



Fagrappport VA

Detaljreguleringsplan E39 Mandal – Lyngdal øst

LYNGDAL KOMMUNE

Oppdragsnr:	10219378
Oppdragsnavn:	Detaljregulering for E39 Mandal - Lyngdal øst
Dokument nr.:	NV42E39ML-VAA-RAP-0001
Filnavn	E39_ML_Lyngdal_VA_Fagrapport

Revisjonsoversikt

Revisjon	Dato	Revisjon gjelder	Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av
01	18.05.2021	1. gangs behandling	NOCHGS	NOLOKE	NOHOLL

Innhold

1	Sammendrag	4
2	Innledning	5
3	Myndighetskrav	6
3.1	Reguleringsbestemmelser	6
3.2	lover og forskrifter	6
3.3	Statens vegvesens håndbøker og rapporter	7
3.4	Norsk Vannstandard	7
3.5	NIVA rapport	7
4	Eksisterende vann- og avløpsanlegg innenfor planområdet	8
4.1	Kommunale vann- og avløpsledninger	8
4.2	Private vann- og avløpssystemer	8
4.3	Landbruksdrenering	9
5	Overvannshåndtering og drenering i dagsoner	9
5.1	Overordnet strategi for vannhåndtering	9
5.2	Generelle prinsipper	10
5.3	Dimensjonerende gjentakintervall for nedbør, sikkerhetsklasse og klimafaktor	12
5.4	Hydrologiske beregningsmetoder	13
5.5	Fordrøyning	14
5.6	Forurenset vegovervann og renseløsninger	15
6	Bekkelukking og stikkrenner	18
7	VA-løsninger i tunnel	19
7.1	Overordnet strategi for vannhåndtering	19
7.2	Slokkevann	19
7.3	Drenering	19
7.4	Vaskevann	19
8	Tiltaksbeskrivelse delområder	21
8.1	Haugdal - Lene, delområde 3	21
8.2	Lene - Herdal, delområde 4	21
9	Referanseliste	23

1 Sammen drag

Fagrapporten er et vedlegg til planbeskrivelse for Lyngdal kommune og beskriver krav til funksjon og forslag til utførelse av teknisk infrastruktur som omfatter vann og avløp, overvannshåndtering, drenering og VA-løsninger i tunnel. Rapporten har til hensikt å sammenfatte konsekvenser for arealdisponeringen i veg og sidearealer i forbindelse med vegutbyggingen.

Grunnleggende for vannhåndteringen i prosjektet er at den skal til enhver tid være funksjonsdyktig og kunne tilbakeholde en dimensjonerende nedbørhendelse med 200 års returperiode inklusive påslag for hydrologiske avrenningsberegninger. Trygg flomavrenning fra kjørebane og vegens sidearealer er helt nødvendig for å sikre mot eventuelle skader på bebyggelse, landbruk og eksisterende infrastruktur ved en oversvømmelse i nedstrøms retning. For å oppnå en mest mulig kontrollert og forutsigbar vannhåndtering forutsettes det derfor at kapasiteten langs vannvegene opprettholdes helt ut til en definert trygg resipient i et mindre sårbart område under flom.

To hovedprinsipper som er aktuelle for overvannshåndtering og drenering:

1. Tradisjonell løsning med lukket system i grunn sidegrøft og sentrale rensiltak
2. Lokal håndtering med sedimentering, fordrøyning og rensing i vegens sidearealer

I detaljreguleringen er det lagt til grunn en kombinasjon av løsninger som bidrar til robusthet og åpner for større fleksibilitet og endringer i forbindelse med detaljprosjektering, med tilstrekkelig avsatte arealer.

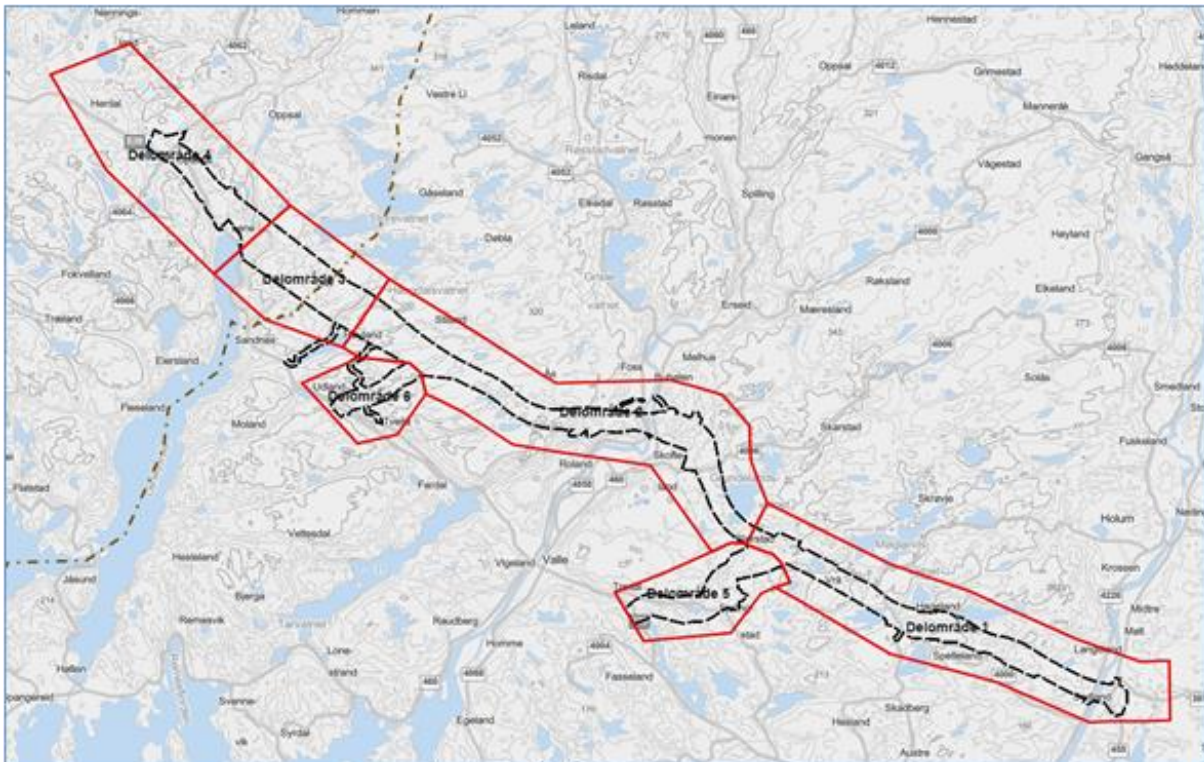
VA-løsninger i tunnel er beskrevet med utgangspunkt i Statens vegvesens Håndbok N500 Vegtunneler (2020) og Veileder V520 Tunnelveiledning (2020). Det legges til grunn at det etableres adskilte systemer for håndtering av rent drens-/innlekkasjevann fra tunnel, hovedsakelig grunnvann upåvirket av forurensning fra vegen, og forurenset vegoverflatevann og tunnelvaskevann med behov for rensiltak.

2 Innledning

Sweco utarbeider på oppdrag fra Nye Veier AS detaljreguleringsplan for E39 Mandal – Lyngdal øst. Nåværende E39 mellom Kristiansand og Stavanger er om lag 208 km lang og har ikke god nok standard i henhold til dagens trafikkmengde og trafikkavvikling. Det er høy årstdøgntrafikk (ÅDT) og mange trafikkulykker på strekningen. Dette er bakgrunnen for at nåværende E39 skal erstattes med ny, trafiksikker firefelts motorvei med fartsgrense 110 km/t. Ny motorvei vil gi vesentlig kortere reisetid for brukere, og dermed knytte Agder og Rogaland tettere sammen som felles bo- og arbeidsmarked.

Planområdet er om lag 25 kilometer og strekker seg fra Mandalselva i Lindesnes kommune til Herdal i Lyngdal kommune (Figur 1). Det ligger nord for nåværende E39 og går hovedsakelig gjennom naturområder.

Området er videre delt inn i 6 delområder, som vist i figur 2.1 under.



Figur 2.1. Oversiktskart over prosjektområdet. Mandalselva til høyre og Herdal til venstre. Kilde: Sweco Norge AS

3 Myndighetskrav

Overvann skal være en naturlig del av tidlig planlegging i vegprosjekter. Det bør legges opp til en overvannshåndtering basert på åpne og lokale løsninger som imøtekommer klimautfordringene og minimerer skade på helse, miljø og infrastruktur. Vannhåndteringen er underlagt en rekke bestemmelser, krav og retningslinjer som regulerer og påvirker planlegging, utførelse og drift. En samlet oversikt over regelverk og rammebetingelser som virker inn på arbeidet med detaljreguleringen er nærmere beskrevet under og skal ivaretas.

3.1 Reguleringsbestemmelser

Reguleringsbestemmelser til områderegulering for E39 Mandal - Lyngdal øst (PlanID 4225_201805), vedtatt 26.03.2020, gir konkrete føringer og fastsetter prinsipper for bruk og vern av arealer, hensynssoner og rammer i forbindelse med vegtiltaket og har vært førende for detaljreguleringsarbeidet.

3.2 Lover og forskrifter

Vegovervann kan være forurenset og direkte utslipp må ikke komme i konflikt med aktuelt regelverk og krav i drikkevannsforskriften, vannressursloven, forurensningsloven og miljømål i vannforskriften. For å planlegge god vannhåndtering og sikre beskyttelse av sårbare vannforekomster i anleggsfase og driftsfase er det viktig at forurenset overvann fra vegen samles opp og ledes til rensiltak før kontrollert utslipp til resipient.

Lawerket som regulerer overvann er fragmentert, og ingen spesifikk myndighet har det overordnede ansvaret for overvannshåndteringen. Overvann er et bredt tema som sorterer under en rekke ulike lovverk. De mest sentrale lovene for VA-sektoren med utfyllende forskrifter som regulerer håndtering av overvann er vist i tabell 3.1 under.

Tabell 3.1. Oversikt over aktuelt lovverk med tilhørende forskrifter for utdypning av lovtekstene

Lov	Tilhørende forskrifter
Lov om vern mot forurensninger og om avfall (forurensningsloven) LOV-1981-03-13-6	Forskrift om begrensning av forurensning (forurensningsforskriften)
	Forskrift om rammer for vannforvaltningen (vannforskriften) FOR-2006-12-15-1446
Lov om vassdrag og grunnvann (vannressursloven) LOV-2000-11-24-82	Forskrift om rammer for vannforvaltningen (vannforskriften) FOR-2006-12-15-1446
Lov om matproduksjon og mattrygghet mv. (matloven) LOV-2003-12-19-124	Forskrift om vannforsyning og drikkevann (drikkevannsforskriften) FOR-2016-12-22-1868
Lov om veier (vegloven) LOV-1963-06-21-23	Forskrift om saksbehandling og ansvar ved legging og flytting av ledninger over, under og langs offentlig veg (ledningsforskriften) FOR-2013-10-08-1212

3.3 Statens vegvesens håndbøker og rapporter

Statens vegvesens håndbøker og rapporter er styrende og relevante kravdokumenter som beskriver metodikk for hvordan de ulike elementene innenfor overvann, drenering og tekniske renseløsninger skal utformes og dimensjoneres. Det er i detaljreguleringsarbeidet benyttet den til enhver tid gjeldende utgave. Spesielt relevant for overvannshåndteringen er Håndbok N200 Vegbygging, hvor nyeste versjon utgitt sommeren 2018 har ekstra skjerpede retningsligner for når overvannet bør renses. Behovet for tiltak bestemmes ut fra forurensningsbelastningen vurdert opp mot resipientenes sårbarhet og evne til å ta imot det forurensede overvannet.

De viktigste håndbøkene og rapportene er opplistet under.

- Håndbok N200 Vegbygging, utgitt 2018
- Håndbok N500 Vegtunneler, utgitt 2020
- Håndbok V240 Vannhåndtering - Flomberegninger og hydraulisk dimensjonering, utgitt 2020
- Håndbok V520 Tunnelveiledning, utgitt 2020
- Rapport 295 Vannbeskyttelse i vegplanlegging og vegbygging, utgitt 2014
- Rapport 506 Vann i tidlig planfase, utgitt 2016
- Rapport 681 Lærebok: Drenering og håndtering av overvann, utgitt 2018

3.4 Norsk Vannstandard

Norsk Vannstandard, et erstatningsprodukt for tidligere VA-norm og VA/Miljø-blad, er utviklet med hensikt å samle krav og veiledning for utførelse og drift av vann- og avløpsanlegg på en felles landsdekkende plattform. Alle veiledende normer og krav for de tekniske løsningene innen VA-faget er basert på «beste praksis løsninger».

De viktigste VA/Miljø-bladene for overvann er opplistet under.

- VA/Miljø-blad nr. 69 Overvannsdammer. Beregning av volum, utgitt 2016
- VA/Miljø-blad nr. 70 Innløp- og utløpsarrangement ved overvannsdammer, utgitt 2013
- VA/Miljø-blad nr. 75 Utforming av overvannsdammer, utgitt 2008
- VA/Miljø-blad nr. 92 Infiltrasjon av overvann, utgitt 2019
- VA/Miljø-blad nr. 104 Fordrøyning av overvann, utgitt 2013
- VA/Miljø-blad nr. 125 Håndtering av overvann – LOD, utgitt 2018

3.5 NIVA rapport

Norsk institutt for vannforskning (NIVA) er en landsomfattende forskningsstiftelse med stor faglig bredde og spisskompetanse innen forvaltningen av miljø, klima og vannressurser. NIVA har siden oppstarten i 1958 utgitt et betydelig antall fagrappporter for sitt forskningsarbeid med relevans til anvendelse i offentlig forvaltning og samfunnsformål. Spesielt relevant for overvannshåndteringen i vegprosjekter er NIVA rapport nr. 7029 Veivrenning og sårbare resipienter, utgitt i 2016.

4 Eksisterende vann- og avløpsanlegg innenfor planområdet

4.1 Kommunale vann- og avløpsledninger

Et viktig formål er å kartlegge omfanget av eksisterende kommunale vann- og avløpsledninger og sikre at disse ikke kommer i konflikt med planlagt vegtiltak. Spesielt er trykksatte vannledninger en sårbar og livsviktig infrastruktur som vil kunne være utsatt for skader ved gravearbeid, sprengning, trykkbelastning under anleggsarbeid og/eller ved ras av jord- og steinmasser.

Det fremgår av opplysninger innhentet fra Lyngdal kommune i detaljreguleringsarbeidet at det ikke er registrert eksisterende kommunale vann- og avløpsledninger som vil bli berørt av vegtiltaket innenfor planområdet. Avbøtende tiltak er dermed vurdert som ikke relevant. Planområdet har begrenset bebyggelse med utelukkende bruk av lokale private vann- og avløpssystemer.

Det opplyses om at Lyngdal kommune er i prosess med å sikre fremtidig vannforsyningsbehov og styrke leveringssikkerheten med etableringen av ny reservevannforsyning på Rom som inkluderer Jovatnet, Skiljetjern og Preststemmen. Av den grunn er det vedtatt en klausuleringszone for å beskytte de aktuelle vannforekomstene og deres nedslagsfelt. Det presiseres at denne sonen ikke berøres av vegtiltaket.

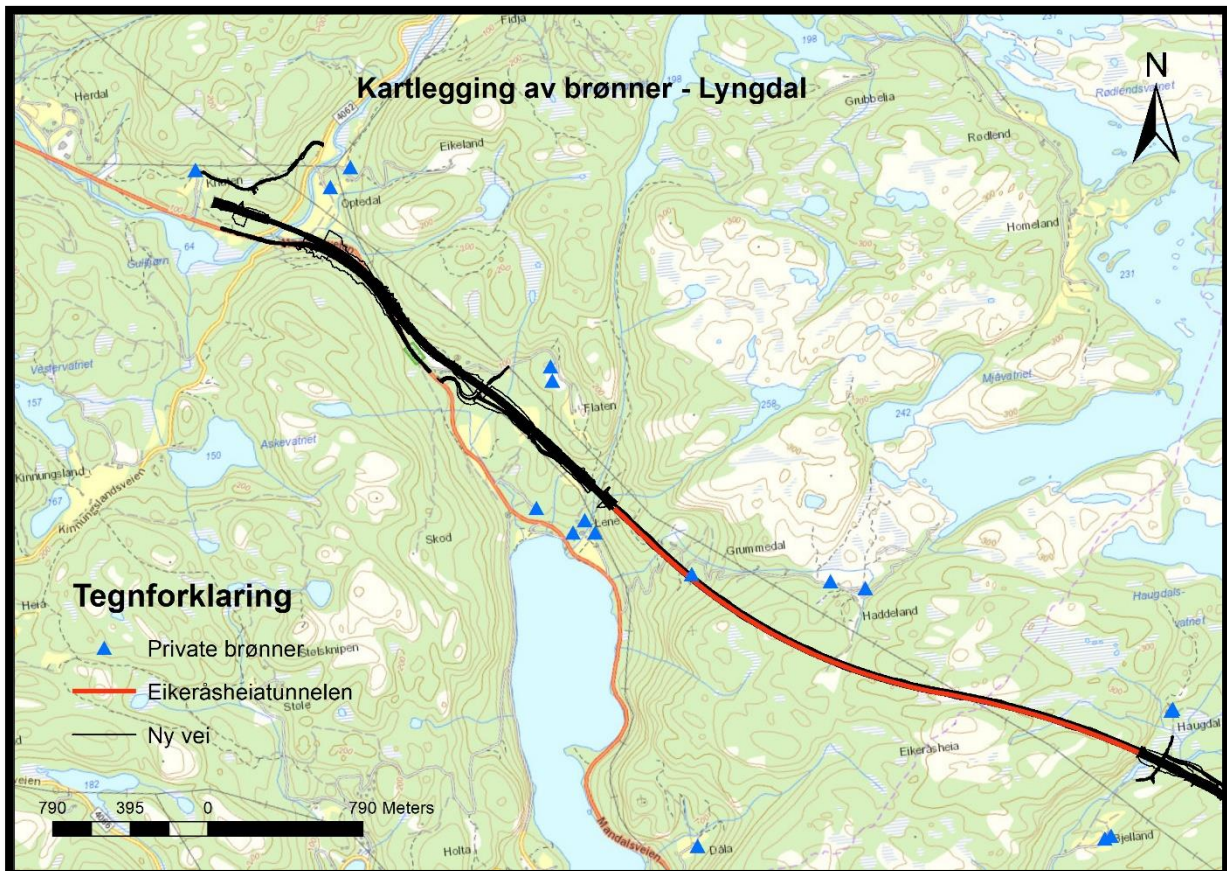
4.2 Private vann- og avløpssystemer

Den private vannforsyningen i planområdet synes å være basert på grunnvannsbrønner eller overflatevann som råvannskilde. Én eller flere husstander kan være knyttet til disse vannforsyningsystemene avhengig av type bebyggelse og tetthet. Med bakgrunn i mottatte innspill i forbindelse med nabovarslingen av tiltaket er det gitt merknad om at flere husstander på Lene i dag har eksisterende drikkevannsforsyning fra Storevassbekken med inntak plassert nedstrøms ny E39. Som følge av vegtiltaket bør vanninntaket legges om og flyttes lengre oppstrøms bekken, både med tanke på en permanent og en midlertidig løsning i anleggsfase. Det er viktig å sikre tiltak som trykker vannforsyningen og hindre potensiell forurensning av drikkevannet.

Forutenom bebyggelsen på Lene er det uklart hvor mange og i hvilken grad privat vannforsyning blir berørt av veiutbyggingen. Basert på informasjon fra nasjonal grunnvannsdatabase (GRANADA), utviklet av Norges geologiske undersøkelse (NGU), var det ikke registrert brønner innenfor planområdet. Det ble derfor bestemt at det skulle utføres en kartlegging av eksisterende energi- og grunnvannsbrønner. Behovet for eventuelle avbøtende beskyttelsestiltak må tidlig avklares for å sikre eventuelle grunnvannskilder som representerer en potensiell drikkevannsressurs.

Alle husstander innenfor plangrensen (pluss 200 meter) ble kontaktet via post og per telefon, hvor Sweco etterspurte informasjon om brønner tilknyttet eiendommene. På bakgrunn av det pågående arbeidet så langt, er det ved utgangen av april 2021 hittil registrert 13 brønner, hvorav 5 befinner seg nedstrøms ny E39 og er vist i Figur 4.1. Av disse er én løsmassebrønn og fire fjellbrønner. Det rapporteres om svært gode vannforhold og godt tilsig. Det ble ikke registrert bruk av vannbehandling. Det er fortsatt uklart hvor mange brønner som gjenstår. Flere adresser innenfor dette området er innløst og ikke vurdert i denne kartleggingen.

For mer detaljert beskrivelse av arbeidet henvises det til eget notat for kartlegging av private brønner langs ny E39 trasè, Mandal-Lyngdal Øst.



Figur 4.1. Kartlegging av eksisterende energi- og grunnvannsbrønner for område 300-400 i Lyngdal kommune. Kilde: Sweco Norge AS, april 2021

Det er ikke foretatt en fullstendig registrering av eksisterende avløpssystemer. Det antas at bebyggelsen i dag har en kombinasjon av spredegrøfter og lukkede avløpstanker. Ingen av disse anleggene antas å bli direkte berørt av den planlagte vegutbyggingen.

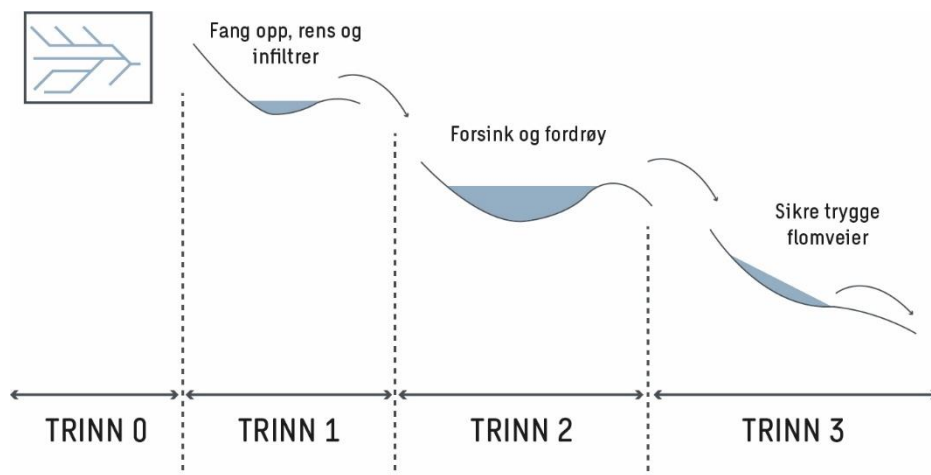
4.3 Landbruksdrenering

Landbruksdrenering er ikke kartlagt. Eksisterende landbruksdrenering som berøres av vegtiltaket skal erstattes. Avdekking og fremgraving av eksisterende landbruksdrenering langs anleggsområdet må utføres i god tid før anleggsstart. Det skal så langt det er mulig etableres et separat system for landbruk- og terrengoverflatevann, som skal håndteres adskilt fra eventuelt forurenset overvann fra vegen. Avskjærende landbruksdrenering skal oppsamles og ledes i rør frem til felles krysningspunkter hvor de legges i varerør under ny E39.

5 Overvannshåndtering og drenering i dagsoner

5.1 Overordnet strategi for vannhåndtering

Tretrinnsstrategien legges til grunn for overvannshåndteringen innenfor planområdet - fange opp, rense og infiltrere, forsinke og fordrøye i fordypninger i terrenget eller overvannstiltak og til slutt kontrollert bortledning til resipient via sikre flomveger.



Figur 5.1. Tretrinnsstrategi for overvannshåndtering. Kilde: Sweco Norge AS

Selv om framgangsmåten i mange tilfeller er detaljert beskrevet, er det likevel flere elementer som må vurderes opp mot lokale/stedlige forhold i hvert enkelt prosjekt, før løsning kan avklares. Dette går særlig på fordrøyning og rensing av overvann. Fordrøyning av overvann må tas i bruk der vassdragene som er tenkt tilført overvann fra veganlegget, ikke har tilstrekkelig kapasitet. Overvann fra veg må renses, dersom årstdøgntrafikk (ÅDT) og resipientens sårbarhet tilsier det. Utfordringen er at kravene til utslippsmengder, rensegrad osv., som skal legges til grunn ved dimensjonering ikke nødvendigvis er gitt.

For eksempel når det gjelder rensing, kommer kravene først i senere detaljprosjektering og anleggsfasen, når det skal søkes om og gis utslippstillatelser av forurensningsmyndighet. Detaljreguleringen må derfor legge til rette for at flere løsninger kan være mulig i kommende prosjektfaser, ved at det er avsatt tilstrekkelige arealer til nødvendige tiltak. I detaljreguleringen er det derfor lagt til grunn en kombinasjon av løsninger som bidrar til robusthet og åpner for fleksibilitet og endringer i forbindelse med detaljprosjektering, i størst mulig grad.

5.2 Generelle prinsipper

Grovt sett er to hovedprinsipper som er aktuelle for overvannshåndtering og drenering. Det ene er tradisjonell løsning med lukket system i grunn sidegrøft og sentrale rensetiltak. Det andre er lokal håndtering med sedimentering, fordrøyning og rensing i vegens siderarealer. Overvann er vann som strømmer på overflaten, og samles opp og håndteres før utslipp i resipient. Drenering er håndtering av vann i grunnen, slik som grunnvann, eller overvann som er infiltrert i stedlige eller oppfylte masser. Prinsipper for drenering og valg av drens-system foretas ut fra ÅDT og fartsgrense. Uansett havner både overvann og drensvann i de fleste tilfeller i samme resipient, men til ulik tid.

På neste side følger en kort beskrivelse av hovedprinsippene som er lagt til grunn i detaljreguleringen. Valgte løsninger er en kombinasjon av flere ulike metoder. Det vises for øvrig til kapittel 8, der de enkelte delstrekene er beskrevet mer i detalj.

Åpen overvannshåndtering med sentrale rensetiltak

Vegovervannet samles og føres i åpne sidegrøfter, enten direkte til sentral rense-/fordrøyningsdam eller til inntakskummer for videreføring i rør/stikkrenne. Sidegrøftene utformes og dimensjoneres slik at de har tilstrekkelig kapasitet til å kunne håndtere dimensjonerende vannføring. Lange strekninger gir behov for bredere/dypere sidegrøfter og dermed større plassbehov. Dybde på sidegrøfter avhenger av tykkelse på vegoverbygning, men også av høyde på slukledning fra vegens midtdeler som er avgjørende for høyden. Ved

stor vannføring og/eller vannhastigheter vil det i tillegg kunne være behov for erosjonssikrende tiltak. Nøyaktig omfang av erosjonssikring må vurderes og detaljeres idetaljprosjekteringen, og vil typisk være aktuelt for veg med lengdefall i størrelsesorden 3 % og oppover, ved store vannmengder og -hastigheter.

Åpen overvannshåndtering med lokale rens tiltak i sidegrøfter

Åpen overvannshåndtering kan også kombineres med lokale rens tiltak i sidegrøfter. Dette forutsetter at sidegrøftene etableres med filtermasser som er egnet for infiltrasjon og med underliggende drensledning. Den kombinerte løsningen reduserer behovet for rense-/sedimentasjonsbassenger, med det er helt avgjørende at man fortsatt har god kontroll på oppsamlingen av vegovervannet og at det blir tilstrekkelig rens, og at dette kan dokumenteres. I tillegg må det dokumenteres at resipient/vassdrag ikke tilføres større vannmengder enn det som vurderes som forsvarlig, slik at behovet for evt. fordrøynings tiltak også må ivaretas.

For at den kombinerte løsningen skal kunne benyttes som ett rens tiltak må nedbøren sedimenteres og fordrøyes i vegens sidegrøfter i linja, og infiltreres gjennom sandfilter til underliggende sprengsteinsgrøft. For å øke effekten, kan sidegrøftene ha terskler (typisk avstand ca. 30 m), som øker oppholdstid, og gir økt fordrøyningsvolum. I vegfyllinger vil rens vegovervann gjennom infiltrasjon ha diffus avrenning på terrenget, mens det i skjæringer vil samles opp i underliggende drensledning og føres til resipient/vassdrag. Sidegrøftene etableres med masser som er egnet for infiltrasjon og binding av forurensning. På fyllinger etableres en sone fra veien og nedover fyllingen med infiltrasjonsmasser.

Lukket overvannshåndtering

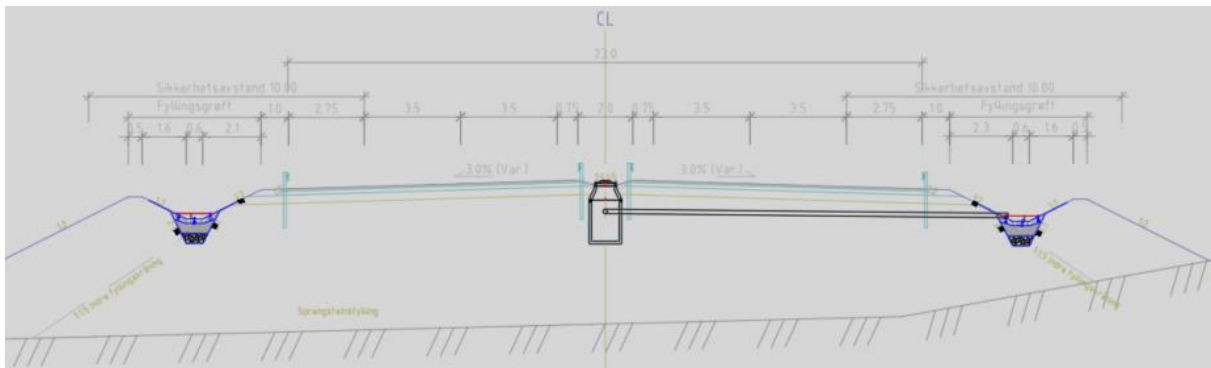
Vegovervannet samles og føres til sluk i grunne sidegrøfter, hvor det bortledes videre i lukket rør frem til sentral rense-/fordrøyningsdam. All rensing skjer i sedimentasjonsbassenget. Lukket overvannshåndtering gir mindre vannføring i sidegrøft, som gjør at sidegrøftene kan anlegges grunnere og er mindre arealkrevende. Løsningen forutsetter utstrakt bruk av rør og kummer, men som følge av at frostfri dybde i Lindesnes og Lyngdal ikke er mer enn 0,9-1,0 meter kan ledningsanlegget anlegges grunt og i samme grøft som lukket drensledning. Vann som infiltreres i sidegrøft vil havne i drensledningen. Rens vegovervann gjennom sentrale rens tiltak vil ha kontrollert utslipp til resipient.

Åpen drenering

Åpen drenering i dyp sidegrøft uten drensledning skal ha dybde minimum 0,35 meter under forsterkningslaget, ihht håndbok N200. Drensvann dreneres ut via åpen grøftebunn i sidegrøft, som må ha avløp til resipient/vassdrag. Åpen drenering er aktuelt i større vegfyllinger med egnede infiltrasjonsmasser.

Lukket drenering

Lukket drenering med grunn sidegrøft og underliggende drensledning, der drensvann ikke kan infiltreres i underliggende masser, for eksempel i fjellskjæringer eller der underliggende masser på fylling er tette. Lukket drensgrøft skal legges i frostfri dybde og dybde under forsterkningslaget skal være minimum 0,35 meter, ihht håndbok N200. Lukket drenering er aktuelt der stedlige masser har lavt infiltrasjonspotensial. Reguleringsområdet består hovedsakelig av berg i dagen, eller områder med tynt løsmassedekke over berg. I lave partier i veglinja finnes en rekke myrområder og gresskledde jorder. De stedlige massene antas derfor å ikke være egnet for infiltrasjon, som medfører et stort behov for lukket drenering. Behovet for lukket drenering i vegens sideområder er vurdert ut fra de stedlige geotekniske/hydrologiske forhold og for at drensvannet skal tilføres en trygg resipient/vassdrag, slik at det ikke oppstår oppstuvning eller andre ulemper når infiltrasjon i grunnen ikke kan utføres på en kontrollert måte.



Figur 5.2. Typisk normalprofil som viser takfall, sandfang og dype sidegrøfter med underliggende filtermasser. Skisse: Sweco Norge AS

Vegbygging gjennom terreng med kontinuerlig vekslende bergskjæringer og fyllinger er utfordrende for vannhåndteringen. I tillegg gjør topografien og hensynet på de sårbare resipientene/vassdragene i nærheten av veglinja det ekstra krevende. Teknisk sett kan den ene løsningen noen steder være mer "riktig" enn andre, andre steder kanskje motsatt. Uansett hvilket prinsipp som skal legges til grunn er det avgjørende å ha kontroll på oppsamlingen av vegovervannet, for å sikre forsvarlig håndtering med tanke på utslippsmengder og rensing.

Forholdet til drift og vedlikehold spiller også inn. Filtermasser må skiftes ut over tid, og dette er trolig enklere å utføre i sentrale bassenger som ligger mer fritt til, enn i sidegrøftene kontinuerlig langs vegen. For å gjøre drift og vedlikehold mer oversiktlig og forutsigbart bør det unngås å blande prinsippene for åpen og lukket overvannshåndtering for mye innenfor samme prosjekt.

5.2.1 Avskjærende terrenggrøfter

I topp av skjæringer anlegges avskjærende terrenggrøfter, for å unngå at overvann fra områder utenfor veganlegget ikke blandes med overvann fra selve veganlegget (vegbanen og sideområder). På denne måten unngås det at transportsystem, fordrøynings- og rensiltak dimensjoneres unødvendig stort. De avskjærende terrenggrøftene følger parallelt med vegen, og føres ut i nærmeste vassdrag eller vanngjennomløp.

5.2.2 Langsgående sidegrøfter

Avrenning fra vegbanen og vegens sideområder transporteres via sidegrøfter. Sidehelning settes til 1:2, forutsatt vegrekkeverk. Grøftene være dype og brede nok til å kunne transportere dimensjonerende vannføring. Mellom kjørefeltene skal det være midtdeler med sandfang, utløp fra sandfangene er forutsatt å krysse under vegbanen og ut i sidegrøft. Det er derfor høyde på slukledning som vil være styrende for dybde på sidegrøftene. Teoretisk beregnet avstand mellom sandfang i midtdeler er ca. 30 m, og det er da forutsatt maksimal avrenning ved dimensjonerende gjentakintervall for nedbør på 200 år inklusive påslag for klima og usikkerhet. Avstand og plassering bør vurderes optimalisert i byggeplanfasen.

5.3 Dimensjonerende gjentakintervall for nedbør, sikkerhetsklasse og klimafaktor

Ihht håndbok N200 er sikkerhetsklasse for E39 Mandal-Lyngdal øst **V3** (ÅDT>4000), og dimensjonerende returperiode for nedbør er derfor **200 år**.

Håndbok N200 krever at det i tillegg skal legges til påslag for avrenningsberegninger. Påslaget utgjøres av klimafaktor (Fk) og sikkerhetsfaktor ved hydrologiske beregninger (Fu). For Agder er klimafaktoren 1,3 for små nedbørsfelt (<10 km²). For veger med sikkerhetsklasse V3 skal sikkerhetsfaktor ved hydrologiske beregninger settes til 1,2.

Samlet påslag på beregnet avrenning er derfor $1,3 \times 1,2 = 1,56$.

5.4 Hydrologiske beregningsmetoder

Håndbok N200 angir at den rasjonale formel kan benyttes til avrenningsberegninger for alle nedbørfelt under 2 km². Nedslagsfeltene innenfor veganlegget er under denne størrelsesordenen, derfor legges den rasjonale formel til grunn for beregning av avrenning fra veganlegget.

Den rasjonale formel for avrenning er som følger:

$$Q \text{ (l/s)} = c * I * A * F_k * F_u$$

der

c = avrenningskoeffisient

I = nedbørsintensitet (l/s*ha)

A = nedslagsfeltets areal (ha)

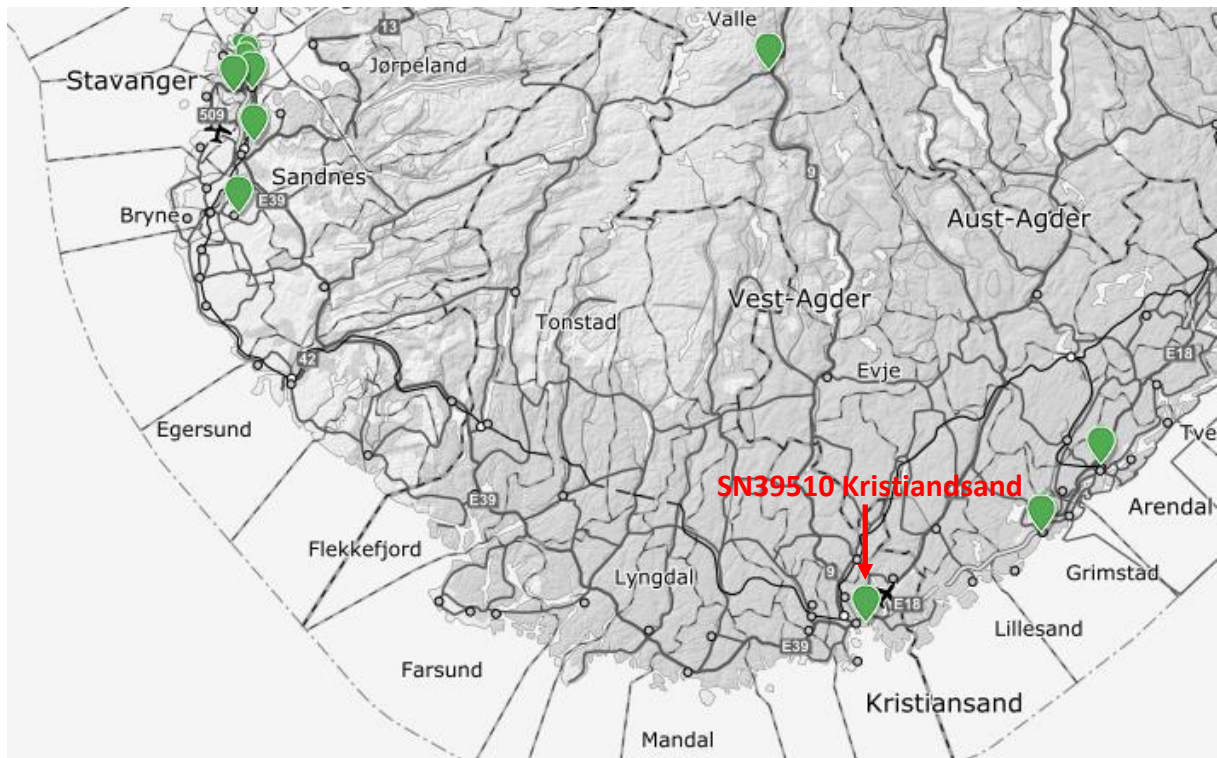
F_k = klimafaktor (=1,3)

F_u = usikkerhetsfaktor ved hydrologiske beregninger (=1,2)

I detaljreguleringen er avrenningsberegninger satt opp ut fra skjematiske veg-profiler, der det er tatt utgangspunkt i ulike varianter av typiske normalprofiler med enten takfall eller ensidig tverrfall, i fylling og i skjæring. Ut fra dette er det beregnet avrenning fra delstrekk, og sett på hvor stor andel av avrenningen som havner i sidegrøfter på høyre og venstre side, og i midtdeler.

I avrenningsberegningene er det benyttet avrenningsfaktor 0,95 for vegarealer, og 0,4 for sidearealer. Dimensjonerende nedbørsintensitet settes lik den varigheten som tilsvarer nedslagsfeltets tilrenningstid/konsentrasjonstid.

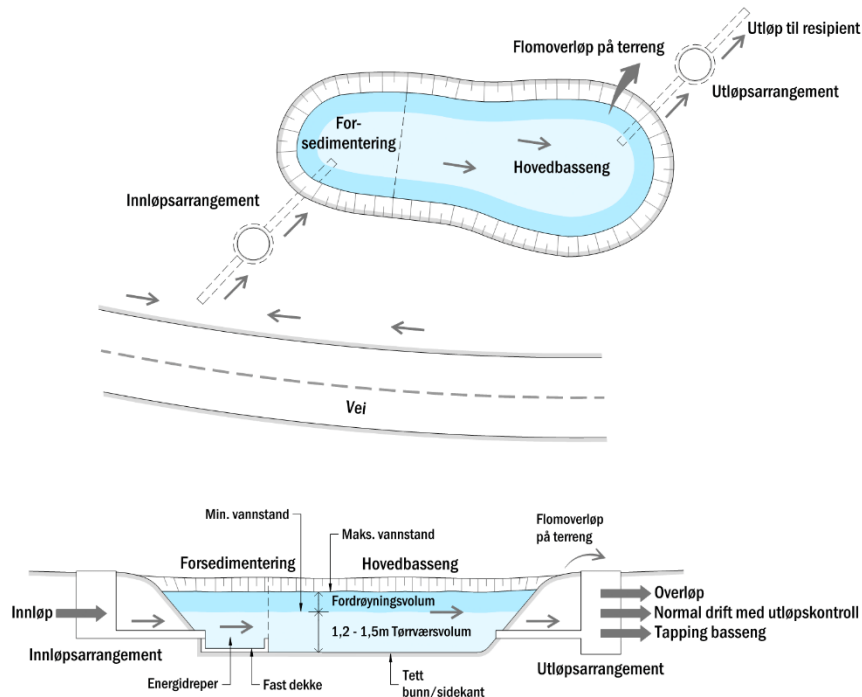
Nedbørsintensitet er hentet fra nærmeste meteorologiske målestasjon. For E39 Mandal-Lyngdal øst er nærmeste målestasjon iflg. eklima.no Kristiansand – Sjømskleiva (39510), som har vært i drift siden 1974. Denne målestasjonen ligger forholdsvis langt unna prosjektområdet. Det er derfor foretatt en kontroll mot automatisk genererte IVF-kurver fra Norsk Klimaservicesenter, ut fra geografisk lokasjon. Kontrollen viser imidlertid at justerte IVF-kurver ikke har noen stor innvirkning på beregnet avrenning, derfor er det valgt å legge til grunn målestasjon Kristiansand – Sjømskleiva.



Figur 5.3. Meteorologiske målestasjoner med IVF-kurver i regionen. Kilde: Data fra Norsk klimaservicesenter med påtegninger av Sweco, mars 2021

5.5 Fordrøyning

Håndbok N200 setter ikke detaljerte krav til hvor stor andel av avrenningen som skal fordrøyes, det er kun beskrevet beregningsmetodikk ut fra at størrelse på videreført vannmengde er kjent. I detaljreguleringen har derfor vurderinger rundt fordrøyning tatt utgangspunkt i å se på restkapasitet og sårbarhet i vassdrag/vanngjennomløp der avrenningen slippes ut. Tiltak er deretter bestemt ut fra resipientens kapasitet og sårbarhet. Enkelt forklart er det lagt inn fordrøyende tiltak der vassdrag nedstrøms har begrenset kapasitet, eller at spesielle sårbarhetshensyn tilsier demping av avrenningstopper. Disse vurderingene er gjort i samarbeid med hydrolog og miljørådgivere.



Figur 5.4. Prinsippkisse av åpent sedimentasjonsbasseng med permanent vannspeil. Kilde: COWI AS

5.6 Forurenset vegovervann og renseløsninger

Vegovervann kan være forurenset og direkte utslipp må ikke komme i konflikt med krav i drikkevannsforskriften og miljømål i vannforskriften. Det vil derfor være nødvendig å rense overvannet fra veg før utslipp til en resipient. Behovet for tiltak bestemmes ut fra vegens ÅDT vurdert opp mot resipientenes sårbarhet og evne til å ta imot det forurensete overvannet.

Håndbok N200 setter krav til at ved $\text{ÅDT} > 3000$, og/eller middels eller høy sårbarhet på resipienten, skal det minimum fjernes partikkelbundne forurensningsstoffer (ett trinns rensing). Ved $\text{ÅDT} > 15000$, og/eller høy sårbarhet på resipienten, bør det fjernes både partikkelbundne og løste forurensningsstoffer (to trinns rensing). Resultater av sårbarhetsanalysen for alle vannforekomster innenfor reguleringsområdet indikerer middels eller høy sårbarhet som medfører at det må benyttes rensiltak. For E39 Mandal-Lyngdal øst betyr det at minimum ett trinns renseløsning er aktuelt i hele vegtraséen, og at også to trinns rensing er aktuelt i området ved Lene og Storevassbekken.

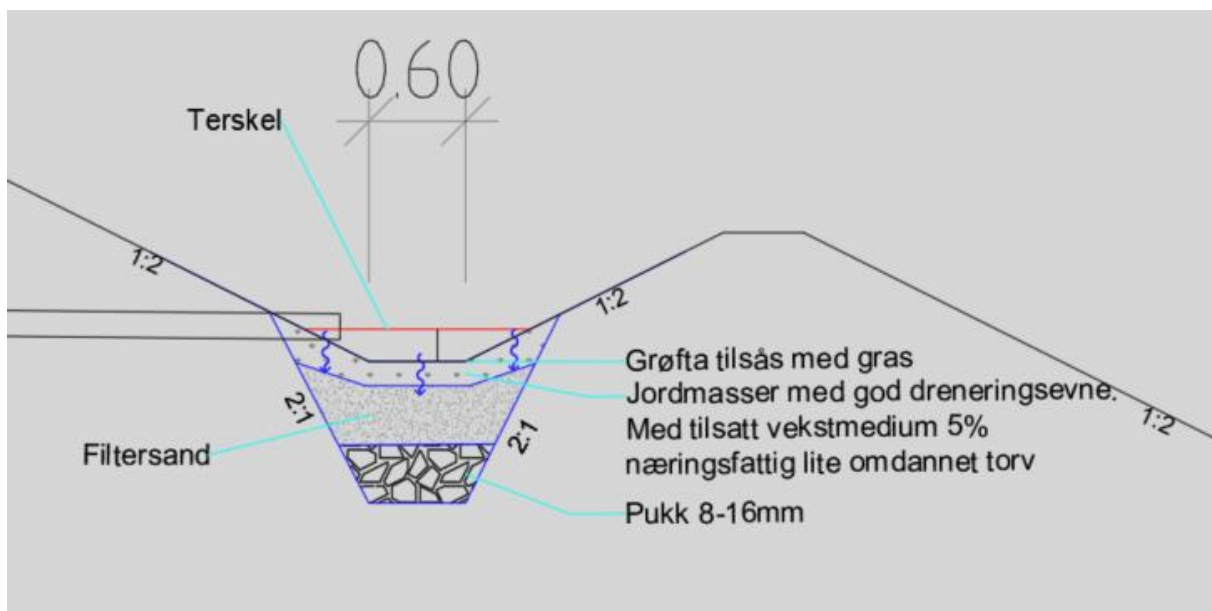
Rensiltak dimensjoneres for middelregn, definert som middelverdien (mm nedbør) av avlle regnhendelser $> 0,4$ mm, der oppholdstiden til nærmeste regnhendelse er > 1 time. For E39 Mandal-Lyngdal er middelregnet 4,7 mm. Det skal ikke legges til påslag for middelregnet. Overvann fra områder utenfor veganlegget avskjæres og føres utenom rensiltaket. Ved overbelastning skal det sørges for trygg flomveg dimensjonert for en nedbørhendelse med gjentaksintervall på 200 år inklusive påslag for klima og usikkerhet.

Rensiltak dimensjoneres slik at det oppnås tilstrekkelig volum for sedimentasjon og filtrering. Man har så valget mellom å konsentrere volumet til ett eller flere sentrale oppsamlingspunkter/dammer, eller benytte

tilgjengelig volum i vegens sidegrøfter (omtalt i kapittel 5.2). I begge tilfeller sedimenteres vannet og renses i filtermasser før utslipp til resipient.

For E39 Mandal-Lyngdal øst er det lagt til grunn at rensing skal skje i vegens sidegrøfter. To trinns rensing ivaretas ved at det for det første bygges terskler i sidegrøft - som øker vannets oppholdstid slik at det kan sedimentere. Høyde på terskel settes til inntil 0,2 meter, og med avstand inntil 30 m, dette må imidlertid ses mer detaljert på i detaljprosjekteringsfasen. Trinn 2 er at det legges ut filtermasser under grøftebunn. Under filtermassene legges drensledning som samler opp vannet og fører det kontrollert videre til resipient.

Grøftens utforming med relativt store arealer til side-/fanggrøfter gir tilstrekkelig kapasitet til å håndtere middelregn, samt de større nedbørshendelsene med sikker avledning på overflaten. Sidegrøftene etableres med masser som er egnet for infiltrasjon og binding av forurensning. På fyllinger etableres en sone fra veien og nedover fyllingen med infiltrasjonsmasser.



Figur 5.5. Prinsippskisse åpen overvannshåndtering med infiltrasjon i dyp sidegrøft i vegfylling. Skisse: Sweco Norge AS

Utfordringen i en detaljreguleringsfase er at renskravene ikke er gitt, dette kommer ikke før neste planfase, når det skal søkes om og gis utslippstillatelset av aktuell forurensningsmyndighet. For dimensjonering av sentrale rensiltak, som hovedsakelig angir sannsynlig plassbehov, er det lagt til grunn metodikk i Statens vegvesens rapport nr. 295 Vannbeskyttelse i vegplanlegging og vegbygging og VA/Miljø-blad nr. 75 Utforming av overvannsdammer. Forutsatt riktig dimensjonering og utforming tilpasset lokale forhold, angir Statens vegvesens rapport nr. 295 vått overvannsbasseng, infiltrasjon og sandfilter å være mest aktuelle med hensyn til renseseffekt, driftssikkerhet og økonomi.

Våte rensbassenger, ved bruk av middelregnetoden, kan ha en teoretisk rensegrad på inntil 90 % totalt suspendert stoff (TSS), men dette vil kreve svært store bassenger. For bassenger med redusert volum, med tanke på begrensning av arealbeslag, kan en rensegrad på 80-85 % TSS forventes.

For utforming av basseng legges det til grunn inntil 1 m vanddybde ved tørrværsvolum, og et bredde/lengdeforhold på 1:4. Ved Lene vil overvannsdammen i tillegg fungere som fordrøyningsdam for oppdemping av flomtopper, slik at fordrøyningsvolum kommer i tillegg. Ved dimensjonerende vannmengde,

200 år nedbør inklusive påslag for klima og usikkerhet, vil vanndybden være inntil 2 m.

Det gjøres imidlertid oppmerksom på at det kan komme andre og strengere krav i kommende detaljprosjektering og anleggsfasen. Det er også viktig å være klar over at beskrevne vannrensetiltak kun ivaretar middelregnet ut fra målt nedbør etter kapittel 8.5 i Håndbok V240, og ikke dimensjonerende nedbør inklusive påslag for klima og usikkerhet. Rensetiltakene vil heller ikke kunne fjerne vegsalt.

6 Bekkelukking og stikkrenner

Beregning av vannføring i vassdrag som skal krysse ny E39 ivaretas av fagfeltet Hydrologi. Dette er vann som kommer fra nedslagsfelter utenfor selve veganlegget, som må samles opp i avskjærende terrenggrøfter eller bekkelukkinger, slik at det ikke blandes med avrenning fra veganlegget. I tillegg ivaretar Hydrologi dimensjonering av vanngjennomløpene, og utforming av inntakskonstruksjoner oppstrøms vegen, og energidrepende tiltak nedstrøms vegen.

Flere steder vil imidlertid utslippspunkt for ferdig behandlet overvann fra veg være sammenfallende med vanngjennomløp for overvann fra utenfor veganlegget. I disse tilfellene må det ses spesielt på dimensjonering av vanngjennomløpene, inkl innløps- og utløpskonstruksjoner. Dette må detaljeres fullt ut i detaljprosjekteringsfasen, i detaljreguleringen er det kun sett på sannsynlig plassbehov.

Det er verdt å merke seg at vanngjennomløpene hovedsakelig skal dimensjoneres for avrenning fra store nedslagsfelter utenfor selve veganlegget. Derfor er det svært usannsynlig at flomtoppen i disse vassdragene vil inntreffe samtidig som det er maksimal avrenning fra veganlegget, som dimensjoneres for langt kortere varigheter.

Ihht Håndbok N200 skal vanngjennomløp dimensjoneres for 1/3 gjentetting av rørtverrsnitt, minimum dimensjon skal uansett være 600 mm.

7 VA-løsninger i tunnel

7.1 Overordnet strategi for vannhåndtering

Det redegjøres i dette kapitlet for slokkevann og håndtering av alt overvann i tunnel, både dreinsvann, overflatevann og tunnelvaskevann rangert fra antatt høy til lav vannkvalitet i henhold til retningslinjene i Statens vegvesens Håndbok N500 Vegtunneler (2020), V520 Tunnelveiledning (2020) og SVV rapport nr. 99 Estimering av forurensning i tunnel og tunnelvaskevann (2013).

Det legges til grunn at det etableres adskilte systemer for håndtering av rent dreins-/innlekkasjevann fra tunnel, hovedsakelig grunnvann upåvirket av forurensning fra vegen, og forurenset vegoverflatevann og tunnelvaskevann med behov for rens tiltak.

7.2 Slokkevann

Det skal som utgangspunkt finnes tilgjengelig vannforsyning i alle tunneler til å dekke brannvesenets behov for slokkevann. For Eikeråsheiaturunellen der vann fra kommunalt anlegg eller lokal vannforsyning ikke er tilgjengelig skal det sikres at tilstrekkelig vannmengde for slokking og drift er tilgjengelig på annen måte.

Slokkeinnsatsen baseres på mobilt slokkevann ved bruk av vanntankvogner under forutsetning av at vegeier inngår avtale med Brannvesenet Sør IKS.

Som et forebyggende beredskapstiltak for å sikre raskere tilgang på vann bør det vurderes å etablere et slokkevannsreservoar i forbindelse med lavbrekk i dagsonen utenfor tunnelportalen, med tilrenning og gjenbruk av dreins-/innlekkasjevann fra tunnelen. Reservoaret anbefales etablert nedgravd i en havarilomme med stasjonær nedsenket pumpe for lett tilgjengelighet og bør dimensjoneres for en brann med tilgang på slokkevann på 3000 liter i minuttet over en varighet på én time, noe som gir behov for et tankvolum på inntil 180 m³. Det må forventes at tilrenningen til magasinet er avhengig av en viss gjennomsnittlig innlekkasjeprosent over tid for å fylle magasinet.

Førsteinnsatsen forutsettes utelukkende dekket av tankbiler fra det lokale brannvesenet, samtidig som at slokkevannsreservoaret vil være med på å gi kortere og raskere påfylling av vann på bilene.

7.3 Drenering

Det skal etableres et separat system for dreinsvann med langsgående hoveddreinsledning i begge tunnellopene i hele tunnelens lengde for oppsamling av innlekkasjevann i vegunderbygningen, hovedsakelig grunnvann upåvirket av forurensning fra vegen. Dimensjonering av dreinsystemet skal hensynta tilstrekkelig frostsikring, samt forventet lekkasje og mulige endringer i lekkasje over tid. Det stilles krav i håndbøkene til minimum innvendig dimensjon for dreinsledningen som er 150 mm. Inspeksjonskummer skal etableres med en maksimal avstand på ca. 80 meter. Dreinsystemet skal anlegges på renset tunnelsåle i en grøftedybde på inntil to meter under topp vegdekke og som følger vegens lengdefall. Utløpet fra dreinsystemet føres til nærmeste resipient med selvfall. Utslipp av dreinsvann er normalt ikke søknadspiktig.

7.4 Vaskevann

Vegtunneler må vaskes for å opprettholde god sikt, lysforhold og trafiksikkerhet. Forurenset vegoverflatevann og vaskevann fra tunnel krever spesielle tiltak for oppsamling og rensing før utslipp til resipient. Renseløsningen skal minimum bestå av et lukket sedimentasjonsbasseng og en oljeavskiller og etableres inne i

tunnelen. Bassenget plasseres slik at adkomst, tømning og vedlikehold skal være enklest mulig. Oljeavskilleren kan enten bygges separat eller som en del av renseløsningen.

Renseløsningen skal dimensjoneres for å ivareta krav til vaskefrekvens og håndtering av én årlig helvask av tunnelen (begge tunnellopene). En helvask gir et oppsamlet volum av vaskevann på ca. 520 m³ på bakgrunn av et antatt vaskevannforbruk på ca. 200 l/m samlet for de to tunnellopene og ca. 85% utslippsmengde. I tillegg skal renseløsningen hensynta kravet til beredskapsvolum for en ulykkeshendelse med kjemikalieutslipp, for eksempel tankbilvelt. Det legges inn et tilleggsvolum på 40 m³ til dette formålet. Totalt volum på renseløsningen skal derfor være minimum 560 m³.

I forbindelse med renseløsningen etableres et separat oppsamlingssystem for overvann, vaskevann, eventuelt oljesøl og slokkevann. Innløp via sandfangskummer og sluk med en maksimal avstand på ca. 80 meter, tilsvarende inspeksjonskummer i tilknytning til drens-systemet i felles grøft, for bortledning i lukket rør frem til sedimentasjonsbassenget. For å sikre en optimal og kontrollert oppsamling av alt vaskevann er det behov for at noe av vaskevannet fra ytre del av tunnelen i vestre ende nedstrøms bassenget pumpes tilbake (ca. 100 meter) via pumpekum som anlegges utenfor vestre påhugg av tunnelen.

Vaskevannet magasineres og fordrøyes i minimum to uker før renses vaskevann etter kontrollert nedbryting og sedimentasjon av vaskevannet føres til utslipp til Stovassbekken via strupet utløp og oljeutskiller. Akkumulert slam i renseløsningen hentes av sugebil og leveres til godkjent mottak for behandling av slammet.

Renseløsningen må derfor være klargjort, tilrettelagt og lett tilgjengelig slik at den kan tømmes med sugebil. Det skal etableres nødoverløp i tilknytning til renseløsningen (med oljeutskilling) som trer i kraft ved ekstreme situasjoner for å hindre oversvømmelse og oppstuvning i ledningsnettet.

Lokal vannforsyning og fordeling av vann til vasking av tunnel bør være basert på oppsamling og gjenbruk av drens-/innlekkasjevann fra tunnelen. Det legges opp til maksimalt tillatt innlekkasje på 10-15 l/min per 100 løpemeter tunnel. Krav til innlekkasje i tunnelen er satt med hensyn til tunneldriving og for å ivareta ytre miljø (store myrområder på terrengoverflaten). Til tross for relativt strenge innlekkasjekrav og forventede endringer i lekkasje over tid er det rimelig å anta et potensial for god vanntilgang. Det anbefales derfor etablert et vaskevannsreservoar på 600 m³ inne i tunnelen i tilknytning til renseløsningen, som er tilstrekkelig for én helvask av begge tunnellopene. Vannpåfylling skjer dermed på tilrettelagt frostsikkert sted med kjørbar adkomst for utførende entreprenør.

8 Tiltaksbeskrivelse delområder

8.1 Haugdal - Lene, delområde 3

Tabell 8.1 Definerert utslippsområde for delområde 3

Utslippsnr.	Utslippsområde	Referanse veiprofilnr.	Utslippspunkt	Avrenning (liter per sekund)	Type utslipp
301	Eikeråsheitunnelen	19 450 - 22 450 m (3,0 km)	Storevassbekken (tunnel)	100	Via lukket sedimentasjonsbasseng og oljeutskiller

8.1.1 Eikeråsheia (301)

Profilnr. 19 500 – 22 500 m (3,0 km)

Lang tunnel ved passering gjennom Eikeråsheia (ca. 3,0 km) hvor det må etableres et lukket sedimentasjonsbasseng for oppsamling av forurenset vegoverflatevann og vaskevann. Bassenget bygges inne i tunnelen i en egen utsprengt nisje knyttet til det vestgående tunneløpet ca. 90 meter innenfor det vestre tunnelpåhugget. Totalt er det estimert et behov for rensevolum av vaskevann på ca. 560 m³ (LxBxD = 35m x 8m x 2,5m). Renset vaskevann etter sedimentering føres i lukket rør til planlagt utslipp i Storebekken via oljeutskiller og strupet utløp på østsiden av brukonstruksjonen.

Det anbefales etablert et slokkevannsreservoar i forbindelse med lavbrekk i dagsonen utenfor tunnelportalen, med tilrenning og gjenbruk av drems-/innlekkasjevann fra tunnelen. Reservoaret anbefales anlagt nedgravd i en havarilomme med et tankvolum på inntil 180 m³.

Slokkeinnsatsen baseres på mobilt slokkevann ved bruk av vanntankvogner fra det lokale brannvesen.

8.2 Lene - Herdal, delområde 4

Tabell 8.2 Definererte utslippsområder for delområde 4

Utslippsnr.	Utslippsområde	Referanse veiprofilnr.	Utslippspunkt	Avrenning (liter per sekund)	Type utslipp
401	Flaten og Lene	22 450 - 23 950 m (1,5 km)	Storevassbekken (dagsone)	1475	Via åpent sedimentasjonsbasseng
402	Optedal viltkryssing	23 950 – 24 350 m (0,4 km)	Lene bekkesystem	410	Direkte utslipp på terreng
403	Herdal og Optedal	24 350 – 25 050 m (0,7 km)	Ikke definert (entreprisegrense)	660	Ikke definert (videreføres i neste entreprise)

8.2.1 Flaten og Lene (401)

Profilnr. 22 500 – 23 950 m (1,5 km)

Åpen overvannshåndtering med avrenning til dyp sidegrøft med vegetasjonsdekke og filtermasser, hvor vegovervannet renses og infiltreres i størst mulig grad og føres i åpne/dype sidegrøfter frem til sentralt rensetiltak (åpent sedimentasjonsbasseng) før utslipp til Storevassbekken. Sandfangskummer etableres i midtdeler for hver ca. 30. meter der hvor vegen har prosjektert ensidig tverrfall for å ta unna overskuddsvann

fra overstående kjørebane og ledes til sidegrøft via lukkede rør. Ved kryssing av Storevassbekken (Lene bru) planlegges det etablert inntakskummer for videreføring i rør/stikkrenne under brua og vegen frem til bassenget. Sidegrøftene med tilhørende rørledningsanlegg utformes og dimensjoneres slik at de har tilstrekkelig kapasitet til å kunne håndtere dimensjonerende vannføring tilsvarende en flomhendelse med 200 års returperiode.

8.2.2 Optedal viltkryssing (402)

Profilnr. 23 950 – 24 350 m (0,4 km)

Åpen overvannshåndtering med avrenning til dyp sidegrøft med vegetasjonsdekke og filtermasser, hvor vegovervannet renses og infiltreres i størst mulig grad og føres i åpen/dyp ensidig sidegrøft frem til inntakskum foran viltlokket. Sandfangskummer etableres i midtdeler der hvor vegen har prosjektert ensidig tverrfall for å ta unna overskudent vann fra overstående kjørebane og ledes til sidegrøft via lukkede rør. Fra innløpskummen bortledes overvannet i rør-i-rør system i konstruksjonen bak veggen og frem til utslippspunkt på terreng nedenfor omlagt E39. Nedstrøms viltkryssingen renses vannet åpent i dyp sidegrøft og tilknyttes utslippsledningen like før utslippspunktet på høyde hvor vegen skifter sidefall. Sidegrøftene med tilhørende rørledningsanlegg utformes og dimensjoneres slik at de har tilstrekkelig kapasitet til å kunne håndtere dimensjonerende vannføring tilsvarende en flomhendelse med 200 års returperiode.

8.2.3 Herdal og Optedal (403)

Profilnr. 24 350 – 25 050 m (0,7 km)

Åpen overvannshåndtering med avrenning til dyp sidegrøft med vegetasjonsdekke og filtermasser, hvor vegovervannet renses og infiltreres i størst mulig grad og føres i åpne/dype sidegrøfter. Sandfangskummer etableres i midtdeler for hver ca. 30. meter der hvor vegen har prosjektert ensidig tverrfall for å ta unna overskudent vann fra overstående kjørebane og ledes til sidegrøft via lukkede rør. Ved kryssing av Litleåna (Optedal bru) planlegges det etablert inntakskum for videreføring i rør/stikkrenne under brua og frem til entreprisegrense. Sidegrøftene med tilhørende rørledningsanlegg utformes og dimensjoneres slik at de har tilstrekkelig kapasitet til å kunne håndtere dimensjonerende vannføring tilsvarende en flomhendelse med 200 års returperiode.

9 Referanseliste

Statens vegvesens håndbøker og rapporter:

Håndbok N200 Vegbygging, utgitt 2018

Håndbok N500 Vegtunneler, utgitt 2020

Håndbok V240 Vannhåndtering - Flomberegninger og hydraulisk dimensjonering, utgitt 2020

Håndbok V520 Tunnelveiledning, utgitt 2020

Rapport 295 Vannbeskyttelse i vegplanlegging og vegbygging, utgitt 2014

Rapport 506 Vann i tidlig planfase, utgitt 2016

Rapport 681 Lærebok: Drenering og håndtering av overvann, utgitt 2018

Norsk Vannstandard:

VA/Miljø-blad nr. 69 Overvannsdammer. Beregning av volum, utgitt 2016

VA/Miljø-blad nr. 70 Innløp- og utløpsarrangement ved overvannsdammer, utgitt 2013

VA/Miljø-blad nr. 75 Utforming av overvannsdammer, utgitt 2008

VA/Miljø-blad nr. 92 Infiltrasjon av overvann, utgitt 2019

VA/Miljø-blad nr. 104 Fordrøyning av overvann, utgitt 2013

VA/Miljø-blad nr. 125 Håndtering av overvann – LOD, utgitt 2018

Øvrig:

NIVA rapport nr. 7029 Veiavrenning og sårbare resipienter, utgitt i 2016.

COWI AS Prinsippkisse av åpent sedimentasjonsbasseng med permanent vannspeil

Data fra Norsk klimaservicesenter med påtegninger av Sweco, mars 2021