

Til: Holmestrand kommune  
v/ Martin Hagen  
Kopi til:  
Dato: 2021-05-12  
Rev.nr. / Rev.dato: 1 / 2021-07-09  
Dokumentnr.: 20200685-02-TN  
Prosjekt: Sande områderegulering kvikkleire  
Prosjektleder: Ingar Haug Steinholt  
Utarbeidet av: Ingar H. Steinholt, Kate Robinson og Øyvind A. Høydal  
Kontrollert av: Ragnar Moholdt

## Erosjonssikring av Sandeelva

### Innhold

<b>1</b>	<b>Innledning</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Områdebeskrivelse</b>	<b>3</b>
	2.1 Grunnforhold	4
<b>3</b>	<b>Grunnlag</b>	<b>5</b>
	3.1 Flomberegning av Asplan Viak	5
	3.2 Innledende resultater fra bunnkartlegging	5
	3.3 Ny hydraulisk beregning	7
<b>4</b>	<b>Beregning</b>	<b>9</b>
<b>5</b>	<b>Erosjonssikring</b>	<b>11</b>
	5.1 Område	11
	5.2 Utforming	12
	5.3 Anleggsveien	13
	5.4 Erosjonshull	14
	5.5 Vegetasjon	15
<b>6</b>	<b>Nødvendig prosjektering</b>	<b>15</b>
	6.1 Tiltaksklasse	15
	6.2 Geoteknisk kategori og pålitelighetsklasse (CC/RC)	15
	6.3 Krav til områdestabilitet	17
	6.4 Kontrollplan for utførelse	17
	6.5 SHA og SJA	17
	6.6 Dokumentasjon av utførelse	17
<b>7</b>	<b>Konklusjon og oppsummering</b>	<b>18</b>
<b>8</b>	<b>Referanser</b>	<b>19</b>

## Tegning

Tegning nr. 001	Oversiktstegning (borpunkter, profiler og omriss av planlagt utbygging)
Tegning nr. 002	Oversikt med foreslåtte tiltak/terrenginngrep
Tegning nr. 003	Tolkning av kvikkleireforekomst i borpunkt

## Kontroll- og referanseside

## 1 Innledning

Sandeelva som renner gjennom Sande sentrum (Figur 2-1) er et vassdrag med pågående erosjon. I forbindelse med utbygging av sentrumsområdet er det anbefalt å erosjonssikre elva for å hindre ytterligere bunnsenkning, utglidninger og blottlegging av marine leirer (NGI, 2017, 2021b). I tillegg er det ønskelig å sikre eksisterende bebyggelse langs Sandeelvas vestkant. Det er påtruffet kvikkleire flere steder i området og enkelte skråninger har ikke tilstrekkelig stabilitet. Det er derfor, i tillegg til erosjonssikring, foreslått å avlaste skråningstopper for å oppnå ønsket sikkerhet (NGI, 2021a). Dette notatet vil beskrive en anbefalt løsning for erosjonssikring. Erosjonssikringen dimensjoneres kun for å stanse pågående erosjon, mens akseptabel beregningsmessig skråningsstabilitet oppnås med terrengavlastning.

## 2 Områdebeskrivelse

Hovedformålet med erosjonssikringen er å sikre ny utbygging innenfor kvikkleiresone Skolegata. Denne sonen grenser i sør mot kvikkleiresone Vingejordet, mens det i nord grenser mot sonene Søndre Bøplassen og Gunnestad. Alle sonene har middels faregrad. Sandeelva ble erosjonssikret forbi deler av Gunnestad kvikkleiresone i 2014 (NGI, 2014). Området er nøye kartlagt gjennom grunnundersøkelser, og det er flere steder påtruffet kvikkleire av ulik mektighet.



Figur 2-1 Oversiktskart som viser området som skal erosjonssikres, samt tilstøtende kvikkleiresoner. Tegning er hentet fra NGI (2021a) og viser nye reviderte kvikkleiresoner i rødt, utløpsområde for skred i grønt, og utbyggingsområde i svart.

## 2.1 Grunnforhold

Området rundt elva som anbefales erosjonssikret er kartlagt gjennom flere grunnundersøkelser. Mange av disse borehullene er tolket til enten å være antatt kvikkleire eller bekreftet kvikkleire gjennom laboratorietesting. I dette notatet er alle sprøbruddsmaterialer (dvs. omrørt skjærstyrke mindre enn 2 kPa) i stabilitetsberegninger behandlet som kvikkleire jfr. NVEs kvikkleireveileder (NVE, 2020).

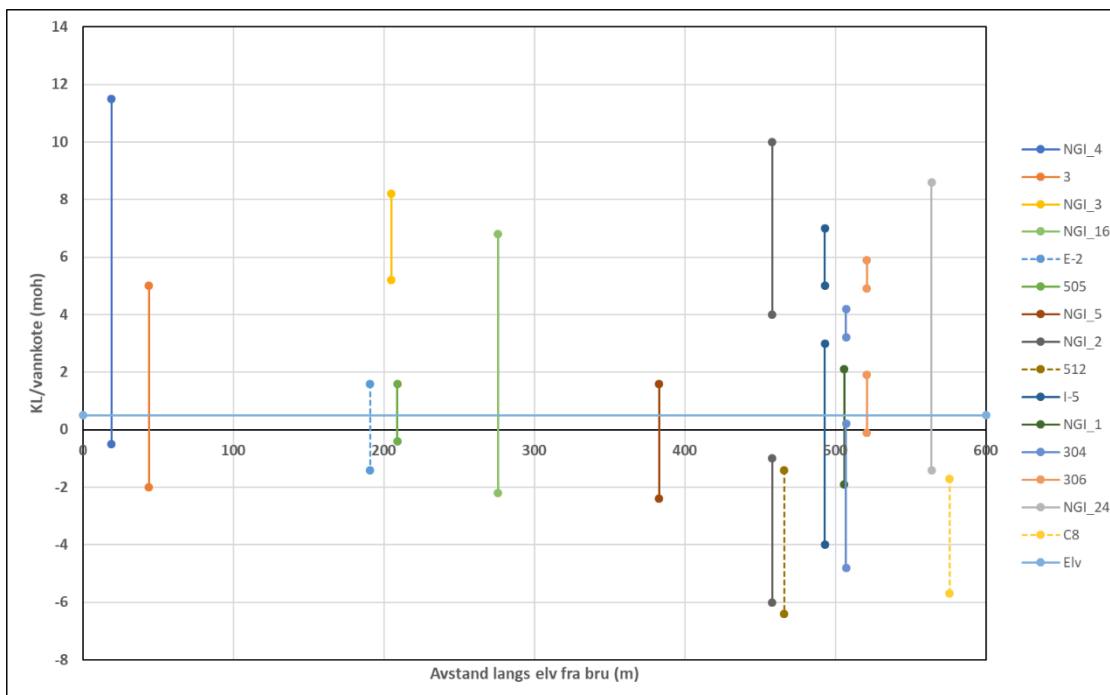
Erosjon i elva kan føre til destabilisering av skråninger lokalt, uavhengig om det er kvikkleire til stede eller ikke. I kvikkleireområder kan derimot små utglidninger utvikle seg til kvikkleireskred med stor utbredelse selv om kritiske geotekniske beregnede flater indikerer tilstrekkelig stabilitet. Ved å sikre mot erosjon reduseres muligheten for at slike små utglidninger finner sted.

Borehullene som ligger nærmest elva ligger i snitt minst 25 m fra elvekanten, men mange viser indikasjoner på sensitivt materiale på eller rundt elvenivå. Tabell 1 viser borehullene nærmest elva, med en oppsummering av mektighet og toppen av antatt/påvist kvikkleirelag. Borplan er vist i tegning 001.

Tabell 1: Tilstedeværelse av kvikkleire i borehull nærmest elva. Tolkning av kvikkleire er vist i tegning 002.

Borepunkt	Elveside (øst/vest)	Avstand fra Haga bru (m)	Kvikkleire topp (moh)	Kvikkleire bunn (moh)	Antatt/påvist
NGI_4	øst	19	11,5	-0,5	Antatt
3	øst	44	5	-2	Antatt
H-8	vest	94	Ingen	Ingen	Påvist
NGI_3	øst	205	8,2	5,2	Påvist
NGI_16	øst	276	6,8	-2,2	Antatt
E-2	vest	191	1,6	-1,4	Påvist
505	øst	209	1,6	-0,4	Antatt
H-9	vest	207	Ingen	Ingen	Påvist
NGI_5	øst	383	1,6	-2,4	Påvist
NGI_2	øst	458	10 / -1	4 / -6	Antatt
512	vest	466	Ingen	Ingen	Påvist
I-5	øst	493	7 / 3	5 / -4	Påvist
NGI_1	øst	506	2,1	-1,9	Påvist
304	øst	507	4,2 / 0,2	3,2 / -4,8	Påvist
306	øst	521	5,9 / 1,9	4,9 / -0,1	Antatt
NGI_24	øst	564	8,6	-1,4	Antatt
C8	vest	576	-1,7	-5,7	Antatt

Elvenivået er omtrent 1 moh for denne elvestrekningen. Figur 2-2 viser et lengdeprofil langs elva som begynner fra Haga bru, med intervaller av påvist/antatt kvikkleire i hvert borehull. Som det fremkommer av denne figuren, er det tydelig at det kan påtreffes kvikkleire i elvenivå langs hele den aktuelle elvestrekningen.



Figur 2-2 Sammenligning av sprøbruddmaterialenivå med elvenivå. Tolket kvikkleireforekomst er vist i tegning 003.

Sikkerheten i henhold til NVEs kvikkleireveileder blir ivaretatt ved å avlaste skråningstopp (se tegning 002). Erosjonssikringen sin funksjon er å hindre ytterligere utglidninger og erosjon som gir bruddutvikling i kvikkleire. Erosjonssikringen har ikke funksjon som motfylling (NGI, 2021a; NVE, 2020).

### 3 Grunnlag

#### 3.1 Flomberegning av Asplan Viak

I 2018 gjennomførte Asplan Viak en modellering av flomberegning av Sandeelva. Her ble høyest vannhastighet i det aktuelle området beregnet til å være 2,2 m/s ved en 1000-årsflom og 1,97 m/s ved en 200-årsflom (Asplan Viak, 2018). Her er det viktig å påpeke at nedre grensebetingelse ble satt til stormflo med ett års gjentaksintervall, noe som muligens ikke gjenspeiler forhold med høyest strømningshastighet.

Resultater fra Asplan Viaks hydrauliske modell gir dimensjonerende vanddyb på 7,7 m ved en 1000-årsflom og 5,1 m ved en 200-årsflom.

#### 3.2 Innledende resultater fra bunnkartlegging

Det er nå utført en ny detaljert bunnkartlegging med ADCP (hele elvebunnen, ikke profiler) for å se om elvebunnen har endret seg siden forrige kartlegging i 2015 samt

registrere utbredelse av eroderte eller overfordypede områder i elvebunnen. Under bunnkartleggingen av Sandeelva ble det oppdaget flere erosjonshull langs den oppmålte traseen (figur 3-1). På det dypeste ligger disse omtrent 4-4,5 meter under havnivå.



Figur 3-1 Resultater fra bunnkartlegging utført av HydraTeam 16.04.21. Figuren viser dybde av elven relativt til NN2000.

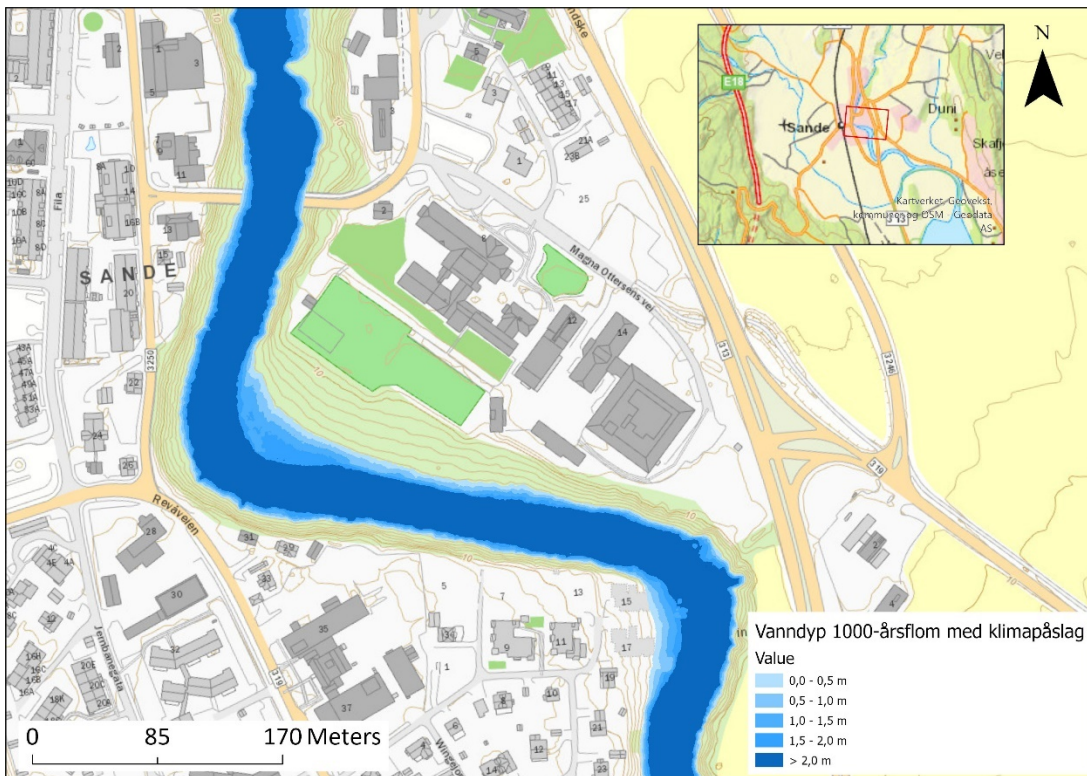
HydraTeam tok også bilder under bunnkartleggingen 16.04.21. Her ble det flere steder observert blottlagt leire (figur 3-2). Om dette er forårsaket av at tidevannet virker så langt opp i Sandeelva, eller på grunn av erosjon fra elva, er uvisst.



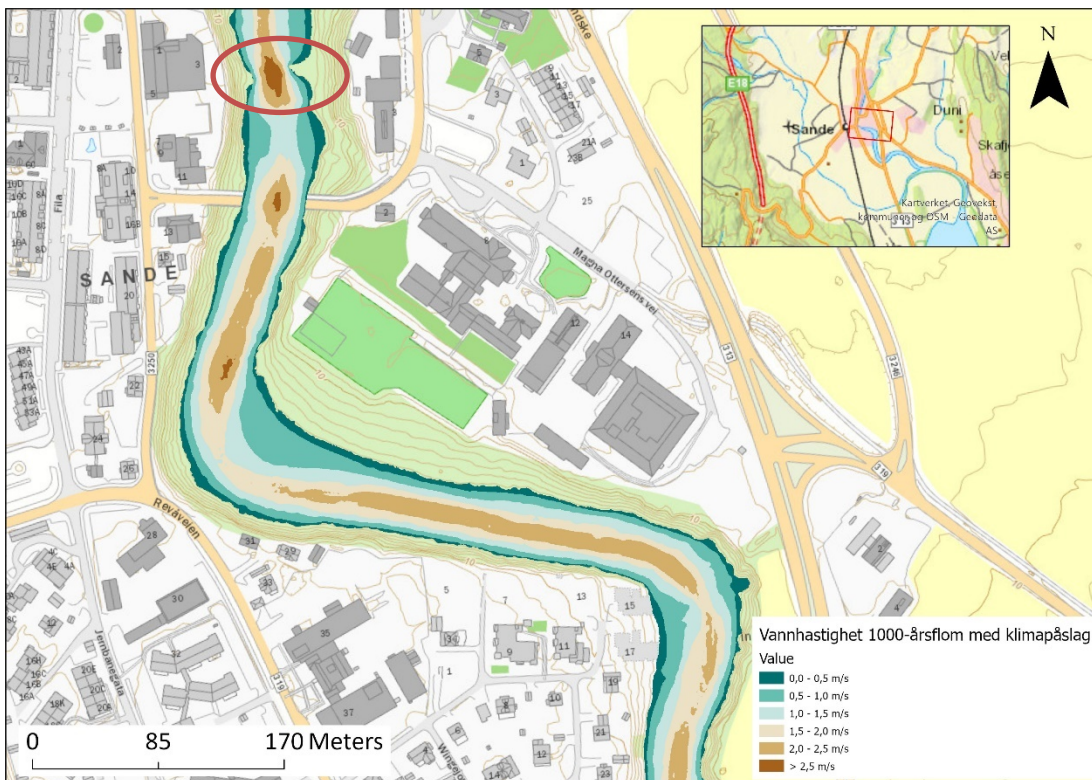
Figur 3-2 Bilde tatt på sørsiden av Sandeelva i området hvor elva går fra vest mot øst (figur 2-1). Den stiplede røde linjen viser det omtrentlige nivået av aktiv erosjon som anbefales å sikres.

### 3.3 Ny hydraulisk beregning

På bakgrunn av bunnkartleggingen utført av HydraTeam er det gjennomført en ny hydraulisk beregning hvor grensebetingelser i modellen er satt lik den Asplan Viak gjennomførte i 2018. Nedre grensebetingelse er derimot endret til å være lik laveste astronomiske tidevannsnivå på 20 cm over sjøkartnull, tilsvarende 35 cm under NN2000-null. Resultatet fra modelleringen er vist i figur 3-3 og Figur 3-4. Største og minste vanddyb (Q1000 og Q200, begge med klimapåslag) er henholdsvis 9,9 m og 5,2 m. Høyeste modellerte vannhastighet er 3,3 m/s i området vist med rød sirkel i figur 3-4. Dette området er allerede erosjonssikret, se figur 3-5.



Figur 3-3 Modellert vannndyp ved en 1000-årsflom med klimapåslag.



Figur 3-4 Modellert vannhastighet ved en 1000-årsflom med klimapåslag. Område med høyest modellert vannhastighet (3,3 m/s) er markert med rød sirkel.





*Figur 3-5 Området med høyest modellert vannhastighet. Dette er forårsaket av innsnevringen av elvekanalen. Området er markert med rød sirkel i figur 3-4.*

## 4 Beregning

Maynords formel (figur 4-1) er benyttet for beregning av nødvendig tykkelse på erosjonssikringen og nødvendig steinstørrelse og -sortering, iht. (Jenssen & Tesaker, 2009). Formelen gir størrelsen på stein  $D_{30}$  som er stabil steinstørrelse i gitt vannstrøm. Tabell 4-1 viser en oversikt over parametere som er benyttet i Sandeelva basert på. For å ta høyde for hastighetsøkningen forårsaket av innsnevringen av elveløpet som konsekvens av erosjonssikringen, er høyest modellert hastighet (3,3 m/s) benyttet.

$$D_{30} = S_f C_s C_v C_r y_0 \left[ \left( \frac{1}{s-1} \right)^{0,5} \frac{U}{\sqrt{K_1 g y_0}} \right]^{2,5}$$

Der;  
 $D_{30}$  = stabil steinstørrelse (m)  
 $S_f$  = sikkerhetsfaktor (-)  
 $C_s$  = stabilitetskoeffisient (-)  
 $C_v$  = koeffisient for vertikal hastighetsfordeling (-)  
 $C_r$  = koeffisient for sikringstykkelse (-)  
 $y_0$  = vanndybde samme sted som  $U$  (m)  
 $s$  = steinens spesifikke tetthet (-)  
 $U$  = lokal hastighet midlet over dybden (m/s)  
 $K_1$  = koeffisient for skråningshelling (-)  
 $g$  = tyngdens akselerasjon (9,81 m/s<sup>2</sup>)

Figur 4-1 Maynords formel hentet fra (Jenssen & Tesaker, 2009).

Tabell 4-1 Oversikt over parametere som er benyttet i beregningen.

Variabel		Benyttet verdi
$S_r$	Sikkerhetsfaktor, anbefalt i henhold til Jenssen & Tesaker (2009)	1,2
$C_s$	Stabilitetskoeffisient, sprengstein	0,3
$C_v$	Koeffisient for vertikal hastighetsfordeling	1
$S$	Steinens spesifikke tetthet, antatt	2600 kg/m <sup>3</sup>
$y_0$	Vanndybde samme sted som $U$	5,2 m
$U$	Lokal vannhastighet	3,3 m/s
$\phi$	Skråningshelning [grader]	30
$K_1$	Koeffisient skråningshelning	0,75
$g$	Tyngdeakselerasjon	9,81 m/s <sup>2</sup>

Resultatet fra beregningen er gitt i tabell 4-2. Dette er å anse som minste nødvendige steinstørrelser, og både tykkelse og steinstørrelser vil nok økes litt ifm. detaljprosjekteringen. Siktdiameter  $D_x$  er et mål på steinstørrelse.  $x$  angir den vektandel av prøven som passerer en kvadratisk åpning med sidekant lik siktstørrelsen, f.eks. betyr  $D_{30} = 0,4$  m at 30% av prøven, etter vekt, passerer en 0,4 x 0,4 m åpning. For stenglig (avlang) materiale vil dette være de 2 korteste aksene.

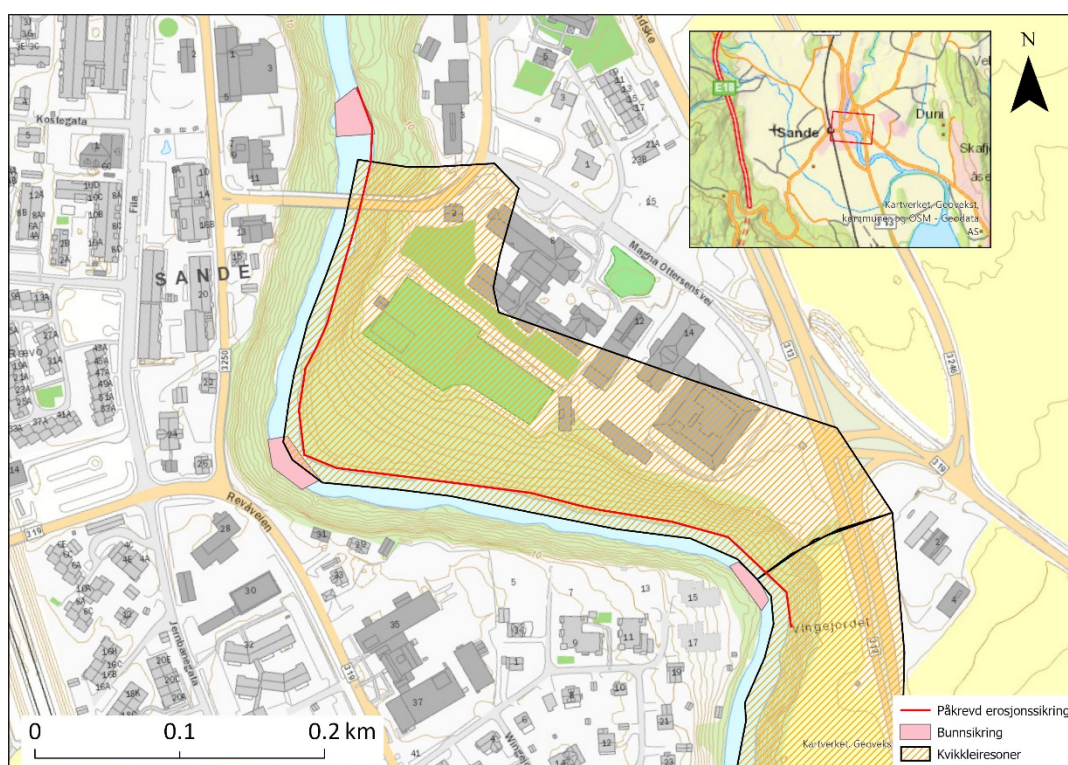
Tabell 4-2 Beregnede minimum stein- og sikringstykkelser

Kornstørrelsesfraksjon og sikringstykkelse	Minimum nødvendig steinstørrelse
Tykkelse på sikringslaget	0,50 m
$D_{30}$	0,20 m
$D_{50}$	0,25 m
$D_{85}$	0,40 m
$D_{maks}$	0,50 m

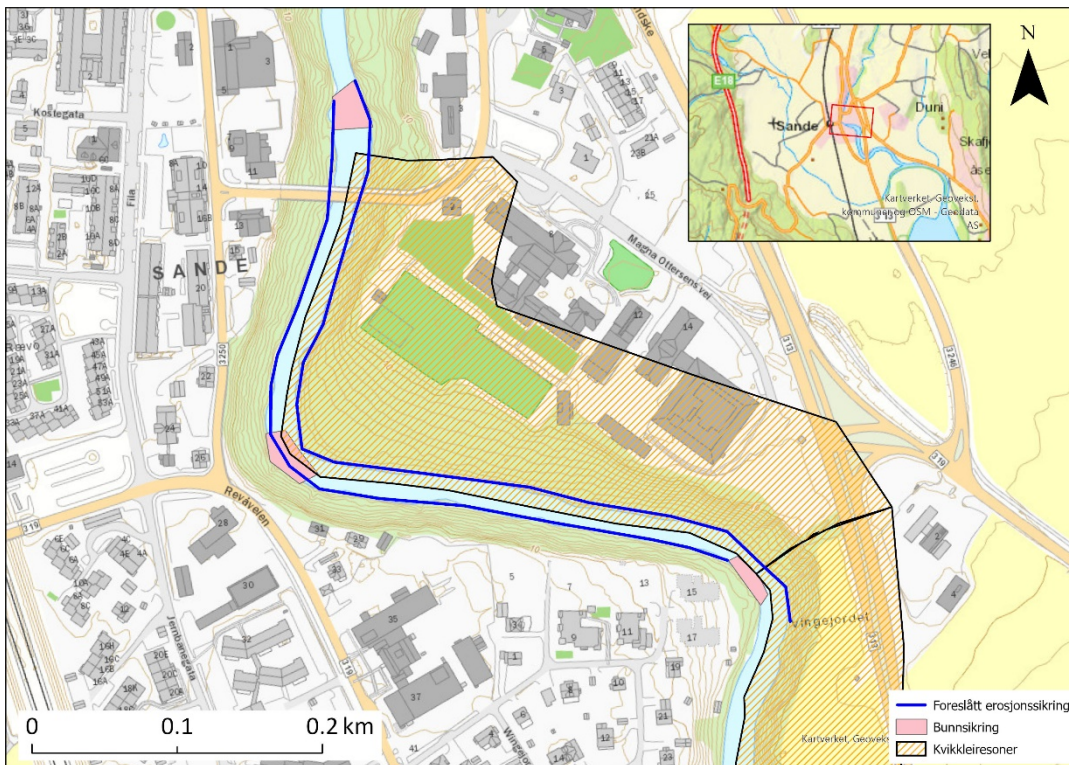
## 5 Erosjonssikring

### 5.1 Område

Hovedformålet med erosjonssikringen i Sandeelva er å sikre ny utbygging innenfor kvikkleiresone Skolegata. I henhold til TEK17 kreves det da at områder hvor erosjon kan føre til forverret stabilitet skal forhindres (Direktoratet for Byggkvalitet, 2017). NGI anbefaler derfor at området vist i figur 5-1 erosjonssikres. Dette strekket på om lag 550 m anbefales å sidesikres. Det er her mest aktiv erosjon langs det nordligste partiet hvor elva går nord-sør. I partiet hvor elva endrer retning fra vest til øst er det ikke like mye pågående erosjon, men da kvikkleira ligger forholdsvis nært terrengoverflaten anbefales det å erosjonssikre slik at denne ikke blir eksponert i fremtiden. I tillegg anbefales det å fylle igjen erosjonshullene vist i figur 3-1. Det er også et ønske fra kommunen å sikre eksisterende bebyggelse. Da det er påvist erosjon langs store deler av det aktuelle området, anbefales det å sikre området vist i figur 5-2. Her er det viktig å påpeke at denne erosjonssikringen, som utgjør ytterligere 600 m med sikring ikke er påkrevd for å oppfylle kravene stilt til sikkerhet i Skolegata i henhold til TEK17. Det anbefales uansett å erosjonssikre begge sider, da det å erosjonssikre kun østsiden kan føre til økt erosjon og potensiell skredfare på vestsiden.



Figur 5-1 For å hindre erosjon og utglidninger som kan blottlegge kvikkleire, og således påvirke stabiliteten i kvikkleiresone Skolegata negativt, anbefales det å erosjonssikre området i Sandeelva markert med rødt. I tillegg anbefales det å fylle igjen erosjonshullene markert med rosa polygoner.



Figur 5-2 Anbefalt erosjonssikring for å også sikre eksisterende bebyggelse. Anbefalt bunnsikring er markert med rosa polygon.

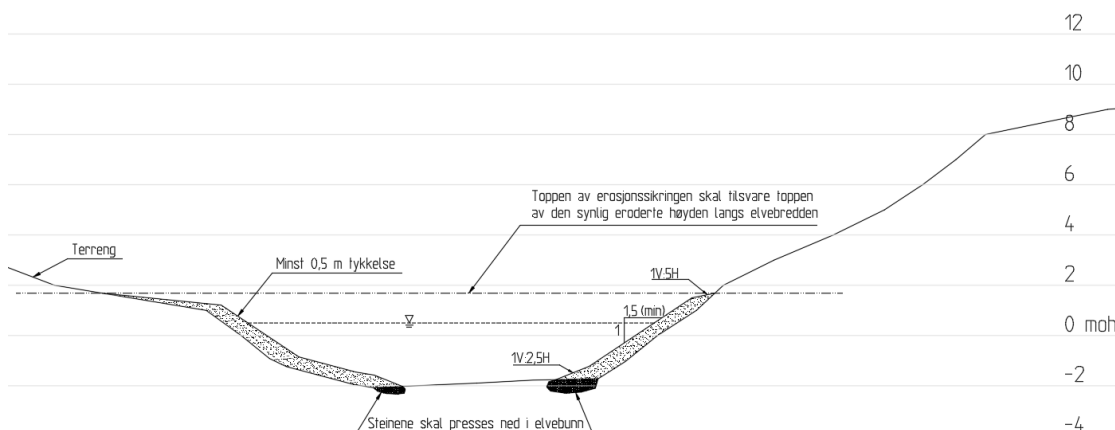
## 5.2 Utforming

Erosjonssikringen skal ideelt sett bygges slik at man erstatter dagens masser med sikringsmasser. Dette for å ikke endre de hydrauliske egenskapene til elva. I dette tilfellet er det en risiko knyttet til gravearbeider da man vet at kvikkleire med stor sannsynlighet vil kunne påtreffes. Det anbefales derfor å ikke kompensasjonsgrave i dette tilfellet. Man vil derfor nødvendigvis snevre inn elveløpet noe, og man vil kunne oppleve en noe høyere vannstand og hastighet ved store flommer. Det å fraråde kompensasjonsgraving er også gjeldende for området hvor det er planlagt å etablere en badestrand. Her må stranden etableres oppå allerede konstruert erosjonssikring gjennom å mette steinen med sand. Terrenget kan således ikke senkes for å danne en naturlig strandform.

I henhold til tabell 4-2 skal erosjonssikringen være minst 0,5 m tykk. Helningen på sikringslaget må heller ikke være større enn 1:1,5. I henhold til Jenssen & Tesaker (2009) skal det erosjonssikres mot en 200-årsflom. Da en storflom i Sandeelva vil medføre forholdsvis lave hastigheter, anses det som kun nødvendig å sikre opp til nivå for pågående erosjon og utglidninger (eksempel vist i figur 3-2). Omfanget av dette er svært varierende i det aktuelle området, og må tilpasses i anleggsfasen, men vi antar at øvre sikringsnivå tilsvarer nivå for høyvann i sjøen med ett års gjentakintervall (om lag 1,5 moh., hentet fra sehavniva.no). Her er det viktig at vegetasjonen i overkant av erosjonssikringen forblir intakt, da denne har en viktig erosjons- og flomdempende effekt.

Sikringen kan med fordel bestå av samfengt sprengstein, da samfengt sprengstein er antatt å fungere godt i dette tilfellet med lave vannhastigheter. Disse massene vil fungere godt som både sikringsstein, men også som filterlag. Ved bruk av slike masser vil man få utvasking av finstoff i perioden rett etter at anleggsfasen er ferdig. Etter kort tid vil et naturlig dekklag bli etablert som forhindrer ytterligere utvasking av finstoff. Her er det viktig å vurdere eventuelle ulemper en slik utvasking av finstoff vil ha på liv i vassdraget. Hvis det ikke er aktuelt å benytte seg av samfengt sprengstein, kan man benytte seg av produserte steinmasser med kornstørrelse 20/250 mm (kult). Det vil i så fall være behov for et filterlag for å hindre utvasking av finstoff i underkant av sikringslaget.

Da det er i foten man har størst strømningskrefter på sikringen, skal de største steinene legges her. Om mulig bør de største steinene presses ned i undergrunnen for å oppnå fortanning da det ikke er mulig å etablere fotgrøft grunnet kvikkleire. Det må gjøres en kontroll på egenstabiliteten av erosjonssikringen i prosjekteringsfasen. Figur 5-3 viser en representativ prinsippskisse for hvordan den endelige erosjonssikringen vil bli seende ut.



Figur 5-3 Prinsippskisse som viser hvordan ferdigstilt erosjonssikring vil bli seende ut. Middelvannføring er markert, og erosjonssikringen må etableres opp til synlig erosjonsnivået på elvebredden. Nivået kan endres langs elvas lengde og må vurderes av prosjekterende ingeniør.

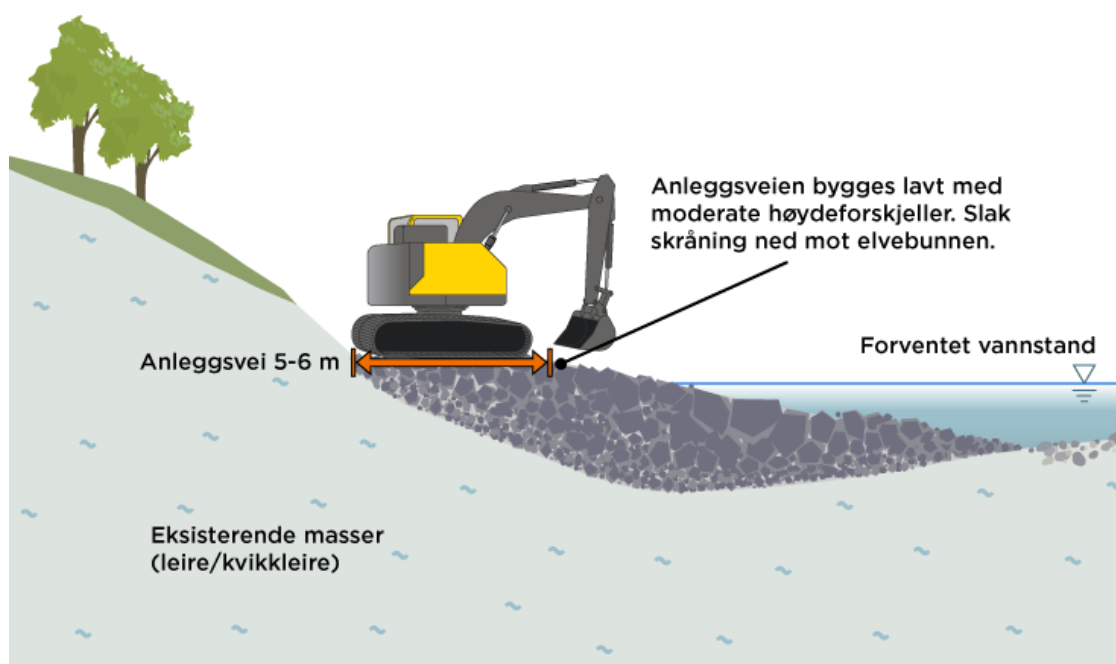
Det er viktig at en detaljert vurdering av erosjonshøyden langs elvebreddene gjennomføres før detaljprosjektering er fullført. Det anbefales å erosjonssikre opp til nivået av aktiv erosjon, som kan variere i høyden langs elvebredden. Bildet i Figur 3-2 viser et eksempel på estimert høyde av aktiv erosjon som anbefales sikret, noe som tilsvarende den øverste stiplede linjen i Figur 5-3.

### 5.3 Anleggsveien

Siden det er vanskelig tilkomst til elvebredden, vil det være behov for å anlegge anleggsvei langs elvekanten fra nederst i tiltaksområdet og oppover (dvs. fra sør mot nord). Det anbefales å utføre sikring på vestsiden fra anleggsveien som legges i østre vannkant. Dette fordi det ikke er tilstrekkelig lokal stabilitet på vestsiden av Sandeelva.

Anleggsveien vil delvis ligge på utfylte masser i elva. At anleggsveien legges helt i bunnen av skråningen er et viktig prinsipp for å unngå midlertidig forverring av stabilitetsforholdene i anleggsperioden. Erosjonssikringen vil dermed bestå i å refordele massene i anleggsvei til nødvendig erosjonssikring ligger igjen. Den gjenliggende erosjonssikringen må ha en slik geometri at den blir liggende stabilt, altså ikke for bratt. Prinsippskisse av bygging av anleggsvei er vist i Figur 5-4. Tidspunkt for gjennomføringen av sikringstiltaket må bestemmes ut i fra en helhetsvurdering. Det kan være biologiske forhold som tilsier at man bør gjennomføre en anleggsfase på visse tider av året (fiskegyting, etc.).

I kvikkleireområder stilles det strenge krav når det skal gjennomføres tiltak. I tillegg er skråningen ned til elvebredden veldig bratt, noe som kan gjøre adkomsten til vassdraget vanskelig. Det er særdeles viktig at anleggsveien ikke anlegges på en slik måte at den forverrer stabiliteten i området som i verste fall kan utløse større kvikkleireskred. Det er derfor viktig å understreke at erosjonssikring langs Sandeelva, som ligger i en kvikkleiresone, må detaljprosjekteres av geotekniker, samt følges opp i byggefasen. Steinmassene som kjøres inn må så legges et godt stykke ut i elva for å oppnå tilstrekkelig stabilitet, samtidig som man hindrer bunnerosjon med påfølgende bunnsenkning.



Figur 5-4 Eksempel fra NVEs sikringshåndbok som viser anleggsvei langs elv i kvikkleireområder.

## 5.4 Erosjonshull

I områdene hvor det er avdekket erosjonshull vil det være aktuelt å fylle igjen disse for å hindre at de utvikler seg videre (figur 5-1). Disse hullene kan med fordel gjenfylles opp til nivå med omkringliggende elvebunn med masser som skal fjernes i forbindelse med avviklingen av den ovennevnte anleggsveien. Det er viktig at bunnsikringen

forlenges både oppstrøms og nedstrøms det opprinnelig erosjonshullet for å kompensere for endrede hydrauliske egenskapene i området.

## 5.5 Vegetasjon

Når erosjonssikringen er etablert er det ønskelig å reetablere kantvegetasjonen så fort det lar seg gjøre. Dette gjøres ved å dekke til sikringsmassene ned til nivå for middelvannføring med stedege masser. Deretter kan man med fordel sette ut stubber og røtter fra lauvtrær på elvebredden, samt flytte trær fra andre steder i området og ned til elvebredden. I tillegg bør bunnvegetasjonen i skråningene ned mot elva styrkes ved å utføre skjøtsel av store trær for å slippe ned mer lys.

## 6 Nødvendig prosjektering

Foreliggende notat er en innledende vurdering av erosjonssikringen i Sandeelva. Før byggestart må det utføres geoteknisk detaljprosjektering av tiltaket. Denne prosjekteringen må blant annet angi pålitelighetsklasse ut fra og geoteknisk kategori med tilhørende krav til prosjekterings- og utførelseskontroll.

Vi anbefaler at følgende regelverk legges til grunn for dette erosjonssikringsprosjekt:

- Saksbehandlingsforskriften, SAK-10 (Direktoratet for Byggkvalitet, 2010)
  - Tiltaksklasse 2
- Eurokode 0, 7 (Standard Norge, 2016, 2020)
  - Geoteknisk kategori 2
  - Pålitelighetsklasse CC/RC 2
- Byggteknisk forskrift (TEK17) (Direktoratet for Byggkvalitet, 2017)
- NVE 1/2019 Sikkerhet mot kvikkleireskred (NVE, 2020)
  - Tiltakskategori K2

### 6.1 Tiltaksklasse

Erosjonssikring blir vurdert til å ligge i tiltaksklasse 2 ut fra Byggesaksforskriften (Direktoratet for Byggkvalitet, 2010).

For et prosjekt i tiltaksklasse 2 må det utføres en uavhengig/utvidet kontroll av både prosjekteringen og utførelse.

### 6.2 Geoteknisk kategori og pålitelighetsklasse (CC/RC)

Pålitelighetsklasse (CC/RC) er vurdert ut fra Eurokode 0. Arbeidet faller inn under beskrivelsen "Grunn- og fundamenteringsarbeider og undergrunnsanlegg". Det er to kategorier i denne beskrivelsen, den ene med enkle eller oversiktlige grunnforhold og den andre for kompliserte tilfeller. Det foreslås pålitelighetsklasse 2 siden grunnforholdene ikke er enkle, men kompliserte (kvikkleiresone).

Geoteknisk kategori er vurdert ut fra Eurokode 7 (Standard Norge, 2020). Arbeidet kan klassifiseres som "fyllinger og jordarbeider", som er innen geoteknisk kategori 2.

I henhold til Eurokode 0 må et kvalitetskontrollsystem dokumenteres, både for prosjekteringsfasen og for utførelsesfasen. Pålitelighetsklasse 2 krever minimum prosjekteringskontrollklasse (PKK) egenkontroll, intern systematisk kontroll og utvidet kontroll, se utklipp fra Eurokode 0 i Figur 5. Utvidet kontroll PKK2 (utføres av byggherre) kan imidlertid begrenses til å kontrollere at selv- og intern systematisk kontroll er utført av prosjekterende foretak.

**Tabell NA.A1(902) – Valg av prosjekteringskontrollklasse og krav til kontrollform ved prosjektering**

Valg av prosjekteringskontrollklasse		Krav til kontrollform		
Pålitelighetsklasse	Minste prosjekteringskontrollklasse	Egenkontroll (DSL 1) <sup>1)</sup>	Intern systematisk kontroll (DSL 2) <sup>1)</sup>	Utvidet kontroll (DSL 3) <sup>1)</sup>
1	PKK1 <sup>2)</sup>	kreves	kreves ikke	kreves ikke
2	PKK2 <sup>2)</sup>	kreves	kreves	kreves
3	PKK3	kreves	kreves	kreves
4	Skal spesifiseres	kreves	kreves	kreves

<sup>1)</sup> Se punkt B4 (informativ tillegg B) for betegnelsen DSL.  
<sup>2)</sup> Det kan velges høyere prosjekteringskontrollklasse.

*Figur 5: Valg av prosjekteringskontrollklasse og krav til kontrollform ved prosjektering, utklipp fra Eurokode 0*

I tillegg et er krav for et prosjekt med pålitelighetsklasse 2 om uavhengig kontroll av utførelse, UKK 2 (Eurokode 0 (Standard Norge, 2016)), som vist i Figur 6.

**Tabell NA.A1(903) – Valg av utførelseskontrollklasse og krav til kontrollform ved utførelse**

Valg av utførelseskontrollklasse		Krav til kontrollform		
Pålitelighetsklasse	Minste utførelseskontrollklasse	Egenkontroll (IL 1) <sup>1)</sup>	Intern systematisk kontroll (IL 2) <sup>1)</sup>	Utvidet kontroll (IL 3) <sup>1)</sup>
1	UKK1 <sup>2)</sup>	kreves	kreves ikke	kreves ikke
2	UKK2 <sup>2)</sup>	kreves	kreves	kreves
3	UKK3	kreves	kreves	kreves
4	UKK3, eventuelt med tilleggbestemmelser	kreves	kreves	kreves

<sup>1)</sup> Se punkt B5 (informativ tillegg B) for betegnelse IL.  
<sup>2)</sup> Det kan velges høyere utførelseskontrollklasse.

*Figur 6: Valg av utførelseskontrollklasse og krav til kontrollform ved utførelse, utklipp fra Eurokode 0*



### 6.3 Krav til områdestabilitet

Generelt for geoteknisk prosjektering må Eurokode 7 følges (Standard Norge, 2020). I tilfeller der retrogressiv bruddutvikling ved skred i kvikkleire eller sprøbruddmateriale er mulig, bør sikkerhetskrav vurderes ut fra krav til områdestabiliteten som gitt i TEK17 (Direktoratet for Byggkvalitet, 2017). For områdestabilitet i områder med kvikkleire angir TEK17 at utbygging må ha tilfredsstillende sikkerhet mot skred i henhold til NVEs kvikkleireveiledning (NVE, 2020).

Kravene til områdestabiliteten i NVEs veileder (NVE, 2020) avhenger av type tiltak, ut fra tiltakskategori K0-K4. Erosjonssikring av elva faller innenfor tiltakskategori K2. Dette innebærer krav om intern kvalitetssikring i det prosjekterende foretaket. Erosjonssikringen må detaljprosjekteres slik at stabilitetsforholdene ikke påvirkes negativt hverken i anleggsfasen eller permanent.

### 6.4 Kontrollplan for utførelse

Kontrollplan for utførelse må utarbeides i forbindelse med videre detaljprosjektering for å ha tilstrekkelig kontroll i anleggsfasen. Kontrollplanen må inneholde tiltak for å unngå midlertidig forverring av skråningsstabiliteten i anleggsfasen, og må utarbeides med utgangspunkt i anbefalingene i foreliggende notat (dvs. innspill fra kapittel 5, bla.). Kontrollplanen må i tillegg angi restriksjoner for massetransport og mellomlagring av materiale, rekkefølgebestemmelser, overvåkningstiltak og/eller målinger, osv., som vurderes nødvendig.

### 6.5 SHA og SJA

Det må i forbindelse med videre detaljprosjektering utarbeides en plan for å ivareta sikkerhet, helse og arbeidsmiljø (SHA) i henhold til Byggherreforskriften. SHA-planen skal identifisere risikomomenter og angi konkrete tiltak for å ivareta sikkerheten, blant annet kan det stilles krav om sikker jobbanalyse (SJA). SJA utføres av entreprenør ved oppstart av anleggsarbeidene. SHA og SJA skal dokumenteres.

### 6.6 Dokumentasjon av utførelse

Det må settes krav til innmålinger, dokumentasjon av masser etc. for å dokumentere utførelsen (geometri, masser mm. "som bygget"). Dette inngår normalt i kontrakten mellom entreprenør og byggherre (sluttdokumentasjon). Med tanke på fremtidig ettersyn og vedlikehold er det viktig med stedfestet informasjon om hva som faktisk er bygget. Behov for regelmessig inspeksjon av erosjonssikringen må også angis i den videre prosjekteringen.

## 7 Konklusjon og oppsummering

For å forhindre videre erosjon og utglidninger langs Sandeelva i Sande sentrum anbefales det å erosjonssikre begge sider av hele elvepartiet fra Vingejordet i sør til om lag 50 m nord for den nordlige avgrensningen av kvikkleiresonen Skolegata.

Videre anbefales det å heve og bunnsikre elvebunnen hvor det i dag er påvist erosjonshull.

Følgende punkter er en oppsummering av hvordan endelig erosjonssikring skal utformes:

- Begge sider av elva skal sikres, i området skissert i Figur 5-2
- Minimum tykkelse av erosjonssikring på 0,5 m
- Høyde av sikringen opptil synlig erosjonsnivået (se Figur 3-2)
- Erosjonssikringskråningshelning (Figur 5-3)
  - Toppen skal ikke være flatt, den skal helles nedover mot elva, omtrent 1V:5H
  - Hoved helningen skal ikke være brattere enn 1V:1,5H
  - Bunnen skal flate ut mot elvebunn, med helning ca. 1V:2,5H
- Steinene ved bunnen av elva skal presses ned i elvesedimentene for å forankre dem på plass (Figur 5-3)
- Sikringsmaterialet kan bestå av samfengt sprengstein, eller hvis det ikke er aktuelt, produserte steinmasser med kornstørrelse 20/250 mm (kult) med behov for et filterlag i underkant
- Erosjonshull markert i rosa i Figur 5-2 skal fylles igjen opp til nivå med omkringliggende elvebunn, hvis ønskelig med masser som skal fjernes i forbindelse med avviklingen av anleggsveien

Det er svært viktig å ikke forverre stabiliteten på noe tidspunkt under byggeprosessen. Anleggsveien må bygges i bunnen av skråningen ut i elva, som vist i Figur 5-4, for å unngå midlertidig forverring av skråningsstabiliteten. Samtidig skal anleggsveien forbli stabil, dvs. ikke for bratt.

Derfor understreker vi igjen at erosjonssikring langs Sandeelva, som ligger i en kvikkleiresone, må detaljprosjekteres av geotekniker, samt følges opp i byggefasen.

## 8 Referanser

- Asplan Viak. (2018). *Flomberegning Sandeelva*.
- Direktoratet for Byggkvalitet. (2010). *Byggesaksforskriften (SAK10)*. <https://dibk.no/regelverk/sak/>
- Direktoratet for Byggkvalitet. (2017). *TEK17*. <https://dibk.no/byggereglene/byggteknisk-forskrift-tek17/10/10-2/>
- Jenssen, L., & Tesaker, E. (2009). *Veileder for dimensjonering av erosjonssikringer av stein*. NVE, NTNU og Einar Tesaker vann AS.
- NGI. (2014). *20130950-02-TN Sikring av Sandeelva - beskrivelse av grunnarbeider*.
- NGI. (2017). *20170711-03-R Erosjonsforhold-vurdering*.
- NGI. (2021a). *20200685-01-R: Sande områderegulering i kvikkleire. Vurdering av områdestabilitet med områderegulering Sande*.
- NGI. (2021b). *20200685-01-TN Befaringsnotat, Sandeelva*.
- NVE. (2020). *Veileder nr. 1/2019 Sikkerhet mot kvikkleireskred: vurdering av områdestabilitet ved arealplanlegging og utbygging i områder med kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper*. [https://publikasjoner.nve.no/veileder/2019/veileder2019\\_01.pdf](https://publikasjoner.nve.no/veileder/2019/veileder2019_01.pdf)
- Standard Norge. (2016). *Eurokode 0: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner*.
- Standard Norge. (2020). *Eurokode 7 - Geoteknisk prosjektering Del 1: Allmenne regler*.



**FORKLARINGER:**

- Dreiesonering
- Enkel sondering
- ▽ Trykksondering
- ☆ Fjellkontrollboring
- ⬮ Dreieltrykksondering
- ⊕ Totalsondering
- ⊙ Prøveserie
- Prøvegrop
- ⊕ Vingeboering
- ⊖ Poretrykksmåling
- ⚡ Fjell i dagen

Borhull nr.  $\frac{\text{Terreng (bunn) kote}}{\text{Antall fjellkote}}$  Boret dybde + (boret i fjell)

- Røde polygoner markerer kvikkleiresonene (fra nord til sør) Bøplassen Sør, Skolegata og Vingejordet.
- Blå polygoner markerer byggene i de ulike byggeprosjektene og området for boligbygging i Skolegata-sonen.
- Sorte polygoner markerer plangrensene for skoleutbyggingen og Meny-utbyggingen og omiss av boligutbygging.

- Snitt A-A, B-B og C-C. Omfattet i NGI-rapport 20170711-02-T. Områdestabilitet. Dateret 20.12.2017. Snitt A-A er vurdert på nytt i denne rapporten.
- Snitt 1-1, 2-2, 3-3 og 4-4. Omfattet i NGI-rapport 20190677-01-TN. Vurdering av stabilitet mot elven samt innledende vurdering av fundamenteringsløsning. Dateret 14.08.2020. Snitt 4-4 er vurdert på nytt i denne rapporten.
- Snitt D-D. nytt snitt i dette prosjektet.

- Kvikkleiresoner - løseområder (fra nord: Søndre Bøplassen, Skolegata, Vingejordet)
- Kvikkleiresoner - utlopsområder (fra nord: Søndre Bøplassen, Skolegata, Vingejordet)
- Planlagte byggeprosjekter

— Tidligere utstrekning av KL-soner

**HENVISNINGER:**

- Borpunkt 201-210. boret av Statens vegvesen i 1993
- Borpunkt 11-15. boret av Grunnteknikk i 2015
- Borpunkt NGL1-NGL25. boret av NGI i 2017
- Borpunkt 1-6. boret av Geostrøm for Grunnteknikk i 2018
- Borpunkt 301-306 og 310-312. boret av Geostrøm AS for Grunnteknikk i desember 2019/januar 2020
- Borpunkt T\_1-T\_4. boret av Terraplan i 2020
- Borpunkt 2021\_P1 - 2021\_P4. boret av Terraplan i 2021

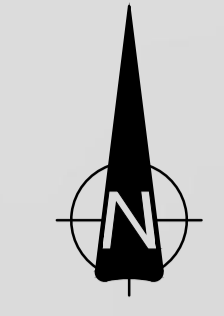
Tegningsstille:	Tegningsnr.:	Rev.:
Borplan	001	02

02	Suppl. grus. utført 2021 lagt til, sonegeomietri samtligge soner endret	06.04.2021	AJD	JSL	MMS
01	Lagt til utlopsområder og endret løseområde for Søndre Bøplassen	09.12.2020	AJD	JSL	MMS

Rev. Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godk.
Sande områderegulering kvikkleire				

Borplan	12500	
---------	-------	--

NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Lilleveiv Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no	Dato 21.10.2020 Oppdragsnr. 20200685	Karstf./legret SGO Tegningsnr. 001	Kontrollert JSL Rev. MMS	Godkjent MMS Rev. 02
---	---	---	-----------------------------------	-------------------------------



- FORKLARINGER:**
- Kvikkleiresoner - løseområder (fra nord: Søndre Bøplassen, Skolegata, Vingejordet)
  - Kvikkleiresoner - utløpsområder (fra nord: Søndre Bøplassen, Skolegata, Vingejordet)
  - Planlagte byggeprosjekter
  - Områder som må avlastes

Tegningstittel:	Tegningsnr.:	Rev.:
Omriss av tiltak	002	02

02	Suppl. grus. utført 2021 lagt til, sonegeometri/er samtlige soner endret	06.04.2021	AJD	JSL	MMS
01	Utløpsområder opplyst, endret løseområde for Søndre Bøplassen og KS	02.12.2020	AJD	JSL	MMS

Rev.:	Beskrivelse:	Dato:	Tegn.:	Kontroll.:	Godkj.:

<b>Sande områderegulering kvikkleire</b>		Status:	
Omriss av tiltak		Original format A1 Tegningsfilnavn Tegning_002_rev02.dwg Husenummer	
		12500	

NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Lillelvi Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no	Dato: Oppdragsnr.:	Konstr./Tegnet: Tegningsnr.:	Kontrollert: Rev.:	Godkjent: Rev.:
	21.10.2020 20200685	SGO 002	JSL 002	MMS 02



**FORKLARINGER:**

- Dreiesonering
- Enkel sondering
- ▽ Trykksonering
- ☆ Fjellkontrollboring
- ⬇ Dreieltrykksonering
- ⊕ Totalsondering
- ⊙ Prøveserie
- Prøvegrop
- + Vingeboring
- ⊖ Poretrykksmåling
- ⚡ Fjell i dagen

Borhull nr.  $\frac{\text{Terreng (bunn) kote}}{\text{Antall fjellkote}}$  Boret dybde + (boret i fjell)

-Røde polygoner markerer kvikkleiresonene (fra nord til sør) Bøplassen Sør, Skolegata og Vingejordet.  
 -Blå polygoner markerer byggene i de ulike byggeprosjektene og området for boligbygging i Skolegata-sonen.  
 -Sorte polygoner markerer plangrensene for skoleutbyggingen og Meny-utbyggingen og omriss av boligutbygging.

- -Påvist ikke kvikkleire fra prøver
- -Sonderinger indikerer ikke kvikkleire
- -Sondering indikerer kvikkleire
- -Påvist kvikkleire fra prøver

- I punkter uten farge er det for lite grunnlag for å velge én farge. Dette gjelder for eksempel 504 og 507 der det er tatt få prøver (uten påvist kvikkleire), men sonderingene utelukker ikke kvikkleire.

**HENVISNINGER:**

- Borpunkt 201-210: boret av Statens vegvesen i 1993
- Borpunkt 11-15: boret av Grunnteknikk i 2015
- Borpunkt NGL\_1-NGL\_25: boret av NGI i 2017
- Borpunkt 1-6: boret av Geostrøm for Grunnteknikk i 2018
- Borpunkt 301-306 og 310-312: boret av Geostrøm AS for Grunnteknikk i desember 2019/januar 2020
- Borpunkt T\_1-T\_4: boret av Terraplan i 2020
- Borpunkt 2021\_P1 - 2021\_P4: boret av Terraplan i 2021

Tegningstittel:	Tegningsnr.:	Rev.:
Utbredelse av kvikkleire	003	01

01	Suppl. grunnundersøkelser utført 2021 lagt til og enkelte punkt tolket på nytt	06.04.2021	AJD	JSL	MMS
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontroll.	Godk.
Holmestrand kommune Sande områderegulering kvikkleire		Original format A1 Tegningens tittel Tegning 003_rev01.dwg Målestokk		<b>NGI</b>	
Utbredelse av kvikkleire		1:500			
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Lillevevl Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 01.12.2020 Oppdragsnr. 20200685	Konstr./Tegnet SGO Tegningsnr. 003	Kontrollert JSL	Godkjent MMS
		20200685		003	
				01	

<b>Dokumentinformasjon/Document information</b>		
<b>Dokumenttittel/Document title</b> Erosjonssikring av Sandeelva		<b>Dokumentnr./Document no.</b> 20200685-02-TN
<b>Dokumenttype/Type of document</b> Teknisk notat / Technical note	<b>Oppdragsgiver/Client</b> Holmestrand kommune	<b>Dato/Date</b> 2021-05-12
<b>Rettigheter til dokumentet iht kontrakt/Proprietary rights to the document according to contract</b> NGI		<b>Rev.nr. &amp; dato/Rev.no. &amp; date</b> 1 / 2021-07-09
<b>Distribusjon/Distribution</b> BEGRENSET: Distribueres til oppdragsgiver og er tilgjengelig for NGIs ansatte / LIMITED: Distributed to client and available for NGI employees		
<b>Emneord/Keywords</b> Hydraulikk, erosjonssikring		

<b>Stedfesting/Geographical information</b>	
<b>Land, fylke/Country</b> Norge, Vestfold og Telemark	<b>Havområde/Offshore area</b>
<b>Kommune/Municipality</b> Holmestrand	<b>Felt navn/Field name</b>
<b>Sted/Location</b> Sande sentrum	<b>Sted/Location</b>
<b>Kartblad/Map</b>	<b>Felt, blokknr./Field, Block No.</b>
<b>UTM-koordinater/UTM-coordinates</b> Sone: 33 Øst: 229707 Nord: 6614929	<b>Koordinater/Coordinates</b> Projeksjon, datum: Øst: Nord:

<b>Dokumentkontroll/Document control</b> Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001					
<b>Rev/Rev.</b>	<b>Revisjonsgrunnlag/Reason for revision</b>	<b>Egenkontroll av/ Self review by:</b>	<b>Sidemanns- kontroll av/ Colleague review by:</b>	<b>Uavhengig kontroll av/ Independent review by:</b>	<b>Tverrfaglig kontroll av/ Inter- disciplinary review by:</b>
0	Originaldokument	2021-05-12 Ingar H. Steinholt / Kate Robinson / Øyvind A. Høydal	2021-05-12 Ragnar Moholdt		
1	Oppdatert hydraulisk beregning, nødvendig prosjektering	2021-06-30 Ingar H. Steinholt / Kate Robinson	2021-07-08 Ragnar Moholdt		

<b>Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release</b>	<b>Dato/Date</b> 9. juli 2021	<b>Prosjektleder/Project Manager</b> Ingar Haug Steinholt
--	----------------------------------	--

NGI (Norges Geotekniske Institutt) er et internasjonalt ledende senter for forskning og rådgivning innen ingeniørrelaterte geofag. Vi tilbyr ekspertise om jord, berg og snø og deres påvirkning på miljøet, konstruksjoner og anlegg, og hvordan jord og berg kan benyttes som byggegrunn og byggemateriale.

Vi arbeider i følgende markeder: Offshore energi – Bygg, anlegg og samferdsel – Naturfare – Miljøteknologi.

NGI er en privat næringsdrivende stiftelse med kontor og laboratorier i Oslo, avdelingskontor i Trondheim og datterselskap i Houston, Texas, USA og i Perth, Western Australia.

[www.ngi.no](http://www.ngi.no)

NGI (Norwegian Geotechnical Institute) is a leading international centre for research and consulting within the geosciences. NGI develops optimum solutions for society and offers expertise on the behaviour of soil, rock and snow and their interaction with the natural and built environment.

NGI works within the following sectors: Offshore energy – Building, Construction and Transportation – Natural Hazards – Environmental Engineering.

NGI is a private foundation with office and laboratory in Oslo, branch office in Trondheim and daughter companies in Houston, Texas, USA and in Perth, Western Australia

[www.ngi.no](http://www.ngi.no)

Ved elektronisk overføring kan ikke konfidensialiteten eller autentisiteten av dette dokumentet garanteres. Adressaten bør vurdere denne risikoen og ta fullt ansvar for bruk av dette dokumentet.

Dokumentet skal ikke benyttes i utdrag eller til andre formål enn det dokumentet omhandler. Dokumentet må ikke reproduseres eller leveres til tredjemand uten eiers samtykke. Dokumentet må ikke endres uten samtykke fra NGI.

Neither the confidentiality nor the integrity of this document can be guaranteed following electronic transmission. The addressee should consider this risk and take full responsibility for use of this document.

This document shall not be used in parts, or for other purposes than the document was prepared for. The document shall not be copied, in parts or in whole, or be given to a third party without the owner's consent. No changes to the document shall be made without consent from NGI.



