



Bilde: Setnesgrova som går under E136 i Veblungsnes Kilde: Asplan Viak.

## NOTAT Hydrologi for E136 Veblungsnes

### Planarbeid E136 Dombås-Vestnes Strekningen Veblungsnes

---

Nasjonal PlanID: NV15E136VV

Prosjekt nr.:	629042-06
Oppdragsgiver:	Nye Veier AS

Revisjonsoversikt

Revisjon	Dato	Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av
00	25.11.2022	HMK/AV	MSL/AV	LIS/VN

Endringsoversikt

Revisjon	Endringsbeskrivelse
00	<i>Nytt dokument</i>

På vegne av Nye Veier har Asplan Viak utarbeidet hydrologinotat i forbindelse med planarbeid for E136 Dombås - Vestnes. Hydrologinotatet inngår som en del av grunnlaget for utarbeidelse av reguleringsplan for strekningen Veblungsnes. Dette notatet omfatter grunnlag, rammer og forutsetninger for hydrologi.

### Kontaktinformasjon:

Fagansvarlig for hydrologi:

Asplan Viak, Hege Merete Kalnes, 94180886, [hege.kalnes@asplanviak.no](mailto:hege.kalnes@asplanviak.no)

Oppdragsleder Plan AAV:

ViaNova, Geir Syrtveit, 90886230, [geir.syrtveit@vianova.no](mailto:geir.syrtveit@vianova.no)

Trondheim, 25.11.2022

---

Dato/Sted

*Hege H. Kalnes*

---

Signatur av fagansvarlig hydrologi HEGE MERETE KALNES

## Innhold

<b>1</b>	<b>Sammendrag</b> .....	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Innledning</b> .....	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>Bakgrunn for hydrologinotat</b> .....	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>Regelverk</b> .....	<b>8</b>
	4.1 Statens vegvesens vegnormaler .....	8
	4.2 Vannressursloven.....	18
<b>5</b>	<b>Anbefalinger for metodikk</b> .....	<b>22</b>
	5.1 Hydrologiske beregninger.....	22
	5.2 Hydrauliske beregninger.....	28
	5.3 Erosjonsberegninger .....	34
	5.4 Dimensjonering av midlertidige anlegg .....	37
<b>6</b>	<b>Beskrivelse av strekningen</b> .....	<b>38</b>
<b>7</b>	<b>Overordnede føringer for strekningen</b> .....	<b>40</b>
<b>8</b>	<b>Gjennomgang og vurdering av eksisterende grunnlag</b> .....	<b>41</b>
	8.1 Flomsonekart Delprosjekt Rauma (NVE).....	41
	8.2 Stormflo (Kartverket) .....	42
	8.3 Data for vanngjennomløp .....	43
<b>9</b>	<b>Ny veglinje og planlagte tiltak i vassdrag</b> .....	<b>44</b>
<b>10</b>	<b>Faglige anbefalinger for videre arbeid</b> .....	<b>45</b>
<b>11</b>	<b>Referanseliste</b> .....	<b>47</b>
<b>12</b>	<b>Vedlegg</b> .....	<b>49</b>

## 1 Sammendrag

Dette notatet er utarbeidet i forbindelse med første fase i prosjektet E136 Veblungsnes, og omfatter grunnlag, rammer og forutsetninger for hydrologi for vegstrekningen, med fokus på flom. Det er først gitt en oppsummering av regelverket en må forholde seg til, herunder krav til utredninger og dimensjonering, og gitt generelle anbefalinger for metodikk/fremgangsmåte for å oppfylle dette.

Vegstrekningen på Veblungsnes er relativt kort, og det er kun to vassdrag av nevneverdig størrelse som berører vegen; elven Rauma og bekken Setnesgrova. Dagens veg ligger også relativt nærme sjøen, og er delvis utsatt for stormflo.

Det er vurdert at strekningen faller innen **sikkerhetsklasse V2** for flom, med en dimensjonerende returperiode på  $T_{dim} = 200$  år i henhold til Vegnormal N200. Den dimensjonerende flomvannføringen skal også hensynta fremtidige klimaendringer samt usikkerheter, og det skal legges til grunn en klimafaktor på  $F_k = 1,4$  og usikkerhetsfaktor  $F_u = 1,1$ .

Det er ikke identifisert noen temarapporter som omhandler flom/hydrologi fra påbegynt reguleringsplan av Statens vegvesen for E136 Veblungsnes. Rauma ble imidlertid flomsonekartlagt av NVE i 2005. Denne kartleggingen viser at Rauma ikke utgjør en flomfare for vegen, og at stormflo vil gi større vannstander enn elveflom ved Raumas utløp.

Planlagt linje for ny veg ligger høyere opp i terrenget sammenlignet med dagens veg. Følgelig er fare knyttet til stormflo og bølgeerosjon ikke ansett som en relevant problemstilling for den nye vegen.

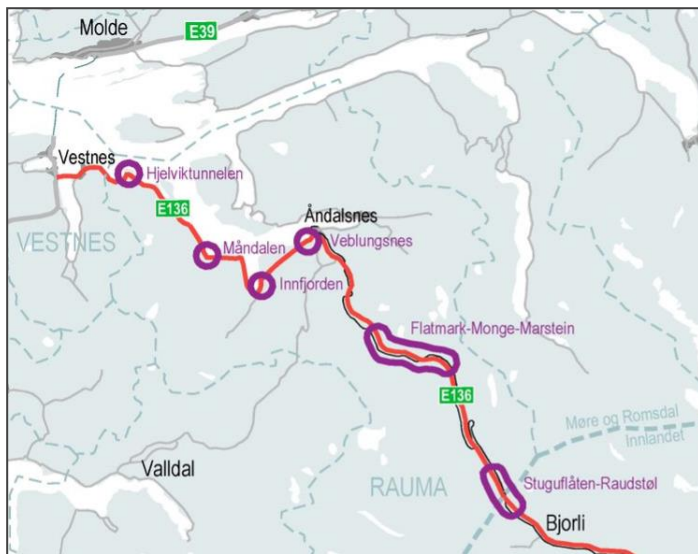
Kartlegging av flom og kvikkleireskred i Setnesgrova, ble utført sommeren/høsten 2022. Disse viser at både flom og skred vil gå over E136 ved eksisterende krysning med Setnesgrova. I etterkant kartleggingene, har det blitt bestemt at den nye vegen skal starte ved Grytten kirke, slik at den ikke berører faresoner for skred og flom. Da krav til sikkerhet mot flom og skred kun gjelder ny veg, er det følgelig ikke behov for tiltak for å oppnå dimensjoneringskrav. Det poengteres imidlertid at vegen vil bli stengt ved dimensjonerende flom og skred, uavhengig av startpunktet for reguleringsplanen.

I forbindelse med utarbeidelse av dette notatet, er det gjort en kartlegging av feltgrenser, vannveier og flomveier i området ved bruk av overflatemodellen SCALGO Live. Det er også gjort en kartlegging av vanngjennomløp i vegstrekningen, basert på informasjon i NVDB/Vegkart og innmålinger under befarings.

## 2 Innledning

Nye Veier AS ble opprettet av Stortinget i 2016 med mål om å oppnå en effektiv og helhetlig utbygging, drift og vedlikehold av trafikksikre riksveger. Stortinget har gitt Nye Veier mandat til å prioritere rekkefølgen på prosjektene ut ifra samfunnsøkonomisk lønnsomhet.

E136 på stekningen fra Dombås til Vestnes er en del av hovedveiforbindelsen mellom Vestlandet og Østlandet. Nye Veier har denne veistrekningen i sin portefølje og har nå prioritert å starte opp planarbeidet.



Figur 2-1 Strekingen E136 Dombås-Vestnes.

Dagens E136 er av variabel standard, og sikkerhet og framkommelighet er ikke tilfredsstillende. Veien er en viktig transportkorridor, særlig for næringstrafikken. Store deler av strekingen har i dag dårlig veistandard med krappe svinger, mange kryss og avkjørsler. Det er i tillegg identifisert elleve skredpunkter på strekingen. Det er trafikale problemer knyttet til stigning oppover Romsdalen, og til vinterdrift i snøtungt område rundt Bjorli.

Dette oppdraget ser i hovedsak på to strekninger:

1. Fullføring av et allerede påbegynt reguleringsplanarbeid for strekingen Flatmark-Monge-Marstein hvor Statens vegvesen har utarbeidet forslag til reguleringsplan og oversendt forslaget til Rauma kommune for behandling. I samråd med Nye Veier har Rauma kommune valgt å ikke ta saken opp til behandling i påvente av at Nye Veier går igjennom planmaterialet for å se etter optimaliseringsmuligheter, både i forhold til prissatte og ikke prissatte konsekvenser av planforslaget.
2. Utarbeidelse av reguleringsplan forbi Veblungsnes. Her har Statens vegvesen utarbeidet et grunnlag for utarbeidelse av reguleringsplan. Nye Veier har fått vedtatt i Rauma kommune at tunnelalternativet, som også foreslått av Statens vegvesen, nå er lagt bort.

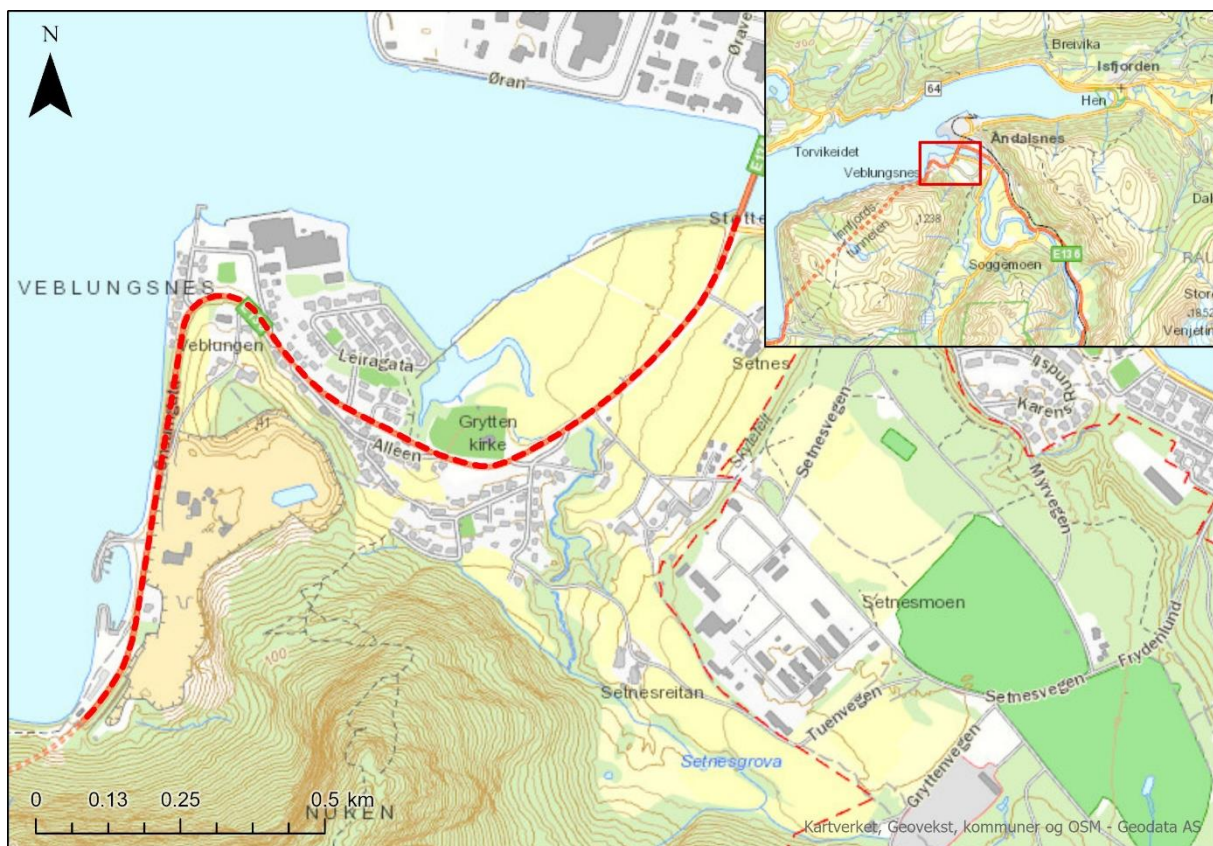
I tillegg inneholder oppdraget en opsjon på mulig utrednings- og planarbeid på strekingen Veblungsnes – Vestnes.

### 3 Bakgrunn for hydrologinotat

E136 på strekningen Veblungsnes krysser bekker og flomveier, og ligger også nærme sjøen - se Figur 3-1. Det er altså en fare for at vegstrekningen er flomutsatt.

Dette hydrologinotatet omfatter grunnlag, rammer og forutsetninger for hydrologi for vegstrekningen, med fokus på flom. I notatet er det gjennomgått relevant regelverket, herunder krav til utredninger og dimensjonering, samt generelle anbefalinger for metodikk/fremgangsmåte for å oppfylle dette. Det er sett nærmere på vassdragene som berører vegstrekningen, hvor det er gitt en områdebeskrivelse basert på kartstudie og befaring. Det er videre gjort en gjennomgang og vurdering av foreliggende grunnlag fra påbegynt reguleringsplan av Statens vegvesen og andre tilgjengelige kilder. Sammen med en gjennomgang av planlagte tiltak i forbindelse med vegprosjektet, er det gitt faglige anbefalinger for videre arbeider.

Hydrologinotatet skal benyttes som et kunnskapsgrunnlag, slik at sikkerhet mot flom blir ivaretatt i prosjektet E136 Veblungsnes.



Figur 3-1 Oversiktskart for strekningen E136 Veblungsnes.

## 4 Regelverk

Det er primært to typer regelverk en må forholde seg til når det kommer til vannhåndtering i vegplanlegging; Statens vegvesens vegnormaler og vannressursloven. Det er her gitt en oppsummering av de viktigste kravene med hensyn til flom gitt i disse.

### 4.1 Statens vegvesens vegnormaler

Krav til vannhåndtering i vegprosjekter er omfattet i Statens vegvesens Vegnormal N200 *Vegbygging* (2021), kapittel 2. For vanngjennomløp som klassifiseres som bruer (spennvidde  $\geq 2.5$  meter), gjelder kravene i Vegnormal N400 *Bruprojektering* (2022). Krav til høyde på vegbanen i forhold til sikkerhet mot flom er gitt i Vegnormal N100 *Veg- og gateutforming* (2021). I vegnormalene er det gitt krav til dokumentasjon, fastsettelse av akseptabel flomfare og dimensjonering i forhold til dette.

Det bemerkes at vegnormalene gir krav for *nybygd* veg. Dersom eksisterende veg beholdes, uten utbedringer, må ikke nødvendigvis kravene oppfylles. Det bør imidlertid gjøres en vurdering av behov for utbedringer dersom flom kan medføre fare for liv og helse.

Videre gjelder kravene til vannhåndtering i Vegnormal N200 for *permanente* anlegg. For midlertidige anlegg, er det ikke gitt direkte krav, men det anbefales å bruke metodikken beskrevet i SVVs Håndbok V240 *Vannhåndtering*. Vannhåndtering for midlertidige anlegg er videre omtalt i kapittel 5.4.

#### 4.1.1 Krav vedrørende eiendom og dokumentasjon

Utforming av vannveier og vannhåndteringstiltak kan medføre at arealer og installasjoner utenfor vegområdet blir berørt. Tiltak bør derfor tilpasses slik at avrenningsforholdene forblir slik de var før tiltak ble gjennomført i størst mulig grad. Ved gjennomføring av tiltak som berører tilstøtende eiendommer, er det gitt følgende krav:

**Vegnormal N200 KRAV 2.4 SKAL** GJELDENDE FRA 22.06.2021

Vann som ledes fra eller gjennom vegområdet, skal ikke slippes ut over tilstøtende eiendommer uten at det er ervervet rett til dette ved avtale eller ekspropriasjon.

I planlegging av vannhåndtering, er det diverse dokumentasjon som må foreligge slik at sikkerhet mot flom ivaretas. Hydrologi er et premissfag som kan gi overordnede føringer for hvordan vegprosjektet kan utføres, og bør følgelig hensyntas relativt tidlig i prosjektet. Det er gitt følgende krav til dokumentasjon, som utgjør grunnlaget for planlegging, dimensjonering, prosjektering, bygging og kontroll gjennom planprosessen:

**Vegnormal N200 KRAV 2.5 SKAL** GJELDENDE FRA 22.06.2021

Tabell 2.1 (Tabell 4-1 i notat) angir dokumentasjon som skal foreligge i de forskjellige planfasene.



Tabell 4-1 Dokumentasjon knyttet til vannhåndtering som skal foreligge i de forskjellige planfasene. Tabellen er basert på Tabell 2.1 i Vegnormal N200.

Tema relatert til flom/hydrologi	Fase		
	Konsekvens-utredning	Reguleringsplan	Prosjektering
Kartlegging av feltgrenser, vannveier og flomveier i nedbørfeltene	(X)	X	D
Vurdering av flomvannstand og vegens høyde	X	X	D
Kartlegging av avrenningsforhold	(X)	X	D
Kartlegging av erosjon- og massetransport i aktuelle vannveier	(X)	X	D
Kartlegging av eksisterende drenering i området		X	D
Arealbehov ved endring i elve- og bekkereguleringer (i samarbeid med vassdrags- og miljømyndighetene)		P	D
Planlegging, dimensjonering og detaljprosjektering av tiltak*			P
<b>Øvrige temaer knyttet til vann</b>			
Avledning av vann fra veg- og skråningsareal		P	D
Vurdere endringer i normalprofilen, f.eks. ved nedføring mellom veger, ramper, G/S-veger			D
Kartlegge vandringsveger for fauna	(X)	X	D
Kartlegge forurensningskilder som kan påvirke drikkevann, vassdrag, grunnvann og andre sårbare resipienter	(X)	X	D
Hindre/begrense endring i grunnvannsnivå		P	D
(X) = Kartlegging av beskrevet forhold anbefales X = Kartlegging av beskrevet forhold skal gjennomføres P = Prinsipløsning skal foreligge D = Detaljløsning som viser arealbruk og utforming av løsninger, skal foreligge * Gjelder også for øvrige temaer (ikke bare relatert til flom/hydrologi)			

I tillegg er det gitt spesielle krav til dokumentasjon for bruer over vassdrag i Vegnormal N400 *Bruprosjektering*:

<p><b>Vegnormal N400 KRAV 1.2.2—1 SKAL</b></p> <p>For bruer over vassdrag skal i tillegg følgende foreligge</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- lengde- og tverrprofil av elveløpet</li> <li>- beskrivelse av elveløpet</li> <li>- dimensjonerende flomnivå og vannhastighet med korresponderende returperiode</li> <li>- vannføringsberegninger eller vannføringsobservasjoner, se krav 3.6.2 og 13.6.3</li> <li>- vannets kjemiske innhold dersom dette har betydning for aktuell konstruksjon</li> <li>- spesielle opplysninger om is og isgang, fiskeaktivitet, samt eventuelle krav til fri åpning for båttrafikk m.m.</li> </ul>	GJELDENE FRA 01.01.2022
---	-------------------------

Det er også gitt spesielle krav til dokumentasjon/tegninger av erosjonssikring rundt bruer over vassdrag i kapittel 1.4.2 og 1.4.5 i Vegnormal N400.

#### 4.1.2 Krav til dimensjonerende flomvannføring

Den dimensjonerende flomvannføringen ( $Q_{dim,T}$ ) er den vannføringen som vegen skal sikres mot. Altså skal utforming av vegen og vannhåndteringstiltak planlegges, dimensjoneres og prosjekteres slik at det ikke oppstår flomskader ved vannføringer mindre eller lik denne.

Dimensjonerende flomvannføring er produktet av flomvannføring med en gitt returperiode ( $Q_T$ ) og faktorer for klima ( $F_k$ ) og usikkerhet ( $F_u$ ):

$$Q_{dim,T} = Q_T \cdot F_k \cdot F_u$$

Krav til hvordan denne vannføringen skal fastsettes er omtalt i følgende underkapitler.

##### 4.1.2.1 Sikkerhetsklasse og returperiode for flom

I alle vegprosjekter, skal det fastsettes sikkerhetsklasser og dimensjonerende returperioder for flom, som angir den akseptable flomfaren.

Siden vannhåndtering er et sammensatt system, må planlegging hensynta både veg og omgivelser. Det er derfor gitt krav til at sårbare punkter skal identifiseres:

**Vegnormal N200 KRAV 2.6 SKAL** GJELDENE FRA 22.06.2021

Der vann ledes gjennom, eller fra, veg skal det bestemmes en sikkerhetsklasse for sårbare punkter.

Eksempler på sårbare punkter (utover veg), og dimensjonerende returperiode som gjelder for disse, er gitt i Tabell 4-2. For at kapasiteten i vannveien ikke begrenses av vegen, noe som kan medføre negative konsekvenser for sårbare punkter oppstrøms, er det gitt følgende krav (det bemerkes at kravet også kan oppfylles ved å bruke tiltak som fordrøyning og avlastende flomløp):

**Vegnormal N200 KRAV 2.7 SKAL** GJELDENE FRA 22.06.2021

For vannveier med flere sårbare punkter skal det ikke velges lavere returperiode T i nedstrøms retning.

Tabell 4-2 Eksempler på sårbare punkter hvor vann ledes gjennom, eller fra, veg, og hvilke regelverk og dimensjonerende gjentakintervall for flom som gjelder for disse.

Sårbare punkter	Regelverk	Sikkerhetsklasse / dimensjonerende returperiode for flom	
Jernbane	BaneNORs tekniske regelverk	T = 200 år	
Bebyggelse	TEK17 §7-2	F1	T = 20 år
		F2	T = 200 år
		F3	T = 1000 år

Sikkerhetsklasse for flom og dimensjonerende returperiode for drenering velges basert på ÅDT og omkjøringsmuligheter. Dette er et krav for alle vannveier, inkludert flomveier uten normalavrenning og avlastende flomløp. Det bemerkes at bruere og høyden på vegen

alltid skal dimensjoneres for et gjentakintervall på minimum 200 år, uavhengig av sikkerhetsklassen til veggen (se kapittel 4.1.3.2 og 4.1.4).

**Vegnormal N200 KRAV 2.8 SKAL**

GJELDENDE FRA 22.06.2021

Returperiode for flom skal bestemmes ut fra ÅDT og omkjøringsmuligheter, som gitt i Tabell 2.2 (Tabell 4-3 i notat).

**Vegnormal N200 KRAV 2.9 SKAL**

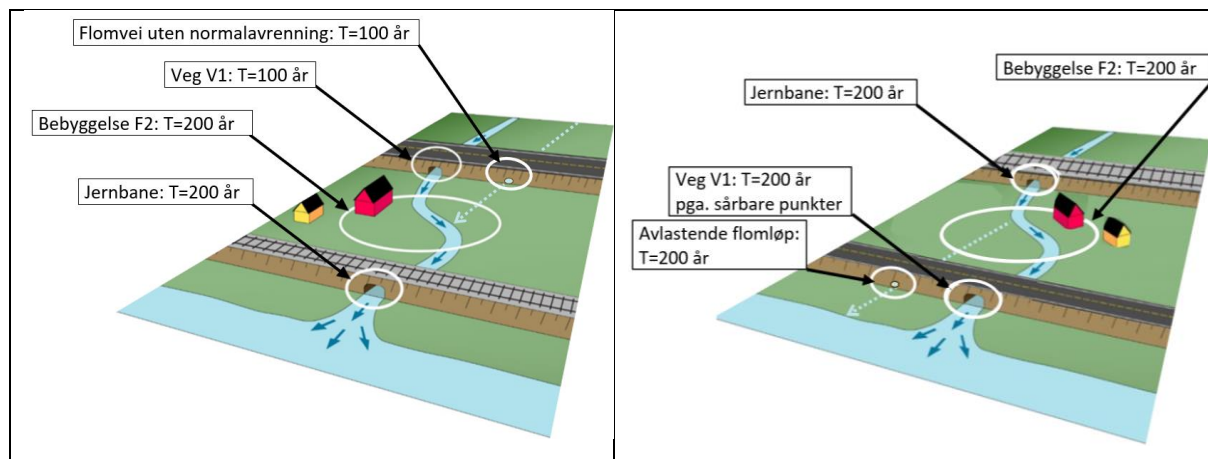
GJELDENDE FRA 22.06.2021

For flomveger skal det dimensjoneres for vannføring  $Q_{dim,T}$  som for andre vannveger ut fra valgt sikkerhetsklasse for flomvegen.

Tabell 4-3 Sikkerhetsklasser for flom og dimensjonerende gjentakintervall for drenering basert på årlig trafikkmengde (ÅDT) og omkjøringsmuligheter. Tilsvare Tabell 2.2 i Vegnormal N200.

Sikkerhets-klasse	ÅDT	Returperiode for flomhendelse			
		Med omkjøring		Uten omkjøring	
		Tverrdrenering	Langsgående drenering	Tverrdrenering	Langsgående drenering
V1	0 - 500	50 år	50 år	100 år	50 år
V2	500 - 4000	100 år	50 år	200 år	100 år
V3	> 4000	200 år	100 år	200 år	100 år

Figur 4-1 illustrerer hvordan sikkerhetsklasser og dimensjonerende returperiode skal vurderes og fastsettes for drenering, i forhold til plassering av sårbare punkter.



Figur 4-1 Illustrasjon av bestemmelse av dimensjonerende returperiode (T) for veg som krysser vann- og flomveier i forhold til plassering av sårbare punkter. Figuren er basert på Figur 2.1 og 2.2 i Vegnormal N200.

4.1.2.2 Påslag for klima og usikkerhet

Den dimensjonerende flomvannføringen skal hensynta klimaendringer og usikkerhet, i form av påslag/faktorer. I Vegnormal N200 er det gitt krav til hvilke faktorer som skal

benyttes for permanente anlegg med levetid på 50 år eller mer. For midlertidige anlegg kan det benyttes lavere faktorer, men aldri mindre enn 1,0 (tilsvarende null påslag).

Klimaendringer vil føre til endrede flomforhold i Norges vassdrag. Krav til hvilke klimafaktorer ( $F_k$ ) som skal benyttes, er basert på anbefalinger i klimaprofiler utarbeidet av Norsk Klimaservicesenter. Generelt forventes det en større økning i flomvannføring i små nedbørfelt (feltareal  $\leq 50 \text{ km}^2$ ) som reagerer raskt på intense nedbørhendelser.

<b>Vegnormal N200 KRAV 2.17 SKAL</b>	GJELDENDE FRA 22.06.2021
Tabell 2.5 (Tabell 4-4 i notat) angir $F_k$ som skal brukes for hvert fylke, for små og store nedbørfelt.	
<b>Vegnormal N200 KRAV 2.18 SKAL</b>	GJELDENDE FRA 22.06.2021
For anlegg som krysser én eller flere fylkesgrenser skal den høyeste av verdiene for de to fylkene legges til grunn.	

Tabell 4-4 Klimafaktor  $F_k$  for fylker. Tilsvarende Tabell 2.5 i Vegnormal N200.

Fylke	Klimafaktor, $F_k$	
	Små nedbørfelt ( $\leq 50 \text{ km}^2$ )	Store nedbørfelt ( $> 50 \text{ km}^2$ )
Oslo og Akershus	1,3	1,3
Buskerud	1,4	1,3
Vest-Agder	1,3	1,2
Aust-Agder	1,3	1,2
Finnmark	1,3	1,2
Hordaland	1,4	1,4
Møre og Romsdal	1,4	1,4
Nord-Trøndelag	1,3	1,3
Nordland	1,4	1,4
Oppland	1,2	1,2
Hedmark	1,4	1,2
Rogaland	1,3	1,3
Sogn og Fjordane	1,4	1,4
Sør-Trøndelag	1,2	1,2
Telemark	1,2	1,2
Troms	1,3	1,3
Østfold	1,4	1,2

Vannhåndtering planlegges ut fra hydrologiske og hydrauliske beregninger, som har usikkerhet knyttet til deg. For å hensynta dette, skal det legges til en usikkerhetsfaktor ( $F_u$ ):

<b>Vegnormal N200 KRAV 2.19 SKAL</b>	GJELDENDE FRA 22.06.2021
For alle anlegg med levetid over 50 år skal det brukes en sikkerhetsfaktor $F_u$ for usikkerhet ved beregning av dimensjonerende vannføring $Q_{\text{dim},T}$ , se Tabell 2.6 (Tabell 4-5 i notat).	

Tabell 4-5 Usikkerhetsfaktor for ulike sikkerhetsklasser for flom. Tilsvarende Tabell 2.6 i Vegnormal N200.

Sikkerhetsklasse	Usikkerhetsfaktor, $F_u$
V1 eller F1	1,0
V2 eller F2	1,1
V3 eller F3	1,2

#### 4.1.2.3 Krav til hydrologiske beregningsmetoder

For å finne flomvannføring/avrenning med en gitt returperiode ( $Q_T$ ), må det gjøres hydrologiske beregninger. Det er flere typer beregningsmetoder, som er videre omtalt i kapittel 5.1. For å redusere usikkerheten, skal det benyttes flere metoder, hvorav valg av metode begrunnes ut fra egenskapene til feltet og metodens gyldighetsintervall.

#### **Vegnormal N200 KRAV 2.20 SKAL**

GJELDENDE FRA 22.06.2021

På grunn av stor usikkerhet ved avrenningsberegningene skal det benyttes flere metoder for avrenningsberegninger, og  $Q_T$  velges innenfor spennet av beregnet avrenning.

#### 4.1.3 Krav til dimensjonering av hydrauliske tiltak

Hydrauliske tiltak er fysiske tiltak i vannhåndteringen som vil påvirke vannføring, vanndybde og/eller vannhastighet. Dette er tiltak som

- Vanngjennomløp (stikkrenner, kulverter og bruer)
- Åpne vannveier (kanaler, nedføringsrenner og grøfter)
- Terskler
- Fangrister
- Energidrepere
- Massebassenger
- Fordrøyningsbassenger
- Fiskepassasjer

Av disse tiltakene er vanngjennomløp den vanligste komponenten, og har i tillegg generelt størst betydning for flomsikkerheten til vegen. Siden gjennomløp går på tvers gjennom fyllingen, kan underdimensjonering ha stor skadeeffekt; vegen og/eller tilstøtende områder kan oversvømmes, bæreevnen til vegen kan reduseres og en kan få utglidninger og som ytterste konsekvens kollaps av vegfyllingen. Det er derfor valgt å fremheve krav knyttet til dimensjonering av vanngjennomløp i dette notatet. For krav knyttet til øvrige hydrauliske tiltak, vises det til kapittel 2.1.5.3 i Vegnormal N200.

Et vanngjennomløp defineres som stikkrenne, kulvert eller bru avhengig av spennvidde/diameter – se Tabell 4-6. Dimensjoneringskrav for disse er omtalt i følgende underkapitler.

Tabell 4-6 Definisjon av stikkrenne, kulvert og bru i henhold til Statens vegvesens vegnormaler.

Type konstruksjon	Definisjon
Stikkrenne	Vanngjennomløp på tvers av vegen med spennvidde/diameter opptil 1,0 meter.
Kulvert	Vanngjennomløp på tvers av vegen, med spennvidde/diameter opptil 2,5 meter.
Bru	Bærende konstruksjon med spennvidde større enn eller lik 2,5 meter og som skal bære trafikklast. Med bru menes også nedfylte konstruksjoner som kulverter og rør med spennvidde eller diameter på 2,5 meter eller mer.

#### 4.1.3.1 Dimensjonering av stikkrenner og kulverter

Dimensjoner på stikkrenner og kulverter skal velges slik at krav til oppstrøms vanddybde oppfylles ved den dimensjonerende flommen  $Q_{dim,T}$ . De må imidlertid alltid oppfylle krav til minimumsdimensjoner:

**Vegnormal N200 KRAV 2.23 SKAL** GJELDENDE FRA 22.06.2021

Av hensyn til drift og vedlikehold skal det ikke benyttes mindre dimensjoner for gjennomløp enn de som er angitt Tabell 2.7 (Tabell 4-7 i notat).

Tabell 4-7 Minimumsdimensjoner for vanngjennomløp. Tilsvare Tabell 2.7 i Vegnormal N200. MERK: for fiskepassasjer stilles det egne krav til minimumsdimensjoner.

Vegtype	Minimumsdimensjoner $D_{min}$
Veger og gater	600 mm
Adkomstveger og gang- og sykkelveger	400 mm
Avkjørsler	300 mm

Det er ikke gitt direkte krav til hvilken beregningsmetodikk som skal benyttes i dimensjonering av stikkrenner og kulverter. Anbefalinger for dette er gitt i kapittel 5.2. Det skal imidlertid oppgis hvilken type hydraulisk kontroll kulverten har, basert på beregningene (inn- eller utløpskontroll). Innløpskontroll opptrer når innløpet til kulverten er mindre effektiv enn selve gjennomløpet til å videreføre vannmengdene. Utløpskontroll opptrer når gjennomløpet er mindre effektiv enn innløpet (typisk for lange og slake kulverter) eller når nedstrøms vanddybde er for stor (gir oppstuvning i gjennomløpet).

**Vegnormal N200 KRAV 2.24 SKAL** GJELDENDE FRA 22.06.2021

Det skal vises om gjennomløpet har inn- eller utløpskontroll for  $Q_{dim,T}$ .

Krav til oppstrøms vanddybde avhenger av om fyllingen har tett sikring ved innløpet til kulverten eller ikke (kravene er illustrert i Figur 4-2). Videre skal hastighetsenergien (kinetisk energi;  $h_{kin} = v^2/2g$ ) beregnes hvis denne benyttes i beregningene.

**Vegnormal N200 KRAV 2.25 SKAL** GJELDENDE FRA 22.06.2021

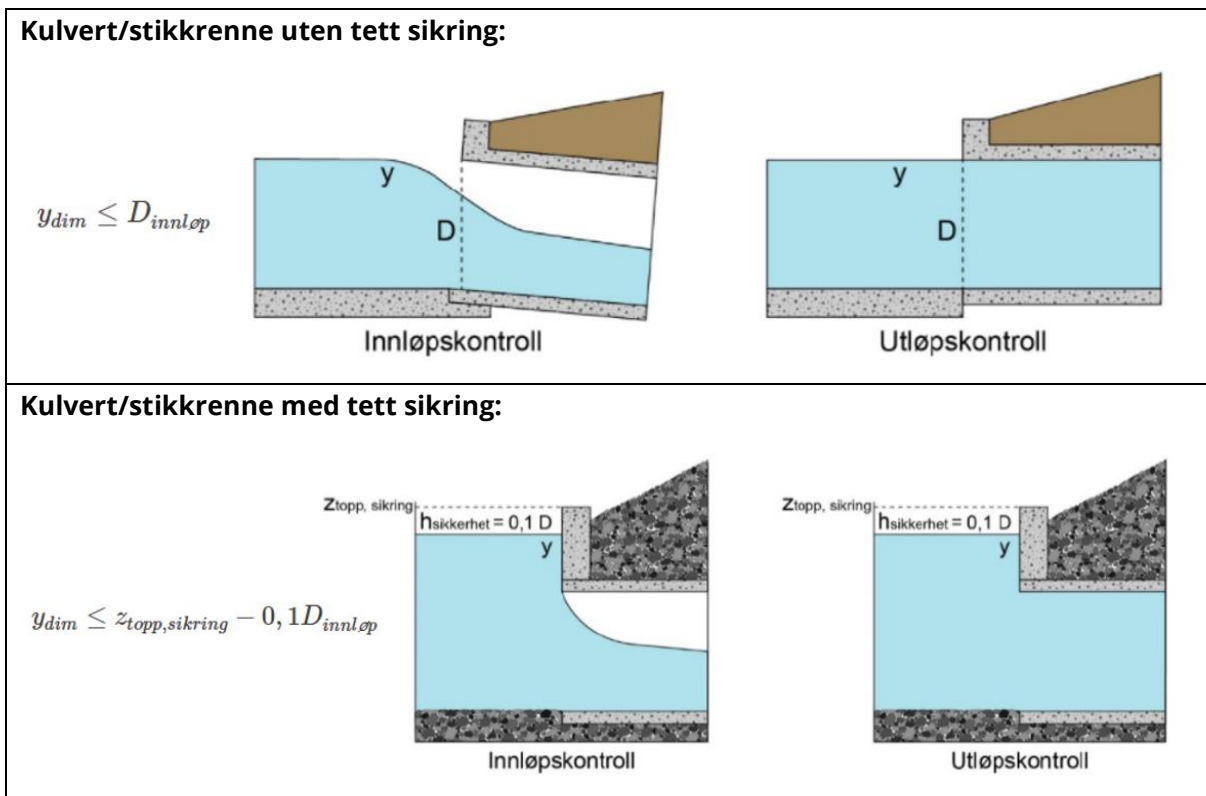
For fyllinger uten sikring skal vanddybden ved innløpet  $y_{dim}$  for vannføring  $Q_{dim,T}$  ikke settes høyere enn toppen av innløpet:  $y_{dim} \leq D_{innløp}$

**Vegnormal N200 KRAV 2.26 SKAL** GJELDENDE FRA 22.06.2021

Ved bruk av tett sikring skal vannstand ikke overstige 0,1D under toppen av sikringen:  $y_{dim} \leq Z_{topp,sikring} - 0,1 \cdot D_{innløp}$

**Vegnormal N200 KRAV 2.27 SKAL** GJELDENDE FRA 22.06.2021

Dersom hastighetsenergien benyttes i kapasitetsberegningen, skal den beregnes.



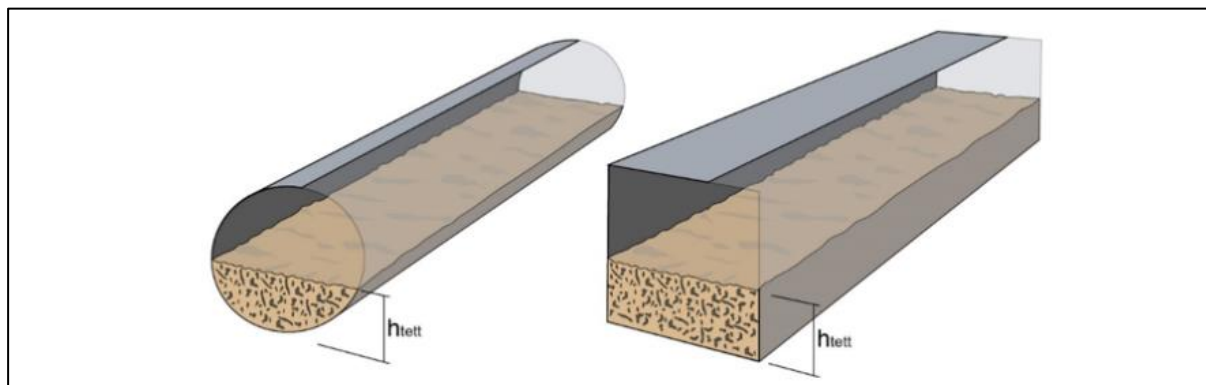
Figur 4-2 Illustrasjon av dimensjoneringskriterier for vanddybde ved kulvertinnløp. Tilsvarende Figur 2.4 og 2.5 i Vegnormal N200.

Det skal også hensyntas at gjennomløpet kan bli delvis gjentettet. I utgangspunktet skal det antas en gjentetningsgrad på 1/3 av innløpshøyden – denne kan imidlertid reduseres dersom det benyttes inntaksrist, fangrist eller fangdam, eller i tilfeller der det kan vises at det forekommer lite massetransport.

**Vegnormal N200 KRAV 2.28 SKAL**

GJELDENE FRA 22.06.2021

Delvis gjentetting av gjennomløp pga. masseavsetning og gjenising reduserer kapasiteten til gjennomløpet; se Figur 2.6 (Figur 4-3 i notat). Ved beregning skal antas at rørets tverrsnitt kan være gjenslammet eller gjentettet til 1/3 av innløpets høyde.



Figur 4-3 Dimensjonerende gjentetting av kulverter. Tilsvarende Figur 2.6 i Vegnormal N200.

Det er også gitt krav til spesielle utforminger ved stikkrenner og kulverter, som inntakskummer, kumrister, traktform og/eller ekstra fall på innløp og innløpsrister. For krav til slike utforminger, vises det til kapittel 2.1.5.3.2 i Vegnormal N200.

#### 4.1.3.2 Dimensjonering av bruer

Krav til dimensjonering av bruer er omfattet i Vegnormal N400 *Bruprosjektering* (2022).

#### **Vegnormal N400 KRAV 3.6.2—1 SKAL**

GJELDENDE FRA 01.01.2022

For vassdrag skal det være klaring  $\geq 0,5$  meter til overbygningen ved dimensjonerende vannføring med returperiode på 200 år. For buede overbygninger skal det vurderes spesielt hvor stor del av overbygningen kravet skal gjelde for.

I praksis betyr kravet at det skal være et fribord på 50 cm mellom bruoverbygningen og beregnet vannstand ved dimensjonerende flomvannføring,  $Q_{dim,T}$ .  $Q_{dim,T}$  beregnes i henhold til kravene i Vegnormal N200, men for bruer er det krav til at den dimensjonerende returperioden skal være  $T = 200$  år, uavhengig av sikkerhetsklassen til vegen. Videre gjelder spesielle regler for buede overbygninger; for robuste konstruksjoner som betongrør, gjelder kravet til topp innvendig rør, mens for bruer med lav lastkapasitet i tverretning (bue-, fagverks- eller sprengverksbru) må hele konstruksjonen ha en klaring på 50 cm.

Det er gitt spesielle krav til midlertidige bruer i driftsfasen, hvorav dimensjonering og behov for beregninger vurderes ut i ifra konsekvenser av det midlertidige tiltaket – se krav 13.6.3 i Vegnormal N400.

#### 4.1.4 Krav til høyde på vegbane

Krav til høyde på vegbane i forhold til sikkerhet mot flom er gitt i Vegnormal N100 *Veg- og gateutforming* (2021).

#### **Vegnormal N100 KRAV 3.5**

**SKAL**

GJELDENDE FRA 22.06.2021

Vegbanen skal ligge minst 0,5 m høyere enn vannstanden ved dimensjonerende 200-årsflom ( $Q_{dim,200}$ ), beregnet etter krav i normalen N200 Vegbygging.

Det bemerkes at dimensjonerende 200-årsflom inkluderer klima- og usikkerhetspåslag (se kapittel 4.1.2.2). I de tilfeller hvor der foreligger flomsonekart for andre vannføringer enn dette, skal det gjøres en vurdering av om dette kan hensyntas gjennom justeringer i vannstanden, eller om det behov for en ny kartlegging.

Det er krav til *minst* 50 cm klaring mellom vegbanen og flomvannstanden. I de tilfeller hvor det er vurdert at usikkerheten knyttet til flomsonekartleggingen er stor, bør det vurderes å ha mer enn 50 cm klaring. Det samme gjelder hvis konsekvenser av høy vannstand er spesielt store. I dette tilfellet kan det også vurderes å benytte en større returperiode for flom.



#### 4.1.5 Krav til erosjonssikring

I både Vegnormal N200 og Vegnormal N400 er det gitt krav til at erosjonsfare og behov for erosjonssikring skal utredes

**Vegnormal N200 KRAV 2.85 SKAL**

GJELDENDE FRA 22.06.2021

Det skal erosjonssikres der erosjon kan medføre skade på vegen eller tredjepart.

**Vegnormal N400 KRAV 7.1.3 —1 SKAL**

GJELDENDE FRA 01.01.2022

Erosjonsfare skal vurderes, og tilstrekkelig erosjonssikring skal dimensjoneres. Ved fundamentering i og ved vassdrag eller sjø, skal fundamentering på peler vurderes for å unngå uønskede konsekvenser av erosjon. Grunnlaget for dimensjonering av erosjonssikring skal være flom/strøm med returperiode i henhold til krav 3.6.2.

Det er ingen krav som omfatter hvilken beregningsmetodikk som skal benyttes for dimensjonering av erosjonssikring. Anbefalinger for dette er gitt i kapittel 5.3. For erosjonssikring av stein er det imidlertid gitt krav til bruk av sikkerhetsfaktor for steinstørrelse, hvorav steinstørrelsen skal ta hensyn til strømningsforholdene som opptrer under dimensjonerende flomvannføring  $Q_{dim,T}$ . Det bemerkes at det er gitt strengere krav til sikkerhetsfaktor for enkelte typer tiltak (bend i åpne vannveier og energidreper) – for disse kravene vises det til Vegnormal N200.

**Vegnormal N200 KRAV 2.21 SKAL**

GJELDENDE FRA 22.06.2021

Det skal benyttes en sikkerhetsfaktor  $F_{s,D} = 1,2$  for steinstørrelse.

Det er også gitt krav til sikringslagets tykkelse og gradering.

**Vegnormal N200 KRAV 2.86 SKAL**

GJELDENDE FRA 22.06.2021

Sikringslag av stein skal ha tykkelse som oppfyller følgende krav:

$$t_{\min} \geq 300 \text{ mm} \quad t_{\min} \geq D_{\text{maks},s} \quad t_{\min} \geq 1,5 \cdot D_{50,s}$$

**Vegnormal N200 KRAV 2.87 SKAL**

GJELDENDE FRA 22.06.2021

Steinmaterialets gradering skal oppfylle følgende krav:

$$1,5 \leq D_{85,s} / D_{15,s} \leq 7$$

Erosjonssikringen består ofte av flere lag, hvor en har et sikringslag over et eventuelt filterlag og/eller geotekstil over eksisterende underlag. Behovet for filterlag av stein eller geotekstil skal vurderes, og utformingen av disse skal oppfylle egne krav beskrevet i kapittel 2.1.8.4 i Vegnormal N200.

Omfang av erosjonssikring bestemmes senest på reguleringsplannivå, for å sette av tilstrekkelig arealer/volum samt for å kunne se på eventuelle konsekvenser av sikringen. Som et minstekrav skal det gjøres en geoteknisk vurdering av belastningen.

**Vegnormal N200 KRAV 2.88 SKAL**

GJELDENDE FRA 22.06.2021

Ved anlegg av - eller endringer i - erosjonssikring skal det gjennomføres en geoteknisk vurdering som vurderer belastningen av sikringen på skråningen.

**Vegnormal N200 KRAV 2.88.1 SKAL**

GJELDENDE FRA 22.06.2021

Der erosjon vil påvirke geoteknisk stabilitet, skal  $F_{s,D}$  ikke velges lavere enn partialfaktor  $\gamma_M$ , se kapittel 1.

## 4.2 Vannressursloven

Lov om vassdrag og grunnvann (korttittel: vannressursloven - vrl) har som mål å sikre en samfunnsmessig forsvarlig bruk og forvaltning av Norges vassdrag og grunnvann, og inneholder flere bestemmelser som en må forholde seg til når en utfører tiltak som kan berøre disse.

Det er her gitt de viktigste bestemmelsene tiltakshaver må ivareta med hensyn til utbygging av veg fra et hydrologisk perspektiv.

### 4.2.1 Definisjon av vassdrag og vassdragstiltak

I vannressursloven er det gitt egne bestemmelser for hva som definerer et vassdrag og et vassdragstiltak. Dette er for å skape klarhet i hvilke tiltak som faller under lovens bestemmelser.

**vrl § 2** (hva loven regner som vassdrag og grunnvann) Første ledd LOV-2000-11-24-82

Som vassdrag regnes alt stillestående eller rennende overflatevann med årssikker vannføring, med tilhørende bunn og bredder inntil høyeste vanlige flomvannstand. Selv om et vassdrag på enkelte strekninger renner under jorden eller under isbreer, regnes det i sin helhet som vassdrag. Som vassdrag regnes også vannløp uten årssikker vannføring dersom det atskiller seg tydelig fra omgivelsene.

**vrl § 3** (definisjoner) LOV-2000-11-24-82

I denne lov forstås med

- vassdragstiltak: vassdragsanlegg og alle andre tiltak i vassdraget som etter sin art er egnet til å påvirke vannføringen, vannstanden, vassdragets leie eller strømmens retning og hastighet eller den fysiske og kjemiske vannkvaliteten på annen måte enn ved forurensning;
- vassdragsanlegg: bygning eller konstruksjon i eller over vassdrag, bortsett fra luftledninger;
- årssikker vannføring: vannføring som ved middeltemperatur over frysepunktet ikke tørker ut av naturlige årsaker oftere enn hvert tiende år i gjennomsnitt;
- høyeste vanlige flomvannstand: vannstand ved den høyeste flom som erfaringsmessig kan påregnes i gjennomsnitt hvert tiende år.

#### 4.2.2 Vassdragsmyndighet

Det er vassdragsmyndighetene som gir tillatelse eller pålegg i henhold til bestemmelsene i vannressursloven. Hvem som er vassdragsmyndighet varierer for de ulike bestemmelsene.

For vassdragstiltak som utføres i forbindelse med vegprosjekter vil vassdragsmyndigheten være Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE). Unntaket er for bestemmelser knyttet til kantvegetasjon, hvor det er kommunen som har myndighet til å fastsette bredden og fylkesmannen som har myndighet til å gi fritak til kravet.

Når det utføres vassdragstiltak må det opprettes kontakt med vassdragsmyndigheten, i dette tilfellet NVE. Dette er også reflektert i Staten vegvesens vegnormaler:

##### **Vegnormal N200 kapittel 2.1.8.1 – Generelt om tiltak i vassdrag**

Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) kontaktes der det planlegges permanente eller midlertidige inngrep som antas å få nevneverdig innvirkning på omgivelsene og konsekvenser for hydrologiske og biologiske forhold i vassdrag.

#### 4.2.3 Konesjonsplikt og behandling gjennom reguleringsplan

Konesjonsplikt kan inntre dersom et vassdragstiltak er til «nevneverdig skade eller ulempe» etter vrl §8. Dersom konesjonsplikt inntrer, må en søknad om konesjon (tillatelse) for tiltaket sendes inn til NVE. I søknaden skal tiltaket beskrives, inkludert alle midlertidige og permanente inngrep i vassdraget, og det skal utføres en konsekvensutredning som beskriver virkninger for miljø, naturressurser og samfunn.

##### **vrl § 8** (konesjonspliktige tiltak)

LOV-2000-11-24-82

Ingen må iverksette vassdragstiltak som kan være til nevneverdig skade eller ulempe for noen allmenne interesser i vassdraget eller sjøen, uten at det skjer i medhold av reglene i § 12 eller § 15, eller med konesjon fra vassdragsmyndigheten.

Vassdragsmyndigheten kan i forskrift eller i det enkelte tilfelle fastsette at tiltak utenfor vassdraget som kan ha påtakelige virkninger for et vassdrag, må ha konesjon. I så fall gjelder også lovens øvrige regler om vassdragstiltak unntatt adgangen etter § 18 til å begjære forhåndsavgjørelse av om tiltaket er konesjonspliktig.

Dersom et vassdragstiltak som går inn under første ledd må iverksettes straks for å hindre vesentlig skade, skal det gis melding til vassdragsmyndigheten så snart som mulig. Vassdragsmyndigheten kan om nødvendig gi pålegg om utførelsen og om retting.

Om konesjonsplikt og konesjonsbehandling gjelder ellers nærmere regler i kapittel 3.

Det er imidlertid noen bestemmelser som åpner opp for fritak av konesjonsplikt. I henhold til §12 kan vassdraget løp gjenopprettes innenfor et visst tidsrom dersom dette ikke er til nevneverdig skade eller ulempe (se under). §15 omhandler grunneiers rett til vannuttak, og vil sannsynligvis ikke være relevant i et vegprosjekt.

**vri § 12** (gjenoppretting av vassdragets løp) Første og andre ledd LOV-2000-11-24-82

Når et vassdrag tar seg nytt løp, oppgrunnes eller utdypes, kan det gamle løpet uten konsesjon etter § 8

- a. gjenoprettes innen tre år hvis forandringen skyldes en enkeltstående hending;
- b. renskes opp eller påfylles masse inntil den dybde eller bredde som vassdraget hadde for fem år siden.

Gjenoppretting etter første ledd som kan være til nevneverdig skade eller ulempe for noen allmenne interesser, skal meldes til vassdragsmyndigheten. Gjenopprettingen kan utføres av grunneieren selv, av andre eiere i vassdraget eller av vassdragsmyndigheten.

I henhold til §18 kan vassdragsmyndigheten (NVE) fastsette at et tiltak ikke er konsesjonspliktig, når dette er usikkert. I et slikt tilfelle, kan tiltakshaver be NVE om å gjøre en konsesjonspliktavurdering, som er en mindre omfattende prosess enn en fullstendig konsesjonsøknad.

**vri § 18** (særskilt avgjørelse om konsesjonsplikt) LOV-2000-11-24-82

Vassdragsmyndigheten kan ved forskrift eller enkeltvedtak fastsette om et vassdragstiltak trenger konsesjon etter § 8 eller gi forskrift om at visse vassdragstiltak eller vassdragstiltak i nærmere angitte områder eller typer områder skal meldes til vassdragsmyndigheten. Vassdragsmyndigheten skal treffe enkeltvedtak etter første punktum dersom tiltakshaveren, berørt fagmyndighet eller andre med rettslig interesse begjærer det, og kan forby iverksetting før avgjørelsen er truffet. Klage over vedtak om at tiltaket må ha konsesjon, kan ikke gi oppsettende virkning. Regelen i § 27 gjelder tilsvarende.

Vannressursloven §20 punkt d. er den bestemmelsen som kanskje er mest relevant for et vegprosjekt. Denne åpner opp for fritak av konsesjonsplikt dersom tiltaket er tillatt i reguleringsplan etter plan- og bygningsloven (pbl). I et slikt tilfelle har NVE reguleringsplanen til offentlig ettersyn, og tillatelse fås igjennom planen for å unngå dobbel saksbehandling. Forutsetningen er at behandlingen etter pbl tilfredsstillende alle de aktuelle hensynene som vannressursloven skal ivareta.

**vri § 20** (samordning av tillatelser) LOV-2000-11-24-82

Vassdragsmyndigheten kan fastsette i forskrift eller i det enkelte tilfelle at det ikke trengs konsesjon etter loven her for tiltak som

- a. må ha tillatelse etter lov 15. mai 1992 nr. 47 om laksefisk og innlandsfisk m.v. § 7 annet ledd eller § 10;
- b. må ha tillatelse etter forurensningsloven § 11 eller etter forskrift med hjemmel i forurensningsloven;
- c. må ha dispensasjon fra vernevedtak etter naturmangfoldloven kapittel V eller eldre vernevedtak som nevnt i naturmangfoldloven § 77, eller utføres som skjøtselstiltak etter naturmangfoldloven § 47;
- d. Er tillatt i reguleringsplan etter plan- og bygningsloven; eller
- e. er godkjent med hjemmel i forskrift etter skogbrukslova § 7 eller jordlova § 11.

Kongen kan gi forskrift om at konsesjonsbehandling etter loven her i bestemte sakstyper kan erstatte konsesjonsbehandling etter bestemte andre lover.

#### 4.2.4 Hvordan ivareta vannressursloven i vegprosjektet

En praktisk tolkning av vannressursloven, er at det ikke skal iverksettes vassdragstiltak som kan være til nevneverdig skade eller ulempe, uten at det gis spesiell tillatelse for dette fra NVE. Videre må dette tilstrekkelig dokumenteres i reguleringsplanen, for å unngå at tiltaket blir konsesjonspliktig og må behandles gjennom en egen konsesjonssøknad.

For å avklare om et tiltak er til nevneverdig skade eller ulempe, må det gjøres konsekvensutredninger. For fagområdet hydrologi, vil dette innebære å gjøre hydrologiske og/eller hydrauliske vurderinger av situasjon med tiltak.

Som et minimum skal de sees på endringer i flomsituasjonen, da tiltaket ikke skal medføre økt flomfare i tilstøtende områder. Dette er også reflektert i retningslinjer fra NVE:

**NVE retningslinje 2/2011** Flaum- og skredfare i arealplanar – Utdrag fra kap. 2

Statens vegvesen og Jernbaneverket har egne retningslinjer med krav til undersøkingar og tryggleik for anlegga sine. Ein mogleg auke av flaum- og skredfaren i omkringliggande areal skal vurderast også i planar for jernbane og veg, etter dei same retningslinjene som for anna utbygging. Når ein bygger ny veg og jernbane, skal ikkje dette føre til auka fare for flaum, erosjon eller skred i område som grensar til utbygginga.

Dersom tiltaket kan ha konsekvenser for det biologiske mangfoldet i vassdraget, vil det også være aktuelt å se på hydrologiske og hydrauliske endringer ved normal- og lavvannføringer.

## 5 Anbefalinger for metodikk

### 5.1 Hydrologiske beregninger

Hydrologiske beregninger innebærer de aktiviteter som må utføres for å beregne en bestemt vannføring i et punkt. Det er her gitt anbefalinger til metodikk og verktøy som kan benyttes i hydrologiske beregninger. I fagrapporter som omhandler hydrologi, skal det omtales hvilket grunnlag, verktøy og metodikk som er benyttet i beregningene.

#### 5.1.1 Vann- og flomveier, nedbørfelt og feltparametere

##### 5.1.1.1 Kartlegging av vann- og flomveier

Det er flere verktøy og databaser en kan benytte seg av for å finne vann- og flomveier.

De fleste vannveier som kan klassifiseres som en bekk eller elv, er registrert i NVEs elvenettverksdatabase ELVIS. Det er imidlertid ofte at mindre bekker som vises helt eller delvis i kart, gjennom databasen FKB-Vann, ikke er registrert i ELVIS. Videre vil flomveier uten normalavrenning som oftest ikke vises.

For å kartlegge mindre bekker og flomveier, vil det være et behov for å gjøre terrengeanalyser. Overflatemodellen SCALGO Live er en web-basert programvare, som har kartlagt dreneringslinjer/flomveier for hele Norge basert på en detaljert digital terrengemodell. I programvaren er det også mulig å gjøre redigeringer i terrenget, og analyser av hvordan dette påvirker avrenningsmønsteret. Hvis en ikke har tilgang på SCALGO Live, kan man gjøre de samme analysene i andre GIS-programmer (f.eks. ArcGIS). I dette tilfellet må en selv gi en høydemodell som inngangsdata som en kan utføre terrengeanalysene på.

Det bemerkes at det ikke er uvanlig at mindre bekker og flomveier er lagt i rør. I slike tilfeller må det gjøres en vurdering av om det er sannsynlig at flomvannet vil gå på overflaten eller i ledningsnett. En vanlig antagelse for en flomsituasjon er at mindre overvannsledninger har for liten kapasitet, og at man ser bort ifra disse (vannet strømmer på overflaten). For større og kortere kulverter, er det imidlertid vanlig å anta at vannveien går via denne.

##### 5.1.1.2 Generering av nedbørfelt og feltparametere

For å kunne beregne vannføringer, må en ha informasjon om nedbørfelt og tilhørende feltparametere.

Det er anbefalt at NVEs kartapplikasjon NEVINA benyttes for å generere nedbørfelt og tilhørende feltparametere der det er mulig. I NEVINA får en mye informasjon om nedbørfeltet som er viktig i hydrologiske beregninger, og feltparametere som genereres fra kartapplikasjonen benyttes ofte som inngangsdata i beregningsmetoder. En forutsetning for å kunne benytte NEVINA, er at vannveien er registrert i ELVIS. Videre er høydemodellen som NEVINA benytter seg av nokså grov, noe som kan gi utslag i feilaktig avgrensning. Dette gjelder primært små felt/bekker, og i slike tilfeller anbefales det å

kontrollere avgrensningen med andre metoder som benytter en finere oppløsning (se under).

Avgrensning av nedbørfelt for bekker og flomveier som ikke er registrert i ELVIS, må gjøres via terrengeanalyser. Som med kartlegging av vannveier for øvrig, kan dette gjøres i overflatemodellen SCALGO Live eller i andre GIS-systemer. I SCALGO genereres også enkelte feltparametere automatisk (arealklassifisering og feltlengde).

### 5.1.2 Beregning av normal- og lavvannføringer

Beregning av normal- og lavvannføringer er som oftest kun relevant når en skal se nærmere på de hydrologiske forholdene for det biologiske mangfoldet i et vassdrag. Unntaket er når en må ha normalavrenningen som inngangsdata i flomberegninger.

Normal- og lavvannføringer kan enten estimeres via NVEs avrenningskart og lavvannskart, eller fra observerte vannføringsserier. Hvis det foreligger vannføringsserier fra det aktuelle vassdraget, som er relativt lang og av god kvalitet, er det anbefalt å benytte dette. Alternativt kan det benyttes vannføringsdata fra en nærliggende målestasjon (en referansestasjon), med sammenlignbare egenskaper som det aktuelle feltet.

Vannføringsindekser (gitt i l/s·km<sup>2</sup>) fra NVEs avrennings- og lavvannskart genereres automatisk i NEVINA hvis dette benyttes. Alternativt kan normalavrenningen (i referanseperioden 1961-90) estimeres fra isolinjer, og lavvannsindeksene beregnes fra regresjonsligninger oppgitt i NVE rapporten *Lavvannskart for Norge (5/2008)*. Det bemerkes at disse indeksene ikke hensyntar eventuelle reguleringer i vassdraget – i et slikt tilfelle bør det benyttes observerte vannføringsserier. Det anbefales også å sammenligne de genererte indeksene med observerte normal- og lavvannføringer ved utvalgte referansestasjoner. Dette er for å vurdere om avrenningskartene har en tendens til å under- eller overestimere avrenningen i området, og hvis dette er tilfellet burde indeksene justeres i henhold til dette.

### 5.1.3 Flomberegninger

Det er flere metoder som kan benyttes for å beregne flomvannføringen i et felt. De vanligste metodene som brukes i Norge er

- Flomfrekvensanalyser
  - Lokal analyse
  - Regional analyse /formelverk (RFFA-NIFS og RFFA-2018)
  - Lokal i kombinasjon med regional analyse (forenklet og fullstendig)
- Nedbør-avløpsmetoder
  - Den rasjonale formel
  - Hydrologisk flommodell - PQRUT

Generelt bør beregningene utføres i henhold til NVEs *Veileder for flomberegninger* (1/2022). Det vises til denne veilederen, samt NVEs rapport *Lokal og regional flomfrekvensanalyse* (10/2020), for utdypende beskrivelse av metodene samt formler/ligninger som skal benyttes.

I henhold til Vegnormal N200 KRAV 2.20 skal det benyttes flere metoder for å redusere usikkerheten i beregningene. Hvilke metoder som benyttes skal velges basert på en vurdering av egnethet i forhold til feltegenskaper, hvilket gjentaksintervall som skal kartlegges og kvaliteten/egnetheten til inngangsdataene som metodene benytter. Generelle anbefalinger for dette er oppgitt i Tabell 5-1.

Det er her gitt en generell beskrivelse av metodene, samt noe veiledning til datagrunnlag som kan benyttes. Det bemerkes at metodikken beskrevet her er primært rettet til uregulerte vassdrag. For flomberegninger i regulerte vassdrag, vises det til kapittel 5 og 6 i NVEs veileder (1/2022).

Tabell 5-1 Anbefalt bruk av vanlige flomberegningsmetoder. Tabellen er hentet fra NVE veileder 1/2022.

Metode	Flomfrekvensanalyse			Nedbør-avløpsmodeller	
	Regional analyse / formelverk RFFA-NIFS	RFFA-2018	Lokale analyser	PQRUT	Rasjonale formel
Arealbegrensninger	< 60 km <sup>2</sup> <sup>1)</sup>	alle <sup>2)</sup>	alle	2-800 km <sup>2</sup> <sup>3)</sup>	< 2 km <sup>2</sup> <sup>4)</sup>
Tids-oppløsning	kulm	døgn / kulm	døgn / kulm	døgn / time	kulm
Kan benyttes for gjentaksintervall	Q <sub>M</sub>	x	x		(x)
	Q <sub>5</sub> -Q <sub>100</sub>	x	x	(x)	x
	Q <sub>200</sub>	x	x	x	x
	Q <sub>500</sub>		x	x	(x)
	Q <sub>1000</sub>		x	x	
	PMF				x
1) Kan brukes med forsiktighet for felt opp til 100 km <sup>2</sup> .					
2) Kan benyttes for alle feltstørrelser, men ved beregning av kulminasjonsverdier for små felt (< 60 km <sup>2</sup> ) anbefales det å bruke RFFA-NIFS opptil Q <sub>200</sub>					
3) Arealbegrensninger er omtrentlige.					
4) Anbefalt bruksområde varierer med kilder. Etter veiledning i Vegnormal N200, skal metoden ikke benyttes for felt med areal over 2 km <sup>2</sup> .					

### 5.1.3.1 Flomfrekvensanalyser

I en flomfrekvensanalyse (FFA) estimeres en indeksflom (middelflom – Q<sub>M</sub>), og et vekstkurveforhold som gir forholdet mellom indeksflommen og en flom med et vilkårlig gjentaksintervall T (Q<sub>T</sub>/Q<sub>M</sub>).

Det skilles mellom flomfrekvensanalyser med hensyn til om de er basert på observerte data (lokale analyser) eller om det benyttes regionale formelverk / regresjonsligninger (regionale analyser);

- Lokale analyser utføres på data fra det aktuelle feltet, eller på en eller flere referansestasjoner med sammenlignbare feltegenskaper hvis det ikke foreligger



stedige måleserier. En forutsetning for å utføre lokale analyser er at vannføringsserien som benyttes er tilstrekkelig lang (helst mer en 25 år) og av god kvalitet. Informasjon om målestasjoner (feltegenskaper, datakvalitet- og lengde) kan en finne gjennom kartdata fra NVE (NVE Seriekart og Sildre) samt NVEs database Hydra II. Middelflom og vekstkurveforhold for målestasjoner kan hentes ut fra Hydra II, med programmet Ekstremver dianalyse.

- I de regionale formelverkene (RFFA-NIFS og RFFA-2018) beregnes middelflom og vekstkurveforhold gjennom regresjonsligninger, med feltparametere som inngangsdata. Disse beregnes automatisk ved generering av nedbørfelt i NEVINA.
- For å redusere usikkerheten knyttet til regionale formelverk, er det mulig å benytte en kombinasjon av lokal og regional analyse. I den «forenklede» versjonen av dette, benyttes en vektet middelflom fra regional og lokal analyse med hensyn til antall år med lokale data, sammen med vekturveforholdet fra det regionale formelverket. I den «fullstendige» versjonen, benyttes Flomanalyse-programmet i NVEs Hydra II-system, hvor feltparametere inngår i analysen av de lokale flomdataene.

Den dimensjonerende flomvannføringen er en kulminasjonsverdi, det vil si vannføringstoppen under en flomhendelse. I flomfrekvensanalyser på kulminasjonsverdier beregnes dette direkte, hvor det benyttes data fra FINUT i Hydra II for lokale analyser og formelverket RFFA-NIFS i regionale analyser. I analyser på døgnverdier, benyttes data fra DAGUT i Hydra II i lokale analyser og formelverket RFFA-2018 i regionale analyser. Disse døgnverdiene må konverteres til kulminasjonsverdier ved bruk av en faktor ( $Q_{mom}/Q_{døgn}$ ). Denne kulminasjonsfaktoren kan estimeres fra observerte flomhendelser og/eller ved bruk av en regresjonsligning i RFFA-2018 formelverket.

I små felt (< 60 km<sup>2</sup>) er det i NVEs veileder (01/2022) anbefalt å utføre flomfrekvensanalyser på kulminasjonsverdier. Dette er med bakgrunn i at flomtoppen i slike felt ikke vil vare lenge, og døgndata vil ikke nødvendigvis fange opp den reelle flomtoppen. I større felt vil døgndata kunne gi et godt bilde på flommen, og kan derfor benyttes med fordel dersom døgnserien er lengre og/eller av bedre kvalitet enn kulminasjonsserien.

### 5.1.3.2 Nedbør-avløpsmetoder

I nedbør-avløpsmetoder beregnes flomvannføring fra nedbør (evt. i kombinasjon med snøsmelting) ved bruk av en hydrologisk modell eller en empirisk formel som gjengir responsen til nedbørfeltet.

Ekstremnedbørstatistikk for gjentaksintervaller opp til og med 200 år og med varighet til og med 24 timer er offentlig tilgjengelig, og kan hentes via blant annet Norsk Klimaservicesenters tjeneste, Seklima. Disse dataene gis i form av Intensitet-Varighet-Frekvens (IVF) kurver. Nedbør for gjentaksintervaller og/eller varigheter større enn dette, må bestilles fra Meteorologisk institutt (MET). Informasjon om meteorologiske målestasjoner med IVF-kurver som er basert på mer enn 10 år med måledata, er tilgjengelig via Seklima. I valg av stasjon, bør både nærhet, serielengde og datakvalitet vurderes.

Nedbørverdier som hentes fra IVF-kurver, eller beregnes av MET, er såkalte punktverdier. Disse bør konverteres til arealnedbør, spesielt i større felt hvor det er usannsynlig at den samme nedbørintensiteten opptrer over hele feltet over en kort periode. Dette gjøres ved bruk av arealreduksjonsfaktorer (ARF), hvor anbefalte ARF-verdier med hensyn til feltstørrelse og varighet er oppgitt i NVEs veileder (1/2022).

I større felt bør det gjøres en vurdering av om snøsmelting vil stå for et nevneverdig bidrag til de største flommene i feltet. Dette kan blant annet baseres på snøkart i kartløsningen seNorge. I mindre felt kan en stort sett se bort ifra dette, da det er de korte, intense nedbørhendelsene som vil føre til de største flommene. For beregninger av snøsmeltebidrag, vises det til kapittel 4.3.2.2.2 i NVEs veileder (1/2022).

I Norge er det vanlig å benytte to typer nedbør-avløpsmetoder:

- Den rasjonale formel (felt  $\leq 2$  km<sup>2</sup>)  
Består av en ligning som beregnes flomvannføring som en direkte funksjon av avrenningsfaktor og regnintensitet ( $Q = C \cdot I \cdot A$ ). Bør kun benyttes i svært små felt med lite flomdempning – for større felt blir vannføringen betydelig overestimert. Det finnes flere kilder for avrenningsfaktorer, men det anbefales å benytte verdier og metodikk oppgitt i kapittel 1.7.2 i NVEs veileder (1/2022).
- Hydrologisk flommodell – PQRUT (felt 2-800 km<sup>2</sup>)  
Er enn forenklet hydrologisk modell, som beregner avrenningen som opptrer som følge av et gitt nedbørforløp. PQRUT er en lineær karmodell, hvor nedbørfeltet er representert som et kar med to utløp som har forskjellig tømmekonstant ( $K_1$  og  $K_2$ ) og er skilt av et terskelnivå ( $T$ ). Parameterne til PQRUT bør helst bestemmes via kalibrering mot observert vannføring i det aktuelle vassdraget. Dersom dette ikke foreligger, kan de beregnes ut fra ligninger gitt i NVEs veileder (01/2022). Det anbefales å benytte NVEs nettversjon av modellen.

Nedbørforløpet som gis som inngangsdata til PQRUT bør konstrueres i henhold til generelle anbefalinger i NVEs veileder. Dette innebærer blant annet at det bør ha en total varighet på minst 24 timer (vurderes spesielt i felt større enn 20 km<sup>2</sup>), tidssteg på én time og en symmetrisk fordeling omkring høyeste nedbørintensitet dersom den totale varigheten er  $\leq 2$  døgn. Videre anbefales det å teste flere former på forløpet for å finne den som gir størst kulminasjonsverdi.

### 5.1.3.3 Valg av endelig flomverdi

Valg av endelig flomverdi ( $Q_T$ ) baseres på en vurdering av beregningsgrunnlag/usikkerhet, feltegenskaper og sammenligning med erfaringsverdier. I henhold til Vegnormal N200 KRAV 2.20, skal endelig  $Q_T$  velges innenfor spennet av beregnet avrenning.

Erfaringstall for flomverdier er oppgitt i NVEs veileder (1/2022) kapittel 7.3 – disse er oppsummert i Tabell 5-2. Stort sett opptrer de høyeste flomverdiene i små felt med lav reguleringsevne (bratt, liten effektiv sjøprosent), men det er også variasjonen innenfor

hver landsdel. Det anbefales at endelig flomverdi velges slik at det er innenfor intervallet for erfaringstallene.

Tabell 5-2 Erfaringstall for flomverdier i uregulerte felt, hentet fra NVEs Veileder for flomberegninger (1/2022).

Felttype	Feltareal [km <sup>2</sup> ]	Landsdel	Spesifikk flomvannføring [l/s·km <sup>2</sup> ]	
			Kulminasjon (time) T = 200 år	Døgnmiddelverdi T = 1000 år
Mikrofelt*	< 1 km <sup>2</sup>	Alle	2000 - 5000	-
Små felt	1-50	Østlandet	400 - 2500	600 - 1500
		Sør- og Vestlandet	700 - 5000	1500 - 3000
		Trøndelag, Møre og Romsdal	800 - 3000	850 - 2000
		Nordland	800 - 4000	500 - 2000
		Troms og Finnmark	400 - 3000	
Middels store felt	50-500	Østlandet	-	350 - 1100
		Sør- og Vestlandet	-	700 - 2500
		Trøndelag, Møre og Romsdal	-	600 - 1800
		Nord-Norge	-	500 - 2000
Store felt	>500	Alle	-	200 - 1000

\* Erfaringstall er hentet fra NVEs Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt (7/2015).

#### 5.1.3.4 Flomforløp

Når en utfører hydraulisk modellering (se kapittel 5.2), kan det være relevant å angi flommen som et forløp hvor vannføringen varierer over tid. Dette gjelder spesielt i små felt der flomtoppen ikke nødvendigvis varer lenge, og hvor en kan få oppstuvende effekter som følge av manglende kapasitet i vanngjennomløp.

Det er hovedsakelig to metoder en kan benytte seg av for å finne et passende flomforløp. Hvis det er gjort flomberegninger med den hydrologiske flommodellen PQRUT, vil resultatet gis som et forløp. Dette forløpet kan skaleres med hensyn til endelig valgt dimensjonerende flom (inkl. klima og usikkerhet). Den andre metoden er å hente ut vannføring data for en observert flom i vassdraget, eller fra en passende referansestasjon, og skalere dette. I begge tilfeller bør det gjøres en justering av forløpet dersom de har en annen kulminasjonsfaktor ( $Q_{\text{mom}}/Q_{\text{døgn}}$ ) en det som er vurdert gjeldende for det aktuelle feltet.

#### 5.1.3.5 Fordeling av tilsig

Dersom strekningen av elven eller bekken som skal kartlegges er nokså lang, og det er relativt store tilsig som strømmer inn i vassdraget sett i sammenheng med det totale feltet, kan det være relevant å fordele den totale flomvannføringen på flere tilsig.

Hvis vassdragets nedbørfelt ikke endrer karakter i stor grad nedover strekningen som skal kartlegges, vil det som oftest være tilstrekkelig å skalere den endelige beregnede flomvannføringen med hensyn til delfeltareal. Hvis det er store endringer, kan det være nødvendig å gjøre egne flomberegninger for flere punkt nedover i vassdraget.

### 5.1.3.6 Samløpsproblematikk

Når en skal foreta kartlegginger i områder hvor to eller flere vassdrag har samtløp, må det gjøres en vurdering av hvilken kombinasjon av flomhendelser (tidspunkt/kulminasjon og gjentaksintervall) er sannsynlig at inntreffer.

Ved samtløp av to jevnbyrdige vassdrag, er det vanlig å anta samtidig kulminasjon av en flomhendelse med samme gjentaksintervall.

Ved samtløp av en hovedelv og en sideelv, er det fordelaktig å observere av flommer i begge vassdrag for å undersøke hvilken kombinasjon som er sannsynlig. Hvis dette ikke foreligger, er det vanlig å benytte døgnflommen i den ene i kombinasjon med kulminasjonen i den andre. Dersom det er stor forskjell i feltkarakteristikk, kan det også være relevant å kombinere flommer med forskjellig gjentaksintervall.

Dersom man er usikker, kan en forutsette at en flom det samme gjentaksintervallet opptrer i alle bekker og elver, og at de kulminerer samtidig. Dette er imidlertid en konservativ antagelse, som resulterer ofte i en overestimert vannstand.

For mer veiledning til samtløpsproblematikk, vises det til kapittel 6.2 i NVEs veileder.

## 5.2 Hydrauliske beregninger

Hydrauliske beregninger innebærer beregning av vannstand og -dybde, vannhastigheter og strømningsretninger. Det er her gitt anbefalinger til metodikk og verktøy som kan benyttes i hydrauliske beregninger. I fagrapporter som omhandler slike beregninger, skal det omtales hvilket grunnlag, verktøy og metodikk som er benyttet.

### 5.2.1 Hydraulisk modellering av vassdrag

I hydraulisk modellering av vassdrag gjøres det beregninger av hvordan vannet strømmer i terrenget under en gitt vannføring. Hydraulisk modellering utføres i forbindelse med flomsonkartlegginger, hvor hovedformålet er å finne utbredelse/oversvømmelse (flomsonen) og vannstander som opptrer under en flom. En kan imidlertid få ut mye annet informasjon, som vanndybder, strømningsretninger og vannhastigheter. Slik informasjon kan benyttes som grunnlag i risikovurderinger og til dimensjonering av erosjonssikring (se kapittel 5.3). Videre kan hydraulisk modellering utføres for å kartlegge konsekvenser av tiltak i vassdraget.

Det finnes generelt lite veiledning til hydraulisk modellering utgitt av offentlige norske kilder. NVE hadde imidlertid en retningslinje ut på høring i 2021, kalt *Sikkerhet mot flomfare – Utredning av flomfare i reguleringsplan og byggesak (3/2022)*, som inneholder en del anbefalinger. Denne retningslinjen er per september 2022 ikke offentlig publisert, men kan benyttes om et foreløpig rammeverk for hydraulisk modellering.

### 5.2.1.1 Programvare

Det er primært to programvarer som benyttes til hydraulisk modellering i Norge; HEC-RAS og MIKE.

HEC-RAS er utviklet av United States Army Corps of Engineers, og er en offentlig tilgjengelig (lisensfri/gratis) programvare. I HEC-RAS kan en utføre endimensjonale stasjonære hydrauliske beregninger, og en- og todimensjonal dynamisk modellering. Programmet har også funksjonaliteter til å modellere sedimenttransport.

MIKE er utviklet av DHI, og består av flere typer programvarer for modellering av vannsystemer. I dag er flere av disse samlet i det integrerte systemet MIKE+, som er lisensbasert. I MIKE+ kan en utføre de samme analysene som i HEC-RAS, i tillegg til flere andre funksjoner. Blant annet er det mulig å utføre tredimensjonale analyser, samt koblede analyser av vann på overflaten og i ledningsnett.

Generelt anbefales det å benytte HEC-RAS, med bakgrunn i at denne er lisensfri og er den programvaren de fleste i fagmiljøet er kjent med. Bruk av HEC-RAS tilrettelegger følgelig i større grad overtakelse av modeller, og da videreføring av prosjekter, uavhengig av aktør. Det vil imidlertid være enkelte tilfeller hvor HEC-RAS sine funksjonaliteter ikke er tilstrekkelig. Dette vil primært være i urbane strøk hvor det er behov for koblede overfalte- og ledningsnett-modeller.

### 5.2.1.2 Type modell (1D/2D og stasjonær/dynamisk)

Primært skiller man type hydrauliske modeller i hvilke plan strømmingen modelleres, og om det gjøres avhengig eller uavhengig av tid.

I endimensjonale (1D) modeller beregnes strømmingen kun i en retning. Slike modeller er best egnet for større og slake elvestrekninger, eller kanaler, der vannet renner i ett definert løp og det er usannsynlig at konstruksjoner i vassdraget vil ha en større påvirkning på strømmingen. I 1D-modeller simuleres vassdraget gjennom en serie med tverrsnitt.

I todimensjonale (2D) modeller, beregnes strømming i to retninger i horisontalplanet. Slike modeller er egnet i vassdrag hvor det er sannsynlig at vannet tar nye løp og/eller hvor det er behov for mer detaljerte analyser av vannhastigheter og strømningsretning. I en 2D-modell simuleres vassdraget gjennom et rutenett, hvor det for hver enkelt rute gjøres beregninger. En 2D-modell vil derfor kunne fange opp lokale forhold enn en 1D-modell.

Det finnes tredimensjonale (3D) modeller, som beregner strømming i både horisontal- og vertikalplanet. Slike modeller vil imidlertid ofte ikke være nødvendige, og er primært relevante for svært komplekse hydrauliske forhold og i detaljerte sedimentanalyser.

En skiller mellom stasjonære og dynamiske (ikke-stasjonære) modeller. I en stasjonær modell ser man kun på et «stillbilde» av strømmingssituasjonen ved en gitt vannføring. I en dynamisk modell, ser man på et hendelsesforløp, hvor vannføringen varierer over tid. Stasjonær modellering er i utgangspunktet kun mulig med 1D modeller, men en kan gjøre

tilnærmet det samme med 2D modeller ved å kjøre med en konstant vannføring over en kortere tidsperiode. Det er anbefalt å benytte dynamisk modellering i vassdrag hvor forløpet til flommen er viktig, som for eksempel i små bekker hvor flomtoppen ikke nødvendigvis vil vare lenge og hvor en kan få oppstuvende effekter som følge av manglende kapasitet i vanngjennomløp.

Generelt anbefales det å benytte todimensjonal dynamisk modellering - da er en sikker på at eventuelle todimensjonale «effekter» blir fanget opp av modellen. Videre er en 2D modell bedre til å simulere endringer i et vassdrag som følge av tiltak, da den vil kunne simulere lokale forhold bedre enn en 1D modell. 2D-dynamisk modellering er imidlertid mer tidkrevende enn 1D-stasjonær, og behovet for en mer detaljert analyse bør vurderes opp mot målet med analysen.

### 5.2.1.3 Datagrunnlag

Hovedgrunnlaget i hydraulisk modellering er en terrengmodell.

Terrengdata fra luftbårne laserskanninger kan lastes ned kostnadsfritt fra Kartverkets forvaltningsløsning Høydedata.no. Det anbefales generelt å benytte det mest oppdaterte datasettet for området, for å best reflektere dagens terrengforhold. Disse har i tillegg ofte en høyere punkttetthet (er mer detaljert) enn eldre datasett.

En skal hovedsakelig kun hente ut data for terrenget (i form av en DTM). Dersom bygninger kan ha en påvirkning på vannstanden, bør disse imidlertid inkluderes. Høydedata for bygninger kan hentes/klippes ut fra overflatemodeller (DOM), som også kan lastes ned fra Høydedata.no.

I hydraulisk modellering er det viktig å ha gode data for bunnholdene i elva eller bekken. Vanlig luftbåren laserskanning vil ikke nødvendigvis fange opp dette, på grunn av to årsaker;

- **Tett vegetasjon hindrer skanning av underliggende terreng:**  
Dette problemet er mest vanlig for mindre elver og bekker som har tett kantvegetasjon. I slike tilfeller kan det være relevant å benytte eldre datasett og/eller datasett med lavere punkttetthet, dersom skanningen fra disse er utført på et tidspunkt med mindre vegetasjon. Det da imidlertid anbefalt å kun benytte de eldre dataene for et begrenset område rundt elven/bekken, og gjerne kombinere det med nyere datasett ved bruk av GIS-verktøy for å hente ut de beste registreringene. Dersom ingen av lasersettene klarer å registrere elve/bekkebunn, kan det være behov for innmålinger, og gjøre manuelle redigeringer av terrenget basert på disse.
- **Vanlig laserskanning registrerer kun vannoverflater:**  
I større elver, samt innsjøer, med store vanddybder vil kun vannoverflaten registreres, ikke bunnen. Det kan følgelig være et behov å foreta dybdekartlegginger i slike tilfeller, for å kunne modellere riktige strømningsforhold. Uten slike dybdedata, vil det simuleres en situasjon hvor flomvannmengdene legges «på toppen» av vannstanden under laserskanning. I kartlegginger av flom, vil dette hovedsakelig gi konservative utslag i form av en større vannstand enn det som hadde oppstått hvis en hadde

dybdedata. Vanlig laserscanning kan altså være tilstrekkelig, hvis formålet med modelleringen er å finne flomutbredelse og vannstand. For simulering av konsekvenser av tiltak som går ned i elva (fyllinger, murer, bro Pilarer, etc.) vil det imidlertid være behov for dybdedata, for å kunne fange opp de lokale forholdene ved tiltaket. Det bemerkes at det foreligger dybdedata for enkelte elvestrekninger, som hovedsakelig er innhentet i forbindelse med flomsonekartlegginger foretatt i regi av NVE – disse dataene er også tilgjengelig på Høydedata.no.

Utover terrengdata, kan det være behov for innmålinger av konstruksjoner i vassdraget. Dette gjelder hovedsakelig vanngjennomløp, hvor en trenger informasjon om høyde på innløp og utløp, lysåpning (dimensjoner), utforming, materiale og inntaksarrangement. Dette gjelder også for vanngjennomløp som klassifiseres som bruer.

#### 5.2.1.4 Grensebetingelser

Grensebetingelser er de betingelsene som en hydraulisk modell kjøres for, og kan deles inn i øvre, indre og nedre grensebetingelser;

- **Øvre grensebetingelser:**

Gis for innløp i modellen. Som oftest benyttes beregnet vannføring sammen med antagelse som normalstrømning som øvre grensebetingelse. På grunn av antagelsen om normalstrømning, er det viktig at innløpet plasseres tilstrekkelig langt oppstrøms prosjektområdet, spesielt hvis vassdraget er slakt, slik at korrekte strømningsforhold blir modellert ved selve prosjektområdet.

- **Indre grensebetingelser:**

Benyttes hovedsakelig for tilsig i beregningsstrekningen - her gis beregnet vannføring som inngangsdata.

- **Nedre grensebetingelser:**

Den nedre grensebetingelsen gis for utløpet til den hydrauliske modellen, og hva som benyttes her avhenger av hvor utløpet er plassert.

- **Rennende vann:** Dersom utløpet er plassert i selve elven/bekken, hvor en har rennende vann, benyttes ofte antagelse om normalstrømning. I dette tilfellet er det viktig å plassere utløpet tilstrekkelig langt nedstrøms for å simulere korrekte strømningsforhold ved prosjektområdet.
- **Bestemmende snitt:** Ved målestasjoner for vannføring foreligger ofte vannføring-vannstandkurver, som kan benyttes som en nedre grensebetingelse i hydrauliske modeller. Det samme gjelder for hydrauliske konstruksjoner (terskler, dammer, etc.), hvor det foreligger NVE-godkjente kapasitetskurver.
- **Utløp i hovedelv:** Hvis kartleggingen utføres for et sidevassdrag med utløp i en hovedelv, kan en benytte kjent vannstand i hovedelven som nedre grensebetingelse hvis en har informasjon om dette. Hvilken vannstand som benyttes for hovedelven vurderes på samme måte som i øvrig samløpsproblematikk (se kapittel 5.1.3.6), og ofte benyttes en konservativ

- antagelse om at en flom med samme gjentaksintervall som kartlegges i sidevassdraget opptrer i hovedelven.
- **Utløp i sjø:** Ved utløp i sjø benyttes kjent havnivå som nedre grensebetingelse. Etter anbefaling i NVEs rapport *Flom og stormflo* (83/2015), bør det benyttes 1-års stormflo i kartlegginger av flom (gjelder for alle gjentaksintervaller). I de tilfeller hvor en skal dimensjonere for fremtidige klimaendringer, er det anbefalt å legge til fremtidig havnivåstigning i henhold til anbefalinger i DSBs veileder *Havnivåstigning og stormflo* (2016). Tall for stormflo og havnivåstigning kan hentes fra Kartverkets tjeneste Se havnivå.
  - **Vannstand ved erosjonsberegninger:** Hvis den hydrauliske beregningen gjøres for å danne et grunnlag for erosjonsberegninger/-vurderinger, er det anbefalt å legge til grunn en lavere vannstand i hovedelv eller sjø som nedre grensebetingelse, dersom vannstanden her har en innvirkning på strømnings situasjonen der erosjonen skal undersøkes. Dette er med bakgrunn i at en høy vannstand kan gi oppstuvende effekt, og påfølgende lavere vannhastighet. F.eks. kan det benyttes normalvannstand i hovedelv, og 1-års lavvann i sjø.

#### 5.2.1.5 Modellparametere og kalibrering

Det er diverse modellparametere som må angis i en hydraulisk modell, primært knyttet til beregninger av energitap. Det skal gi ruhetsverdier for overflater, i form av Manningstall ( $n$ ), og koeffisienter for inn- og utløpstap ( $k$ ) ved vanngjennomløp. Dersom det opptrer overløp over broer, fyllinger, terskler, osv., skal det angis overløpskoeffisienter ( $C$ ).

Modellparameterne bør helst kalibreres, noe som innebærer at de justeres slik at den beregnede vannstanden blir tilsvarende den observerte for samme målte vannføring. Det er primært ruhetsverdier som kalibreres. Dette forutsetter imidlertid at en har samtidige data for vannføring og vannstand, gjerne i flere punkt innenfor analyseområdet og for flere større flomhendelser. Det er sjeldent at dette er tilfellet (spesielt i mindre vassdrag).

Dersom det ikke foretas kalibrering, skal modellparameterne som et minimum velges gjennom en vurdering av stedlige forhold opp mot standardverdier. Det finnes flere kilder for ruhetsverdier og tap- og overløpskoeffisienter, men det anbefales å ta utgangspunkt i standardverdiene oppgitt i *Vassdragshåndboka* (Fergus m.fl., 2010).

#### 5.2.1.6 Behandling av resultater

Resultater fra hydraulisk modellering kan hentes ut og presenteres på mange måter, og det er varierende hvilke resultater dette gjøres for. Generelt anbefales det å hente ut resultater for både vannstand, - dybde og -hastighet.

I rapporter presenteres gjerne resultatene for utvalgte tverrprofiler i tabeller. Dette kan med fordel byttes ut, eller suppleres, med gode kart og illustrasjoner.

Programvarer for hydraulisk modellering tilrettelegger for at resultatene kan hentes ut som digitale filer, noe som har stor verdi spesielt i større tverrfaglige prosjekt. Som et



minimum skal det hentes ut polygoner for flomsone, og tverrsnitt (hvis 1D-modellering) eller koter for flomhøyder (hvis 2D modellering). Det er imidlertid anbefalt å også hente ut resultater i raster-format, da dette gir detaljert informasjon på celle-nivå.

### 5.2.2 Dimensjonering av hydrauliske tiltak

Dimensjonering av hydraulisk tiltak kan gjøres med flere metoder med varierende detaljgrad. For generell veiledning til hydraulisk dimensjonering, og beregningsmetodikk for mer spesielle hydrauliske tiltak, vises det Statens vegvesens Håndbok V240 *Vannhåndtering* (2020) og *Vassdragshåndboka* (Fergus m.fl., 2010).

Det anbefales å benytte forenklete hydrauliske programmer utgitt av Federal Highway Administration (FHWA) i dimensjonering av de vanligste hydrauliske tiltakene. I disse programmene er standard beregningsmetodikk automatisert, noe som reduserer både timebruk og sannsynligheten for feilberegninger. Det er to programmer som kan lastes ned kostnadsfritt fra nettet;

- **HY-8:** Hydraulisk beregningsprogram for kulverter
- **Hydraulic Toolbox:** Hydraulisk beregningsprogram for åpne vannveier og overløp (pluss andre funksjoner)

I dimensjonering av stikkrenner, kulverter og mindre bruer, bør det tas utgangspunkt i at det benyttes prefabrikkerte betongelementer med norske standard-dimensjoner, for å redusere kostnader og legge til rette for en forutsigbar, rasjonell og effektiv prosess i alle ledd. Standarddimensjoner er oppgitt i Tabell 5-3. For betongrør, bør det legges til grunn BASALs standard. For betongbokser, benyttes standard-dimensjoner oppgitt i SVVs Håndbok V425 *Prefabrikkerte kulverter*.

Tabell 5-3 Standarddimensjoner på prefabrikkerte betongelementer.

Type	Standarddimensjoner							
Betongrør	D [mm]	300	400	500	600	800	1000	1200
		1400	1600	1800	2000	2400	3000	
Betongboks	BxH [m]	3,5x3,2	4,0x4,3	4,5x3,2	5,0x5,0	5,5x3,2	6,0x5,0	8,0x5,0

Det er anbefalt å benytte FHWA's programmer, og andre beregningsmetoder for øvrig, til innledende vurderinger av nødvendige dimensjoner for vanngjennomløp i større elver og bekker. Dette er med bakgrunn i at beregningsmetodene og programmene stort sett ser på det hydrauliske tiltaket «alene», og vil ikke nødvendigvis fange opp effekter fra andre momenter i vassdraget. Det bør derfor gjøres analyser av valgt løsning med en hydraulisk modell (se forrige kapittel), spesielt i vassdrag med komplekse hydrauliske forhold. Dette er både for å kontrollere at tiltaket er tilstrekkelig dimensjonert, og for å kartlegge endringer/konsekvenser av tiltaket på strømningssituasjonen i tilstøtende områder. For mindre flomveier, kan det ansees som tilstrekkelig å kun benytte forenklete hydrauliske programmer/metoder.

## 5.3 Erosjonsberegninger

Som grunnlag for erosjonsvurderinger og dimensjonering av erosjonssikring, må det utføres erosjonsberegninger for å fastsette erosjonspotensialet. Dette er primært beregning av stabil steinstørrelse, som er den steinstørrelsen som gir påbegynnende erosjon. Det er her gitt anbefalinger til metodikk og verktøy som kan benyttes i erosjonsberegninger. I fagrapporter som omhandler dette, skal det omtales hvilket grunnlag, verktøy og metodikk som er benyttet.

### 5.3.1 Nødvendig grunnlag

I erosjonsberegninger må en ha informasjon om vanddybde, vannhastighet og/eller vannføring. Denne informasjonen får en fra hydrologiske og hydrauliske beregninger (se kapittel 5.1 og 5.2).

En bør også ha informasjon om grunnforholdene. Dette trengs både til vurderinger av erosjonsforhold (og behov for sikring), og for å kontrollere at erosjonssikringen oppfyller krav til grenseflatestabilitet og permeabilitet mot underlaget (se kapittel 2.1.8.4 i Vegnormal N200). Informasjon om grunnforhold kan i en innledende fase vurderes ut fra kvartærgeologisk kart (løsmassekart) fra NGU. For mer detaljerte beregninger, bør det imidlertid hentes ut kornkurver for det naturlige underlaget. Det anbefales å sjekke NGUs database NADAG om det er foretatt grunnundersøkelser med sikteprøver i området, før eventuelle nye prøver tas.

I tillegg trenger en informasjon om de stedlige forholdene i området som erosjonsberegningene utføres for (elva/bekkens form, kurvatur og fall), samt informasjon om det eventuelle objektet som skal erosjonssikres (eks. lysåpning for kulverter).

### 5.3.2 Beregning av stabil steinstørrelse

I beregning av stabil steinstørrelse, skal det ta utgangspunkt i strømningsforholdene som opptrer under den dimensjonerende flomvannføring  $Q_{dim,T}$  (inkl. klima og usikkerhet).

Generelt bør beregningene utføres i henhold til NVEs *Veileder for dimensjonering av erosjonssikringer av stein* (4/2009) og/eller SVVs *Håndbok V221 Grunnforsterkning, fyllinger og skråninger* (2014). Anbefalingene for erosjonssikring gitt i Håndbok V221 er stort sett basert på NVEs veileder.

Hvilken metode som benyttes for beregning av stabil steinstørrelse, avhenger av hva som skal sikres og egenskapene for den aktuelle elvestrekningen. En oversikt over anbefalte beregningsmetoder er gitt i Tabell 5-4. Det vises til overnevnte veilederne for utdypende beskrivelse av metodene, samt formler/ligninger som skal benyttes.

Beregningsmetodene gir den stabile steinstørrelsen som sikringen tåler før brudd. I dimensjonering skal det derfor legges til en sikkerhetsfaktor. Denne skal minimum settes til  $F_{S,D}=1,2$  i henhold til Vegnormal N200 KRAV 2.21 – for enkelte tiltak skal den være høyere.

Tabell 5-4 Anbefalt bruk av metoder for beregning av stabil steinstørrelse, med formelreferanse til NVEs Veileder for erosjonssikringer av stein (4/2009).

Objekt		Beregningsmetode	Ref. formel i NVEs veileder
Elve/bekkebunn og -sider	Slake vassdrag ( $\leq 2\%$ fall)	Maynords formel	4.16
	Bratte vassdrag ( $> 2\%$ fall)	Rauset stein: Robinsons formel	4.21 og 4.22
		Plastring: Formel for kanal-plastring	4.23
Kulvertutløp	Energidreperbasseng	Formel for energidreperbasseng	4.24
	Plastring	Formel for plastring av kulvertutløp	4.25
Bruer	Pilarer	Lagasses formel	4.27
	Landkar	Barkdolls metode	4.29 og 4.30

### 5.3.3 Generelle anbefalinger for erosjonssikring

Anbefalinger for utforming av erosjonssikring er gitt i NVEs *Veileder for dimensjonering av erosjonssikringer av stein (4/2009)*, SVVs Håndbok V221 *Grunnforsterkning, fyllinger og skråninger (2014)*. Krav til sikringen er oppgitt i Vegnormal N200 – se kapittel 4.1.5. Det er her gitt en oppsummering av de viktigste kravene og anbefalingene. Prinsippsskisser for erosjonssikring av stein er vist i Figur 5-1.

Det bør anlegges slake skråninger, helst slakere enn 1:2 men ikke brattere enn 1:1,5. Dette er på grunn av at slakere sikringer er mer stabile. Dersom det er isgang i vassdraget, bør skråningen være slakere enn 1:3, for å unngå at eventuelle isflak blir hengende fast i sikringen. Sikringen bør følge det eksisterende terrenget i størst mulig grad, og toppen av sikringslaget plasseres i flukt med eksisterende elve-/bekkebunn. Ved avslutningen av steinfyllingen mot elva, skal det enten etableres en fotgrøft eller benyttes en større tykkelse (bunnforsterkning) for å unngå undergraving. For mindre elver og bekker, vil det være hensiktsmessig å sikre hele tverrsnittet.

Det bør etableres kantvegetasjon over toppen av sikringen (mot eksisterende terreng), noe over normalvannstand. Dette vil bidra til å øke stabiliteten til sikringen, i tillegg til å forbedre vassdragsforholdene med hensyn til økologi og landskap.

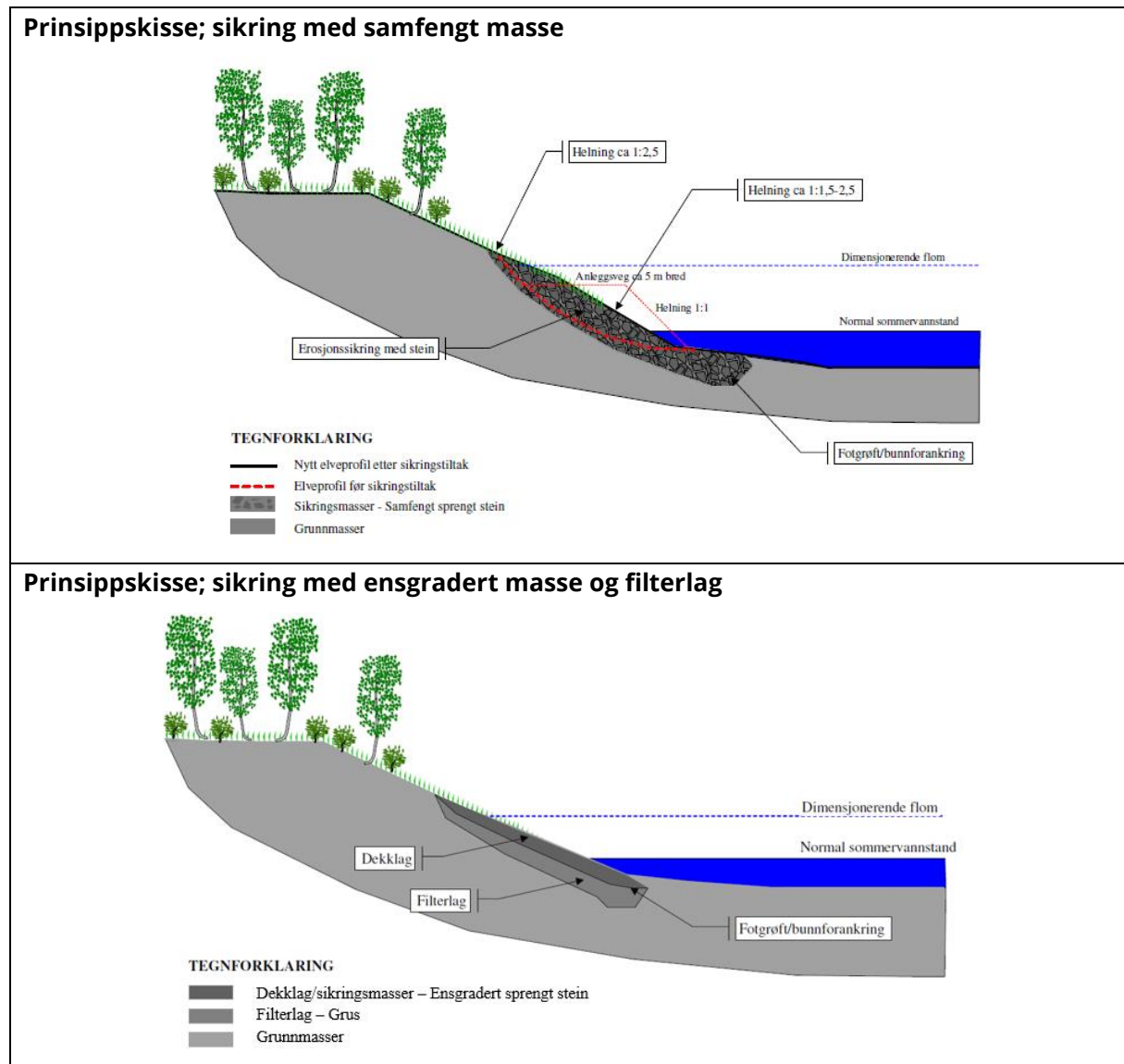
Sikringen bør utføres med sprengt stein med kubisk form, da dette er bestandig mot frost og andre belastninger. Dette er også et krav for erosjonssikringer som påvirkes av is, gitt i Vegnormal N200 (KRAV 2.89).

Sikringslaget skal ha en tykkelse som oppfyller Vegnormal N200 KRAV 2.86;  $T_{\min} \geq 300$  mm,  $D_{\max}$  eller  $1,5x D_{50}$ . I NVEs veileder er det anbefalt at minstekravet (300 mm) økes noe, hvis sikringen kan utsettes for drivgodsbelastning fra isflak – vanligvis er det tilstrekkelig at sikringen er tykkere enn 400 mm. Ved plassering i vann, bør tykkelsen økes med 50%.

Det er anbefalt at sikringen utføres med relativt ensgradert masse ( $C_u = D_{60}/D_{10} < 5$ ) og med et filterlag av grus under. Med en slik type oppbygning har en mer kontroll på steinstørrelser i sikringslaget, og et eget filterlag gir bedre grenseflatestabilitet og filtrering mot naturlig grunn. Dette er spesielt relevant i områder hvor grunnen består av fine masser, hvor det er en fare for at finere partikler i underlaget vaskes ut gjennom porene i erosjonssikringen. Alternativt kan det benyttes geotekstil eller fibermatter i stedet for

filterlag av grus, men dette er ofte vanskelig å plassere i vann. Det er som oftest ikke nødvendig med både filterlag og geotekstil. Det bemerkes at det er gitt egne krav for filterlag og geotekstil i Vegnormal N200.

Erosjonssikringen kan også utføres med samfengt masse, som fungerer som sikring og filter i ett. Med en slik løsning, bør en imidlertid øke tykkelsen på sikringen, for å kompensere for faren for utvasking av finstoff i underlaget. Som et absoluttkrav, skal sikringens gradering oppfylle Vegnormal N200 KRAV 2.87;  $1.5 \leq D_{85}/D_{15} \leq 7.0$ .



Figur 5-1 Prinsippskisser for erosjonssikring, hentet fra NVE veileder 4/2009.

Det er gitt spesielle retningslinjer for utforming erosjonssikringer ved konstruksjoner, som kulverter og bruer. Videre kan det også være relevant å sikre med mur i stedet for løsmasser, dersom det er for trangt og/eller bratt i elveløpet til å utforme en vanlig sideskråning. For svært krevende forhold kan betongkonstruksjoner være et alternativ. For dette vises det til NVEs veileder (4/2009) og SVVs Håndbok V221.

## 5.4 Dimensjonering av midlertidige anlegg

Statens vegvesens Håndbok V240 gir føringer for dimensjonering av vannhåndtering ved midlertidige anlegg, som omkjøringsvei ved anleggsarbeider og lignende. I håndboken anbefales det at midlertidige anlegg dimensjoneres for en flom med returperiode som gir samme (eller lavere) sannsynlighet for flom som den permanente konstruksjonen vil ha når den er ferdigstilt. Videre skal en ta utgangspunkt i at det permanente anlegget har en levetid på 50 år.

Sannsynligheter for ulike returperioder er presentert i Tabell 5-5. For eksempel vil et permanent anlegg med dimensjonerende returperiode på 200 år, ha en sannsynlighet for flom på  $P_s = 0.22$ . Dersom det skal etableres en midlertidig veg som har en levetid på et år, bør gjennomløpet her dimensjoneres for en returperiode på 5 år, da dette tilsvarer en sannsynlighet på  $P_s = 0.20$  for flom. Videre er det ikke krav til bruk av klima- og usikkerhetsfaktor for midlertidige anlegg. Det bør imidlertid gjøres en vurdering av hvilke faktorer som skal benyttes ut ifra levetiden til det midlertidige anlegget, men det skal aldri velges faktorer under 1,0.

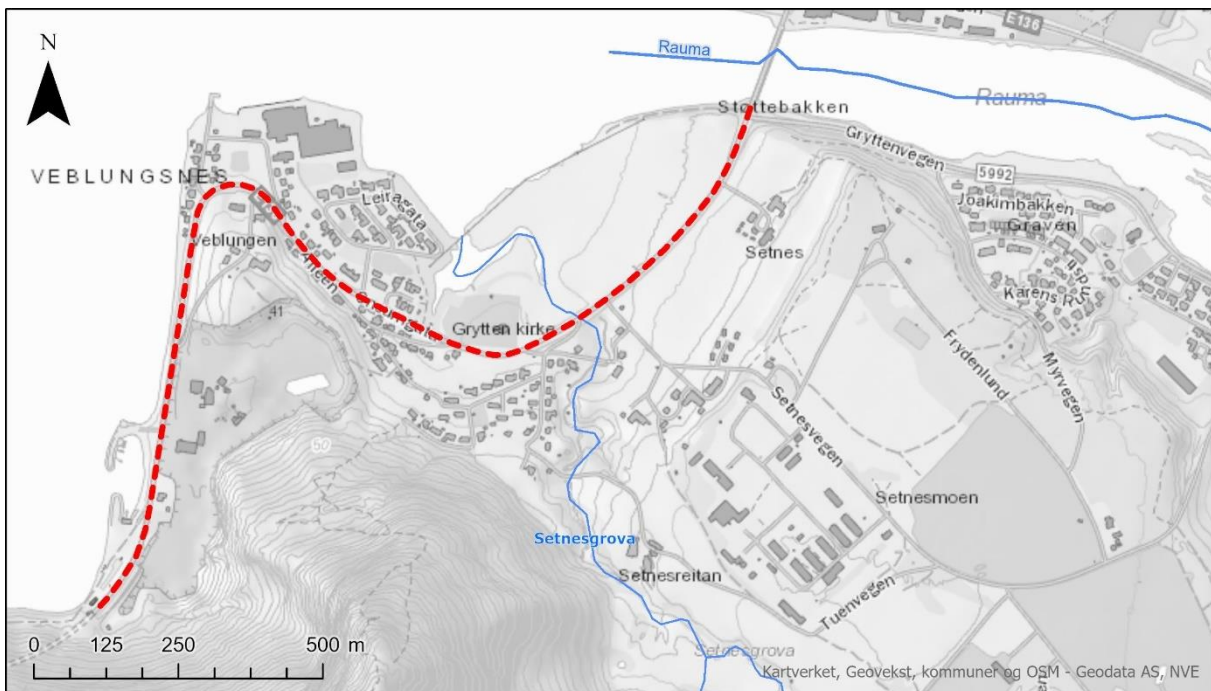
Tabell 5-5 Sannsynlighet for flom ut fra levetid og returperiode. Hentet fra SVV Håndbok V240.

Forventet levetid i år	Returperiode (T) i år						
	1	2	5	10	50	100	200
1	1.00	0.5	0.20	0.10	0.02	0.01	0.01
2	1.00	0.75	0.36	0.19	0.04	0.02	0.01
5	1.00	0.97	0.67	0.41	0.10	0.05	0.02
10	1.00	1.00	0.89	0.65	0.18	0.10	0.05
50	1.00	1.00	1.00	0.99	0.64	0.39	0.22
100	1.00	1.00	1.00	1.00	0.87	0.63	0.39
200	1.00	1.00	1.00	1.00	0.98	0.87	0.63

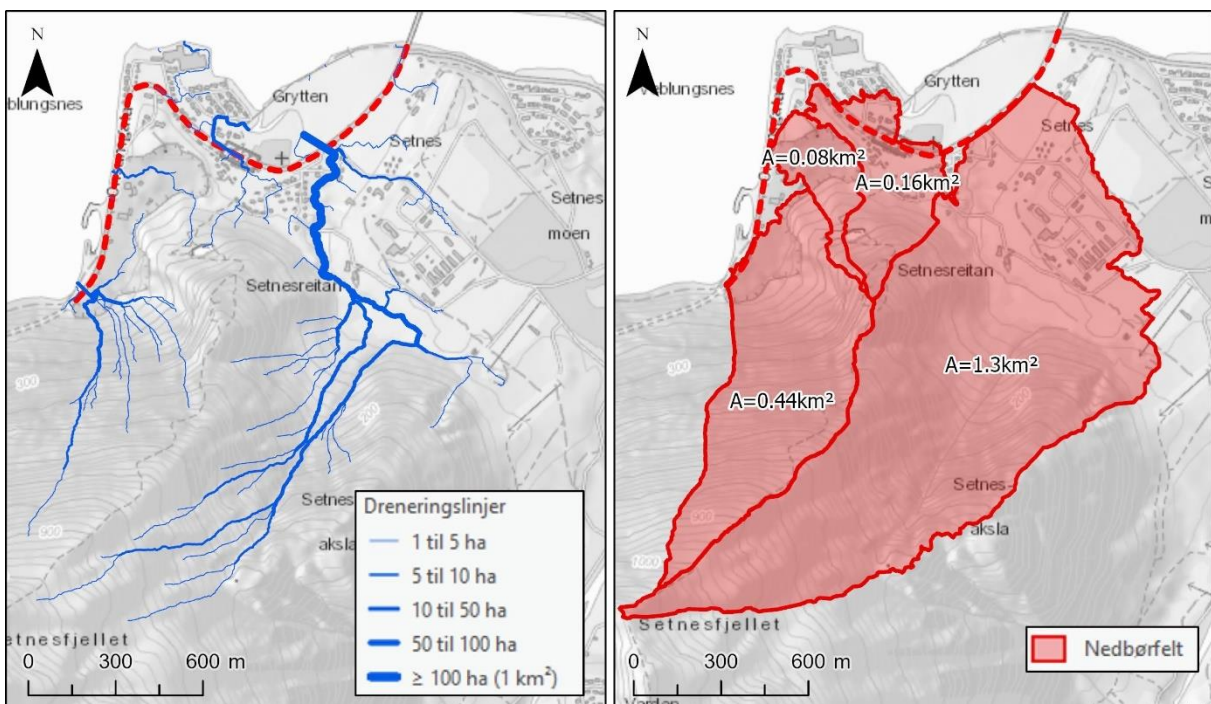
Det bemerkes at det er gitt egne krav for dimensjonering og vannføringsberegninger for midlertidige gjennomløp som klassifiseres som bruer (spennvidde  $\geq 2.5$  meter). Dette er omfattet i krav 13.6.3 i Vegnormal N400.

## 6 Beskrivelse av strekningen

Vegstrekningen på Veblungsnes er relativt kort. Det er kun to vassdrag som er registrert i NVEs elvenettverksdatabase ELVIS som berører vegen; elven Rauma og bekken Setnesgrova (se Figur 6-1). Terrenganalyser i SCALGO Live viser at det er tre flomveier som krysser vegen lengre vestover (se Figur 6-2 og Vedlegg 2). Alle vannveiene har utløp i sjøen.

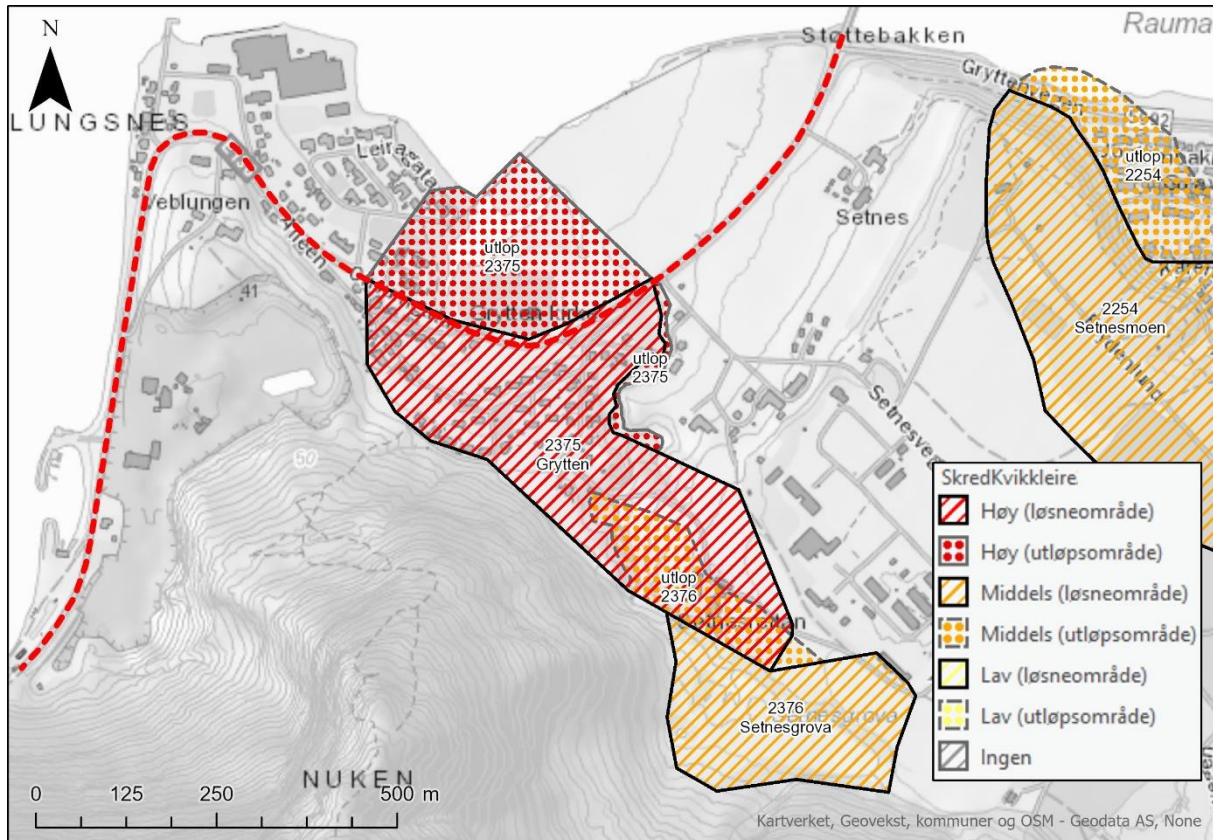


Figur 6-1 Elver og bekker i Veblungsnes som er registrert i NVEs elvenettverksdatabase ELVIS.



Figur 6-2 Dreneringslinjer og nedbørfelt generert i SCALGO Live.

Setnesgrova er det vassdraget som har størst skadepotensiale for vegen, av to årsaker. Den første er at feltet tilhørende bekken har et såpass stort areal, at det kan akkumuleres ganske store vannmengder under en flom. Disse vannmengdene må føres under vegen, og underdimensjonerte vanngjennomløp kan gi skader på vegfyllingen. Den andre årsaken er at Setnesgrova går igjennom to kvikkleiresoner – se Figur 6-3. Det er følgelig en fare for at erosjon i bekken kan utløse skred.



Figur 6-3 Faresoner for kvikkleireskred (Kilde: NVE/Multiconsult).

Vegstrekningen ligger stedvis lavt over havet, og er følgelig potensielt utsatt for flom fra sjøen (stormflo). Vegfyllingen ligger også svært nærme sjøen i vest, og er potensielt utsatt for bølgerosjon.

## 7 Overordnede føringer for strekningen

Basert på informasjon om trafikkmengde fra SVVs karttjeneste Vegkart, hadde strekningen av E136 i Veblungsnes en ÅDT på ca. 2700 i 2021. Det er stipulert at strekningen vil ha en ÅDT på 3200 i 2048. Dette plasserer vegstrekningen i **sikkerhetsklasse V2** jf. Tabell 4-3. Det er også begrenset med omkjøringsmuligheter på strekningen. Følgelig gjelder en dimensjonerende returperiode **T<sub>dim</sub> = 200 år** i henhold til Vegnormal N200 KRAV 2.8.

Det er ikke identifisert andre sårbare punkter ved vegstrekningen, utenom bebyggelse og industri som faller inn under sikkerhetsklasse F2 for flom i henhold til TEK 17 §7-2. Her gjelder samme returperiode for flom som for vegsikkerhetsklasse V2 (T = 200 år).

På grunn av faren for kvikkleireskred i Setnesgrova, ble det vurdert om bekken skulle sikres mot en 1000-årsflom. I møte med NVE (23.09.2022) ble det imidlertid avklart at dette ikke er nødvendig.

En oppsummering av overordnede føringer med hensyn til flom for E136 Veblungsnes er gitt i Tabell 7-1. Påslag for klima og usikkerhet er satt i henhold til Tabell 4-4 og Tabell 4-5. I henhold til Vegnormal N100 KRAV 3.5, skal vegbanen ligge minst 50 cm høyere enn vannstanden ved dimensjonerende 200-årsflom ( $Q_{dim,200}$ ). Det er ikke ansett som nødvendig med krav til mer enn 50 cm klaring på den aktuelle vegstrekningen, da konsekvensene av høy vannstand er vurdert til å ikke være spesielt store.

Tabell 7-1 Overordnede føringer med hensyn til flom for E136 Veblungsnes.

Føringer for E136 Veblungsnes		
Sikkerhetsklasse for flom	V2	
Dimensjonerende gjentakintervall for flom	T = 200 år	
Påslag for klima og usikkerhet	Klimafaktor	$F_k = 1,4$ (alle nedbørfelt)
	Usikkerhetsfaktor	$F_u = 1,1$
Minimum klaring mellom dimensjonerende vannstand (ved $Q_{dim,200}$ ) og vegbane	0,5 meter	

Det bemerkes at dagens vegstrekning også er utsatt for flom fra sjøen og bølgeerosjon. Dette temaet er ikke omfattet i dette hydrologi-notatet. Krav 3.6 i Vegnormal N100 gir krav til høyde på kystveger, og krav til sikring mot bølgeerosjon er omtalt i kapittel 1.7.2 i Vegnormal N200.



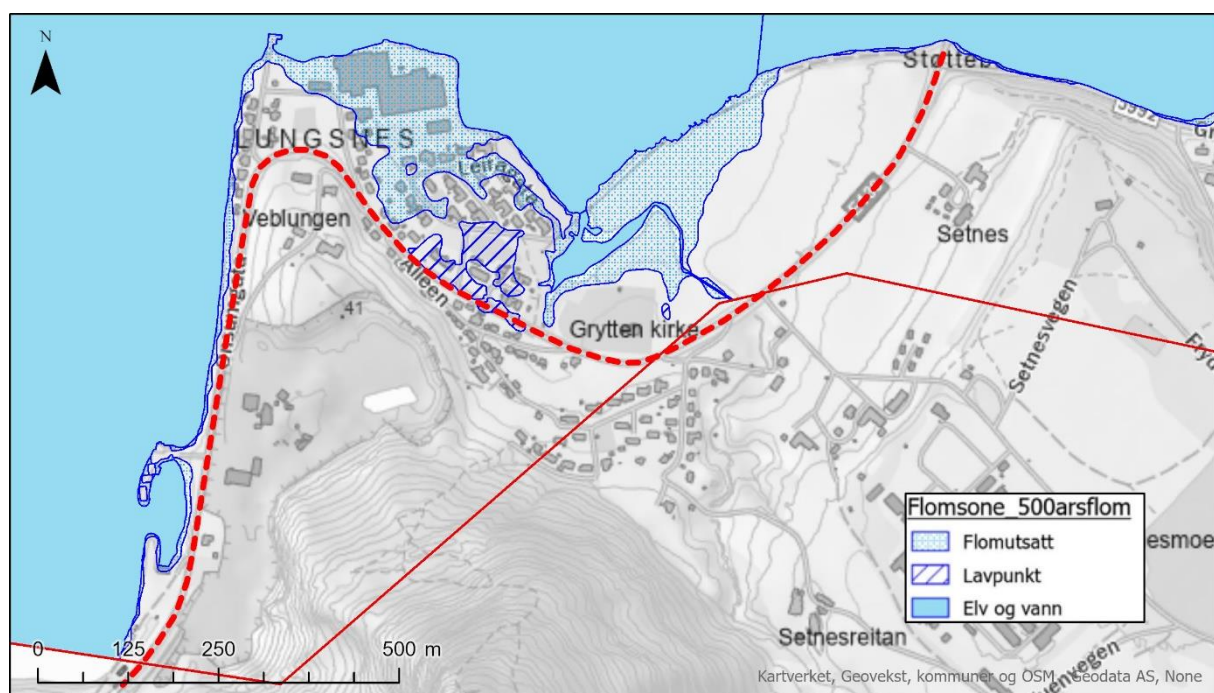
## 8 Gjennomgang og vurdering av eksisterende grunnlag

Det er ikke identifisert noen temarapporter som omhandler hydrologi/flom fra påbegynt reguleringsplan av Statens vegvesen for E136 Veblungsnes. Altså kan det antas at det ikke ble gjort noen detaljerte vurderinger av flomfare i området i forbindelse med dette arbeidet.

Det er undersøkt om det foreligger noen kartlegginger av flom i området, som er registrert i NVEs systemer. Dette viser at det finnes en flomsonekartlegging av Rauma, som er utarbeidet av NVE. Videre er det sett nærmere på stormflo ved bruk av Kartverkets tjeneste Se havnivå, og hva som foreligger av informasjon om eksisterende drenering (vanngjennomløp) i området.

### 8.1 Flomsonekart Delprosjekt Rauma (NVE)

NVE utarbeidet et flomsonekart for den nedre delen av Rauma i 2005. Det ble generert flomsoneer med gjentaksintervall på 10, 100 og 500 år. Figur 8-1 viser flomsoneen for 500-årsflom, som kan antas å gi en lignende situasjon som 200-årsflom i fremtidens klima. Denne viser at den aktuelle vegstrekningen på Veblungsnes ikke er direkte utsatt for flom fra Rauma – det er kun et lite parti som ligger i et lavpunkt.



Figur 8-1 Flomsonekart for Rauma (Kilde: NVE).

Som grunnlag for kartleggingen, ble det foretatt flomberegninger basert på flomfrekvensanalyser på målestasjoner i vassdraget, samt informasjon om overføringer og reguleringer. Vannstander ble beregnet ved bruk av endimensjonal modellering i programmet HEC-RAS, hvor det ble benyttet innmålte tverrprofil. Modellen ble også kalibrert opp mot observert flom, og det ble benyttet 1-års stormflo som nedre

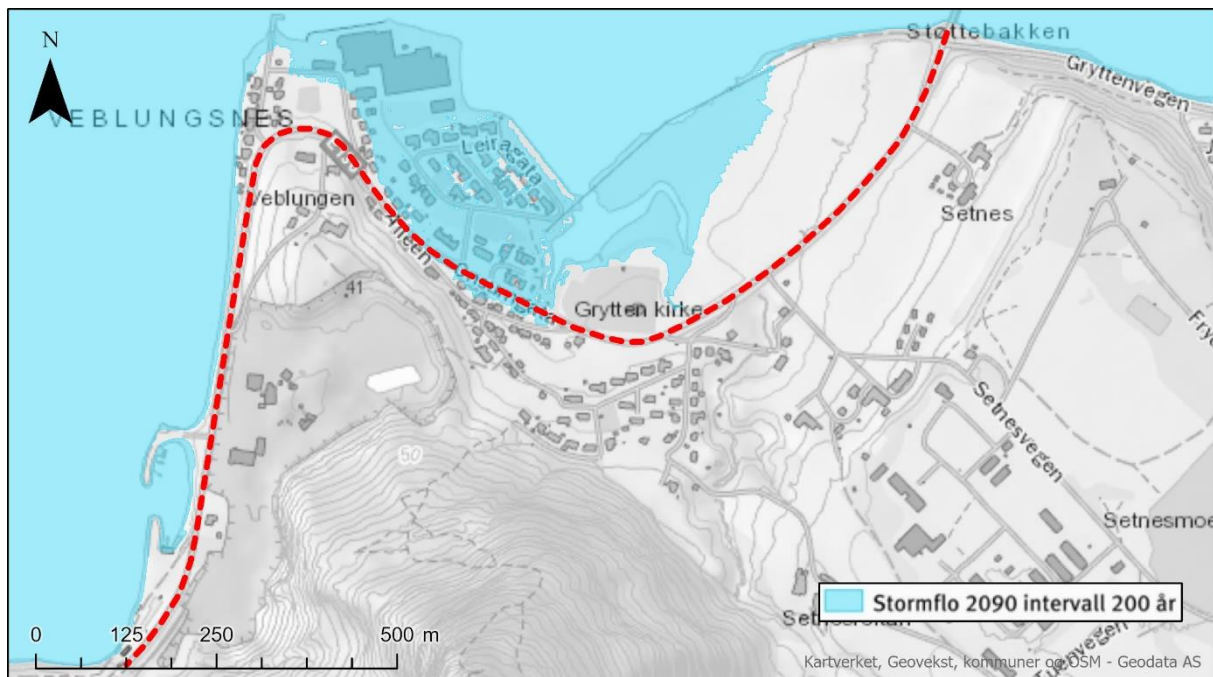
grensebetingelse. Stort sett ansees grunnlaget og metodikken bak flomsonekartleggingen som tilstrekkelig, med tanke på når det ble utført.

Et av de viktigste resultatene fra flomsonekartleggingen for prosjektet E136 Veblungsnes, er at tidevann og stormflo har stor innvirkning på vannstanden i Rauma. Kartleggingen viser nemlig at stormflo vil gi større vannstander i den nederste delen av elva, enn elveflom med tilsvarende gjentaksintervall. Altså kan en forvente at det er stormflo som er dimensjonerende for vegstrekningen, ikke flom i Rauma.

Flomsonekartet begynner å bli utdatert. Dette er både med tanke på at en har nå flere år med tilgjengelig datagrunnlag for flomberegninger, og at det har kommet forbedringer i grunnlag, programmer og metodikk som benyttes til å utarbeide flomsonekart. Den nedre delen av Rauma ble dybdekartlagt i 2018 på oppdrag fra NVE, og det kan derfor forventes at flomsonekartet vil oppdateres i den nærmere fremtid. Det er imidlertid ikke forventet at en oppdatert kartlegging vil endre konklusjonen om at det er stormflo som er dimensjonerende ved utløpet til sjøen.

## 8.2 Stormflo (Kartverket)

Kartverket har utarbeidet risikokart som viser områder som vil bli oversvømt ved stormflo med forskjellig gjentaksintervall. Risikokart for 200-års stormflo i 2090 (inkludert havnivåstigning) i Veblungsnes er vist i Figur 8-2. Denne viser at vegstrekningen stort sett ikke er utsatt for flom fra havet. Det er imidlertid rundt 250 meter av vegen, rett vest for Grytten kirke, som ligger såpass lavt at det vil bli oversvømt.



Figur 8-2 Risikokart for 200-års stormflo i 2090 (inkl. havnivåstigning) i Veblungsnes (Kilde: Kartverket).

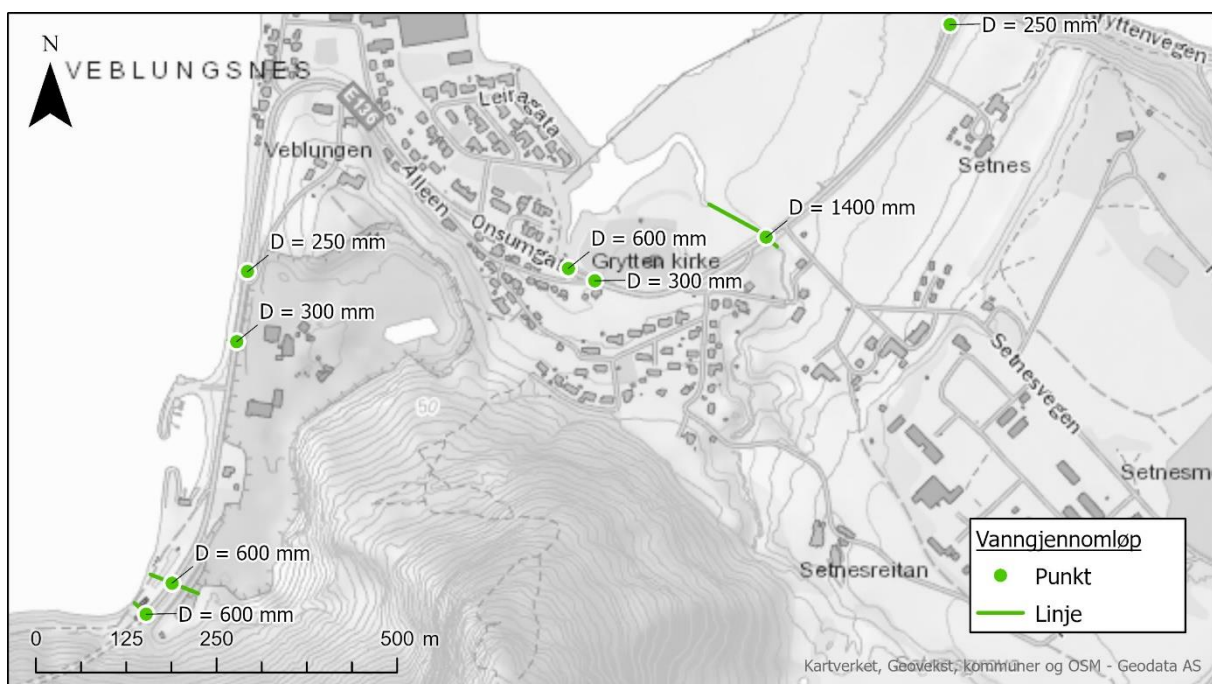
Stormflonivåer for Veblungsnes, hentet fra Kartverkets tjeneste Se havnivå, er gitt i Vedlegg 1. Det bemerkes at det skal legges til grunn beregnet havnivåstigning for høyt utslippsscenario (RPC8.5) og framskrivningens øvre estimat (95-persentilen) i referanseperioden 2081-2100 (ofte referert som 2090), i henhold til anbefalinger i DSBs veileder *Havnivåstigning og stormflo* (2016). Dette tilsvarer 68 cm, noe som gir et havnivå ved 200-års stormflo i fremtidens klima på +2.55 moh. (avrundes til +2.6 moh.).

**Det bemerkes at tallene fra Se havnivå ikke tar hensyn til bølgepåvirkning**, og at det dimensjonerende høyvannsnivået for vegen vil være høyere enn +2.6 moh. som følge av dette.

### 8.3 Data for vanngjennomløp

I Statens vegvesens kartløsning Vegkart kan en se data fra Nasjonal Vegdatabank (NVDB). I denne databasen foreligger det blant annet informasjon om vanngjennomløp, hvor registrerte stikkrenner og kulverter i Veblungsnes er vist i Figur 8-3 (samt Vedlegg 3). Det er stort sett betongrør som ligger i vegstrekningen, med unntak av kulverten tilknyttet Setnesgrova. Denne er todelt, hvorav øvre del er i korrugert stål og nedre er i plast.

Vanngjennomløpene ble registrert i NVDB i 2016, og det kan derfor antas at informasjonen er relativt oppdatert. Kulverten tilhørende Setnesgrova ble også innmålt under befaring i 2022, hvorav registrert material og dimensjon stemmer overens med informasjonen i NVDB.



Figur 8-3 Registrerte vanngjennomløp i Nasjonal Vegdatabase (NVDB), hentet via Vegkart (Kilde: SVV).

## 9 Ny veglinje og planlagte tiltak i vassdrag

Figur 9-1 viser plassering av gjeldende linje for ny veg per november 2022. Det er bestemt at det skal tas utgangspunkt i Staten Vegvesens alternativ 4 fra påbegynt reguleringsplan, men med optimaliseringer. Videre er det bestemt at dagens veg skal beholdes frem til Grytten kirke. Dette alternativet er omtalt som NV3.



Figur 9-1 Kart som viser plassering av gjeldende linje for ny veg per november 2022.

Den nye veglinjen ligger mer sikkert med hensyn til flom fra sjøen og bølgeerosjon sammenlignet med dagens trasé. Det laveste punktet ligger ved tunnelen i vest, på rundt +3.7 moh. Det er følgelig ikke forventet at det må gjøres spesielle utredninger og tiltak med hensyn til dette.

Den nye vegen berører ikke Setnesgrova, og det er ikke planlagt tiltak som berører bekken i forbindelse med vegprosjektet.

## 10 Faglige anbefalinger for videre arbeid

Faglige anbefalinger for videre arbeid innenfor hydrologifaget, og deres status, er oppsummert i Tabell 10-1, og er basert på gjennomgangen av det foreliggende grunnlaget og planer for ny veg og tiltak.

Flomfaren knyttet til Rauma er vurdert som tilstrekkelig utredet gjennom NVEs flomsonekartlegging i 2005, og det kan konkluderes at Rauma ikke utgjør en fare for E136 Veblungsnes. Videre er faren knyttet flom fra sjøen og bølgeerosjon er ikke ansett som en relevant problemstilling for den nye vegen, da den nye veglinjen ligger nokså langt opp i terrenget.

Innledningsvis i prosjektet, ble det anbefalt å utføre en flomvurdering av Setnesgrova for å kartlegge vannstander og oversvømmelse, samt kapasitet i eksisterende bekkelukking. Dette, samt kartlegging av kvikkleireskred, ble utført sommeren/høsten 2022. Disse naturfareutredningene viser at både flom og skred vil gå over E136 ved eksisterende krysning med Setnesgrova. I etterkant av kartleggingene har det blitt bestemt at ny veglinje skal starte ved Grytten kirke (se Figur 9-1), slik at den ikke berører faresoner for skred og flom. Da krav til sikkerhet mot flom og skred kun gjelder ny veg, er det følgelig ikke behov for tiltak for å oppnå dimensjoneringskrav. Det poengteres imidlertid at vegen vil bli stengt ved dimensjonerende flom og skred, uavhengig av startpunktet for reguleringsplanen.

Det ble gjort en kartlegging av vann- og flomveier og nedbørfelt i forbindelse med utarbeidelse av dette notatet – dette er vist i kart i Vedlegg 2. Det er ikke ansett som nødvendig å utføre mer detaljerte vurderinger for de mindre flomveiene i denne fasen. Kartlegging av eksisterende drenering (vanngjennomløp) i området er gjort gjennom informasjon i Vegkart/NVDB (se Vedlegg 3). Kontrollinmåling av kulverten tilhørende Setnesgrova har blitt utført i 2022, og det er ikke ansett som nødvendig å gjøre mer grundigere kartlegging av eksisterende drenering i denne fasen.

Tabell 10-1 Oversikt over aktiviteter knyttet til hydrologi/flom for E136 Veblungsnes.

Aktivitet: kartlegging av flom og erosjon i vassdrag						
Vassdrag	Er vassdraget kartlagt fra før?	Er evt. foreliggende grunnlag tilstrekkelig?	Status kartlegging pr. 25.11.2022			Referanse fagrapport
			Dagens situasjon	Situasjon med tiltak	Erosjon	
Rauma	Ja, av NVE i 2005	Ja – ny veg er ikke utsatt for flom fra Rauma	-	-	-	NVE rapport 6/2005
Setnesgrova	Nei	-	Utført ( $Q_{dim,200}$ )	Ikke nødvendig; ny veg er ikke flom- eller skredutsatt, og det er ikke behov for tiltak		NV15E136VV-HYD-RAP-0001 NV15E136VV-GEO-NOT-0002
Øvrige aktiviteter						
Aktivitet			Status aktivitet pr. 25.11.2022			Referanse for aktivitet
Kartlegging av feltgrenser, vannveier og flomveier			Utført			Vedlegg 2
Kartlegging av eksisterende drenering (vanngjennomløp)			Utført			Vedlegg 3
Dimensjonering av ny/utbedret bekkekrysning			Ikke nødvendig; ny veg berører ikke Setnesgrova og er ikke flomutsatt			

## 11 Referanseliste

### Kilder:

- **Edvardsen, S., Øydvin, E.K. og Larsen, C.K.** (2005). *Flomsonekart Delprosjekt Rauma*. NVE rapport 6/2005.
- **Engeland, K., Glad, P., Hamududu, B.H., Li, H., Reitan, T. og Stenius, S.M.** (2020) *Lokal og regional flomfrekvensanalyse*. NVE rapport 10/2020.
- **Engeland, K., Hisdal, H., Orthe, N.K., Petersen-Øverlier, A., Voksø, A.** (2008). *Lavannskart for Norge*. NVE rapport 5/2008.
- **DSB** (2016). *Havnivåstigning og stormflo*. DSB-veileder.
- **Fergus, T., Hoseth K.A., Sæterbø, E.** (2010). *Vassdragshåndboka*. Tapir akademisk forlag.
- **NVE** (2009). *Veileder for dimensjonering av erosjonssikringer av stein*. NVE veileder 4/2009.
- **NVE** (2011). *Flaum- og skredfare i arealplanar*. Revidert 22. mai 2014. NVE retningslinje 2/2011.
- **NVE** (2022). *Veileder for flomberegninger*. NVE veileder 1/2022.
- **Ryalen, P. C., Orvedal, K.** (red) (2015). *Flom og stormflo*. NVE rapport 83/2015.
- **SVV** (2014). *Håndbok V221 – Grunnforsterking, fyllinger og skråninger*. Veileder. Statens vegvesen.
- **SVV** (2020). *Håndbok V425 - Prefabrikkerte kulverter*. Veileder. Statens vegvesen.
- **SVV** (2020). *Håndbok V240 -Vannhåndtering*. Veileder. Statens vegvesen.
- **SVV** (2021) *Vegnormal N100 – Veg- og gateutforming*. Digital vegnormal. Statens vegvesen.
- **SVV** (2021). *Vegnormal N200 – Vegbygging*. Digital vegnormal. Statens vegvesen.
- **SSV** (2022). *Vegnormal N400 – Bruprosjektering*. Digital vegnormal. Statens vegvesen.
- **Vannressursloven** (2001). *Lov om vassdrag og grunnvann* (LOV-2000-11-24-82). Hentet fra <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2000-11-24-82>

### Databaser og verktøy:

- **Hydra II.** NVE. Database for hydrologiske og meteorologiske data.
- **Høydedata.** Kartverket. Hentet fra <https://hoydedata.no/LaserInnsyn/>
- **NVE karttjenester.** NVE. Hentet fra <https://kartkatalog.nve.no/#kart>
- **NGU karttjenester.** NGU. Hentet fra <https://www.ngu.no/emne/kart-pa-nett>
- **PQRUT.** NVE. Hentet fra <http://pqrout.nve.no/#/T/1>
- **Se havnivå.** Kartverket. Hentet fra <https://www.kartverket.no/til-sjos/se-havniva>
- **Seklima.** Norsk Klimaservicesenter. Hentet fra <https://klimaservicesenter.no/ivf?locale=nb>
- **Vegkart.** Statens vegvesen. Hentet fra <https://vegkart.atlas.vegvesen.no/>



## 12 Vedlegg

- Vedlegg 1** Nivåer for stormflo og havnivåstigning, hentet fra Se havnivå
- Vedlegg 2** Kart over vann- og flomveier (dreneringslinjer) og nedbørfelt
- Vedlegg 3** Kart over eksisterende drenering (vanngjennomløp) i området

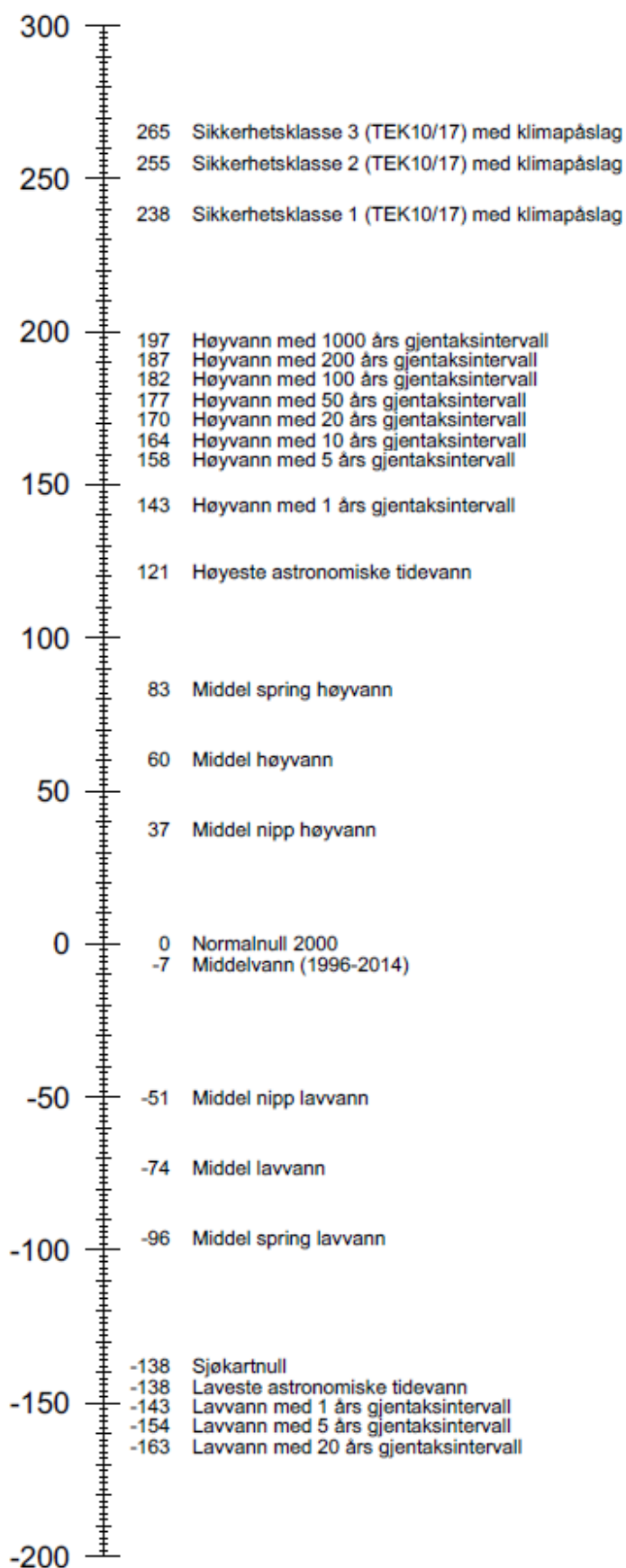
# Vedlegg 1 – Stormflonivåer og havnivåstigning

N62°33,3' E7°39,8'

## VEBLUNGSNES

Nivåskisse

Nivå knyttet til tidevann er hentet fra Kristiansund, justert med faktor 0,98.



Tall som presenteres her er basert på rapporten «Sea Level Change for Norway - Past and Present Observations and Projections to 2100», bestilt av Miljødirektoratet. Rapporten inneholder de offisielle tallene.

Hvordan havnivåendringen blir, avhenger av hvor stort utslipp av klimagasser vi kommer til å ha fremover. Ulike utslippsscenarioer for klimagasser er beskrevet i den femte hovedrapporten til FNs klimapanel (IPCC), og tre av disse er vurdert her.

RCP2.6 innebærer drastiske utslippskutt allerede fra 2020

RCP4.5 innebærer små endringer av utslipp fram til 2050 og deretter utslippskutt

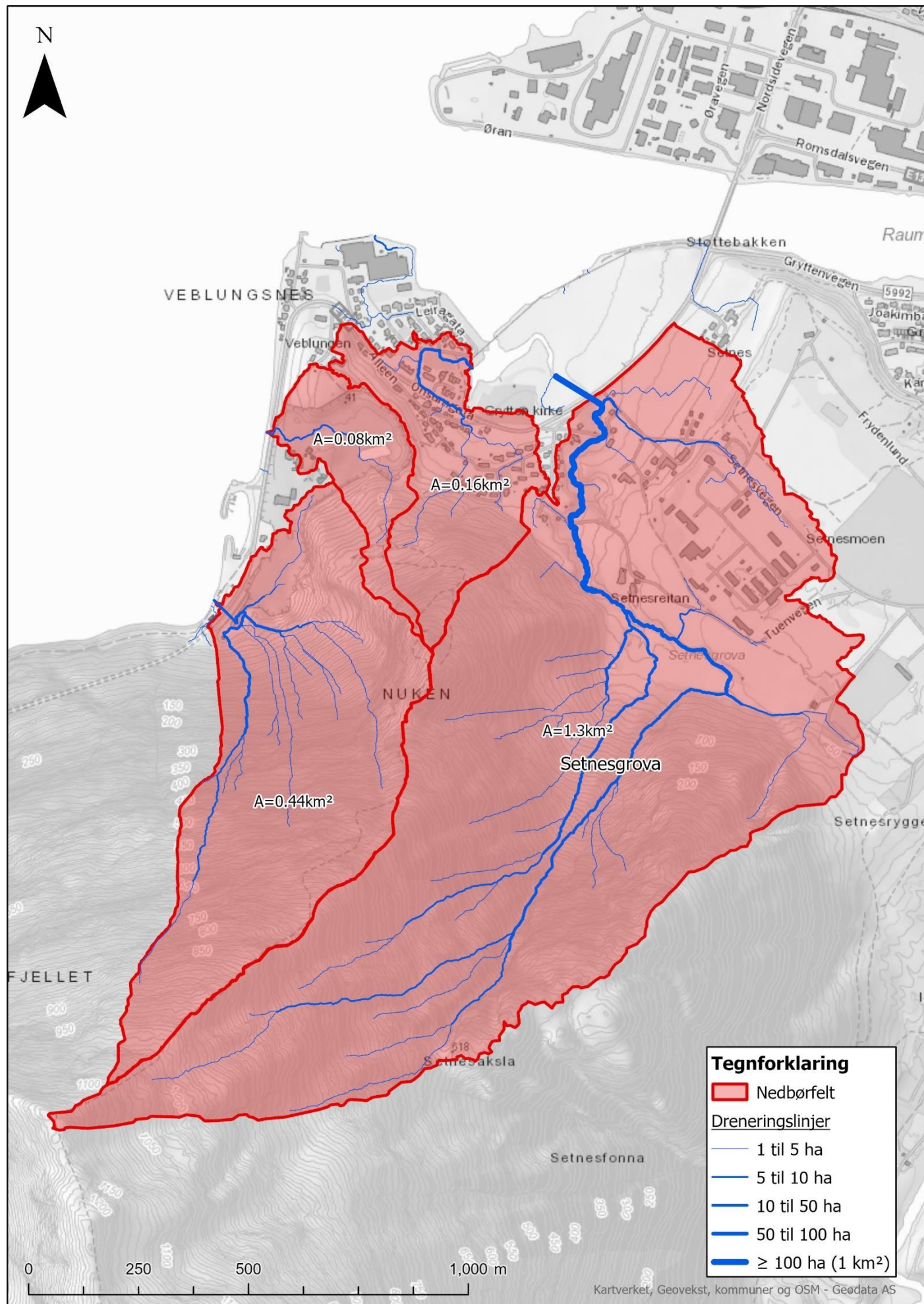
RCP8.5 innebærer at utslippene av klimagasser fortsetter å øke i dagens tempo

Tallene gjelder for Rauma kommune. Utgangspunktet for modellene er Åndalsnes.

	2041-2060	2081-2100	2100
Lavt utslipp (RCP2.6)	11 cm (-3 – 25 cm)	16 cm (-9 – 42 cm)	19 cm (-10 – 47 cm)
Redusert utslipp (RCP4.5)	12 cm (-1 – 25 cm)	23 cm (-2 – 48 cm)	25 cm (-4 – 53 cm)
Høyt utslipp (RCP8.5)	15 cm (1 – 28 cm)	39 cm (9 – 68 cm)	44 cm (9 – 79 cm)

Tabellen presenterer framskrivinger for framtidig havnivå for årene fram til 2100 sammenlignet med perioden 1996-2005. Tabellen viser framskrivningenes middelværdier samt nedre og øvre grense for det sannsynlige intervallet for havnivåendringene.

# Vedlegg 2 – Kart over vann- og flomveier og nedbørfelt



# Vedlegg 3 – Kart over eksisterende drenering (vanngjennomløp)

