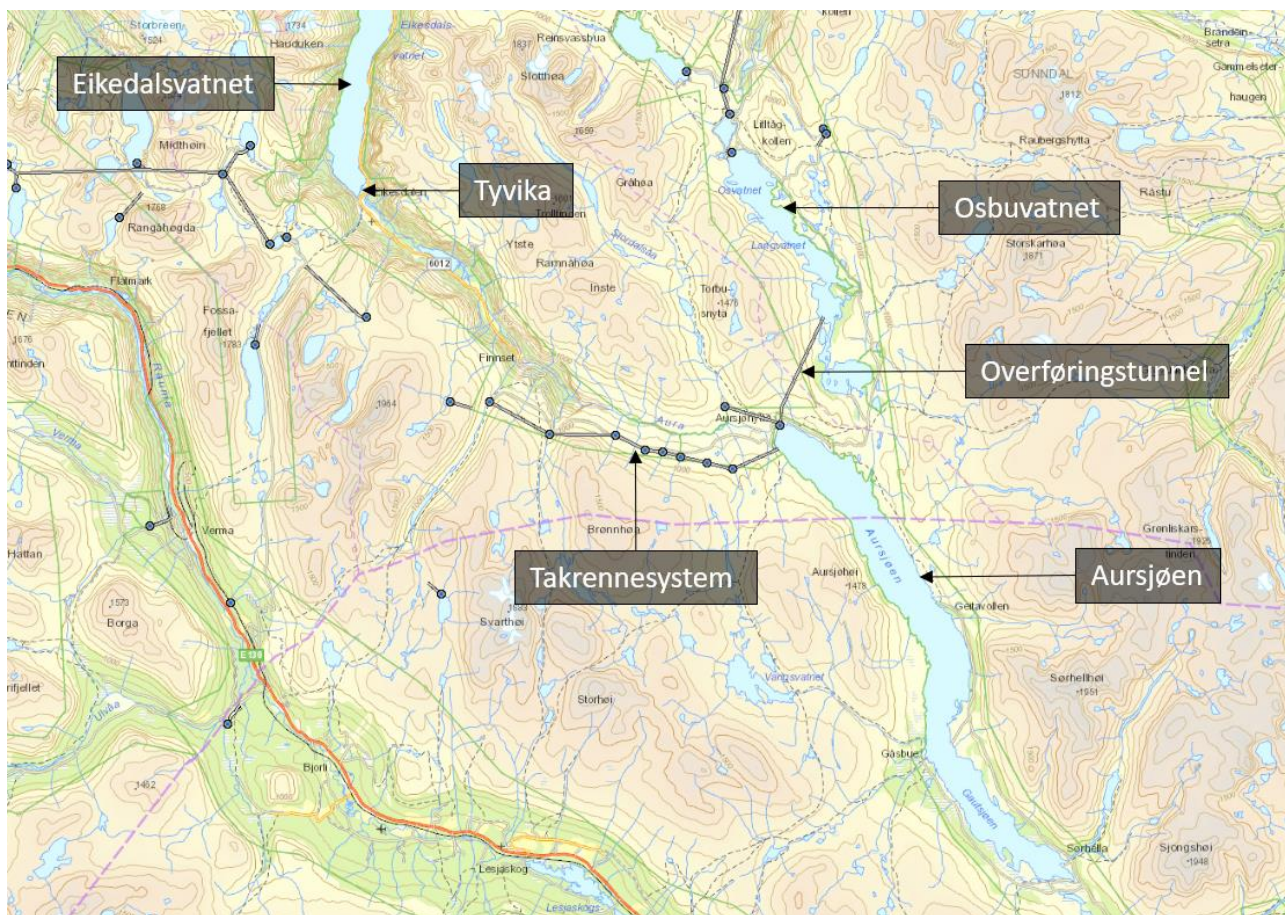
1.3 Reguleringsanlegg i nedbørfeltet

Dam Aursjøen er en 1000 meter lang fyllingsdam etablert i 1952. Magasinet fungerer som reguleringsmagasin for Aura kraftverk, og fra magasinet overføres vann ut av det naturlige nedbørfeltet. Magasinet har en betydelig effekt på vannføringen i Eikesdalen. Overføring mellom Aursjøen og Osbuvatnet har en maksimal kapasitet på 42 m³/s. Kapasiteten er hentet fra tidligere flomberegning utført av Multiconsult (2013). Flomavledning fra magasinet skjer via et 165 meter langt overløp i betong hvor HRV og terskelen til overløpet ligger 856 moh. (NN1954). Overløpet leder vann ned i Eikesdalen.

Magasinet reguleres aktivt med en reguleringshøyde på ca. 29 meter. Gjennom et år kan derfor vannstanden i magasinet variere svært mye, og det er relativt sjeldent vann renner i flomløpet. I henhold til vannstandsmålinger ved vannmerke 104.3 Aursjø, som har målinger siden 1961, har vannstanden oversteget HRV ca. 20 ganger siden dammen ble bygget. Største vannstandsmåling som er registrert i magasinet (21.07.1976) er 856.5 moh. noe som i henhold til kapasitetskurven i flomberegningen tilsvarer en avløpsflom på ca. 230 m³/s. Magasinet har stor flomdempende effekt, siden det tappes ned på vinteren og har en magasinprosent på hele 85. Det tidligste magasinet har vært på nivå opp mot HRV siden 1960 er i slutten av juni. Et oversiktskart som viser magasin, overføringstunnel og takrennesystem for Aura kraftverk er vist i Figur 4.

Med de reguleringer og overføringer som er i nedbørfeltet til Tyvika, så vil flommene i Eira ved Tyvika være sammensatt av:

- Lokaltlig nedstrøms dammen på Aursjøen og bekkeinntakene
- Overløp over dammen på Aursjøen
- Overløp på bekkeinntakene



Figur 4 Oversiktskart med markering av overføringssystemer tilknyttet Aura kraftverk.

2 Beregning av flomstørrelse

2.1 Målestasjoner

Utvalgte vannmerker/målestasjoner i området rundt Eikesdalen er benyttet i en regional flomanalyse. En oversikt over stasjonene er gitt i Tabell 2. Målestasjonene er valgt ut fra geografisk nærhet og likhet med det aktuelle nedbørfeltet.

På grunn av kraftproduksjonen i vassdraget er det blitt etablert flere målestasjoner i Eikesdalen, både for store og mindre nedbørfelt. Flere av disse stasjonene er i dag nedlagt, og består derfor bare av kortere serier som det er krevende å utnytte i en hydrologisk analyse. Av stasjonene som fortsatt er aktive, og som også har lang måleserie vurderes *104.1 Lille Eikesdalsvatnet* som den mest representative for planområdet. Målestasjonen ligger ca. 3,5 km oppstrøms Tyvika og den eneste reelle forskjellen mellom nedbørfeltene er at feltarealet ved Tyvika er større (ca. 40 km²). Det er derfor forventet at flomforholdene ved vannmerket og planområdet i praksis er like. Målingene ved vannmerket startet i 1906 og dekker derfor både regulert og uregulert periode.

Vannmerkene som er listet opp i Tabell 2, med unntak av *104.1 Lille Eikesdalsvatnet*, er alle uregulerte felt som ligger i området rundt Eikesdalen og har forholdsvis lange måleserier. Andre nærliggende målestasjoner kunne også vært aktuelt å inkludere i vurderingen, men er valgt bort av ulike grunner. Av disse er *104.2 Eikesdalsvatnet* mest aktuell, men målingene ved stasjonen har ifølge NVE betydelige feilregistreringer på vannføring og er derfor ikke benyttet i analysen. Det er likevel forventet at vannstandsmålingene ved *104.2 Eikesdalsvatn* er pålitelige, og disse er lagt til grunn ved fastsettelse av vannstand i innsjøen.

Tabell 2 Vannmerker/målestasjoner benyttet i flomberegning.

Nr.	Navn	Periode	H _{med} (moh.)	Areal (km ²)	Ase (%)	Q _n (l/s/km ²)
104.1	Lille Eikesdalsvatnet (uregulert)	1907-1952	1267	802	2.93	31.
104.1	Lille Eikesdalsvatnet (regulert)	1960-2018	-	146 ²	-	45
104.23	Vistdal	1976-2018	737	66	0.15	58
109.9	Driva v Risefoss	1935-2018	1347	746	0.06	22
105.1	Osenelv v/øren	1924-2018	235	138	4.73	49
111.9	Søya v/Melhus	1975-2018	577	137	0.02	63
-	Tyvika	-	1265	843	6.20	33

2.2 Vurdering av årsmiddeltilsig

Vannmerke *104.1 Lille Eikesdalsvatnet* ligger som tidligere nevnt like oppstrøms planområdet og er forventet å ha tilsvarende tilsigsv verdier og flomforhold som ved Tyvika. Måleserien er lang (111 år) og inkluderer både uregulert periode (1907-1952) og regulert periode (1953-2018). Kvaliteten på målingene er av NVE betraktet som «bra». Til tross for at regulering offisielt startet i 1953 kommer det frem fra målinger i magasinet at regulering ikke ble fullstendig utnyttet før nærmere 1960. Det er derfor valgt å analysere data fra den regulerte perioden 1960-2018.

Spesifikt tilsig i den uregulerte tidsperioden er 31 l/s/km². Til sammenligning er det spesifikke tilsiget i den regulerte tidsperioden 42 l/s/km, men da er det regulerte arealet lagt til grunn. Hvis det uregulerte arealet benyttes blir det spesifikke tilsiget 8.7 l/s/km², men det blir å regne som en kunstig verdi. NVEs avrenningskart, som er basert på uregulerte målinger, beregner et spesifikt tilsig på 33 l/s/km². Det samsvarer relativt bra med målingene fra den uregulerte perioden. En sammenligning av målingene er gjort i Tabell 3.

² Regulert areal

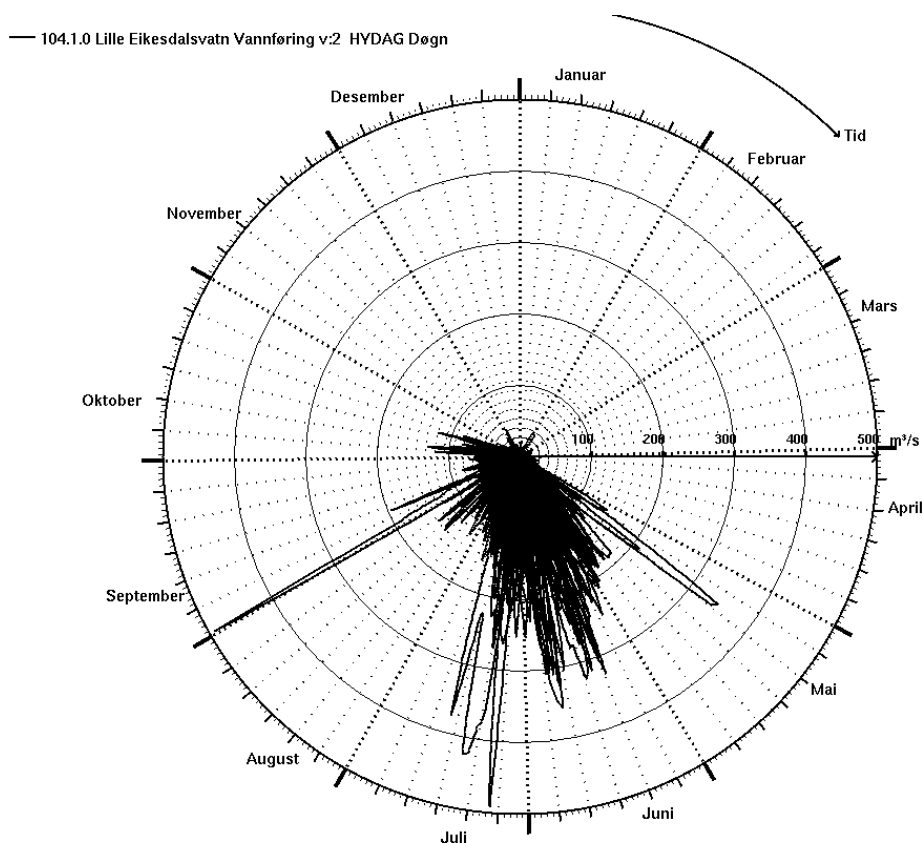
Også ved de andre vannmerkene i analysen er årsmiddeltilsiget sammenlignet med avrenningskartet. Generelt er avviket relativt lite (<10%), men tendensen er at målingene ved vannmerkene er noe høyere enn beregningene i avrenningskartet.

Tabell 3 Målt spesifikk middelvannføring ved vannmerkene 104.1 Lille Eikesdalsvatnet.

Regulering	Tidsperiode	104.1 Lille Eikesdalsvatnet (l/s/km ²)
Uregulert	1907-1952	30.9
Regulert	1960-2018	41.9
Avrenningskartet	-	33.0

2.3 Sesongvariasjon

I flomberegninger er det vanlig å skille på ulike flomsesonger. I dette området på Vestlandet vurderes dette som lite hensiktsmessig da store flommer kan forekomme både på høsten og på våren. Flomfrekvensanalyse er derfor utført på årsflommer. Det påpekes samtidig at hovedvekten av flommer trolig forekommer i snøsmelteperioden på våren og tidlig på sommeren, men at store flommer også kan forekomme på høsten, slik det er illustrert i Figur 5.



Figur 5 Årspolarplott for vannmerke 104.1 Lille Eikesdalsvatnet.

2.4 Frekvensanalyse på vannføring

Det er utført flomfrekvensanalyse på vannmerkene som er listet opp i Tabell 2. Resultatet fra analysen er presentert i Tabell 4 og viser en oversikt over vannføring ved estimert middelflom, 200-årsflom samt forholdstallet mellom estimert middelflom og estimert 200-årsflom for utvalgte vannmerker. Beregningene er gjort med NVEs programvare for ekstremverdianalyse, DAGUT, ved bruk av Gumbelfordeling og GEV-fordeling.

Frekvensanalysen tilsier at middelflommen ved de uregulerte vannmerkene varierer fra 244 l/s/km² og opp til 575 l/s/km². Det er en tydelig tendens at de to store nedbørfeltene, som har areal fra 746-802 km², gir lavere flomverdier enn de andre nedbørfeltene som har betydelig mindre feltareal (67-138 km²). Det er en forventet effekt.

Tabell 4 Flomfrekvensanalyse på utvalgte vannmerker.

Nr.	Navn	Periode	Areal (km ²)	Q _N (l/s/km ²)	Q _M (l/s/km ²)	Q ₂₀₀ (l/s/km ²)	Q ₂₀₀ /Q _M
104.1	Lille Eikesdalsvatnet	1907-1952	802	30.9	293	735	2.51
104.23	Vistdal	1976-2018	67	58.4	515	1050	2.04
109.9	Driva v Risefoss	1935-2018	746	21.7	244	560	2.30
105.1	Osenelv v/Øren	1924-2018	138	49.3	536	2108	3.93
111.9	Søya v/Melhus	1975-2018	137	63.4	575	1208	2.10
-	Middel	-	378	-	433	1132	2.57

For vannmerket 104.1 Lille Eikesdalsvatnet er det gjort en egen sammenligning mellom frekvensanalyse utført for uregulert periode og regulert periode. Denne sammenligningen er vist i Tabell 5. På generelt grunnlag er det krevende å utføre frekvensanalyse i regulerte vassdrag og samtidig kunne sammenligne resultatene mot andre nedbørfelt som er uten eller har annen regulering.

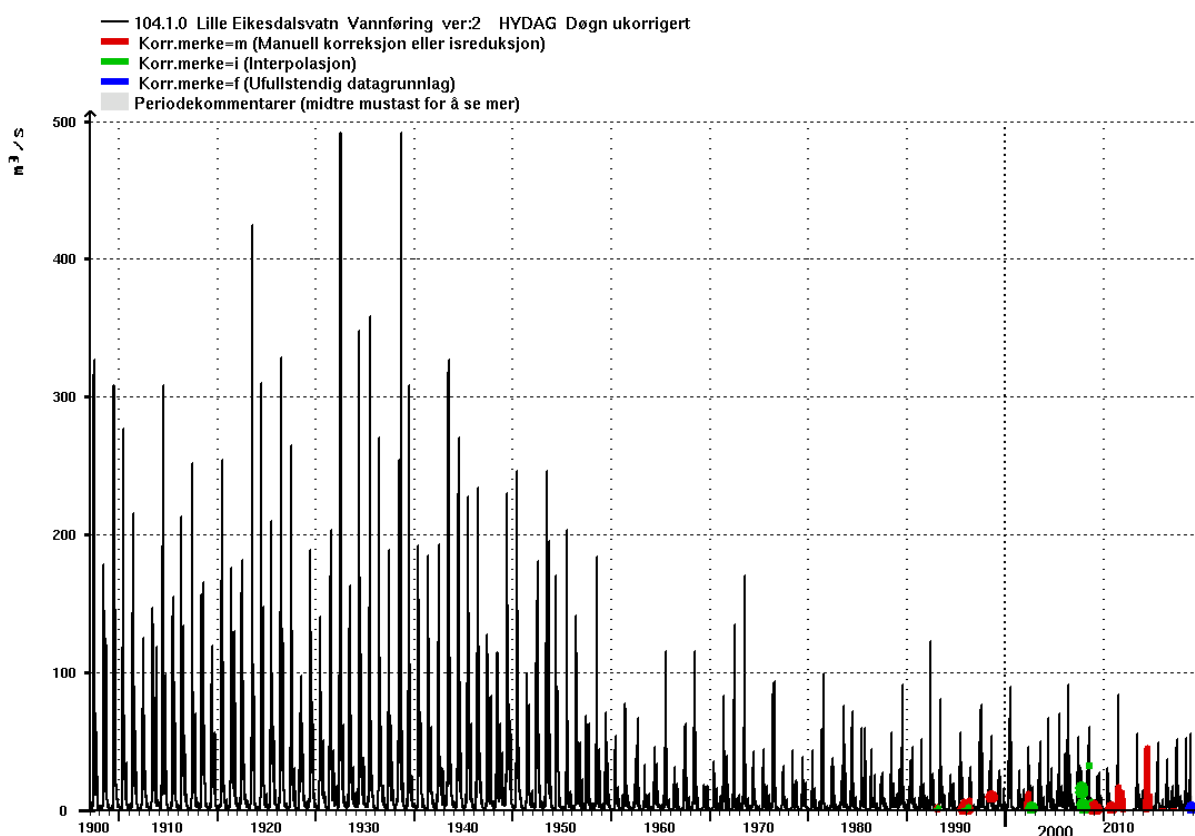
Reguleringen av Aursjøen med overføringen til Aura kraftverk har stor innvirkning på flommene ned mot Eikesdalsvatnet. Med høy magasinprosent i Aursjøen er det sjelden overløp. Bekkeinntakene som er overført til Aursjøen vil også overføre det meste av tilsiget til Aursjøen, selv om det ved store flommer må forventes overløp også her. Flomvannføringene som er registrert i Lille Eikesdalsvatnet, vil bestå av både lokalt tilsig og overløp på bekkeinntak og magasin oppstrøms. På grunn av stort magasinvolum og magasinoverflate i Aursjøen, er det imidlertid lite sannsynlig med samtidighet i kulminasjon av en eventuell flomtopp over flomløpet på Aursjøen og flom i det uregulerte lokalfeltet nedstrøms. Fordelen med å gjøre en frekvensanalyse direkte på den regulerte serien, er at denne vil vise den historiske kombinasjonen av tilsig fra uregulert lokaltilsig, overløp bekkeinntak og overløp fra magasinet for en lengre periode. Det er derfor ikke gjort ytterligere analyser for å se på samtidighet av flom fra de ulike delene av feltet.

Det kommer tydelig frem i sammenligningen mellom regulert og uregulert periode at reguleringen av vassdraget har stor effekt på hvor stor vannføring som renner i Eira, både ved små og store flomhendelser. Basert på utført frekvensanalyse er middelflommen i uregulert periode større enn 200-årsflommen i regulert tidsperiode. Samtidig er forholdstallene mot større gjentakintervall større i den regulerte tidsperioden. Dette skyldes overløp på bekkeinntak, evt. i kombinasjon med overløp på Aursjøen, som renner ned i Eira.

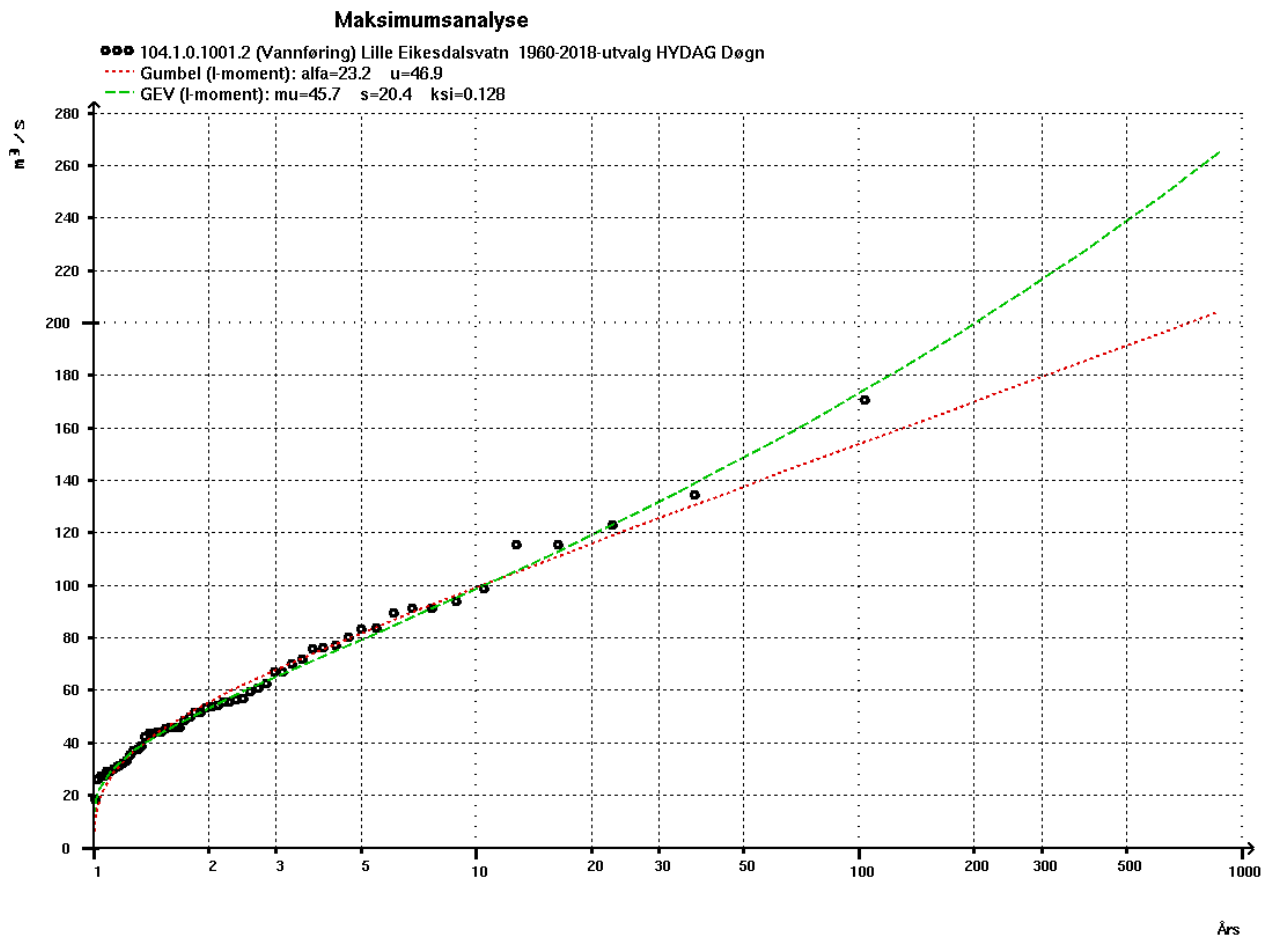
Tabell 5 Frekvensanalyse på vannmerke 104.1 Lille Eikesdalsvatnet.

Navn	Periode	Q _M (m ³ /s)	Q ₂₀₀ (m ³ /s)	Q ₂₀₀ /Q _M
Lille Eikesdalsvatnet (uregulert)	1907-1952	234	589	2.51
Lille Eikesdalsvatnet (regulert)	1960-2018	60	200	3.21

Målt vannføring ved vannmerket 104.1 Lille Eikesdalsvatnet for hele måleperioden er vist i Figur 6. Største vannføringsmåling gjort ved vannmerket er 491 m³/s og ble gjort i den uregulerte tidsperioden (01.09.1938). I henhold til frekvensanalysen tilsvarer det en flom med gjentaksintervall på ca. 50 år. Størst måling gjort i den regulerte tidsperioden er 170 m³/s, noe som tilsvarer en flom med gjentaksintervall på litt under 100 år. Siden reguleringen startet (1960) er det fem flomhendelser som har hatt større vannføring enn 100 m³/s. Frekvensplott for 104.1 Lille Eikesdalsvatnet for den regulerte tidsperioden (1960-2018) er vist i Figur 7.



Figur 6 Målt vannføring ved 104.1 Lille Eikesdalsvatnet for hele måleperioden.



Figur 7 Frekvenskurve for vannmerke 104.1 Lille Eikesdalsvatnet for regulert periode (1960-2018).

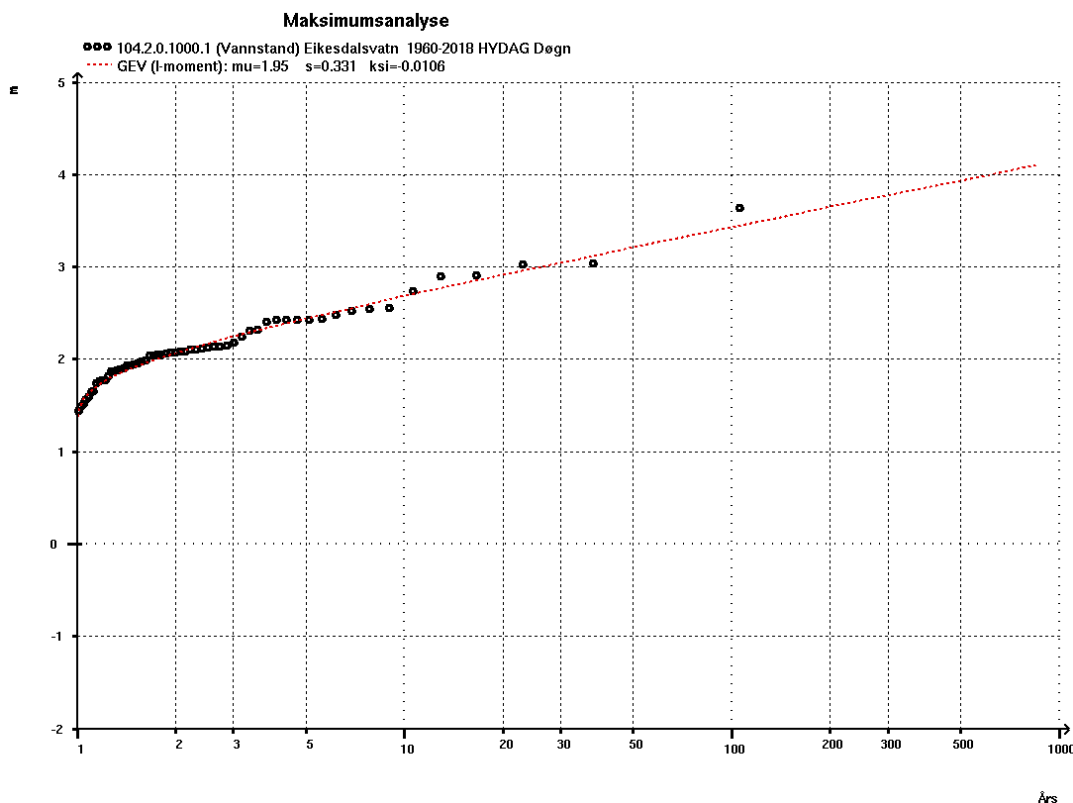
2.5 Frekvensanalyse på vannstand i Eikesdalsvatnet

Vannmerke 104.2 Eikesdalsvatnet ligger i nordenden av Eikesdalsvatnet og har registrerte vannføringer/vannstander siden 1902. For å vurdere forventet vannstand i innsjøen ved en 200-årsflom er det utført en frekvensanalyse på de registrerte målingene. Frekvensanalysen er utført ved bruk av NVEs programvare for ekstremverdianalyse hvor GEV-fordeling er benyttet. Et frekvensplott som viser målinger fra 1960-2018 (regulert tidsperiode) er presentert i Figur 8, mens vannstander ved utvalgte gjentaksintervall er listet opp i Tabell 6.

Målingene ved vannmerket er gjort i et lokalt høydesystem, men Angvik prosjektering har utført en kontrollmåling ved målestasjonen. Basert på oppmålingene er det konkludert med at differansen mellom det lokale høydesystemet og NN2000 er 20,64 meter. Største vannstandsmåling som er gjort ved vannmerket er 3,63 meter noe som tilsvarer 24,27 moh. i NN2000. Registreringen ble gjort 09.07.1963 og i henhold til frekvensanalysen tilsvarer det nesten en estimert 200-årsvannstand.

Tabell 6 Vannstand i Eikesdalsvatnet fastsatt med frekvensanalyse.

Gjentaksintervall	Vannstand (lokalt)	Vannstand (NN2000)
H _{mid}	2.135	22.78
10 år	2.68	23.32
20 år	2.92	23.56
50 år	3.21	23.85
100 år	3.43	24.07
200 år	3.65	24.29



Figur 8 Frekvensplott for vannstand i Eikesdalsvatnet i tidsperioden 1960-2018.

2.6 Beregning av momentanflom

Flomstørrelsene beregnet i avsnittene over gjelder for gjennomsnittlig verdi over ett døgn, men maksimal flomstørrelse vil alltid være større enn døgnmiddelverdien. NVE har utviklet et formelverk for beregning av forholdstallet mellom momentanflom og døgnmiddelflom basert på feltparametere, hvor formelen skiller mellom høstflommer og vårflokker. For feltet til Tyvika er forholdet mellom momentanflom og døgnmiddelflom beregnet med NVEs formelverk og presentert i Tabell 7.

Det er knyttet noe usikkerhet til forholdstallene beregnet med formelverket da disse ikke tar hensyn til raskt økende overløp fra bekkeinntak og magasin i nedbørfeltet. Det er valgt å regne kulminasjonsfaktor for lokalfeltet til Tyvika uten feltet til Aursjø og feltene som overføres dit, og sammenligne dette med faktisk observerte forholdstall ved Lille Eikesdalsvatn.

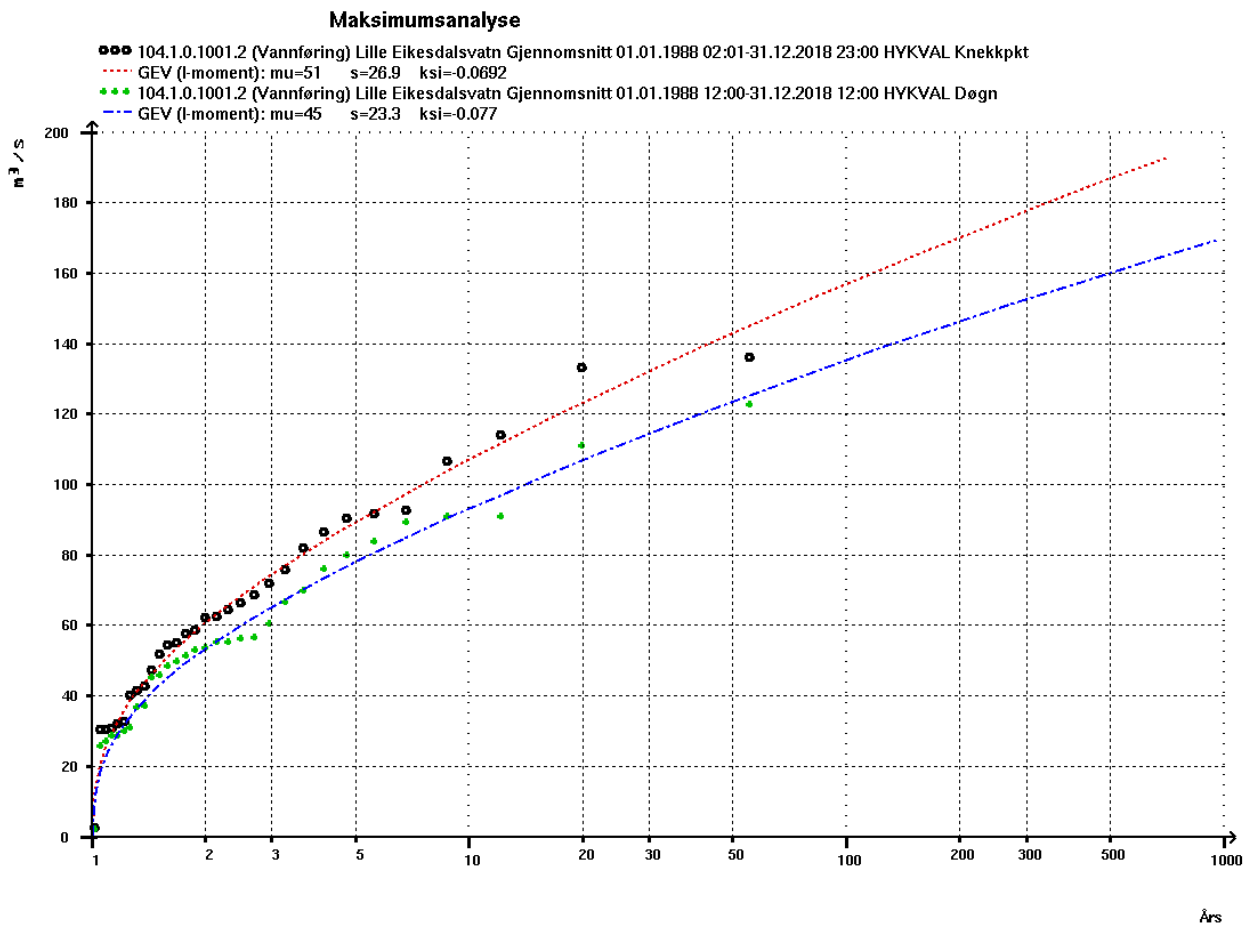
En alternativ metode for å vurdere forholdet mellom døgnmiddelflom og momentanflom er å se på registrerte flommer i vassdraget. For vannmerke 104.1 Lille Eikesdalsvatnet eksisterer timesmålinger fra 1988 og frem til 2018. For denne perioden er det mulig å finne forholdet mellom største timesverdi og tilhørende døgnflom. Ved den største flomhendelsen i måleperioden (juni 2006) er forholdet mellom kulminasjonsverdi og døgnverdi beregnet til 1,47, men dette er en tydelig «outlier» i måleserien. Flomhendelsen var en kombinasjonsflom mellom snøsmelting og nedbør uten at det var registrert overløp på Aursjø. Det er også verdt å legge merke til at flomtoppen skjedde i overgangen mellom to døgn. Konsekvensen av dette er at forholdet mellom momentanverdi og døgnverdi blir forholdsvis stor, men at også døgnmiddelverdien blir forholdsvis lav.

Det er også utført en frekvensanalyse hvor største timesverdi er sammenlignet med tilhørende døgnmiddelflom. Frekvensplottet fra beregningen er vist i Figur 9 og tilsier at forholdet mellom $Q_{mom}/Q_{døgn}$ ved en 200-årsflom er 1.16.

Måleserien har en varighet på 31 år, noe som vurderes som en akseptabel målelengde. De målte verdiene samsvarer bra med verdiene beregnet med formelverket. **Som en konservativ tilnærming og fordi det er ventet at forholdstallet blir høyere ved større gjentakintervall er det valgt å benytte 1,47 (største registrerte verdi) som forholdstall mellom døgnmiddelflom og kulminasjonsflom.**

Tabell 7 Forhold mellom momentanflom og døgnmiddelflom beregnet med NVEs formelverk.

Flomsesong	$Q_{mom}/Q_{døgn}$
Høst	1.47
Vår	1.26



Figur 9 Frekvensplott ved vanmerke 104.1 Lille Eikesdalsvatnet hvor kulminasjonsflom er sammenlignet med døgnmiddelflom.

2.7 Endelig valg av flomstørrelse og klimapåslag

Flomstørrelse ved Tyvika i Eikesdalen er vurdert ved bruk av frekvensanalyse på utvalgte vannmerker hvor det er valgt å vektlegge registreringene ved vannmerke 104.1 Lille Eikesdalsvatnet. Vannmerket ligger like oppstrøms det aktuelle planområdet og dekker både regulert og uregulert periode. Vannmerket er representativt for nedbørfeltet til Tyvika. Resultater fra beregningene og valgt flomverdi i vassdraget er sammenlignet i Tabell 8.

For frekvensanalysen, som er gjort på uregulerte vannføringer, er det et relativt stort spenn i vannføringer (244-575 l/s/km²), men det er også forholdsvis store ulikheter mellom de ulike nedbørfeltene. Målingene gjort ved vannmerke 104.1 Lille Eikesdalsvatnet i den uregulerte perioden (293 l/s/km²) ligger i nedre sjikt sammenlignet med det som er målt ved de andre utvalgte vannmerkene. Det er ikke uventet da nedbørfeltet til vannmerket er det største i analysen.

Ved sammenligning av vannføringsmålinger ved 104.1 Lille Eikesdalsvatnet kommer det tydelig frem at vannføringene i den uregulerte tidsperioden (1907-1952) er betydelig lavere enn i den regulerte tidsperioden (1960-2018).

Ved valg av flomstørrelse ved Tyvika hytteområde er det valgt å ta utgangspunkt i den regulerte tidsserien fra 104.1 Lille Eikesdalsvatnet. Det er forventet at dette vannmerket, og denne tidsperioden er den som på best måte vil representere flomforholdene ved Tyvika. For skalering til riktig feltstørrelse er det valgt å bruke forholdet mellom nedbørfeltene hvor feltareal til Aursjøen er trukket fra. Det betyr at takrennesystemene er inkludert i feltarealene til henholdsvis Tyvika (356 km²) og Lille Eikesdalsvatnet (315 km²). Det gir en skaleringsfaktor på 1,13, noe som er større enn om hele totalfeltet hadde blitt lagt til grunn, og marginalt lavere enn om bare de regulerte nedbørfeltene hadde blitt benyttet direkte. Flomverdien vil gjelde for en situasjon der Aura kraftverk, med tilhørende magasiner og overføringer, er i normal drift.

Klimaframskrivinger for Norge tilsier endringer i fremtidig temperatur og nedbørforhold. For Møre og Romsdal er det forventet at de største endringene vil skje for middels store nedbørfelt (200-1000 km²) som ligger 50-125 km fra kysten. NVE anbefaler 20% klimapåslag for alle større nedbørfelt i regionen, men poengterer samtidig at større klimaendringer kan forekomme og at for utvalgte områder kan disse være 40-60%. Klimapåslag er ikke et krav, men er på generelt grunnlag anbefalt av NVE ved prosjektering i tilknytning til vassdrag. Norconsult anbefaler 40% klimapåslag og anser det som en konservativ tilnærming. Kulminasjonsvannføring for middelflom, 200-årsflom, samt 200-årsflom inkludert klimapåslag (40%) er presentert i Tabell 8.

Tabell 8 Døgnmiddelverdier ved middelflom.

Beregningsmetode	Middelflom (m ³ /s)	200-årsflom (m ³ /s)
Frekvensanalyse VM 104.1 Lille Eikesdalsvatnet (1907-1952)	235	589
Frekvensanalyse VM 104.1 Lille Eikesdalsvatnet (1960-2018)	60	200
Valgt flomverdi ved Tyvika	68	226
Valgt flomverdi ved Tyvika inkl. 40% klimapåslag	95	316
Kulminasjonsflom	100	332
Kulminasjonsflom inkl. 40% klimapåslag	-	465

3 Hydraulisk vannlinjemodell

3.1 Beregningsmodell og datakvalitet

Vannstandsstigning, flomutbredelse og vannhastigheter ved Tyvika i Eikesdalen er beregnet ved bruk av en 2-dimensjonal hydraulisk modell i dataprogrammet HEC-RAS. Grunnlaget for modellen er laserdata over området som er målt opp i 2015 og i 2018. Oppmålingen fra 2015 har en nøyaktighet / tetthet på 2 pkt. per kvadratmeter og dekker terrengoverflaten utenom Eikesdalsvatnet. For Eikesdalsvatnet ble det i 2018 utført en egen dybdemåling som ble levert med 5 meter oppløsning. Alle høydene i modellen refererer til høydedatum NN2000.

Vannstand, vannføring og vannhastighet i modellen beregnes mellom celler i et «beregningsmesh». Cellestørrelsen i modellen er satt til 5x5 meter i elven og i flomutsatte områder. Flattere områder i modellen og områder som ikke oversvømmes har cellestørrelse på 15x15 meter. Kritiske overganger eller markante formasjoner i terrenget slik som vegger har mindre celle-størrelse. Modellen starter ca. 1500 meter oppstrøms Tyvika og er avsluttet ca. 1500 meter ut i Eikesdalsvatnet. Se markering av modellert område i Figur 10.



Figur 10 Oversiktskart med markering av beregningsområde.

3.2 Grensebetingelser

Vannlinjemodellen er satt opp med en øvre og nedre grensebetingelse hvor oppstrøms grensebetingelse er flomvannføring inn på beregningsområdet. Flomvannføringen er momentanverdi for flom både med og uten klimapåslag, som presentert i Tabell 8. Nedre grensebetingelse er satt lik forventet 200-årsvannstand (24,29 moh.) i Eikesdalsvatnet slik den er beregnet i kapittel 2.5.

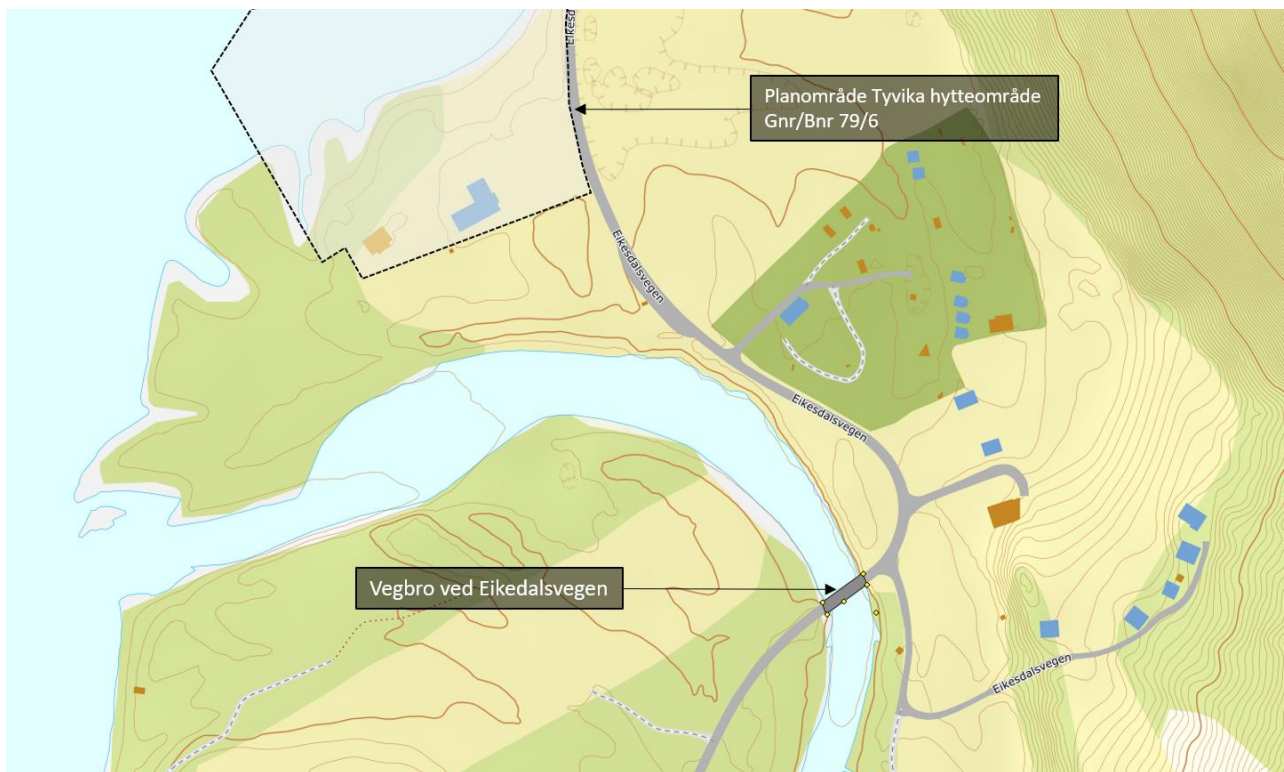
Det er ikke utført befarings i området og friksjonsforholdene er derfor vurdert ut fra kartdata og flyfoto. Eira der den renner ut i Eikesdalsvatnet er relativt slak og elva består av mindre stein og flere avsetningsområder. Elvebredden består av en tynn stripe med vegetasjon som går over i skog eller jordbruksområder.

Friksjonsfaktoren for beregningsstrekningen er basert på Manningstall (n), og varierer fra 0,02 der det er veier til 0,08 i skogområdene. Manningstallet i elveløpet er satt til 0,03. Inndeling av arealsoner er basert på arealressurskart fra Statens kartverk.

3.3 Infrastruktur i modellen

Det er en bru (Eikesdalsvegen) som krysser vassdraget i beregningssonen like oppstrøms Tyvika hytteområde. Broen er kontrollmålt og brudekket ligger mellom 26,8 og 27,0 moh. og har en tykkelse på ca. 0,6 meter. Et oversiktskart med markering av broen er vist i Figur 11, mens et bilde av broen er vist i Figur 12. Vegbroen er inkludert i modellen, men utformingen er noe forenklet for å veie opp for noe mindre lysåpning på grunn av konservativ terrengoppmåling i elveløpet. Av den grunn er brupilaren fjernet.

Broen har i utgangspunktet god avledningskapasitet, men det vil alltid være fare for at drivgods reduserer kapasiteten. Det er derfor krevende å forutse ved hvilket gjentaksintervall avledningskapasiteten overstiges. En slik situasjon, hvor kapasiteten til bru-tverrsnittene overstiges, kan føre til økt oversvømmelse på oppstrøms side fordi vannstanden holdes tilbake ved broen. For broen ved Tyvika er det ikke forventet at dette vil ha noen annen konsekvens enn at selve broen oversvømmes og at mer vann vil renne i terrenget på begge sider av elva. Basert på de oppmålinger som er utført og valg av tilsigsverdier er det forventet at 200-årsflom fører til overtopping av broen. Samtidig poengteres det at deler av terrenget som ligger oppstrøms brua ligger lavere, slik at det allerede renner vann i terrenget som krysser Eikesdalsvegen.



Figur 11 Oversiktskart med markering av bro ved Eikedalsvatnet.



Figur 12 Vegbro som krysser Eira like oppstrøms Tyvika.

4 Resultat og konklusjon

Flomsonekart som viser flomutbredelse ved Tyvika ligger vedlagt i Bilag 1. Flomutbredelsen er vurdert for 200-årsflom og 200 årsflom inkludert 40% klimapåslag.

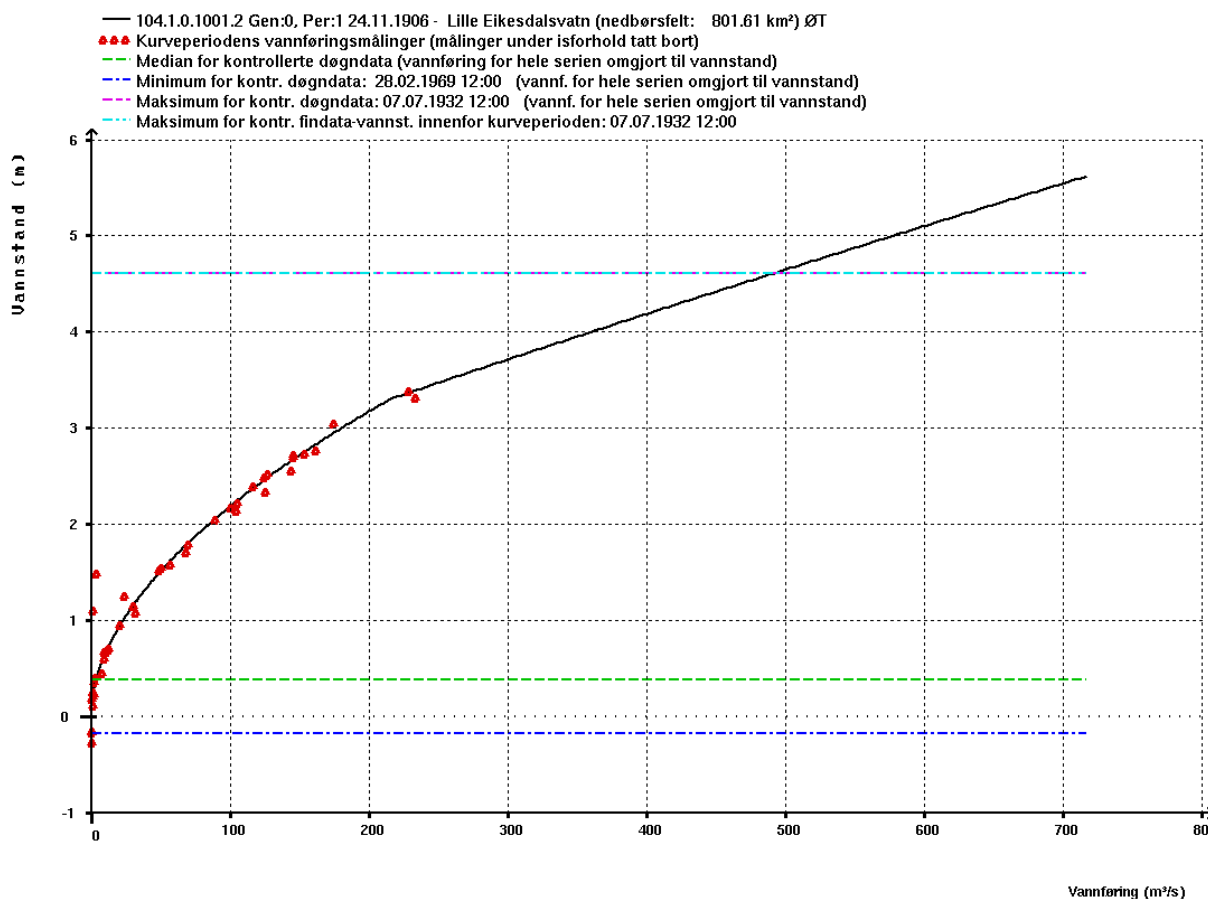
Flom i vassdraget fører til vannstandsstigning som oversvømmer flate og lavtliggende områder tett på elven. Tyvika hytteområde ligger ca. 24 moh. og vannstanden i Eikesdalsvatnet ved 200-årsflom (ca. 24,3 moh.) vil oversvømme deler av området. Vannstanden i Eira er høyere enn i Eikedalsvatnet og varierer fra ca. 24,3-25,1 moh. på strekningen der den renner forbi Tyvika. Det er et høydeparti langs med elva som hindrer vannet fra å renne inn på planområdet. Hvis planområdet skal utnyttes, anbefales det å sikre området mot flom. NVE anbefaler på generelt grunnlag en sikkerhetsmargin på mellom 30 og 50 centimeter. Basert på beregningene som er gjort og kvaliteten på tilgjengelige data vurderer Norconsult at nedre sjikt av NVEs anbefaling vil være tilstrekkelig. Som følge av 40% klimapåslag vil vannstanden i Eira ved Tyvika stige med ca. 20-30 centimeter.

Utover oversvømmelse av Tyvika er det forventet at deler av områdene Stormoen og Grandan vil oversvømmes. Disse områdene er ikke bebygd, men deler av Stormoen er benyttet som landbruksareal. På grunn av tilstopping av vegbroen over Eira er det også forventet deler av flomvannføringen vil krysse over på østsiden av Eikedalsvegen og renne gjennom området hvor det i dag er campingplass. Trolig er dette et gammelt elveløp. I tillegg vil Eikedalsvegen som går over Stormoen bli oversvømt. Veggen er eneste vegforbindelse videre inn i Eikesdalen og må forventes å bli stengt ved større flomhendelser.

5 Diskusjon og vurdering av resultatet

5.1 Usikkerheter

Det vil alltid være usikkerheter knyttet til beregninger av flom og flomvannstand. Både fordi registrering av flomdata ved målestasjoner inneholder unøyaktigheter og fordi måleperioden ikke er tilstrekkelig lang for å danne et sikkert grunnlag for store flommer. Denne flomberegningen er i hovedsak basert på målinger fra ett vannmerke og er således sårbar for feilmålinger her. Samtidig er serien forholdsvis lang og godt representativ. Figur 13 viser vannføringskurven til vannmerke 104.1 Lille Eikesdalsvatnet. Kurven viser forholdet mellom vannføring ved målestasjonen og tilhørende vannstand i Lille Eikesdalsvatnet. Punktene på kurven tilsier at kurven er målt opp til litt over 200 m³/s noe som er litt større enn den estimerte 200-årsflommen i regulert tidsperiode. Det vurderes som bra i lys av størrelsen på flomvannføringene i dagens situasjon.



Figur 13 Vannføringskurve for vannmerke 104.1 Lille Eikesdalsvatnet.

Store deler av terrengmodellen er basert på en punktsky med bakkepunkt registrert fra fly. Særlig i områder med tett vegetasjon vil terrengmodellen være interpolert, og dette gir unøyaktigheter i modellen. En annen kilde til usikkerhet er endring i elveprofilen på grunn av erosjon eller tiltak som er skjedd etter at kartlegging ble foretatt. Siden laserkartlegging med tradisjonell laser ikke kan kartlegge under vann, gjør dette at beregningen blir litt konservativ, særlig på strekninger der vassdraget har en viss dybde. På tidspunktet for oppmåling av terrenget (22.10.2016) var

vannføringen i elva lav med en estimert døgnmiddelvannføring som er lavere enn 1 m³/s. Usikkerhetene i den hydrauliske modellen knytter seg også til vurdering av friksjonsforhold og om friksjonsfaktorene som er benyttet i modellen gjenspeiler de forhold som oppstår i vassdraget.

Forholdene nevnt ovenfor er i hovedsak tekniske og beregningsmessige usikkerheter. Den enkeltfaktoren som i størst grad påvirker flomforholdene i Eikesdalen er hvordan reguleringen av Aursjøen styres. Beregningene er basert på nesten 70 år med målinger, og er forventet å representere de faktiske forhold på en god måte. Samtidig må det påpekes at flomvannføringen er relativt følsom for endringer i reguleringen av vassdraget, eller dersom magasin og Aura kraftverk med tilhørende tunneler og bekkeinntak ikke er i normal drift.

5.2 Sensitivitetsvurdering

Det er gjort en sensitivitetsvurdering for å se hvordan resultatene påvirkes av endringer i forutsetningene. Flom med 200-års gjentaksintervall inkl. klimapåslag har en vannføring som er 40% større enn samme flomsituasjon uten klimapåslag. Vannstandsfor skjellen langs vassdraget mellom disse to gjentaksintervallene varierer, men er sjelden mer enn 0,2-0,3 meter, mest i trangere partier av elva med lite strømningsstverrsnitt. Forutsetningene tatt i betraktning anses beregningene som relativt lite sensitive.

6 Bilag og referanser

6.1 Bilag

1. Flomsonekart 200-årsflom og 200-årsflom i år 2100
2. Lavvannskart fra NEVINA
3. Frekvenskurver fra utvalgte vannmerker

6.2 Referanser

1. NVE (2011). *Retningslinjer for flomberegninger*. NVE-rapport 4-2011.
2. NVE (2016). *Klimaendring og framtidige flommer i Norge*. NVE-rapport 81-2016.
3. Asplan viak (2017). *Flomvurdering for Tyvika hytteområde, Gnr 79 Bnr 6 – Nesset kommune*, Utgave 1.
4. NVE (2014). *Flaum- og skredfare i arealplanar*. NVE-rapport 2-2011.

Bilag 1 – Flomsonekart 200-årsflom og 200-årsflom i år 2100

0 75 150 300
Meter

Flomsonekartlegging ved Tyvika

Flomsituasjon: 200-årsflom

Målestokk: 1:4000
1 cm = 40 meter
Format: A3

Kartgrunnlag: Laserdata, NDH Møre Øst, 2015
Laserdata, Eikesdalsvatnet dybde, 2018

Koordinatsystem: UTM_Zone_32N, NN2000



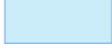


Flomberegning: Norconsult (desember 2019)
Vannlinjeberegning: Norconsult (desember 2019)

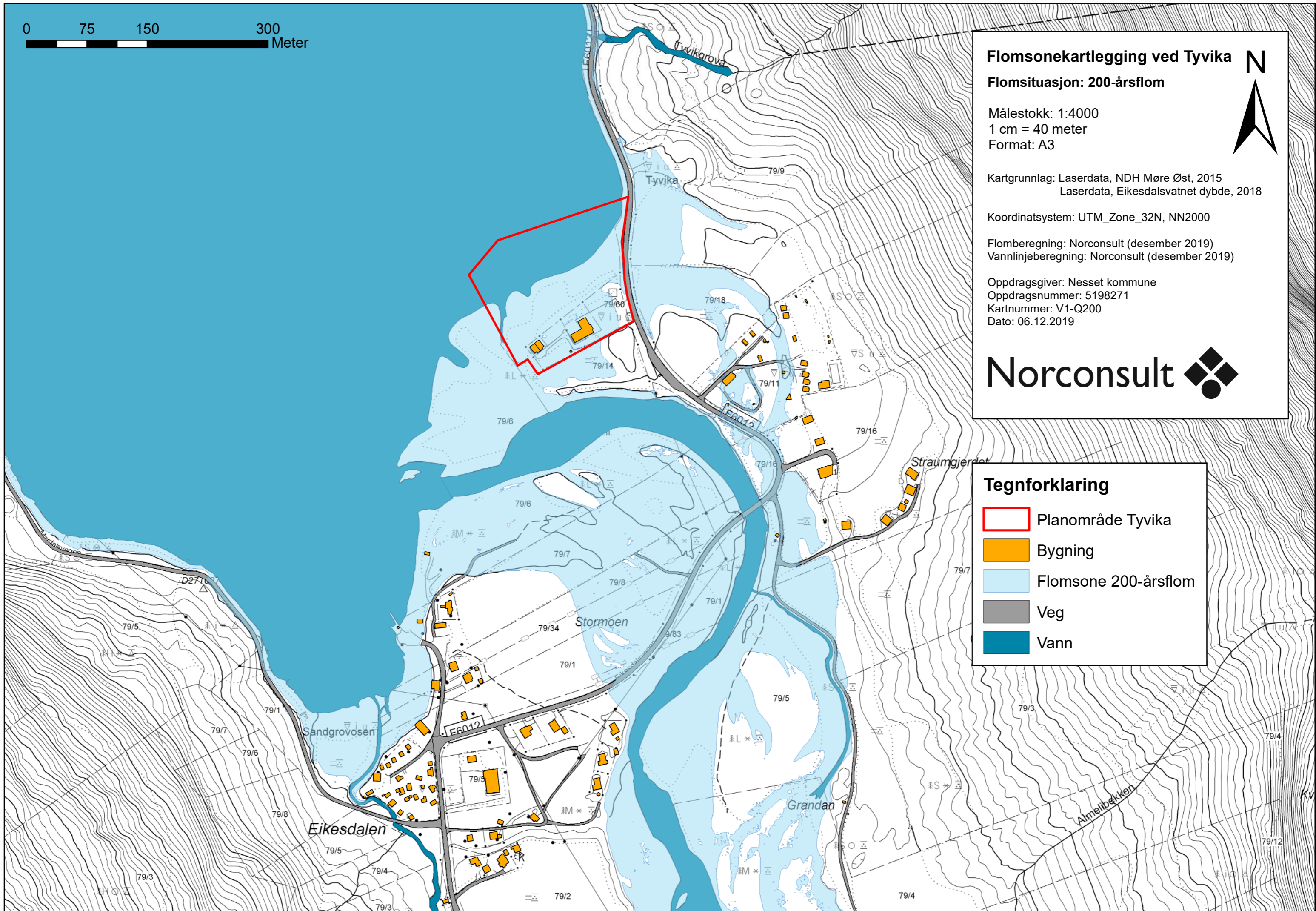
Oppdragsgiver: Nesset kommune
Oppdragsnummer: 5198271
Kartnummer: V1-Q200
Dato: 06.12.2019



Norconsult

Tegnforklaring

-  Planområde Tyvika
-  Bygning
-  Flomsone 200-årsflom
-  Veg
-  Vann



0 75 150 300
Meter

Flomsonekartlegging ved Tyvika

Flomsituasjon: 200-årsflom inkl 40% klimapåslag

Målestokk: 1:4000

1 cm = 40 meter

Format: A3

Kartgrunnlag: Laserdata, NDH Møre Øst, 2015
Laserdata, Eikesdalsvatnet dybde, 2018

Koordinatsystem: UTM_Zone_32N, NN2000

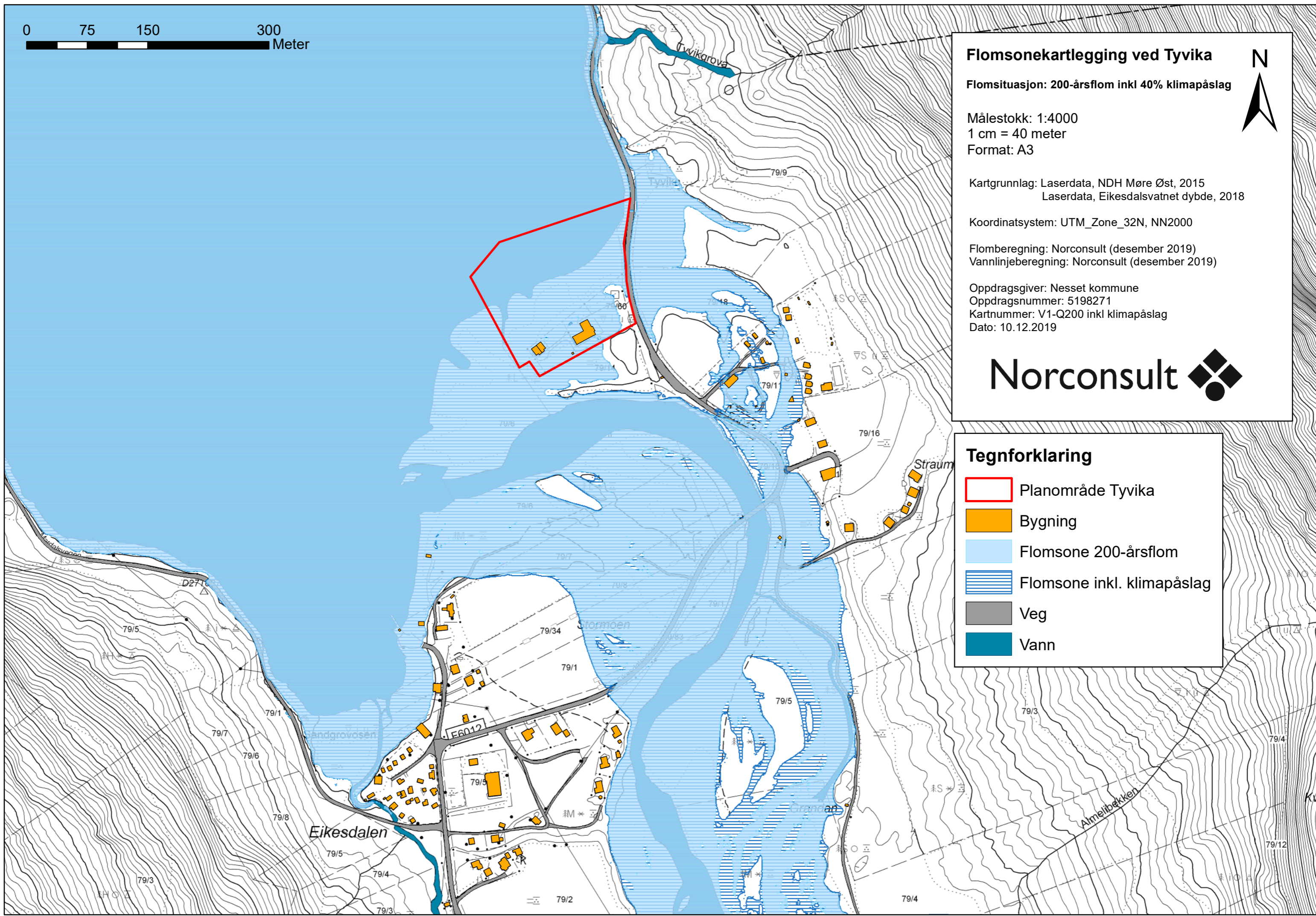
Flomberegning: Norconsult (desember 2019)
Vannlinjeberegning: Norconsult (desember 2019)

Oppdragsgiver: Nesset kommune
Oppdragsnummer: 5198271
Kartnummer: V1-Q200 inkl klimapåslag
Dato: 10.12.2019

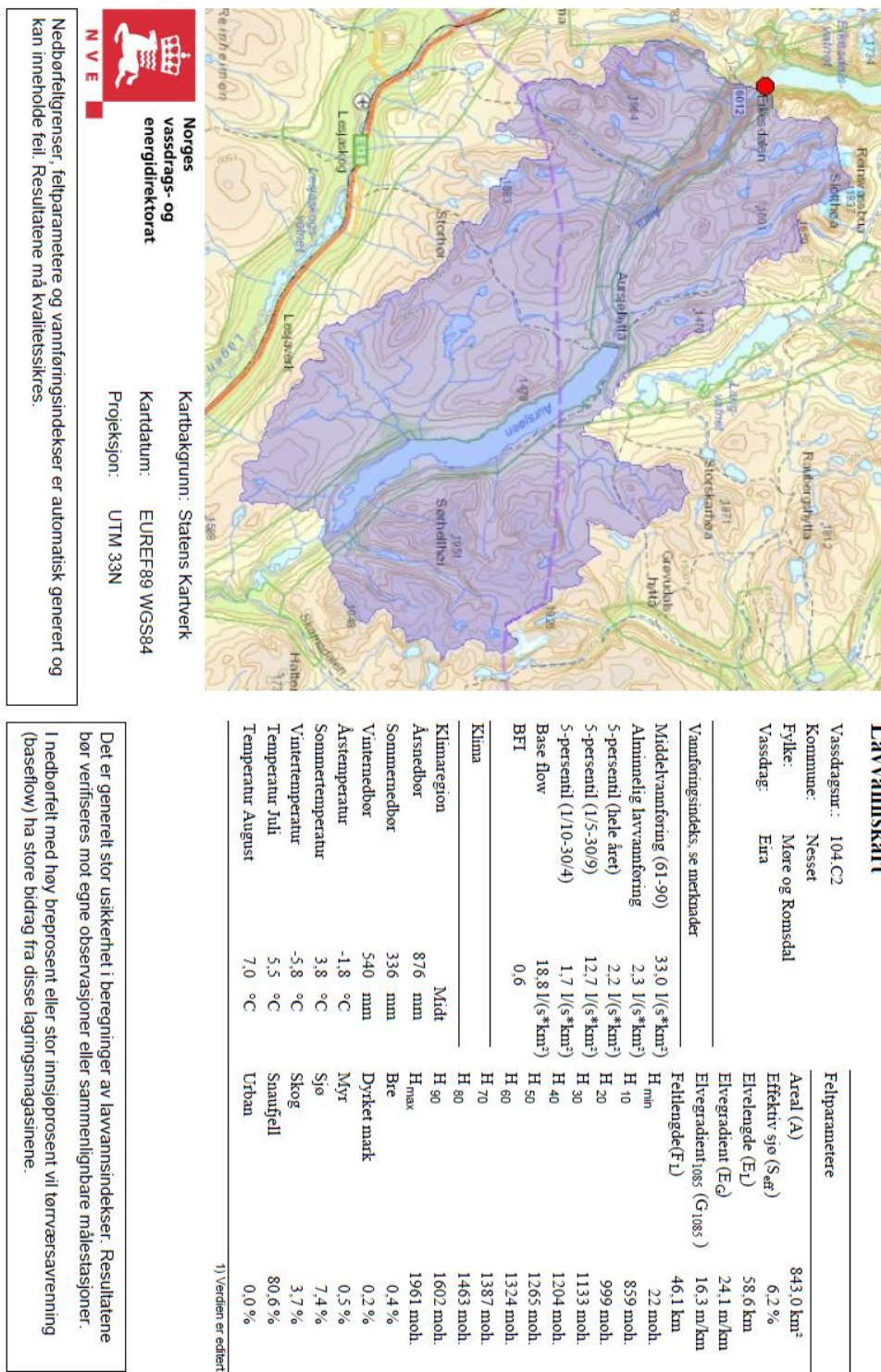
Norconsult 

Tegnforklaring

-  Planområde Tyvika
-  Bygning
-  Flomsone 200-årsflom
-  Flomsone inkl. klimapåslag
-  Veg
-  Vann



Bilag 2 - Lavvannskart fra NEVINA



Det er generelt stor usikkerhet i beregninger av lavvannsindeks. Resultatene bør verifiseres mot egne observasjoner eller sammenlignbare målestasjoner. I nedbørfelt med høy breprosent eller stor innsjøprosent vil tørrværsavrenning (baseflow) ha store bidrag fra disse lagingsmagasinene.

(1) Verdien er edlert

Bilag 3 – Frekvenskurver fra utvalgte vannmerker

