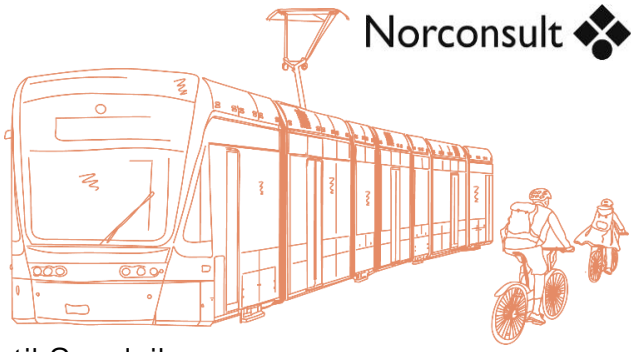
Notat

Oppdragsgiver: Bergen kommune

Oppdragsnr.: 52504678 Dokumentnr.: NO-B3-003



BT5 Bybanen til Åsane – Bergen sentrum til Sandviken

Stormflo og bølgepåvirkning for Sandviken

Dato: 25.10.2026

Dette dokumentet er et notat som skal gi grunnlag for videre vurderinger og anbefalinger. Notatet er en del av arbeidet med fase 4 for reguleringsplanene for Bybanen og hovedsykkelrute mellom Bergen sentrum og Sandviken. Reguleringsplanene er en del av Bybanen mellom sentrum og Åsane (byggetrinn 5). Reguleringsplanarbeidet er i en pågående prosess, og notatet gir et bilde av løsninger og vurderinger på det gitte tidspunkt. Både utarbeiding av løsninger og vurderinger av disse er en del av en arbeidsprosess der løsningene kan bli endret underveis, og notatene vil ikke nødvendigvis oppdateres.

Sammendrag

Det skal reguleres ny trasé for Bybanen gjennom Sandviken i tillegg til en sykkelrute mellom Torget og Skuteviken i Bergen. Dette notatet handler om sikkerhet mot flom fra stormflo og bølger iht. TEK17 § 7-2.

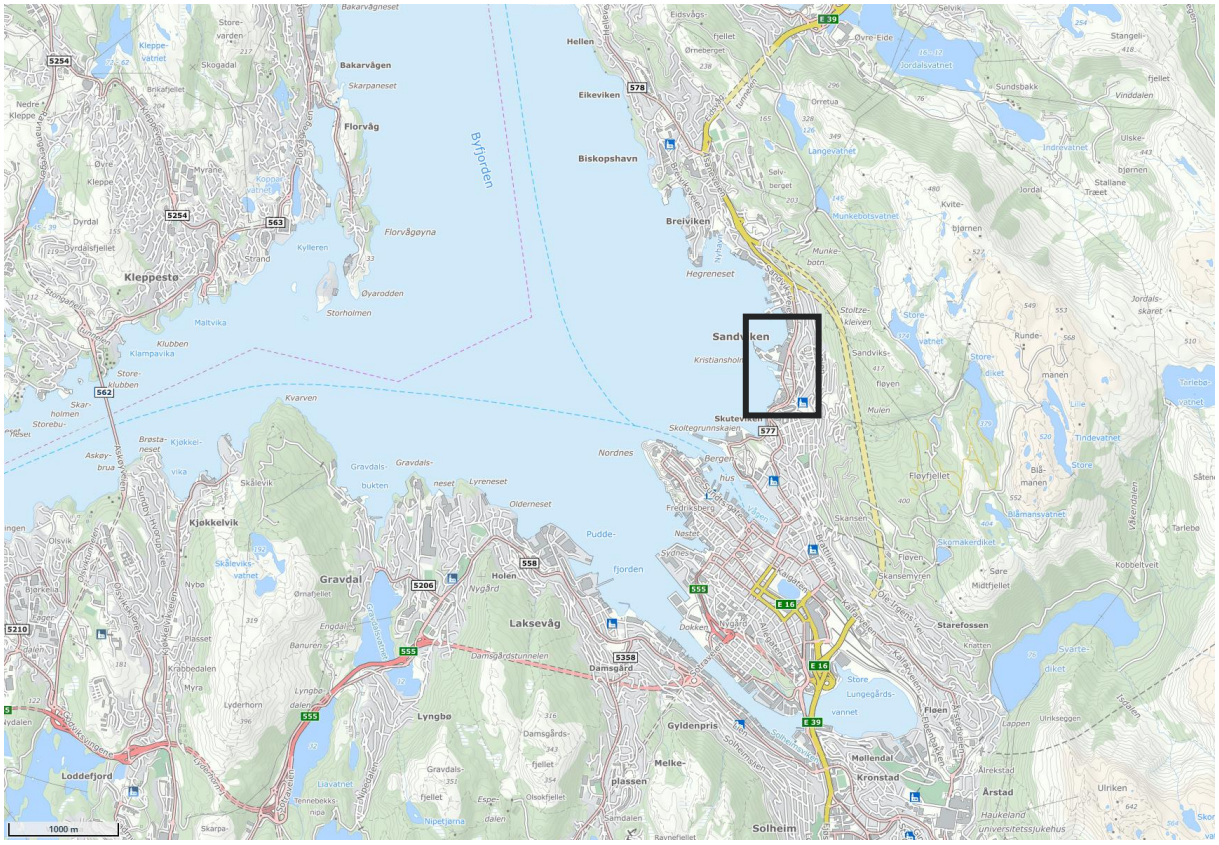
Et oversiktskart over Bergen er vist i Figur 1 hvor Sandviken er markert med den svarte firkanten. Figur 2 viser anbefalt trafikksystem (Norconsult Norge AS, 2026), der den planlagte bybanetraseen er markert med oransje linje. Figur 3 viser plantegningen ved utløpet av tunnelen fra Bergen sentrum mot Sandvikstorget. Her kommer Bybanen ut i den høye muren mellom Sjøgaten og Nye Sandviksveien. Skinnegangen er planlagt på landsiden av dagens gate. Videre nordover følger traseen Sjøgaten og Sandviksveien frem til nytt tunnelinnslag ved Munkebotn, se også plantegning i Figur 4. Derifra går traseen inn i tunnel og møter den regulerte traseen før den kommer til holdeplassen ved Sandviken sykehus.

Hovedsykkelruten over Torget og Bryggen ligger på begge sider av fylkesvei 577 fram til Bradbenken, se mørk gulskravur i Figur 5. Fra og med Bradbenken og videre nordover til sykkeltunnelen ved Skuteviken ligger sykkelveien på landsiden av fylkesveien. Figur 6 viser illustrasjonsplanen over hovedsykkelruten ved Festningskaien og Skuteviken.

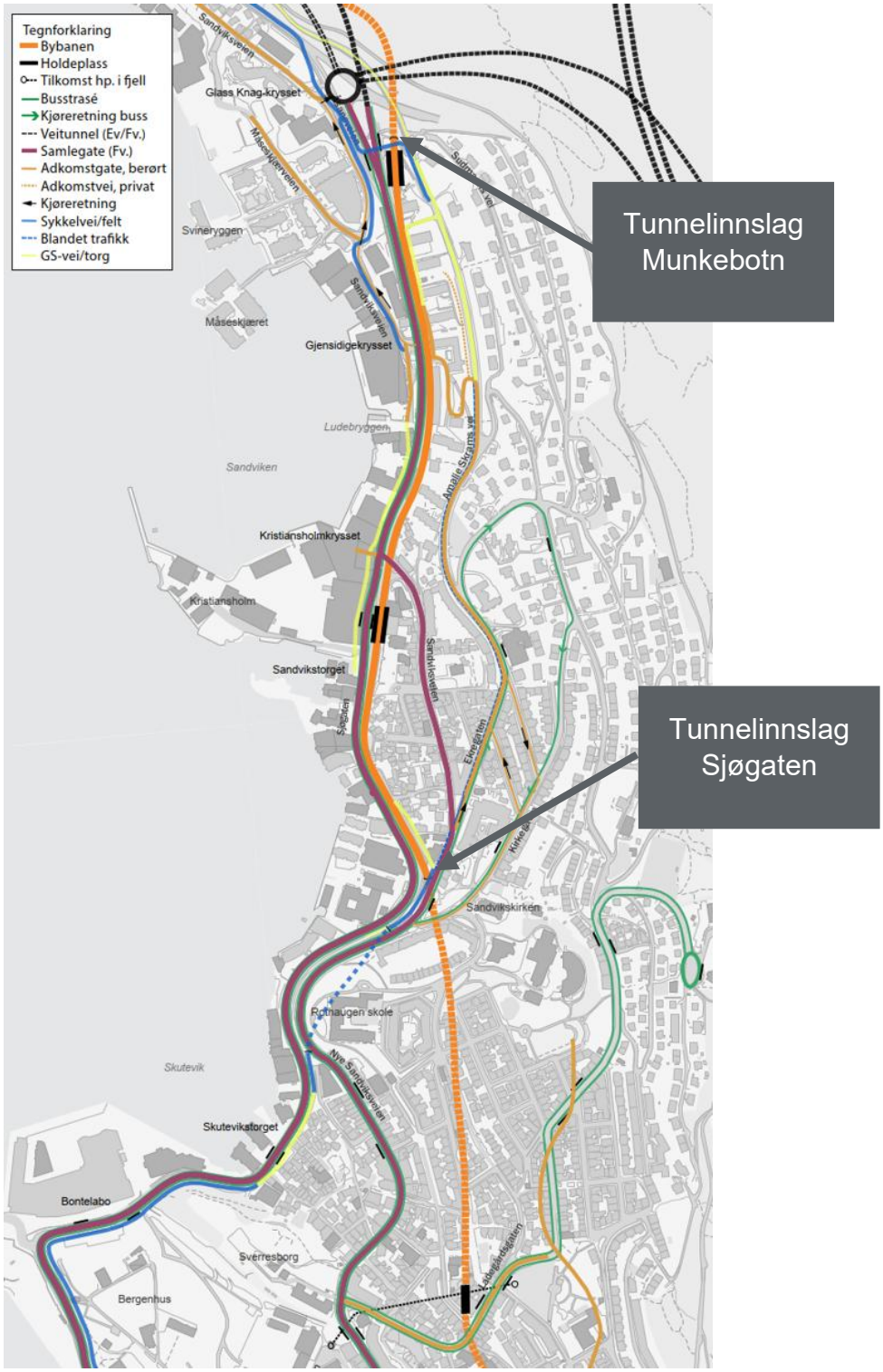
Dette notatet inneholder vurderinger av trygge kotehøyder og forslag til avbøtende tiltak mot effekten fra stormflo og bølger for den planlagte bybanetraseen gjennom Sandviken (kapittel 1-3). Kapittel 4 omhandler vurderinger av sykkelplanen. Flom fra overvann, nedbør, vassdrag osv. er ikke vurdert i dette notatet.

Revisjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent
J02	2026-10-21	For bruk	MagBac	MarTve	IOV
D01	2026-07-01	For gjennomgang hos oppdragsgiver	MagBac	MarTve	IOV

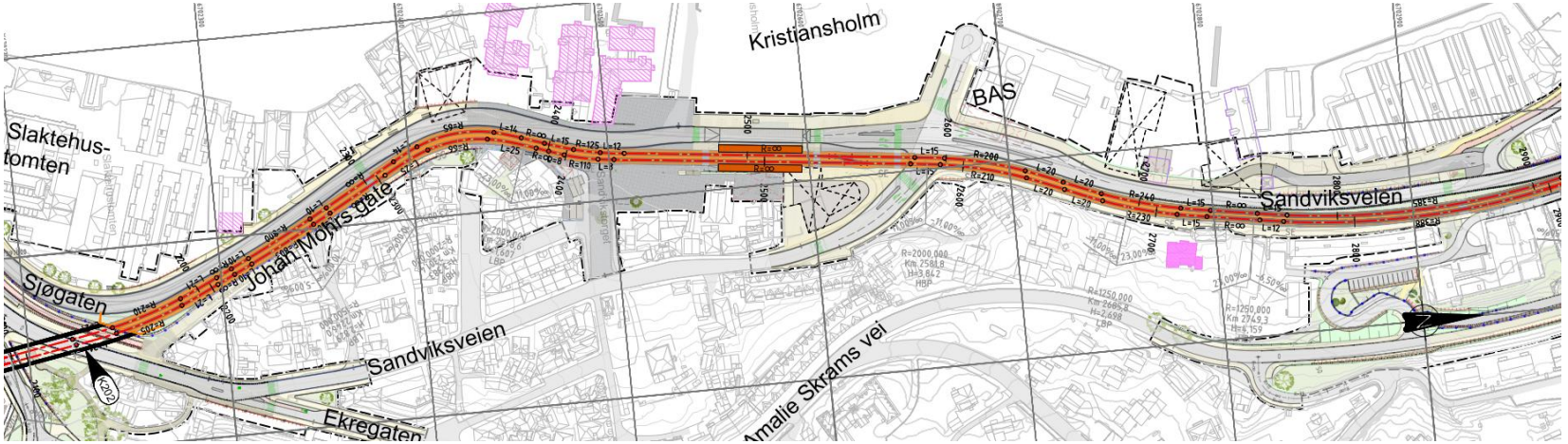
Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet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



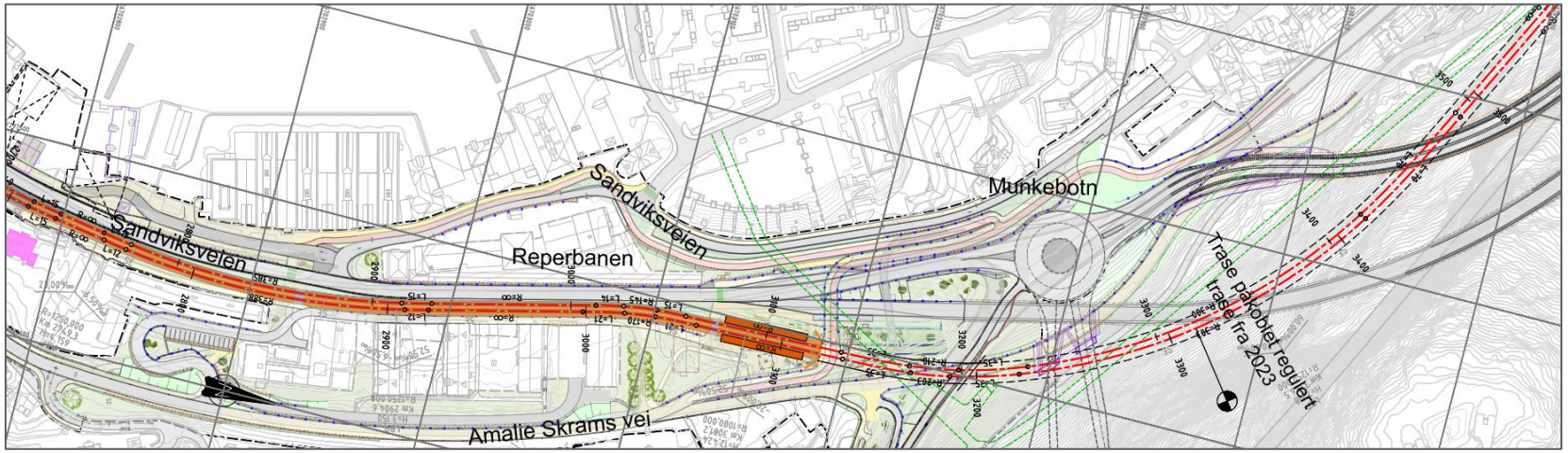
Figur 1 Oversiktskart. Sandviken ligger innenfor den svarte firkanten.



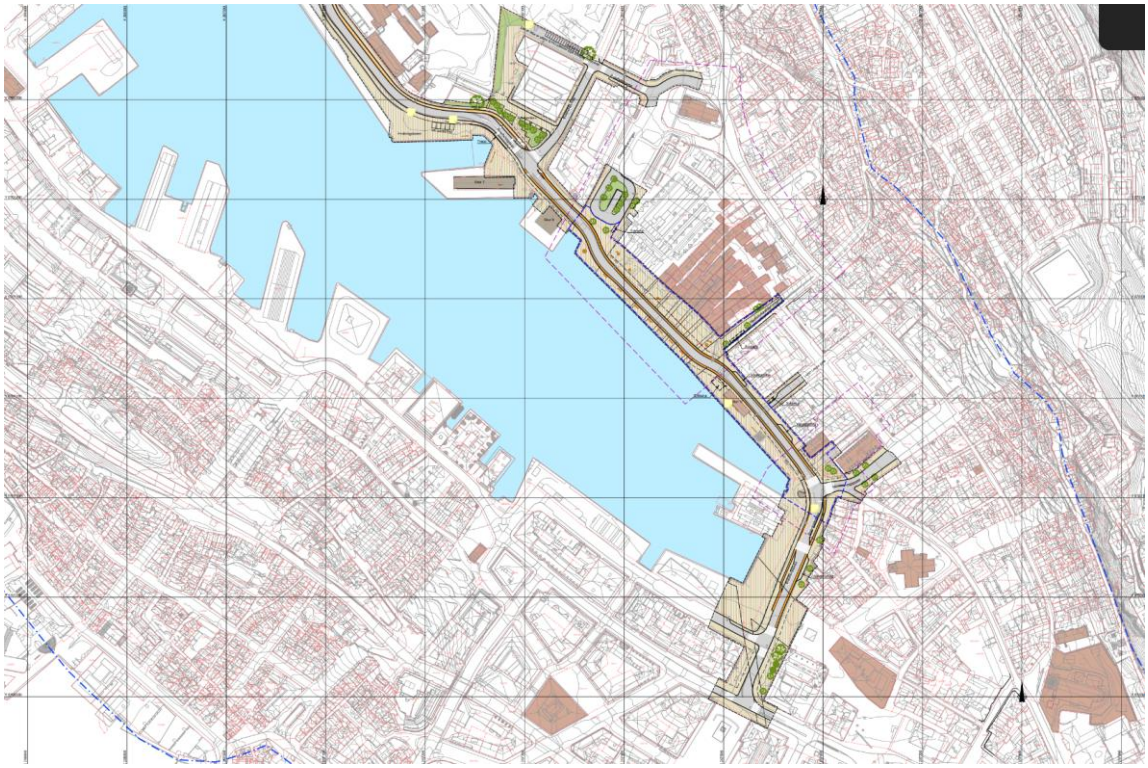
Figur 2 Anbefalt trafikksystem ved Sandviken hentet fra (Norconsult Norge AS, 2026). Bybanetraseen er vist med oransje strek. Heltrukken strek viser der banetraseen er planlagt i dagen, mens stiplet strek viser hvor Bybanen planlegges i tunnel.



Figur 3 Utklipp fra tegning BT5-T-B3_C_0001 og holdeplassen ved Sandvikstorget.



Figur 4 Utklipp fra tegning BT5-T-B3_C_0002 og holdeplassen ved Munkebotn.



Figur 5 Illustrasjonsplan over hovedsykkelruten ved Torget og Bryggen. Hentet fra tegning BT5-T-ILP71730000-101.



Figur 6 Illustrasjonsplan over hovedsykkelruten ved Festningskaien og Skuteviken. Hentet fra tegning BT5-T-ILP71730000-103

1 Regelverk

Byggteknisk forskrift (TEK17) fastsetter krav til sikkerhet mot flom og stormflo. Byggverk skal plasseres, dimensjoneres eller sikres mot flom slik at største nominelle sannsynlighet i tabell 1 ikke overskrides, jf. forskriftens § 7-2 andre ledd. I tillegg anbefaler Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB) at man legger til grunn havnivåstigning fram til år 2100 planlegging (Direktoratet fo samfunnssikkerhet og beredskap (DSB), 2024). Anbefalt klimascenario er SSP 3.7-0 +83 prosentil.

Tabell 1 Sikkerhetsklasser for byggverk i flomutsatt område (fra TEK17)

Sikkerhetsklasse for flom	Konsekvens	Største nominelle årlige sannsynlighet
F1	Liten	1/20
F2	Middels	1/200
F3	Stor	1/1000

Hvilken sikkerhetsklasse et byggverk tilhører er avhengig av konsekvensene ved oversvømmelse. Generelt vil byggverk med lite personopphold og små økonomiske eller andre samfunnsmessige konsekvenser kunne plasseres i sikkerhetsklasse F1. Eksempler på dette er garasjer eller lagerbygninger med lite personopphold.

Sikkerhetsklasse F2 omfatter de fleste byggverk beregnet for personopphold, som for eksempel bolig, fritidsbolig, campinghytte, garasjeanlegg, skole, barnehage, kontorbygning og industribygg.

Sikkerhetsklasse F3 omfatter byggverk for sårbare samfunnsfunksjoner, og byggverk der oversvømmelse kan gi stor forurensning på omgivelsene. Eksempler på dette er sykehjem, sykehus, brannstasjon, politistasjon, sivilforsvarsanlegg og avfallsdeponier.

Byggverk som er avgjørende for nasjonal eller regional beredskap og krisehåndtering skal iht. § 7-2 første ledd ikke plasseres i flomutsatt område, dersom konsekvensene av flom vil føre til at beredskapen svekkes. Slike byggverk skal legges over nivå for *øvre estimat vannstand* inkludert havnivåstigning fram til år 2100. Dette kan for eksempel gjelde for regionsykehus, regionale eller nasjonale beredskapsinstitusjoner og lignende (Direktoratet fo samfunnssikkerhet og beredskap (DSB), 2024).

I tidligere planarbeider for Bybanen er det lagt til grunn at banetraseen skal tilfredsstille kravene til sikkerhetsklasse F2 (Norconsult Norge AS, Asplan Viak , 2023). Dette innebærer at bybanetraseen må sikres mot den samlede effekten fra stormflo- og bølgepåvirkning med 200-års returperiode inkludert havnivåstigning fram til år 2100.

Det er antatt at hovedsykkelruten også skal omfattes av sikkerhetsklasse F2.

2 Stormflo

Stormflo er betegnelsen for fenomenet at havnivået under spesielle værforhold kan bli meget høyt. De viktigste faktorene som gir opphav til stormflo er:

1. astronomisk tidevann, spesielt rundt fullmåne og vår/høst-jevndøgn
2. lavt luft-trykk
3. langvarig pålandsvind.

Merk at stormflo ikke inkluderer effekter med kort varighet, som vanlige stormbølger (5 – 20 s) eller svingninger i havnebassenger (1/2 – 5 minutter).

Norconsult har utført en analyse av stormfloverdier for Bergen i forbindelse med utvikling av Dokken og Laksevåg (Norconsult Norge AS, 2026). Rapporten konkluderte med at de offisielle stormfloverdiene utgitt av Kartverket, som kan hentes fra for eksempel nettsiden «Se havnivå», er for lave. Ved å sammenlikne de offisielle verdiene med observerte stormflo-hendelser i Bergen, er estimert 200 års verdi fra «Se havnivå» oversteget 3 ganger i løpet av en måleserie på 109 år. Det anbefales derfor at man legger til grunn et høyere stormflonivå enn de offisielle tallene for å sikre at planleggingen er på den robuste siden. Det skiller ca. 23 cm mellom Kartverkets og Norconsults beregninger av 200 års stormfloverdi.

Tabell 2 viser stormfloverdier fra Kartverket og Norconsult for ulike returperioder inkludert havnivåstigning fram til år 2150. Benyttet klimascenario er SSP3.7-0, +83 prosentil. Merk at tillegget for havnivåstigning er identisk mellom tallene til Kartverket og Norconsult. De uthevede tallene viser dimensjonerende stormfloverdi for sikkerhetsklassene F1, F2 og F3, som også er gjengitt i Tabell 3. For sikkerhetsklasse F1 er det ikke krav til å inkludere havnivåstigning, mens for sikkerhetsklasse F2 og F3 skal det minimum legges til havnivåstigning fram til år 2100.

Dersom havet stiger som antatt i valgte klimascenario, viser beregningene at 200 års stormflo i år 2150 kan stige opp til +3,0 m NN2000. Videre opplyser Kartverket at øvre estimat vannstand i år 2100 er +280 cm (opprundet til 290 cm på «Se havnivå»). Øvre estimat vannstand er summen av høyeste mulige tidevann (HAT) pluss effekten fra værbidrag med gjentaksintervall på 1 000 år inkludert havnivåstigning fram til år 2100.

Tabell 2 Ekstremverdier av stormflo i Bergen kommune i cm over NN2000 inkludert havnivåstigning fram til år 2150. Nærmeste standardhavn: Bergen vannstandsmåler. Klimascenario SSP3-7.0, spredning +83 prosentil. Rp = returperiode.

Returperiode	Metode	2025	2050	2100	2150
Rp = 20 år	Kartverket	**+124 cm**	+155 cm	+205 cm	+262 cm
	Norconsult	**+133 cm**	+164 cm	+214 cm	+272 cm
Rp = 200 år	Kartverket	+137 cm	+168 cm	**+218 cm**	+275 cm
	Norconsult	+160 cm	+191 cm	**+241 cm**	+299 cm
Rp = 1 000 år	Kartverket	+144 cm	+175 cm	**+225 cm**	+282 cm
	Norconsult	+180 cm	+211 cm	**+261 cm**	+319 cm

Tabell 3 Dimensjonerende stormflonivå iht. TEK17 § 7-2.

Sikkerhetsklasse	Kartverket	Norconsult
Sikkerhetsklasse F1	+124 cm NN2000	+133 cm NN2000
Sikkerhetsklasse F2	+218 cm NN2000	+241 cm NN2000
Sikkerhetsklasse F3	+225 cm NN2000	+261 cm NN2000
Øvre estimat vannstand Flomutsatt område iht. §7-2 første ledd	+290 cm NN2000	

2.1 Anbefalte nivåer

I forbindelse med reguleringsplaner på Dokken og Laksevåg-siden har Norconsult gitt anbefalinger på nødvendige nivåer for å sikre mot stormflo for Bergen kommune (Norconsult, 2021).

I rapporten for Dokken og Laksevåg ble det anbefalt å legge banetraseen på minimum kote +2,41 m NN2000 for å unngå oversvømmelse fra stormflo. Dette tilsvarer 200 års stormflonivå inkludert havnivåstigning fram til år 2100 iht. verdiene som Norconsult har beregnet.

De offisielle stormfloverdiene iht. Kartverket og «Se havnivå» er noe lavere. På «Se havnivå» er 200 års stormflo inkludert havnivåstigning fram til år 2100 oppgitt til +218 cm NN2000. Det åpner for at flomsikkert nivå kan senkes til +2,2 m NN2000, og fremdeles oppnå tilfredsstillende sikkerhet iht. TEK17 sikkerhetsklasse F2. Men det anbefales at denne verdien anses som et minimumsnivå. For eksempel i områder hvor det er utfordrende å tilpasse banetraseen til eksisterende bebyggelse.

Videre ble det anbefalt at nytt terrengnivå legges på +3,0 m NN2000 der det er praktisk mulig for å hensynta havnivåstigning fram mot år 2150. Dette ble begrunnet med at det planlegges nye transformasjonsområder og utfyllinger i sjø, hvor nye byggverk vil etableres gradvis fram mot år 2050, og at man bør regne med at disse vil ha en levetid på 100 år (eller mer) fra og med år 2050.

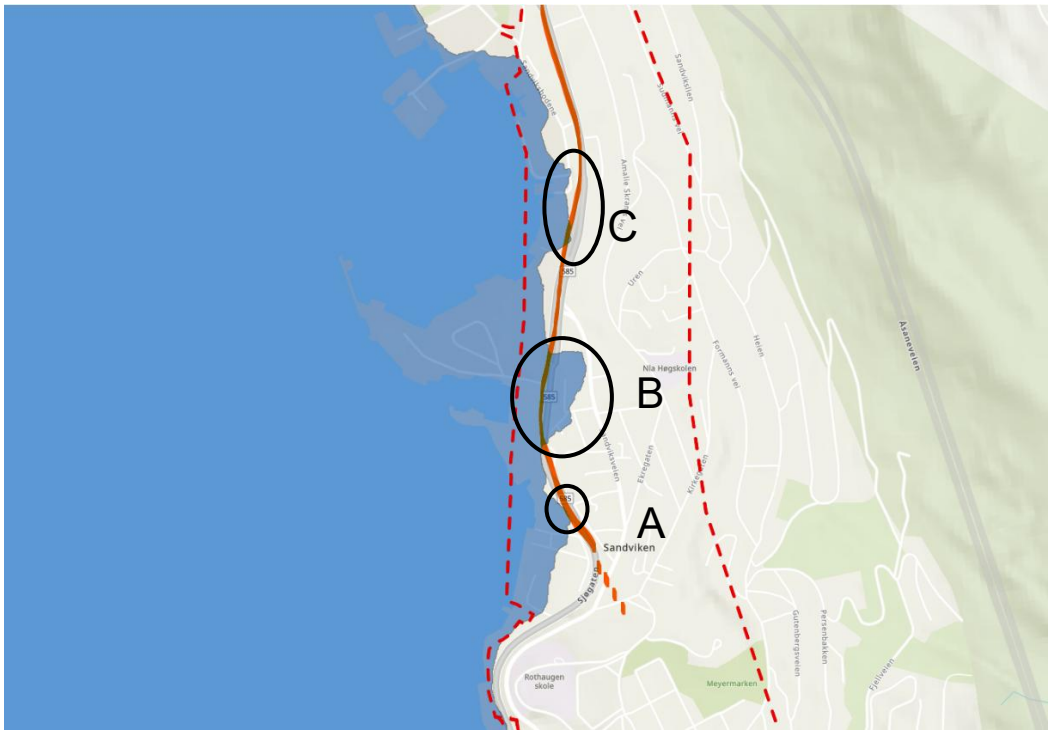
Det gir følgende anbefalte nivåer for å sikre mot stormflo (uten effekten fra bølger):

- +3,0 m NN2000 «Normalen». Anbefalt kotehøyde for langsiktig planlegging fram mot år 2150, men ikke et krav for å tilfredsstille sikkerhetsklasse F2.
- +2,41 m NN2000. Anbefalt kotehøyde iht. sikkerhetsklasse F2 iht. Norconsults beregninger.
- +2,2 m NN2000. Minimumskravet iht. sikkerhetsklasse F2 iht. Kartverkets beregninger. Denne verdien vil fremdeles oppnå tilfredsstillende sikkerhet iht. TEK17, men er et mindre konservativt valg. Bør kun benyttes i utfordrende tilpasningsområder, og/eller der en nærmere vurdering av konsekvenser for flom kan kategoriseres som lave.

2.2 Utsatte områder langs planlagt bybanetrasé

Figur 7 viser oversvømte områder for dagens situasjon i Sandviken under en 200 års stormflosituasjon med antatt havnivåstigning i år 2100 (vannstand +2,41 m NN2000). I figuren ser man at vannet kan trekke seg opp mot planlagt bybanetrasé og at Sandvikstorget oversvømmes. Den oransje streken viser planlagt bybanetrasé.

Det er identifisert tre områder hvor høy vannstand kan oversvømme eller stige opp mot banetraseen, se svarte sirkler i Figur 7. I område A og C kan vannstanden stige opp mot Bybanen. Selv om dagens veibane i disse områdene ligger over dimensjonerende vannstand, foreligger det risiko for overskylling fra bølger. Videre ser man at Sandvikstorget oversvømmes i en dimensjonerende stormflo, men at Sandviksveien på østsiden av torget ligger tørt.



Figur 7 Blå skravur viser oversvømte områder i en 200 års stormflo situasjon i år 2100. Vannstand +2,41 m NN2000. Den oransje linjen viser omtrentlig planlagt bybanetrasé. Områdene A, B og C langs planlagt banetrasé risikerer å bli oversvømt av stormflo og/eller bølgeoppskyll.

3 Bølger

Norconsult utførte en bølgeanalyse av vindsjø fra nordlige retninger i Byfjorden i et tidligere prosjekt (Norconsult, 2021). Rapporten konkluderte med at 200 års signifikant bølgehøyde ved nordlige vindretninger er ca. 1,3 m i et punkt midtfjords.

Sandviken ligger åpent mot vest og er noe mer skjermet mot nordlige bølgeretninger. Det er derfor utført en supplerende analyse av vindbølger fra vestlige vindretninger i punkt 1, se Figur 8, som ligger ca. 700 m vest for Sandviken.

Vindsjø er beregnet ved hjelp av en standard metode som er basert på en beregning av ekstremverdier av vind fra en nærliggende målestasjon, og en beregning av bølgene som kan oppstå ved den beregnede vinden. Vi benytter SINTEFs programvare HSCOMP til bølgeberegningen. I beregningene er det benyttet vindobservasjoner fra Flesland lufthavn, og det er antatt at forholdene tilnærmet like i Byfjorden.

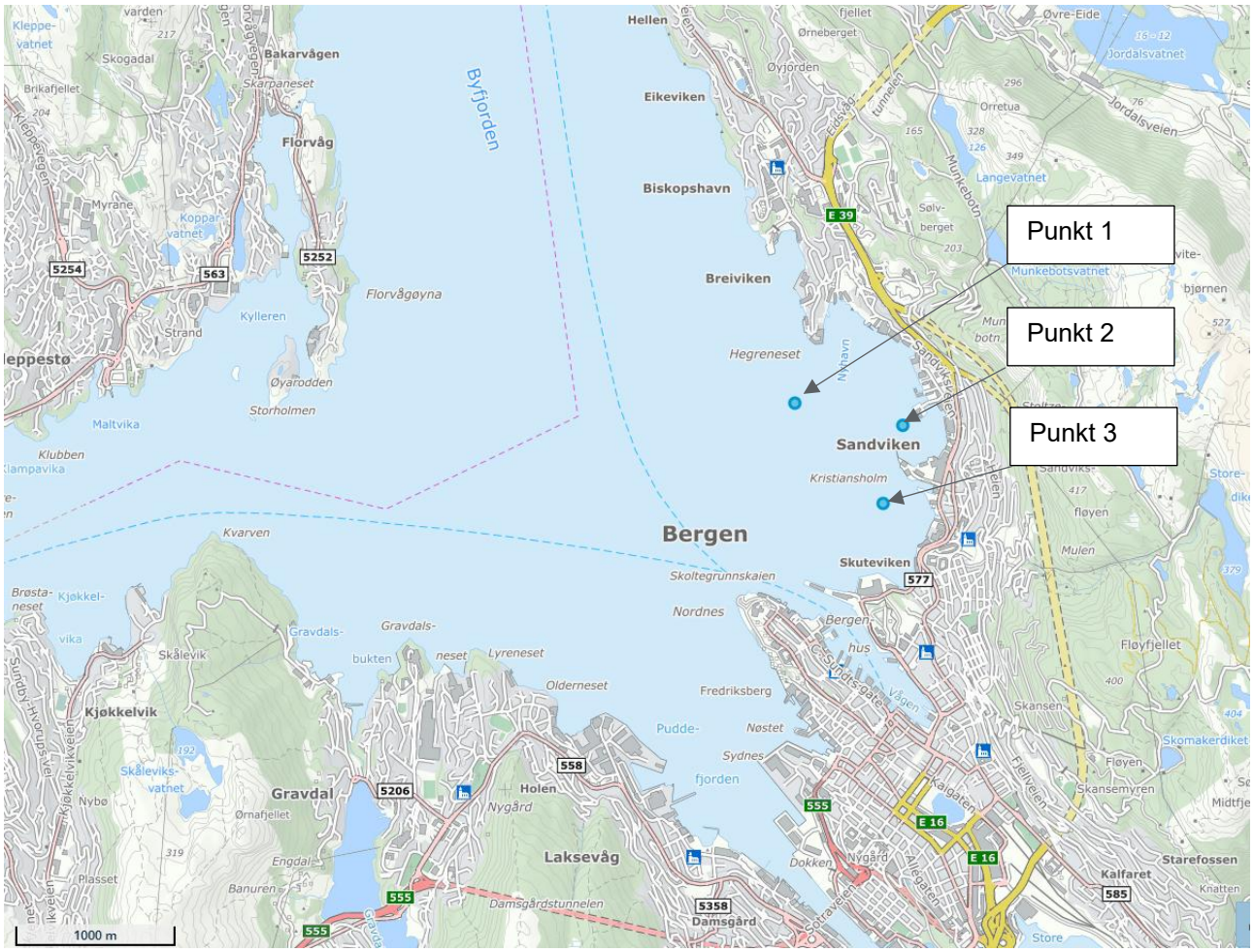
Deretter beregner vi reduksjonsfaktorer i punktene 2 og 3 inne ved Sandviken. Metoden er basert på antagelsen at bølgene er normalfordelt omkring en hovedretning og at landkonturer skjermer for visse retninger.

Basert på bølgeanalysen ser vi at de største bølgene ved punkt 2 og 3 kommer fra vest-sørvest. Bølger fra vest er av tilnærmet samme størrelse i punkt 2 og 3. Signifikant bølgehøyde, H_s og spektral topp-periode, T_p med gjentaksintervall på 20 og 200 år er vist i Tabell 4.

Sandviken er eksponert mot bølger fra vest (pålandsvind) og det må antas at disse bølgene kan opptre samtidig med ekstrem stormflo.

Tabell 4 Dimensjonerende bølger ved punkt B og C ved Sandviken med gjentaksintervall på 20 og 200 år.

Punkt	Returperiode	Signifikant bølgehøyde	Spektral topp-periode	Bølgeretning
2 og 3	20 år	0,8 m	3,5 s	Fra vest
2 og 3	200 år	1,0 m	3,5 s	Fra vest



Figur 8 Bølger er først beregnet i punkt 1, deretter i punkt 2 og 3.

3.1 Vurdering av bølgesikring mot planlagt bybanetrasé

Områdene A, B og C i Figur 7 er utsatt mot stormflo og bølger.

Sikring mot bølger oppnås enten ved å etablere en forhøyning mellom sjøen og banetraseen, eller ved å legge banetraseen langt nok inn på land. Kystlinjen består i dag av et kulturhistorisk sjøbodmiljø, som danner en barriere mellom sjøen og planlagt banetrasé. Flomfare fra bølgeoppskyll er kun aktuelt i de områdene der vannstanden kan stige opp til eller over vegbanen og i åpningene mellom sjøbodene.

Bølger som skyller inn på land har en begrenset rekkevidde. På flatt terreng med svak helning mot sjøen kan man anta at effekten av bølger er lik null i en avstand på ca. ½ bølgelengde fra kystlinjen under dimensjonerende stormflo. Beregnet bølgelengde ved Sandviken er ca. 20 m i en 200 års situasjon. Vi regner da med at områder som ligger 10.0 m inn på land er trygge forutsatt at terrenget ligger over dimensjonerende stormflonivå med fall mot sjøen. Denne 10 m brede sonen kan defineres som bølgens oppskyllingssone, og anses ikke som flomsikker.

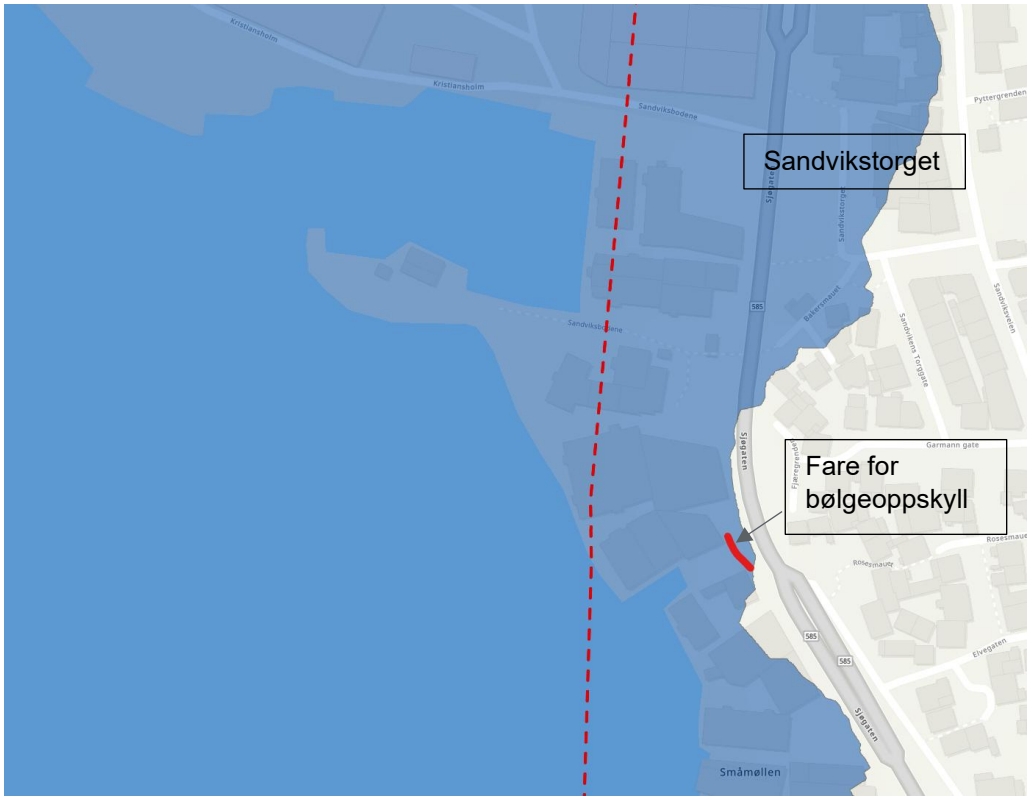
Et effektivt virkemiddel for å stanse vannstrøm fra bølger er å etablere vertikal mur som plasseres litt inn på land. Muren kan for eksempel kamufleres som et tilnærmet tett rekkverk langs banetraseen / veibanen eller som sittebenker. For å beregne nødvendig høyde benytter vi formelverk for slake diker (Pullen, et al., 2007) og legger til grunn at man kan tillate opp til 10 l/(sm) i overskyllingsrate. Videre er det lagt inn reduksjonsfaktor for en vertikal mur mellom veien/banen og sjøen. Vi finner at nødvendig høyde på muren er +3,3 m NN2000, og forutsetter at muren plasseres et lite stykke inn på land. Dersom bølgesikringen plasseres helt nede i strandsonen må høyden på muren økes.

3.2 Område A

Figur 9 viser oversvømte områder ved stormflo med gjentaksintervall på 200 år i år 2100 sør for Sandvikstorget. Den røde heltrukne streken markerer et område mellom to bygninger hvor bølger kan skylle inn på dagens veibane. Videre sørover for den røde streken kan vannstanden stå tett opp mot dagens veibane, men der ligger det flere bygninger langs kystlinjen som skjermer mot bølgene.

På landsiden av den røde streken i Figur 9 markert med «fare for bølgeoppskyll» er banehøyden planlagt på rundt kote +2,5 m NN2000. Det følger risiko for at bølger kan skylle over veien og inn på Bybanen. Med tanke på at bølgene er moderate i dette området (< 1,0 m) og at Bybanen er planlagt på landsiden av veien, vil vannstrømmen som skyller mot Bybanen være begrenset. Det vurderes at bølger ikke vil utgjøre noen spesiell fare annet enn at skinnene en sjelden gang vil bli våte av saltvann og sjøsprøyt.

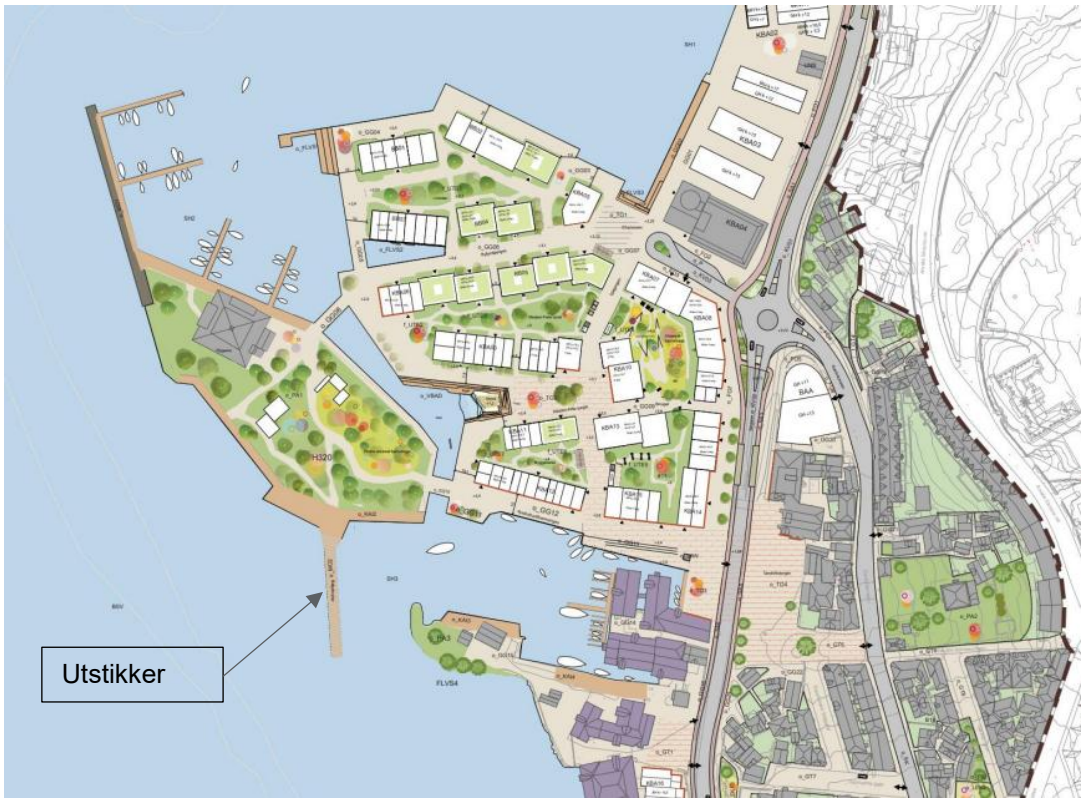
Det konkluderes med at det ikke er nødvendig med en bølgesikring i dette området for Bybanen så lenge traseen legges på landsiden av Sjøgaten, og at terrenget ligger med fall mot sjøen.



Figur 9 Rød strek viser nødvendig utstrekning av bølgesikring ved område C. Blå skravur viser oversvømte områder ved vannstand +2,41 m NN2000. Rød stiplet strek viser plangrense.

3.3 Område B

Figur 10 viser planlagt områdeplan for Kristiansholm. Planen legger opp til et nytt terrengnivå dimensjonerende høyvann, samt utbygging av en utstikker / bølgebryter vest for Sandviken. Videre er Sandvikstorget skjermet mot bølger av bygninger som ligger langs kystlinjen. Det vurderes at påvirkning fra bølger mot banetraseen ved Sandvikstorget er neglisjerbart forutsatt at terrenget ved Kristiansholm legges på +2,4 m NN2000 eller høyere og at utstikkeren i vest etableres.



Figur 10 Områdeplan for Kristiansholm.

3.4 Område C

Figur 11 viser oversvømte områder ved stormflo med gjentaksintervall på 200 år i år 2100 nord for Sandvikstorget. Den nye løsningen for bybanetraseen er planlagt et godt stykke inn på land, og bølgehøydene vil avta før de når Sandviksveien. Den svarte sirkelen i Figur 11 viser hvor vannstanden kan stå opp til Sandviksveien i dagens situasjon.

Ved den svarte sirkelen i Figur 11 er banetraseen planlagt på landsiden av Sandviksveien på ca. kote +2,8 m NN2000. Det konkluderes med at bølger ikke utgjør noen vesentlig fare mot Bybanen langs Sandviksveien nord for Sandvikstorget. Det forutsettes at Bybanen legges på landsiden av Sandviksveien og at terrenget/Sandviksveien ligger med fall mot sjøen.



Figur 11 Den blå sirkelen viser hvor vannstanden kan nå opp til dagens veibane. Blå skravur viser oversvømte områder ved vannstand +2,41 m NN2000. Svart stiplet strek viser plangrense.

3.5 Samlet vurdering for bybanetraseen (i Sandviken)

Det er antatt at Bybanen skal tilfredsstille sikkerhetsklasse F2, som innebærer at banetraseen og holdeplassene må sikres mot den samlede effekten fra stormflo og bølgepåvirkning med 200 års returperiode inkludert havnivåstigning fram til år 2100.

Kravene kan oppfylles ved å enten legge banetraseen på flomsikkert nivå eller ved å tilpasse den slik at den tåler påkjenningene. På generelt grunnlag er det anbefalt at nye byggverk inkludert banetraseen legges på et flomsikkert nivå, da oversvømmelse vil gi innstillinger i avganger og kan føre til korrosjon på skinnene. I lavtliggende områder kan det likevel være aktuelt å tillate oversvømmelse der andre hensyn veier tyngre. Det forutsettes da at traseen tilpasses slik at det ikke fører til fare for menneskeliv eller større materielle skader.

For å tilfredsstille kravene til flomsikkerhet iht. TEK17 § 7-2 må Bybanen legges på minimum +2,2 m NN2000 og aller helst på minimum +2,41 m NN2000, se avsnitt 2.1 Anbefalte nivåer. I tillegg må det sikres mot effekten fra bølger. Analysen i denne rapporten har konkludert med at bølger ikke utgjør noen spesiell fare. Det forutsettes da at Bybanen legges på landsiden av Sjøgaten i område A og landsiden av Sandviksveien i område C, og at terrenget ligger med fall mot sjøen eller vekk fra Bybanen.

Av hensyn til tilpasning mot eksisterende kulturminner og flomveier, er det utfordrende å legge skinnegangene over kote +1,78 m NN2000 ved Sandvikstorget. Det tilsvarer 40 cm under 200 års stormflonivå inkludert antatt havnivåstigning iht. Kartverkets verdier.

Ved å legge skinnegangene på kote +1,78 m NN2000 vil banetraseen være godt rustet mot flom de neste årene. Det er først når havet stiger som antatt at traseen kan oversvømmes. Ved å legge til grunn klimascenario SSP 3-7,0 +83-prosentil finner vi følgende:

- I år 2026 tilsvarer kote +1,78 m NN2000 en stormflohendelse med gjentaksintervall rett i underkant av 1 000 år iht. Norconsults beregninger, og godt over 1 000 år iht. Kartverkets beregninger.
- Dersom havet stiger som antatt fram mot år 2050, tilsvarer kotehøyden et stormflonivå med gjentaksintervall på 30 år iht. Norconsults beregninger og rundt 1000 år iht. Kartverkets beregninger.
- I år 2100 risikerer banen å bli oversvømt ca. en til to ganger i året iht. Kartverkets og Norconsults beregninger dersom havet stiger som antatt.

Avhengig av hvilket beregningsunderlag man velger og hvor mye havet faktisk vil stige, kan man konkludere med at oversvømmelse på grunn av stormflo og havnivåstigning først kan bli et problem fra og med år 2050 og utover. Dersom havet stiger som antatt, vil Sandvikstorget oversvømmes ca. en gang hvert andre år i 2100.

De materielle konsekvensene ved oversvømmelse kan holdes lave ved å benytte materialer som tåler vann, samtidig som faren for tap av menneskeliv anses som usannsynlig, da man kan forutsi når stormflo vil inntreffe på forhånd.

De materielle konsekvensene ved oversvømmelse av banetraseen vurderes som begrensede. Sårbarheten ligger i valg av materialer på konstruksjoner/skinner og oversvømmelse av teknisk anlegg som kan ta skade av flom. De materielle skadene kan begrenses ved å benytte materialer som tåler oversvømmelse, samtidig som teknisk infrastruktur sikres mot vanninntrenging eller flyttes til flomsikkert område.

Sjøsprøyt og stormflo kan legge et ugunstig belegg på skinnene (Statens Havarikommisjon for Transport, 2015). Etter en hendelse med oversvømmelse / sterk storm med sjøsprøyt bør det utføres kontroller som sikrer at risiko identifiseres og tiltak iverksettes før man åpner opp Bybanen for trafikk. Det er også viktig at førerne er oppmerksomme på relevante farer, oppdaterer ledelsen om forholdene langs banen og tar dette med i vurderingen av hastighet.

Konsekvenser ved oversvømmelse vil først og fremst være innstillinger i avganger, noe som vil påvirke trafikanter og kollektivreisende. Ved å tillate oversvømmelse bør det gjennomføres en analyse av konsekvensene det gir for trafikksikkerheten og fremkommeligheten under ekstreme stormflohendelser.

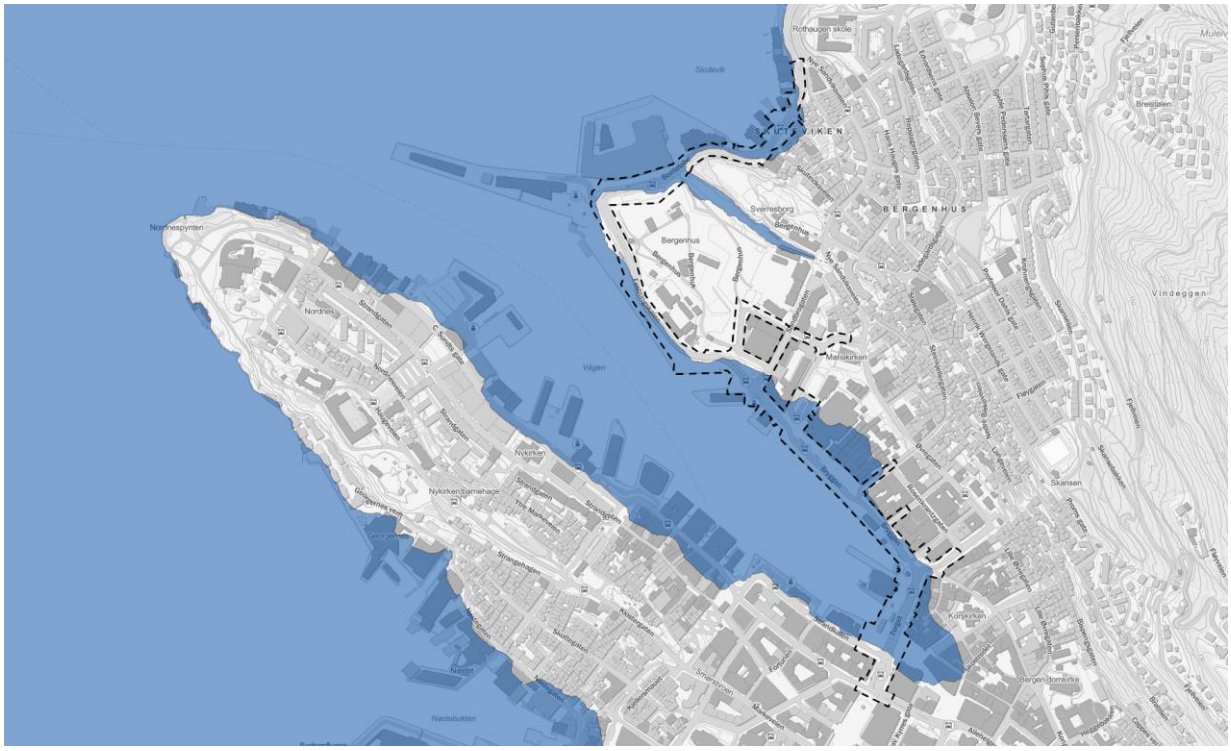
Oversvømmelse vil kunne føre til korte nedstenginger av Bybanen i framtiden. Ved å legge seg på +1,78 m NN2000 og tilhørende nødvendige stengninger på grunn av stormflo, vil man være innenfor målet om at banen skal operativ 99,9% av tiden. Men det må vurderes sammen med Bergen kommune og Statsforvalteren om de samfunnsmessige konsekvensene forårsaket av nedetid ved stormflo kan aksepteres.

Mulige avbøtende tiltak:

- Utforme holdeplassen på Sandvikstorget slik at den tåler oversvømmelse.
- Unngå etablering av sporveksler i områder som kan oversvømmes for å redusere fare for rust på bevegelige deler som følge av sjøvann.
- Unngå etablering av teknisk infrastruktur (for eksempel likerettere) i områder som kan oversvømmes.
- Sikre teknisk anlegg mot vanninntrenging
- Spyling/rensing av skinner kan være aktuelt for å redusere fare for rust etter oversvømmelse/sjøsprøyt i tørrværs perioder.
- Det er mulig å forutsi og melde når og hvor høy vannstand vil opptre på forhånd. Dette vil redusere faren og eventuelle beredskapstjenester kan varsles før hendelsen inntreffer.
- Ved lavbrekk, som er utsatt mot stormflo, bør man utforme terrenget for at det raskt og sikkert skal kunne etableres midlertidig flomvern ved hjelp av mobile løsninger.
- Buss for bane ved å følge for eksempel Sandviksveien og Nye Sandviksveien mellom holdeplassen på Munkebotn og Allehelgens gate. Denne strekningen har allerede flere bussholdeplasser, og er uansett planlagt med parallell bussrute.

4 Samlet vurdering for sykkeltraseen

Figur 12 viser oversvømte områder i en 200-års stormflo i år 2100 og plangrensen for hovedsykkelveien mellom Torget og Skuteviken. Fra figuren ser man at lengre strekninger av sykkelveien risikerer å bli oversvømt. Sykkelveien må derfor tilpasses slik at den tåler belastningen fra oversvømmelse og man må sørge for at faren for menneskeliv er redusert til et akseptabelt nivå.



Figur 12 Oversvømte arealer i en 200-års stormflo i år 2100. Vannstand +2,41 m NN2000. Svart stiplet strek viser plangrensen for sykkelveien.

Stormflo regnes som en saktevoksende flom og medfører normalt ikke direkte fare for menneskeliv. Vannstanden stiger gradvis over timer i takt med tidevannet, lavtrykk og sterk pålandsvind. Dette gir som regel god tid til evakuering og sikring. Livstruende situasjoner kan oppstå i situasjoner med sammenfallende høye bølger, indirekte gjennom skader på annen infrastruktur, lite oversiktlige områder hvor bølgeoppskyll kan komme overraskende på brukere og/eller i isolerte områder uten retrett muligheter.

Vågen er skjermet mot bølger dannet i Byfjorden. Det anslås at 200-års signifikant bølgehøyde ligger rundt 0,8 m langs Festningskaien og 0,5–0,6 m ved Bryggen. Stormflo i Bergen er i hovedsak forbundet med pålandsvind i havet fra sørvestlig / vestlig sektor (Norconsult og Asplan Viak, 2019). Ved vestlige vindretninger er Vågen imidlertid skjermet mot bølger. Sammenfall mellom ekstremverdier av høy vannstand og høye bølger inne i Vågen vurderes derfor som mindre sannsynlig. Derimot ligger terrenget ved Bryggen og Torget forholdsvis lavt, og det kan ikke utelukkes at vannstanden kan nå opp til eller over kaikanten også ved nordvestlige vindretninger som kan gi oppskylling fra bølger.

Mellom Torget og Bradbenken er oversikten mot sjøen god samtidig som det finnes mange retrettmuligheter til tørt land mellom bygningsmassen. Brukere av sykkelveien vil kunne oppfatte faren ved bølger og stormflo fra avstand. Det vurderes som OK at sykkelveien ligger på begge sider av fylkesveien langs denne strekningen med tanke på fare fra bølger og stormflo.

Langs Festningskaien mellom Bradbenken og sørenden av Skoltegrunnskaien ligger kaikant mellom kote +1,5 og +1,9 m før terrenget stiger gradvis mot fylkesvei 577. Ved dimensjonerende 200-års stormflo kan vannstanden

stå opp til fylkesveien. Selv om sannsynligheten er lav for at høy vannstand opptrer samtidig med høye bølger inne i Vågen, kan vi ikke utelukke at en viss vannstrøm fra bølger kan skylle opp til sykkelveien. Avstanden til sjøen er forholdsvis lang og bølgene vil dempes ut før de treffer sykkelveien. Derimot finnes det få retrett muligheter opp til Håkonshallen langs denne strekningen.

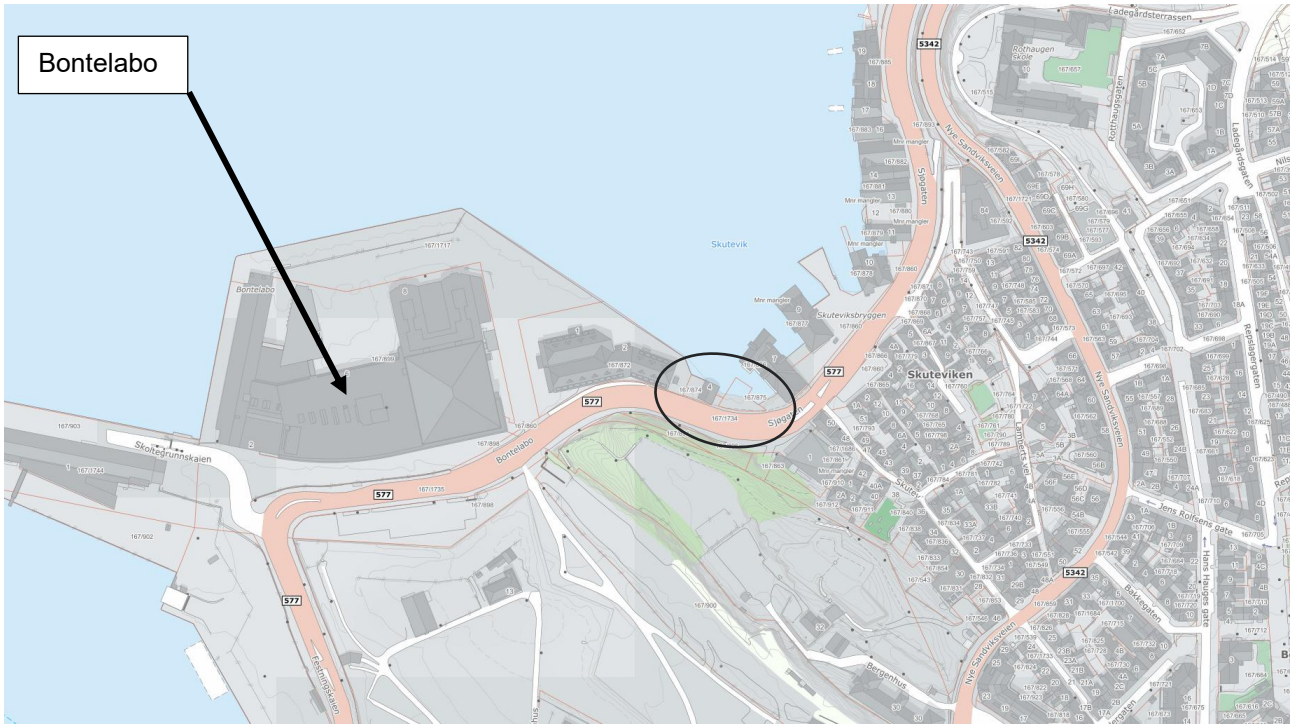
Fra nordsiden av Skoltegrunnskaien og videre østover mot Skuteviken ligger kystlinjen direkte eksponert mot fjordbølgene dannet i Byfjorden. Her ligger fylkesvei 577 på landsiden av flere bygninger som danner en bølgebarriere. På øst- og vestsiden av Bontelabo ligger terrenget rundt +1,9 m NN2000. Eventuelle bølger som skyller inn mot fylkesveien langs byggets flanker vil dempes ut og spres før de treffer sykkelveien. Bølgeoppskyll av en viss størrelse er kun aktuelt mellom bygningene i svingen vest for Skuteviksbryggen i den svarte sirkelen vist i Figur 13. Også ved Skuteviken vil bølger kunne skylle opp mellom bygningene, men vannstrømmen vil dempes over land før de treffer sykkelveien.

Det konkluderes med at det er trygt å benytte sykkelveien i normalsituasjoner, men at sykkelveien må stenges i perioder med oversvømmelse ved meldt høy vannstand. Faren for menneskeliv som følge av bølgeoppskyll vurderes som lav. I ekstreme tilfeller kan bølgeoppskyllet gjøre syklistene våte, men vil ikke være av en størrelse som gir større personskader eller dra dem tilbake i sjøen. Det forutsettes da at sykkelveien ligger på landsiden av fylkesvei 577 mellom Bradbenken og Skuteviken.

Det foreligger restrisiko i svingen ved den svarte sirkelen i Figur 13 i tilfeller der vannstanden står omtrent på nivå med fylkesveien. Her kan syklister komme tørrskodd fra begge retninger og hvor bølgeoppskyll kan skape et overraskelsesmoment. En forhøyning av den eksisterende kanten, som ligger langs kystlinjen, kan vurderes for å redusere bølgeoppskyllet mot fylkesveien og sykkelveien.

En sykkelvei tåler normalt å stå under vann i noen timer uten større materielle skader. Det er først i kombinasjon med høye bølger at det kan oppstå skader på asfalten og/eller utvasking av veikroppen. Langs strekningene hvor bølgene kan oppnå en viss størrelse er sykkelveien anlagt på landsiden på fylkesveien. Det anses som lite sannsynlig at bølger og stormflo kan gi skader på sykkelveien. Noe opprydding etter en stormflohendelse må regnes med i større deler av byen inkludert sykkelveien. Eventuell infrastruktur som leggs i eller langs sykkelveien må sikres mot vanninntrenging.

Hovedutfordringen ved høy vannstand er framkommelighet. Det finnes omkjøringsmuligheter mellom Torget og Skuteviken/Sandviken som kan benyttes ved meldt høy vannstand. Avbøtende tiltak inkluderer stenging av fylkesveien/sykkelveien og skilting om omkjøringsmuligheter.



Figur 13 Skuteviken. Størst fare for bølgeoppskyll er identifisert ved den svarte sirkelen.

Referanser

Direktoratet fo samfunnssikkerhet og beredskap (DSB). (2024). *Havnivåstigning og høye vannstander i samfunnsplanlegging.*

Norconsult. (2021). *5207625/114 - Bølger og stormflo ved utbygging i Dokken.*

Norconsult Norge AS. (2026). *52405952-KU006 - Bergen kommune PBE "Puddefjorden United" - Fremtidig havnivå, stormflo og bølgepåvirkning.*

Norconsult Norge AS. (2026). *52504678-AN-B3-001 Banegeometri, gateutforming, holdeplasser Sandviken.*

Norconsult Norge AS, Asplan Viak . (2023). *RA-DS0-011 Bybanen til Åsane - BT5. Reguleringsplan med teknisk forprosjekt.*

Norconsult og Asplan Viak. (2019). *NO-DS0-007 BT5 - Stormflo og havnivåstigning - Oppdatering av stormflotallene.*

Pullen, T., Allsop, N. W., Bruce, T., Kortenhaus, A., Schuttrumpf, H., & van der Meer, J. W. (2007). *EurOtop Manual.*

Statens Havarikommisjon for Transport. (2015). *RAPPORT OM SAMMENSTØT MELLOM TOG 411 OG ENDEBUTT I SPOR 23 PÅ TRONDHEIM SENTRALSTASJON, TRØNDERBANEN MANDAG 9. FEBRUAR 2015.*