

NOVEMBER 2021  
SANDEFJORD KOMMUNE

# UTREDNING AV STORMFLO I SANDEFJORD

RAPPORT





NOVEMBER 2021  
SANDEFJORD KOMMUNE

# UTREDNING AV STORMFLO I SANDEFJORD

RAPPORT

UTARBEIDET AV COWI

PROSJEKTNR.

A226991

DOKUMENTNR.

1

VERSJON

1

LEVERT DATO

23-11-2021

BESKRIVELSE

UTARBEIDET

GUBE

KONTROLLERT

ERMN

GODKJENT

JOKD



# INNHOOLD

SAMMENDRAG	6	
1	INNLEDNING	9
2	KRAV TIL SIKKERHET	10
2.1	Lovverket	10
2.2	Flom og stormflo	10
2.3	Aktuelle krav for området	11
3	KONSEKVENSER AV STORMFLO	12
3.1	Forventet havnivåstigning	12
3.2	Stormflo ved ulike gjentakintervall	14
4	NEDBØR OG STORMFLO	26
4.1	Dimensjonerende nedbør	26
4.2	Kombinasjon nedbør og stormflo	27
5	LEKKASJER – GRUNNFORHOLD OG LEDNINGSNETT	28
5.1	Grunnforhold	28
5.2	Ledningsnett	29
6	VURDERING AV MULIGE TILTAK	31
6.1	Permanente barrierer	31
6.2	Automatiske eller organisatoriske tiltak-midlertidige tiltak	33
6.3	Risikoreduserende tiltak	35
7	AKTUELLE TILTAK	36
7.1	Permanente barrierer	36
7.2	Risikoreduserende tiltak	37
7.3	Kombinasjon av tiltak	38
7.4	Omfattende større inngrep i Sandefjord	38
7.5	Tiltak på VA-ledningsnettet	39
8	KOST/NYTTE VURDERING	42
8.1	Hensikt og fremgangsmåte for analysen	42
8.2	Kostnader og nytteverdi	43
8.3	Kost-/nytteanalyse	47
8.4	Konklusjoner – neste steg	49

## SAMMENDRAG

Bakgrunn og målsetning	Bakgrunnen for utredningen av konsekvenser av stormflo og kombinasjonen stormflo /ekstrem nedbør er basert på tidligere hendelser med stormflo og en forventet havnivåstigning samt mer ekstremnedbør pga. av klimaendringer. Sandefjord kommune ønsker med dette en utredning av mulige aktuelle klimatilpasningstiltak mot stormflo kombinert med ekstremnedbør. Fokus for sikring er hovedsakelig på samfunnsnivå. Dette betyr at foreslåtte sikringsløsning(er) skal utformes slik at samfunnsfunksjoner ivaretas. Flomsikre hovedveier er viktige eksempler på dette.
Metodikk og forutsetninger	Havnivåer i dag og fremtidig havnivåstigning er basert på data fra kartverket. Historiske data er hentet fra målinger i havet fra kartverket og nedbørmålinger fra meteorologisk institutt. Analyser av utbredelse av havet ved ulike vannstander er utført med analyser i ScalgoLive og Arcgis. Terrengmodell er utarbeidet basert på laserdata (LIDAR). Tek 17 gir føringer for sikkerhetsnivå for ny bebyggelse og en videreutvikling i området må forholde seg til dette og den forventede havnivåstigningen.  Tiltak for sikring av ny og eksisterende bebyggelse er vurdert basert på studie av erfaringer og skjønnsmessige vurderinger av gjennomførbarhet og kost-/nytte analyser.
Flomsituasjon, skadekostnader og Kost-/nytte-analyse	Foruten stormflo har denne studien også sett på mulighet for at stormflo kan inntreffe samtidig med kraftig nedbør. Dette vil kunne påvirke skadeforløpet og hvilke sikringsløsninger som vil være mest hensiktsmessig å iverksette. Det viser seg imidlertid at stormflo og styrregn i liten eller ingen grad skjer samtidig. Følgelig er det kun havnivåstigning og derav saktestrømmende flomvann som vil kunne gi skader og brudd i fremkommighet. Kost-/nytte-vurderingen tar utgangspunkt i at flomskade begynner ved en 20-års hendelse og at ønsket sikringsnivå er en fremtidig 200-års hendelse i et endret klima. Basert på matrikkeldata fra Sandefjord kommune og kategorier for antall og type bygninger i NVE's Nytte-/kostverktøy er tilhørende skadekostnader beregnet til henholdsvis 27 og 374 millioner kr. Dette gir en årlig nytte av unngått skade på 11 millioner kr. Forutsatt en kostnad for permanent flombarriere langs sjøen på 240 millioner kr fordelt over en byggetid på 3 år, viser nåverdiberegning at kost-/nytte er negativ. Skadekostnaden for 200-års hendelsen må økes til 450 millioner før prosjektet blir lønnsomt. Tatt i betraktning usikkerhet i forhold til skadekostnader er det rimelig at det likevel vil være lønnsomt å iverksette sikringstiltak, men at disse må tilpasses verdsetting av områdene som skal sikres. Dette spesielt med tanke på fremtidig byutvikling.
Konklusjoner-/ neste steg	Det er mange utfordringer knyttet til hvordan man skal håndtere den forventede havnivåstigningen. Kost/nytte analyser viser at skadekostnadene må bli høyere enn i dag for at større tiltak skal være lønnsomt. Hvis den forventede havnivåstigningen inntreffer vil det imidlertid på sikt være nødvendig å utføre tiltak. I 2090 vil eksempelvis en 1-års stormflo tilsvare dagens 200-års stormflo.  Nedbøren er forventet å øke i både intensitet og hyppighet. Økt nedbør kombinert med økt havnivå medfører at det vil være behov for sikring mot stormflo samtidig med omfattende tiltak i ledningsnett for overvann og bekkelukkinger.

En sikring langs kaikanten eller i vannet vil kunne sikre det meste av eksisterende bebyggelse i Sandefjord mot stormflo. En permanent barriere vil være å foretrekke som sikringstiltak da dette tiltaket oppfylder krav til sikkerhet i Tek17 og vil samtidig sikre eksisterende bygg. Det vil også være mindre risiko for funksjonssvikt og behov for beredskap med permanente barrierer.

Det rimeligste permanente tiltaket vurderes til å benytte FV 3060 og FV 3056 som barriere ved at vegen legges i fylling i kombinasjon med gjerder der det på grunn av plassforhold ikke er mulig å heve veien. Etablering av en ny flomsikker hovedvei gjennom området er også aktuelt.

Nyere bygg i Sandefjord har i dag en minste tillatte byggehøyde på kote 2,5 og er derfor ikke flomutsatte. Adkomsten til disse nyere byggene vil imidlertid være vanskelig under stormflo med dagens veisystem.

Kostbare midlertidige løsninger som ikke oppfylder krav i Tek 17 anses som mindre hensiktsmessig da dette kun vil sikre eldre bebyggelse som kan sikres rimeligere med andre løsninger. Ved statlige tilskudd og eventuelt endringer i lovverk vil dette stille seg annerledes.

Sandefjord kommune har flere vanskelige problemstillinger og utfordringer med havnivåstigningen og det vil også være ikke-økonomiske aspekter ved vurderingene. For å sikre all bebyggelse permanent vil det være nødvendig med omfattende tiltak, både i form av selve sikringen samt omfattende tiltak på ledningsnettet.

Med tanke på sikkerhet mot stormflo på et samfunnsnivå vurderes det til at det viktigste vil være å ha en kjørbar hovedvei gjennom området. Spesielt utsatt er adkomsten til Vesterøya i Hegnaveien.

Det bør også vurderes muligheter for større inngripende tiltak på lengre sikt. Ved eksisterende laveliggende bebyggelse og områder bør det vurderes egnethet for bebyggelse uten større ombygging (terrengheving) av hele området.

Det er lite erfaringer i Norge med sikring av byområder mot havet og hvis den forventede havnivåstigningen inntreffer vil dette bli et svært utbredt problem globalt. Det kan derfor forventes at kunnskap og erfaring om sikring av byer vil øke betydelig. Sikringsprodukter og løsninger kan derfor forventes å bli bedre og billigere på sikt.

En sikring av Sandefjord kan planlegges etappevis. I et kortere tidsperspektiv kan det benyttes enklere midlertidige løsninger og i et lengre tidsperspektiv kan det utføres mer omfattende tiltak/inngrep. De enkle løsningene i et kortere tidsperspektiv vil være midlertidige tiltak som sikrer fremkommelighet og eventuelt sikring av utvalgte bygg/områder.

Ved etablering av permanente barrierer vil det være viktig å samle inn mer data for blant annet å kartlegge potensial for lekkasjer i grunnen og tilpasning av VA-ledningsnett.





# 1 INNLEDNING

## BAKGRUNN

COWI AS har blitt engasjert til å utrede konsekvenser av stormflo og kombinasjonen stormflo med ekstrem nedbør. Utredningen omfatter området fra Stub og innover fjorden til Sandefjord.

Sandefjord kommune har hatt flere hendelser med stormflo som har medført lokale problemer for sentrumsområdene som grenser til sjøen. Sandefjord by har også hatt episoder med ekstrem nedbør og da spesielt hendelsen 21. aug. 2020. Det ble observert hele 64,4 mm på 1 time på målestasjon i kommunen noe som da var ny norgesrekord.

## HENSIKT/ MÅLSETNING

Prosjektets formål er å vurdere aktuelle tiltak mot konsekvenser av stormflo og kombinasjon stormflo med ekstrem nedbør frem mot år 2100. Både ekstrem nedbør og havnivå er ventet å øke som følge av klimaendringer.

Aktuelle tiltak som foreslås er vurdert opp mot en kost-nytte vurdering slik at de foreslåtte tiltakene er gjennomførbare.

Det er utarbeidet et beregningsoppsett som er basert på samme metodikk som NVE's nytte-/kost verktøy. Sistnevnte er brukt til å utarbeide skadekostnader for berørt bygningsmasse og infrastruktur.

Resultater og vurderinger er presentert fortløpende med Sandefjord kommune gjennom utarbeiding av studien.

## Rapportens oppbygging

Rapporten besvarer kravspesifikasjon for prosjektet på følgende måte.

**Kapittel 1** gir en innledning til prosjektet.

**Kapittel 2** gir en beskrivelse av lovverket og krav til sikkerhet for nybygg.

**Kapittel 3** beskriver utfordringer med stormflo og viser konsekvenser av stormflo ved ulike scenarier.

**Kapittel 4** beskriver nedbør og forventede endringer og vurderinger av samtidige hendelser av stormflo og nedbør.

**Kapittel 5** beskriver potensial for lekkasjer som følge av infiltrasjon og gjennomstrømning i løsmasser og eksisterende ledningsnett og problemer med stormflo.

**Kapittel 6** viser muligheter for tiltak mot stormflo.

**Kapittel 7** viser de tiltak som vurderes til å være mest aktuelle for Sandefjord.

**Kapittel 8** viser kost/nytte vurderinger og anbefalinger av neste steg for tiltak.

## 2 KRAV TIL SIKKERHET

### 2.1 Lovverket

Plan- og bygningsloven § 28-1 stiller krav for nybygg om tilstrekkelig sikkerhet mot fare som følge av natur- eller miljøforhold:

*«Grunn kan bare bebygges, eller eiendom opprettes eller endres, dersom det er tilstrekkelig sikkerhet mot fare eller vesentlig ulempe som følge av natur- eller miljøforhold. Det samme gjelder for grunn som utsettes for fare eller vesentlig ulempe som følge av tiltak.»*

### 2.2 Flom og stormflo

Krav til sikkerhet mot flom og stormflo er beskrevet i Byggteknisk forskrift TEK17 § 7-2. Bestemmelsene gjelder sikkerhet mot saktevoksende flommer (stormflo) som normalt ikke medfører fare for menneskeliv. Byggverk plasseres, dimensjoneres eller sikres mot flom som vist i Tabell 1.

Tabell 1. Sikkerhetsklasser for byggverk i flomutsatt område

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

Sikkerhetsklasse F1 omfatter byggverk med lite personopphold og små økonomiske eller andre samfunnsmessige konsekvenser. Eksempel på byggverk i denne sikkerhetsklassen er garasjer og lagerbygninger med lite personopphold.

Sikkerhetsklasse F2 byggverk er de fleste byggverk beregnet for personopphold. Eksempel på byggverk i denne sikkerhetsklassen er bolighus, hytter, kontorer, skoler, industribygg og barnehager. Det kan tillates større økonomiske konsekvenser, men kritiske samfunnsfunksjoner skal ikke påvirkes. Ved store flomdybder (>2m) og vannhastigheter (>2m/s) hvor produktet av dybde og vannhastighet er større en 2 m<sup>2</sup>/s anbefales sikkerhetsklasse F3.

Sikkerhetsklasse F3 omfatter byggverk for sårbare samfunnsfunksjoner og byggverk der oversvømmelse kan gi stor forurensning på omgivelsene. Eksempel på byggverk i denne sikkerhetsklassen er sykehus og bygninger med beredskapsfunksjoner. Forskriftens beskrivelse av risikoreduserende tiltak for bygging i utsatte områder er vist under;

*Forutsetningen for å plassere byggverket i område der sannsynligheten for flom er større enn minstekravet i forskriften, er at det gjennomføres risikoreduserende tiltak slik at sikkerhetskravene oppfylles. Dette kan gjøres ved å sikre byggverket mot oversvømmelse ved sikringstiltak i området, eller ved å dimensjonere og konstruere byggverket slik at det tåler belastningene og skader unngås. De risikoreduserende tiltakene må redusere sannsynligheten for, eller konsekvensen av, flom mot bebyggelsen til det nivået som er angitt i forskriften.*

*Eksempler på sikringstiltak vil være å heve byggegrunnen til flomsikkert nivå, bygge uten kjeller, eller bygge flomvoller eller andre konstruksjoner som holder vannet unna bebyggelsen.*

*Der det ikke er praktisk mulig å plassere eller sikre byggverk mot flom, kan en utforme og dimensjonere byggverket slik at det tåler oversvømmelse, og dermed ikke fører til fare for mennesker eller større materielle skader. Ved gjennomføring av sikringstiltak må en være oppmerksom på restrisiko.*

## 2.3 Aktuelle krav for området

Sikkerhetsklasse for fremtidig ny utbygging langs sjøen i Sandefjord forventes å være minimum sikkerhetsklasse F2. Dette medfører at nye utbygginger må stå flomsikkert mot enten en 200-års flom eller 200-års stormflo.

Det er verdt å nevne at NVE i juni 2021 publiserte et forslag til veileder for håndtering av overvann i arealplaner. Veilederen er et høringsutkast og belyser blant annet problematikken knyttet til å fastsette sikringsnivå mot flom i følge kravene i TEK 17. Her anbefaler NVE's høringsutkast å bruke annet grunnlag enn TEK17 for urbane flommer. NVE påpeker at TEK17 § 7-2 i hovedsak gjelder for saktevoksende flommer som for eksempel stormflo. Med urbane flommer menes flommer som forårsakes av styrtregn og som kan føre til store vannhastigheter langs flomveier.

Akseptkriteriene for hovedflomveiene er dybde og hastighet på vannet. Alle regnhendelser som fører til en vannføring i hovedflomvei hvor akseptkriteriene brytes defineres som uønskede hendelser (se tabellen under). NVE skriver at tallverdiene er basert på internasjonal vitenskapelig litteratur hvor nivåene for dybde, hastighet og produktet av disse vil ivareta tilstrekkelig trygghet mot fare og skade fra overvann for personer, bygninger og framkommelighet på veier.

Figur 1. Tabell med anbefalte vanddybder og -hastighet. Veileder fra NVE.

Busetnad	Maksimal verdi		
	Djupn [m]	Hastighet (Y) [m/s]	D*V [m <sup>2</sup> /s]
Personar (utomhusareal)	0.5	3.0	0.4
Bygningar	0.5	3.0	0.4
Framkomelegheit			
<i>Vegar som er kritiske ved evakuering</i>	0.1	3.0	0.3
<i>Andre vegar</i>	0.3	3.0	0.3

Det har vært usikkerhet rundt noen av tallene i tabellen fra høringsutkastet. COWI har vært i kontakt med NVE for å få avklart dette. NVE informerer om at tabellen kun gjelder for ny bebyggelse, dvs i arealplansaker for nye områder. For eksempel skal nye bygg etableres slik at de håndterer en 0,5 m vannhøyde opp på vegg.

Selv om kravene ikke er direkte relevante for stormflo illustrerer de krav til vanddybder. Avhengig i hvilken grad fylkesveiene langs sjøkanten defineres som kritisk for evakuering, er kravet til framkommelighet 10 cm vanddyb. Dette er viktig å ha i betraktning når konsekvenser av stormflo skal vurderes.

## 3 KONSEKVENSER AV STORMFLO

### 3.1 Forventet havnivåstigning

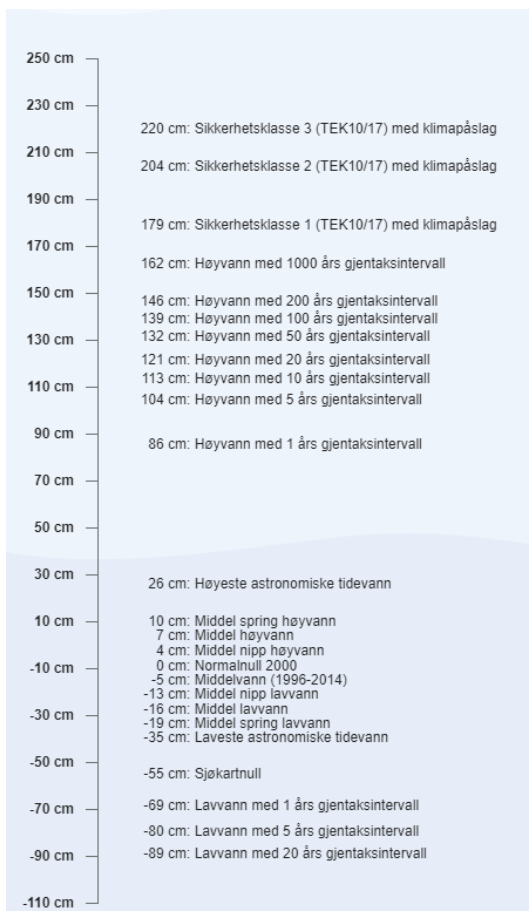
Havnivåer og ulike gjentaksintervall for stormflo i dag og med forventet havnivåstigning er hentet fra kartverket. Beregnede vannstander i Sandefjord for ulike gjentaksintervaller er vist i Figur 2, Figur 3 og Figur 4. Høydereferanse er NN2000.

Estimatet som er anbefalt benyttet for fremtidig havnivåstigning er basert på øvre estimat for klimascenario RCP8.5 i år 2090. Havnivåstigningen for dette scenariet er i 2090 på 58 cm. Her er det verdt å nevte at dersom fremtidig klimagassutslipp begrenses slik at 1,5 graders målet i Pariserklæringen nås kan forventet havnivåstigning bli vesentlig mindre.

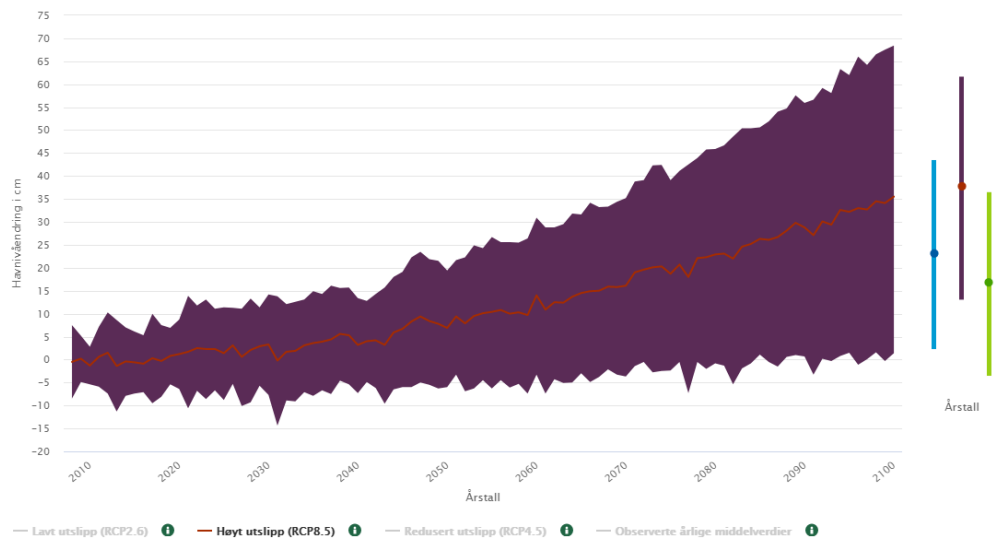
Ny utbygging i Sandefjord må forholde seg til TEK 17 og det er derfor valgt å vurdere konsekvensene for de ulike sikkerhetsklasser i TEK 17.

Stormfloens utbredelse er utarbeidet ved bruk av GIS-analyser som viser havets utbredelse ved ulike vannstander. Analysen er basert på en analyse av terreng som ligger lavere enn de gitte vannstander. Dette medfører at vanninntrengning i grunnen, stikkledninger og rørgjennomføringer er hensyntatt. Dimensjonerende havnivå som benyttes i kommuneplan er på kote 2,5.

De sentrale delene av kaiområdet ligger i dag mellom kote 1,0 og kote 1,5.

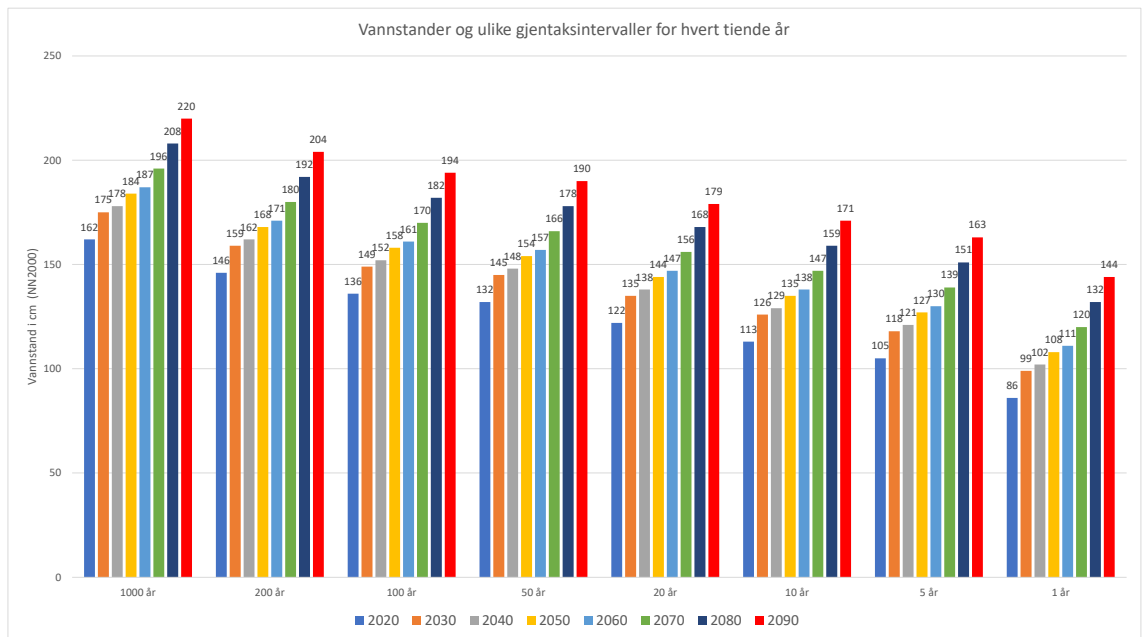


Figur 2. Havnivåer og gjentaksintervaller i Sandefjord.



Figur 3. Forventet havnivåstigning basert på RCP8.5 i Sandefjord.

Forventet havnivåstigning er vist i Figur 3 for utslippsnivået RCP8.5 (høyt utslipp). For kommunal planlegging anbefales det å benytte øvre grense for intervallet. For å ytterligere å vise utviklingen av forventet havnivåstigning og konsekvensen av denne er det hentet ut verdier for hvert tiende år frem mot år 2100. Disse er vist i Figur 4 og Tabell 2.



Figur 4. Øvre estimat av forventede havnivåer for hvert tiende år frem mot år 2100.

Tabell 2. Øvre estimat av forventede havnivåer for hvert tiende år frem mot år 2100.

Frekvens	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100
1000 år	162	175	178	184	187	196	208	<b>220</b>	230
200 år	146	159	162	168	171	180	192	<b>204</b>	214
100 år	136	149	152	158	161	170	182	194	204
50 år	132	145	148	154	157	166	178	190	200
20 år	122	135	138	144	147	156	168	<b>179</b>	190
10 år	113	126	129	135	138	147	159	171	181
5 år	105	118	121	127	130	139	151	163	173
1 år	86	99	102	108	111	120	132	144	154

Dagens havnivåer (2020) og de respektive gjentaksintervaller endres betydelig over tid. For år 2050 er estimert 20-års stormflo på 144 cm noe som tilsvarer dagens 200 års- stormflo. I år 2090 som er verdien som benyttes i kommunalplanlegging vil en 20-års stormflo være 179 cm og betydelig høyere enn dagens 1000-års stormflo på 162cm. I 2090 vil en 1-års stormflo (144 cm) tilsvare omtrent en 200-års stormflo i dag (146 cm).

## 3.2 Stormflo ved ulike gjentaksintervall

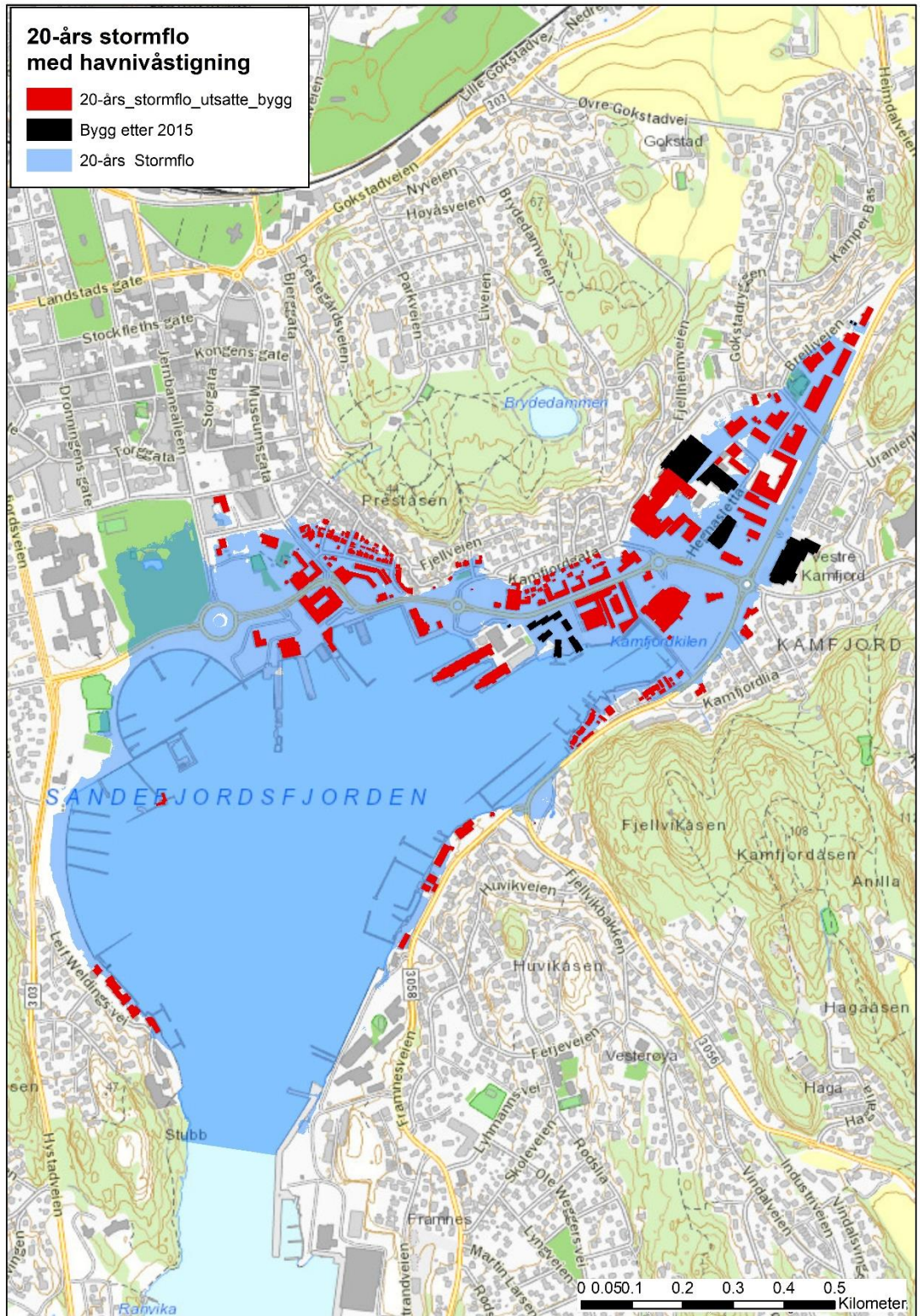
GIS-analyser er benyttet for å vise utbredelsen av stormflo ved ulike gjentaksintervall ved at alt terreng lavere enn gitt stormflo oversvømmes. GIS-analyser er også benyttet for identifisering av utsatte bygg. Bygninger som er i kontakt med flomsone settes automatisk til å være utsatt. Dette vil være konservativt da det er sannsynlig at bygninger ligger noe høyere enn omkringliggende terreng (terrengmodell viser trolig for lav høyde på tomtene). Det totale antall bygg som er utsatt vil være mindre og for en eksakt vurdering av dette trengs høyder for hvert enkelt bygg. I kommuneplan fra 2014 er det satt krav til laveste byggehøyde på 2,5 og det er derfor antatt at bygg oppført fra 2015 er flomsikre og disse er utelatt fra optelling av utsatte bygg.

### 3.2.1 Fremtidig 20-års stormflo

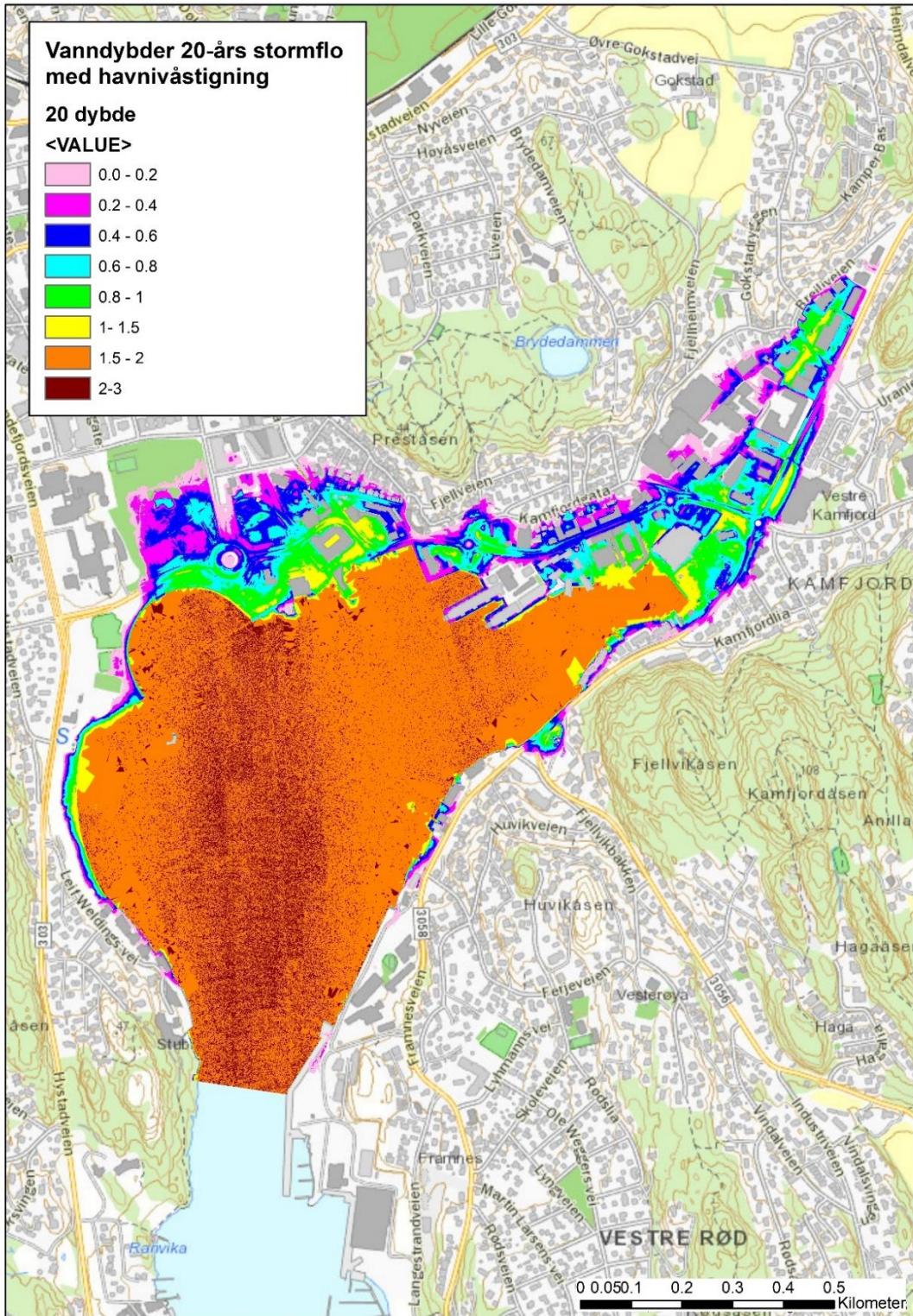
En analyse av utbredelsen av en fremtidig stormflo med 20-års gjentaksintervall er vist i Figur 5. Benyttet havnivå er på kote 1,79.

Antall berørte bygg for denne situasjonen er 186. Bygninger som er merket svart er bygg som er oppført etter 2015 og forutsatt flomsikre.

Figur 6 viser vandndyp for 20-års hendelsen. Områdene hvor det er størst vandndyp er langs kaikanten. Figuren viser at vannet strekker seg et godt stykke langs Hegnaveien mot sørøst. Med unntak av områdene merket i gult er vandndypet langs hovedadkomståren via Strandpromendaden, Kilgata og Hegnaveien under 1 m. Figuren viser at vandndypet er størst i områdene som ligger mellom denne hovedadkomståren og kaikanten. Byggene som blir oversvømt er blant annet ved Havnevesenet, Fergeterminalen og Fiskebrygga. Foruten skader på kontorlokaler i første etasjer, kan mangel på adkomst mens stormflo pågår føre til brudd på næringsvirksomhet og/eller mulighet for evakuering i forbindelse med akutt sykdom og brann. Hovedveiene gjennom området er oversvømt. Krysset ved avkjørsel fra Hegnaveien til Uranienborgveien ligger 10-20cm under vann og kan forhindre adkomsten til Vesterøya.



Figur 5. Stormflo ved 20-års gjentakintervall inkl. havnivåstigning (kote 1,79).



Figur 6. Vanndybder (m) for stormflo ved 20-års gjentakintervall inkl. havnivåstigning.



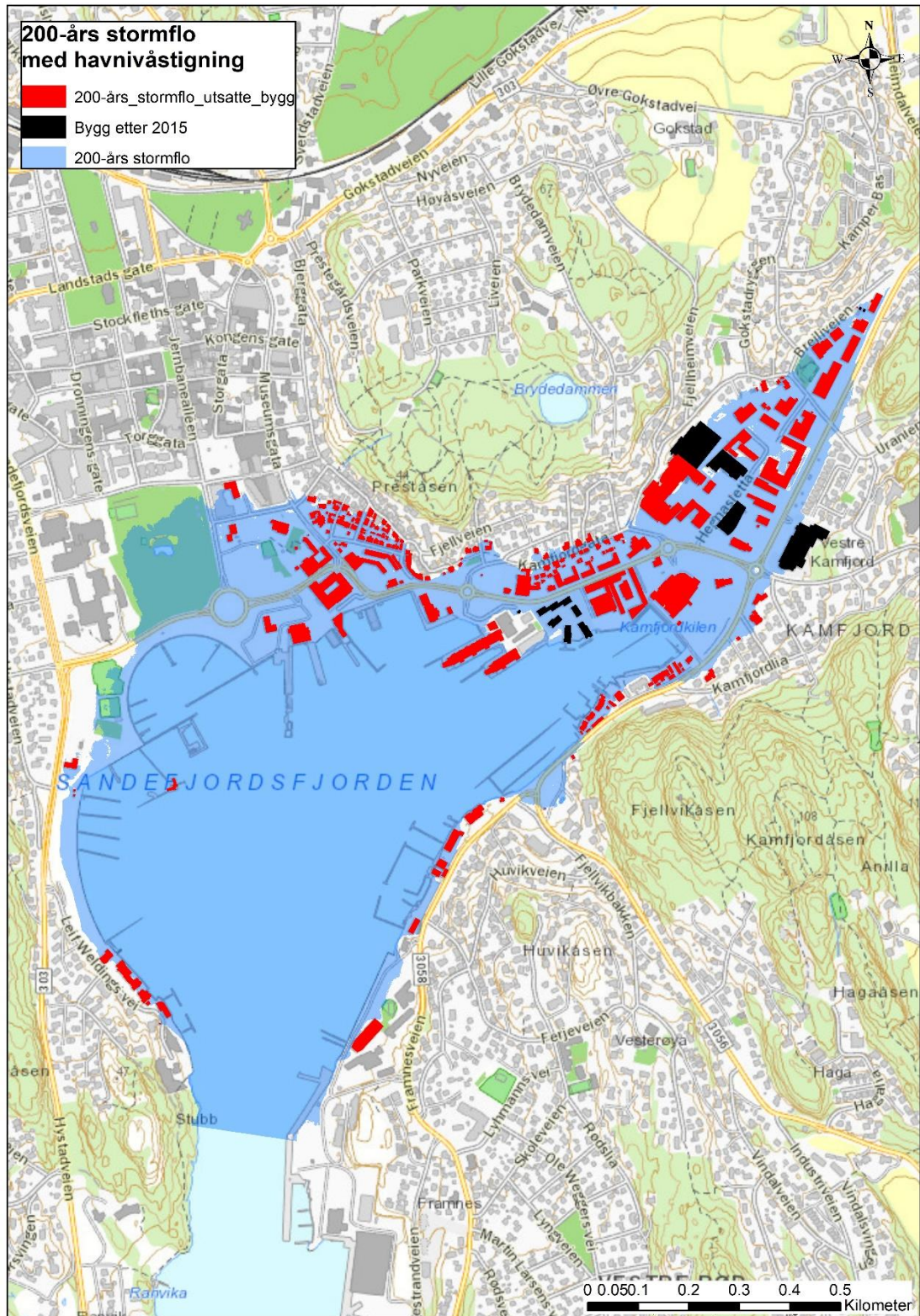
### 3.2.2 Fremtidig 200-års stormflo

En analyse av utbredelsen av en fremtidig stormflo med 200-års gjentaksintervall er vist i Figur 7. Benyttet havnivå er på kote 2,04.

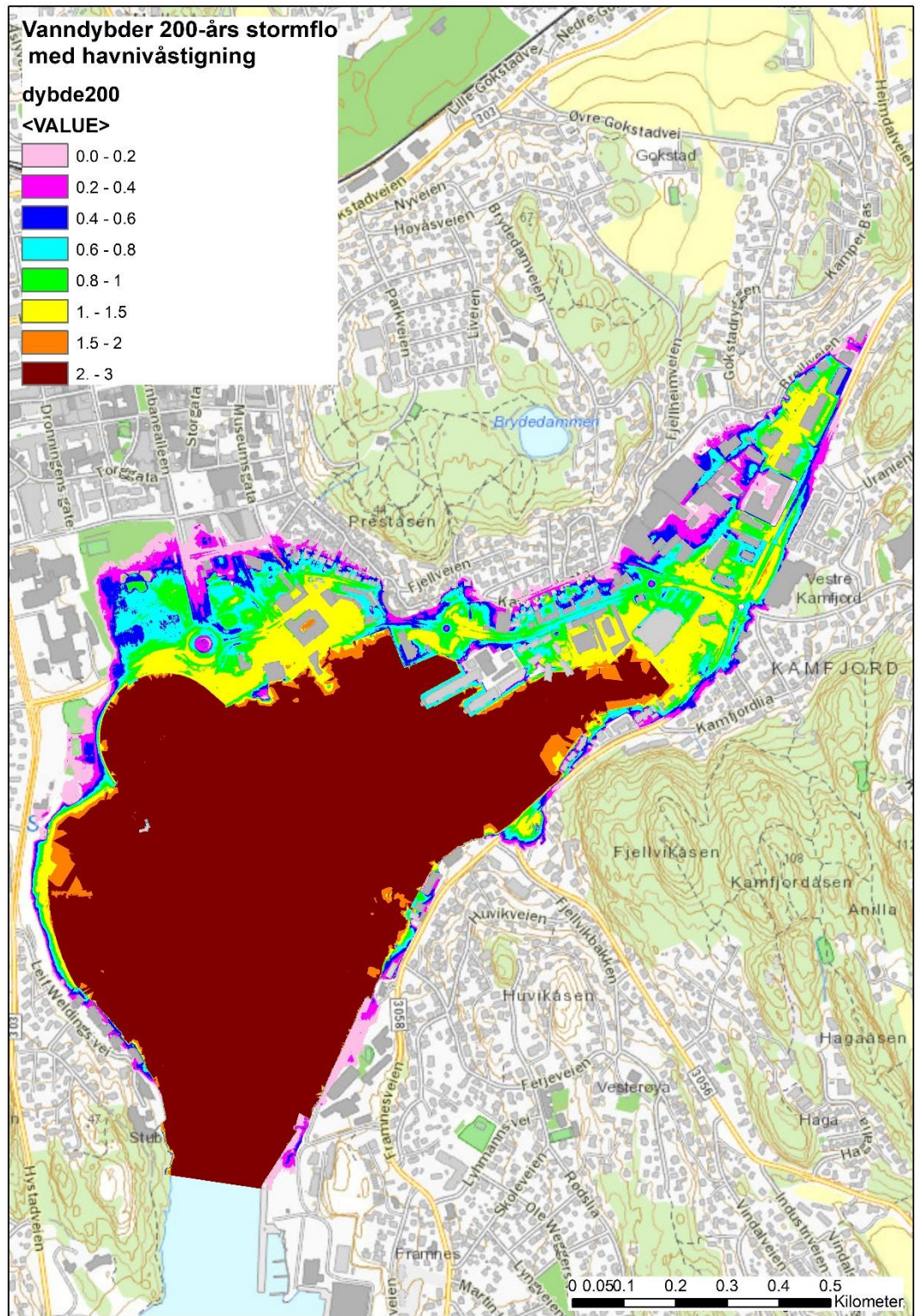
Antall berørte bygg for denne situasjonen er 226. Bygninger som er merket svart er bygg som er oppført etter 2015 og forutsatt flomsikre.

Sammenlignet med 20-års hendelsen i figur 6 synes flomsonen å være omtrent like stor, men vanddypet har økt, noe som blant annet fører til flere berørte bygg langs Kamfjordgata og mellom Thaulows gate og Bjerggata. Konsekvenser vil være økt skade på bygninger og brudd i fremkommelighet over lengre tid enn ved en 20-års hendelse. Hovedveiene gjennom området får betydelige oversvømmelser og vil ikke være kjørbare. Hegnaveien har betydelige oversvømmelser og adkomsten til Vesterøya er sterkt forhindret.

Vanndybder er vist i Figur 8.



Figur 7. Stormflo ved 200-års gjentaksintervall inkl. havnivåstigning (kote 2,04).



Figur 8. Vanndybder (m) for stormflo ved 200-års gjentakintervall inkl. havnivåstigning.

### 3.2.3 Fremtidig 1000-års stormflo

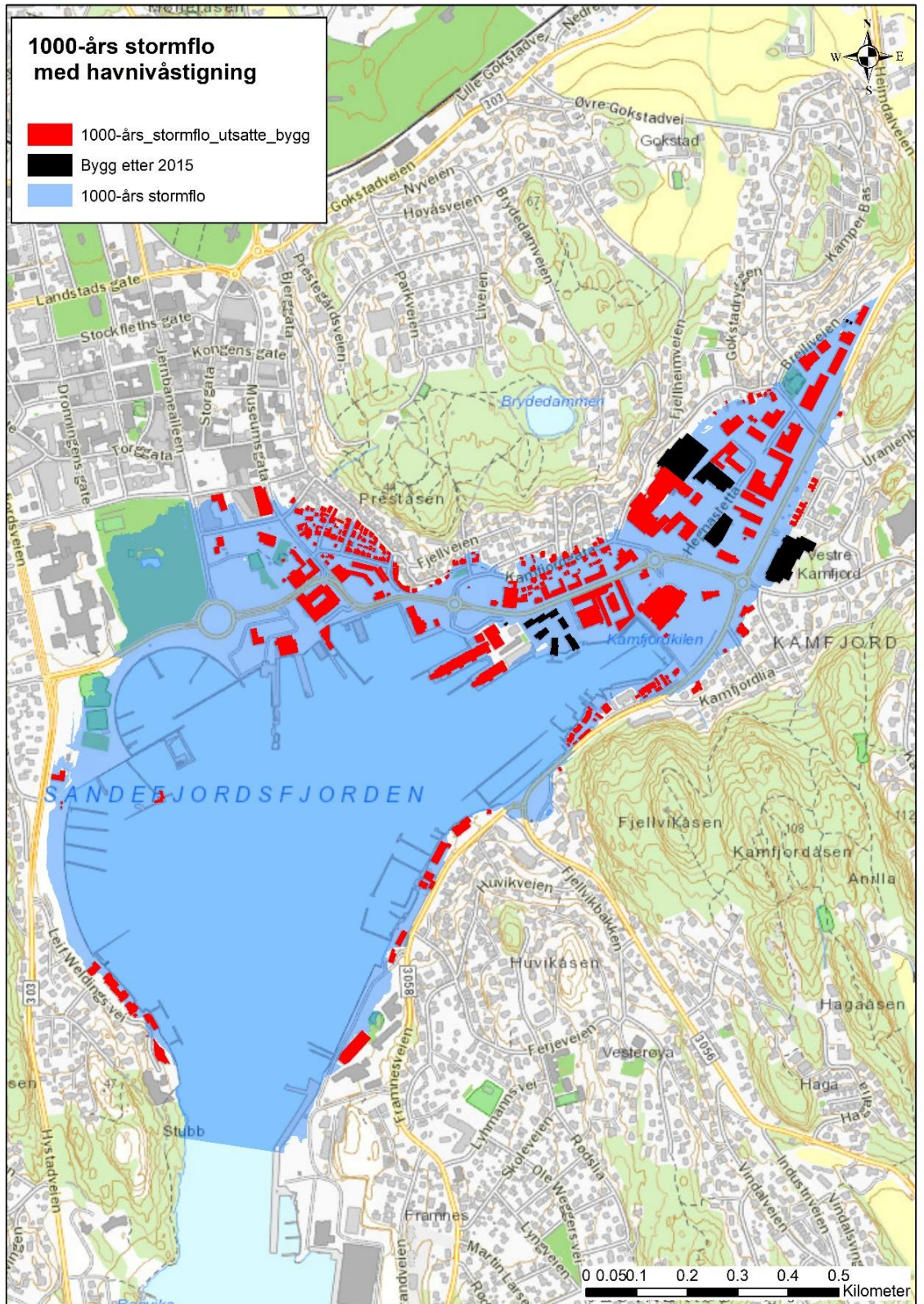
En analyse av utbredelsen av en fremtidig stormflo med 1000-års gjentakingsintervall er vist i Figur 9. Benyttet havnivå er på kote 2,20.

Antall berørte bygg for denne situasjonen er 255. Bygninger som er merket svart er bygg som er oppført etter 2015 og forutsatt flomsikre.

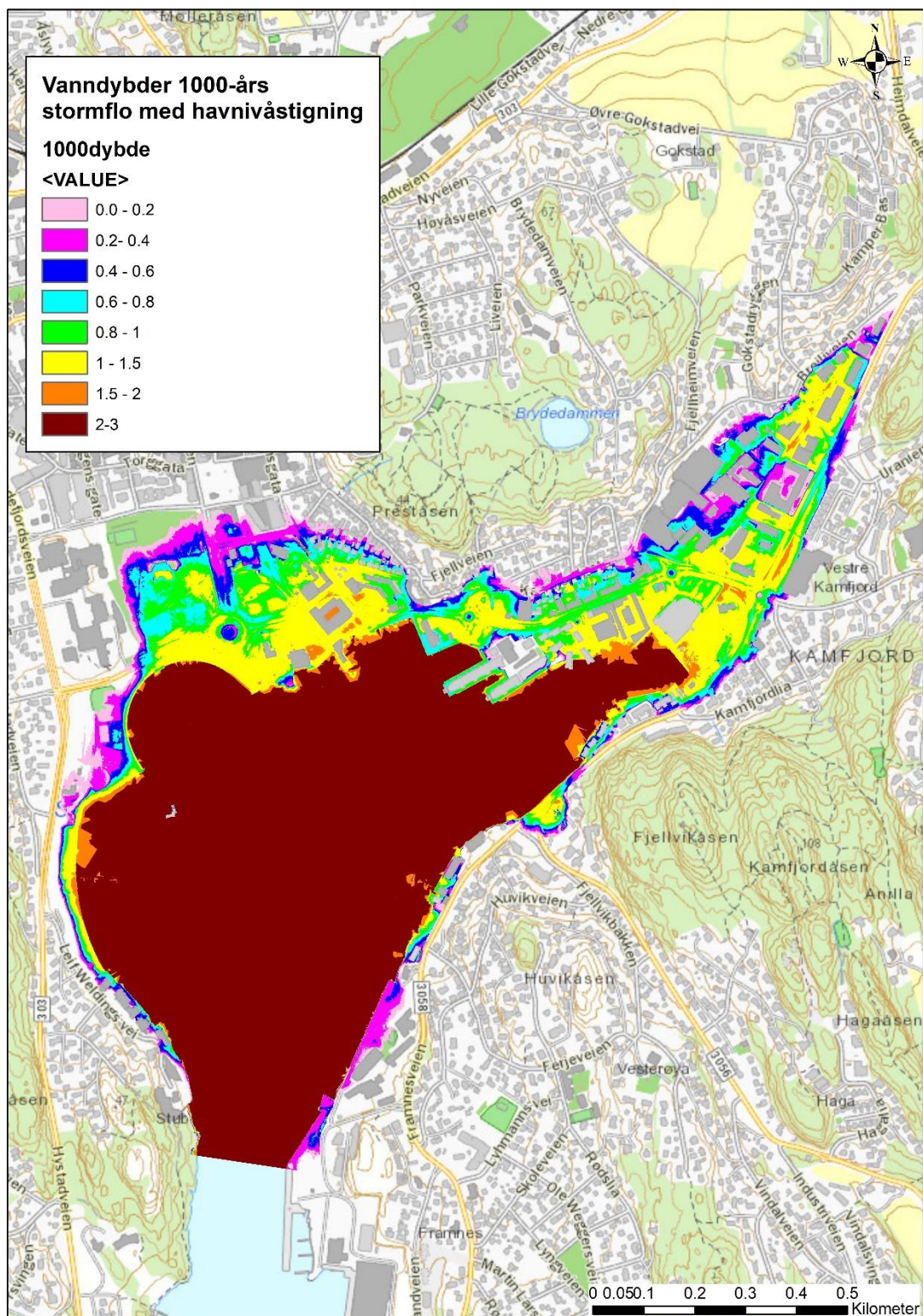
Likeså vil konsekvensene ved en 1000-års hendelse bli nokså like som for 200-års hendelsen, men øke i alvorlighetsgrad på grunn av dypere vann. I forhold til situasjonen ved en 200-års stormflo vil det blant annet berøres bygg på østsiden av Hegnaveien og flere bygg mellom Thaulows gate og Bjerggata. Hvaltorvet i Museumsgata vil bli berørt.

Hovedveiene Strandpromenaden, Kilgata, Hegnaveien og Vesterøyveien vil bli sterkt berørt ved en 1000-års stormflo (også ved en 20-års stormflo). Adkomsten til Vesterøya vil bli sterkt forhindret.

Vanndybder er vist i Figur 10.



Figur 9. Stormflo ved 1000-års gjentaksintervall inkl. havnivåstigning (kote 2,20).



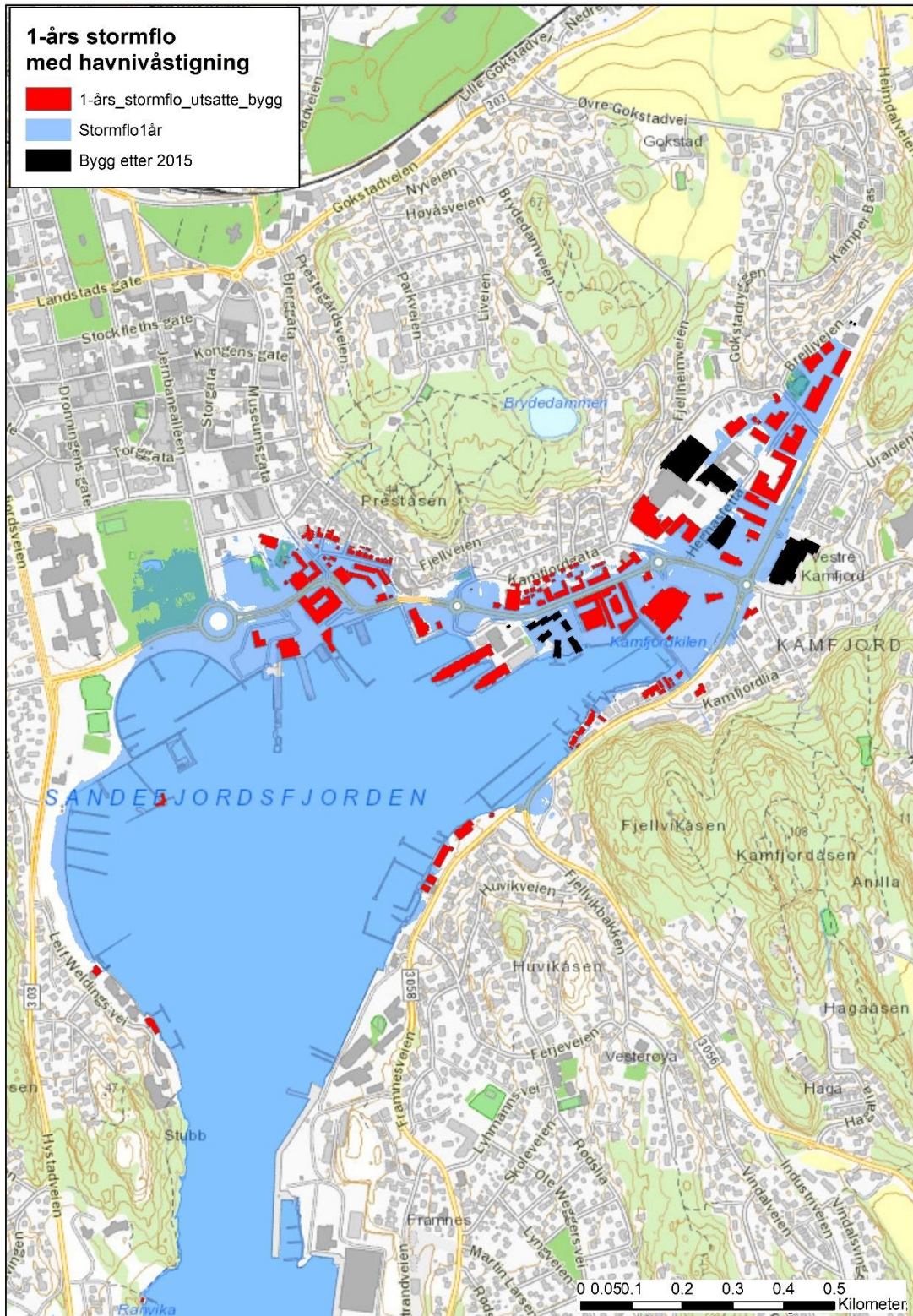
Figur 10. Vanndybder (m) for stormflo ved 1000-års gjentakintervall inkl. havnivåstigning.

### 3.2.4 Fremtidig 1-års stormflo og kritiske nivåer

En utbredelse av en fremtidig stormflo med 1-års gjentaksintervall (kote 1,44) tilsvarer dagens 200-års stormflo (kote 1,46) og er vist i Figur 11. Konsekvensen av økningen i havnivå er derfor at det som er ekstremt i dag vil tilsvare en årlig hendelse i 2090. Antall berørte bygg for denne situasjonen er 138. Bygninger som er merket svart er bygg som er oppført etter 2015 og forutsatt flomsikre.

Det er utført en analyse over kritiske høyder for stormflo når skader vil inntreffe. Analysen vil danne grunnlag for kost/nytte analysen. Eksempelvis kan en hyppig oversvømmelse av enkelte områder medføre en større kostnad over flere år enn en sjelden hendelse som omfatter større områder.

For Sandefjord øker antall påvirkede bygg brått (fra 85 til 130) rundt 1,4-1,45 m NN2000. Dette vurderes derfor til et minimumsnivå for sikring. Allerede ved kote 1 begynner Strandpromenaden, Tollbugata og Kilgata å oversvømmes. Ved kote 1,2 begynner Hegnaveien å oversvømmes.

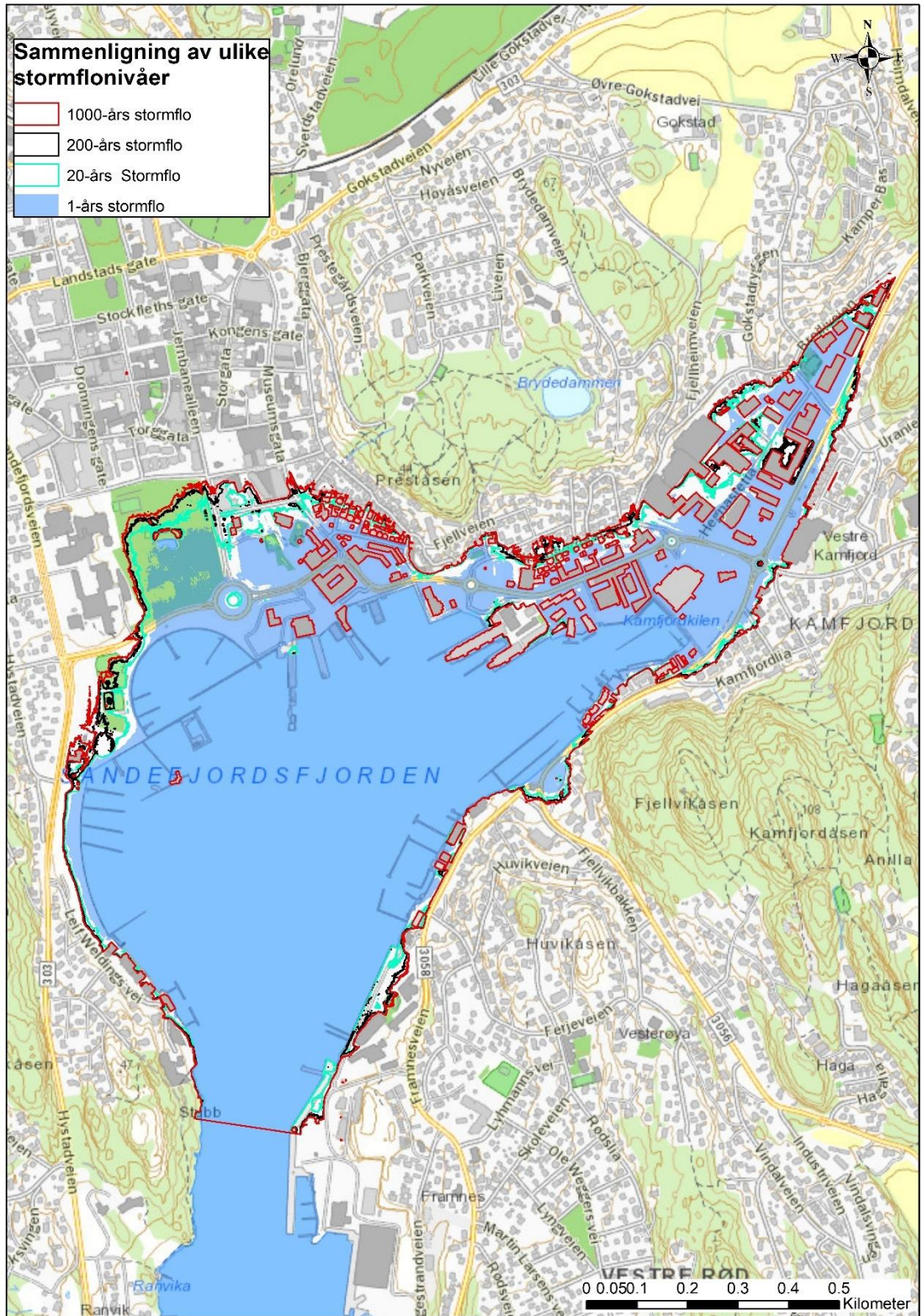


Figur 11. Stormflo ved 1-års gjentaksintervall inkl. havnivåstigning (kote 1,44).



### 3.2.5 Sammenligning av de ulike stormflonivåer

Forskjellene mellom utbredelsen av de ulike nivåene 1-, 20-, 200- og 1000-års stormflo er relativt liten. Alle fire stormflo-situasjonene er sammenstilt i Figur 12.



Figur 12. Sammenligning av utbredelse ved ulike stormflonivåer.

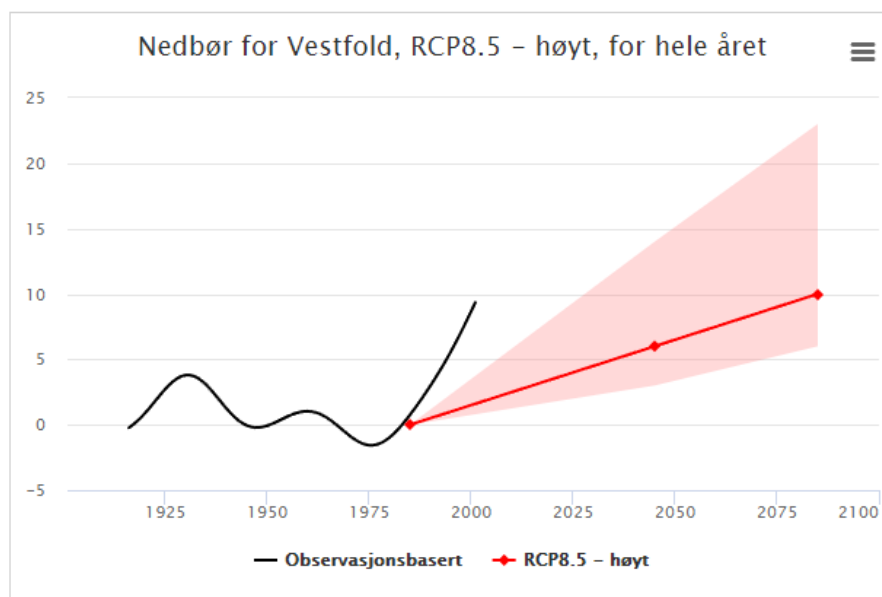
## 4 NEDBØR OG STORMFLO

### 4.1 Dimensjonerende nedbør

Som følge av forventede klimaendringer kan det forventes endringer i nedbøren hvor både mengder og hyppigheter av ekstrem nedbør endres. Forventede endringer i nedbøren er hentet fra [www.klimaservicesenter.no](http://www.klimaservicesenter.no). I perioden 2031-2060 (2045) og 2071-2100 (2085) er estimerte endringer i årsnedbøren relativt til perioden 1971-2000 vist i Tabell 3. Verdiene er median estimater fra klimamodellen RCP 8.5 (høyt estimat). En grafisk fremstilling av årlige estimater er vist i Figur 13.

Tabell 3. Forventede endringer i prosent for nedbør basert på RCP 8.5

Periode	2031-2060 (2045)	2071-2100 (2085)
År	6	10
Vår	16	24
Sommer	0	-1
Høst	1	3
Vinter	10	27



Figur 13. Forventede endringer i prosent for årsnedbør basert på RCP 8.5.

Det forventes en økning i både nedbørsintensitet og hyppighet. Gjeldende anbefalinger for klimapåslag for nedbør er vist i Tabell 4.

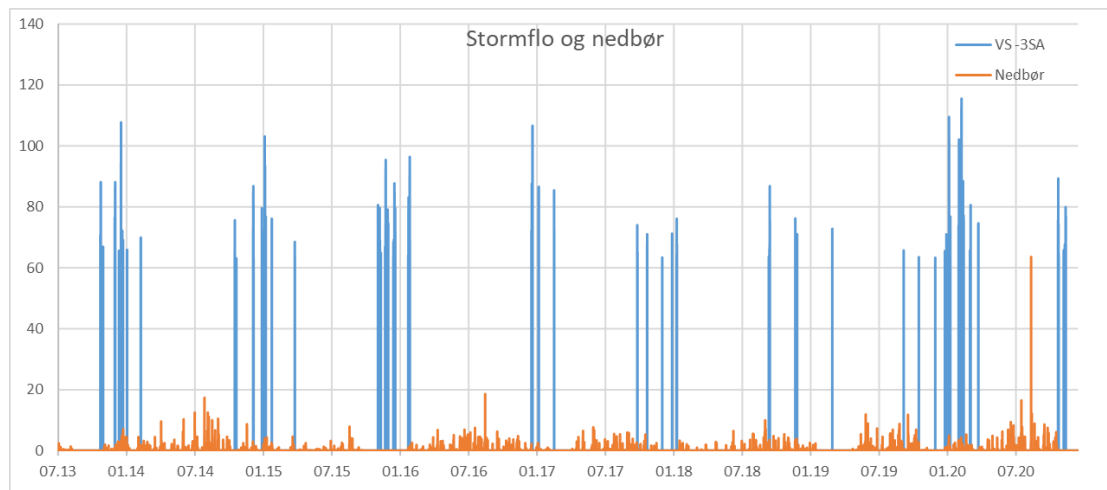
Tabell 4. Anbefalte klimapåslag for nedbør, avhengig av varighet og dimensjonerende gjentakintervall.

	Dimensjonerende gjentakintervall < 50 år	Dimensjonerende gjentakintervall ≥ 50 år
≤ 1 time	40 %	50 %
>1 – 3 timer	40 %	40 %
>3 – 24 timer	30 %	30 %

## 4.2 Kombinasjon nedbør og stormflo

Det er utført en statistisk analyse for å undersøke eventuelle sammenhenger mellom ekstrem nedbør og stormflo.

Analysen er basert på data fra vannstandsmåleren på Helgeroa og nedbørsmåleren i Sandefjord by. Det mangler mye data, men de sammenhengende periodene vises i grafen under. I blått er vannstanden over middelvannstand minus tre standardavvik, i sjøkartnull. Nullpunktet er derfor 58 cm NN2000, og kun store hendelser vises. Oransje viser timesnedbør i mm.



Det ble ikke funnet noen korrelasjon mellom store hendelser, og vi baserer oss derfor ikke på samtidighet av store nedbørs- og stormflohendelser i analysen. Korrelasjonskoeffisienten mellom store hendelser og nedbør er 0.0097.

COWI Danmark gjorde en tilsvarende analyse for Bergen, der de fant en svak negativ korrelasjon mellom høy vannstand og nedbør. Også her ble det valgt å bruke standard kombinasjoner av de to. Typisk er dette 200 års gjentakintervall for nedbør sammen med 1-års gjentakintervall for stormflo.

NVE har i sine flomsonekartprosjekt i Norge møtt på samme utfordring hvor elvene møter havet. Den statistiske sammenhengen mellom flom i vassdrag og vannstand i havet er generelt dårlig og NVE har for det meste benyttet 1-års stormflo i hav kombinert med 200-års flom i vassdraget.

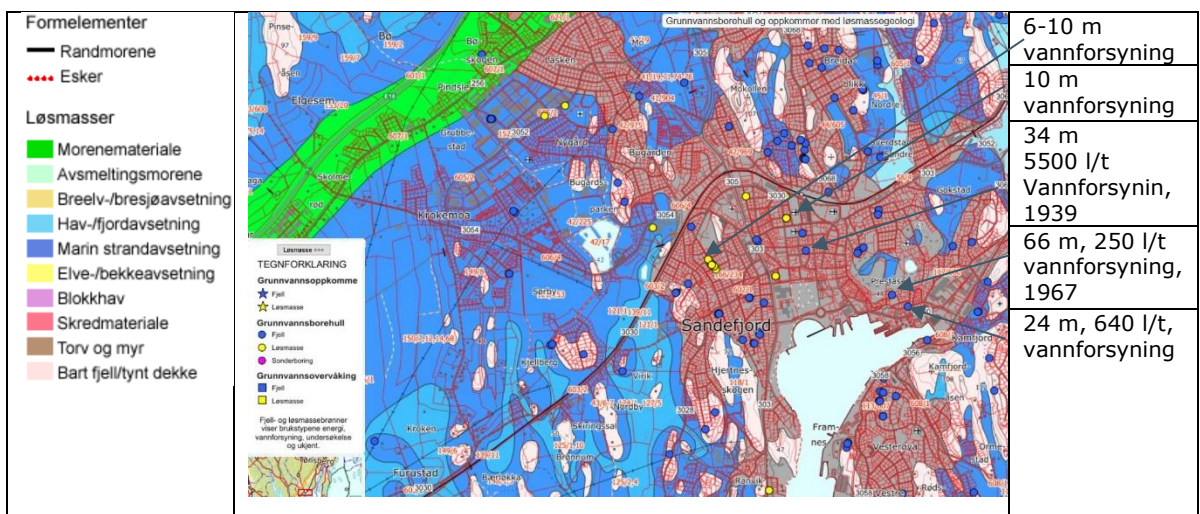
## 5 LEKKASJER – GRUNNFORHOLD OG LEDNINGSNETT

### 5.1 Grunnforhold

Sandefjord by ligger delvis på utfylte masser med varierende permeabilitet og derav mulighet for at vann som stuves opp på utsiden av en flombarriere vil kunne lekke igjennom grunnen og komme ut via kryssende VA-ledninger og annen infrastruktur i bakken i området innenfor. Hydrogeologien i området er derfor vurdert nærmere. Figur 14 under er hentet fra NGU's kartløsning og viser Sandefjord sentrum med kvartærgeologi og grunnvannsbrønner. Brønnene er både for vannforsyning og grunnvarme. Data for et lite utvalg av brønnene er vist i tabellen ved siden av.

Figuren viser at grunnen i Sandefjord sentrum i hovedsak består av utfylte masser over marine avsetninger, sannsynligvis silt og leire merket i blått. Utfylte masser er sannsynligvis en blanding av strengstein, sand og pukk for å etablere fundament for bebyggelsen og avfall fra industrien langs sjøkanten. Sandefjord er kjent for hvalfangst, skipsbygging og kjemisk industri med Jotun malingsfabrikk som den største bedriften i byen i dag. Byen har også vært rammet av flere branner som bybrannen i 1922. Det forventes derfor også lag av organisk materiale som vitner om sistnevnte samt rester av tre fra da trelast var en av landets viktigste eksportvarer frem til begynnelsen av 1900 tallet.

Grunnvannsbrønner som er merket i gult og blått viser at dybde til fjell varierer, men er stort sett dypest for delen av sentrum som grenser til sjøen. Selv om det foreligger data på dybde og vanngiverevne på mange av disse brønnene er det ikke mulig å estimere permeabilitet i grunnen uten samtidig å vite noe om grunnvannstand i nærliggende brønner. Det eneste man med høy grad av sikkerhet kan anta er at grunnvannstanden må være høyere enn bunnen av brønnen dersom den er brukt til vannforsyning. Fra løsmassebrønnene er det rimelig å anta at grunnvannstanden ligger mellom 1-4 meter under bakken.



Figur 14. Grunnforhold i Sandefjord sentrum

Permeabiliteten av løsmasser kan variere fra ca 0,1 m/dag for leirig silt til 1 m/dag for silt og 10 m/dag for fin sand (Heath, 1983). Sandefjord kommune opplyser at det i forbindelse med stormflo og styrtregn har vært observert grunnvann i VA-kummer i sentrum. Hvor mye

av dette vannet som kommer fra sjøen eller fra nedbør er ukjent. Det er rimelig å anta at for stormflo med mer enn 1-dags varighet vil dette medføre en del innlekkasje langs kryssende VA-ledninger og at utpumping må påregnes.

For å dimensjonere pumpeløsninger anbefales det at å måle grunnvannstand og lednings- evne i dette vannet i de kummene som ligger nærmest sjøen og at dette utføres i minst ett år. Ideelt bør det også utføres pumpetest der man måler påvirkning på grunnvannstand i nærliggende brønner. Mangel på grunnvannstandsbrønner i løsmasser i nærheten av sjøen til- sier at det må installeres brønner for at en slik test skal bli noenlunde nøyaktig. Det billigste alternativet vil derfor være å installere automatiske loggere som kan måle både vannstand og ledningsevne i for eksempel 3 -4 kummer langs sjøen.

## 5.2 Ledningsnett

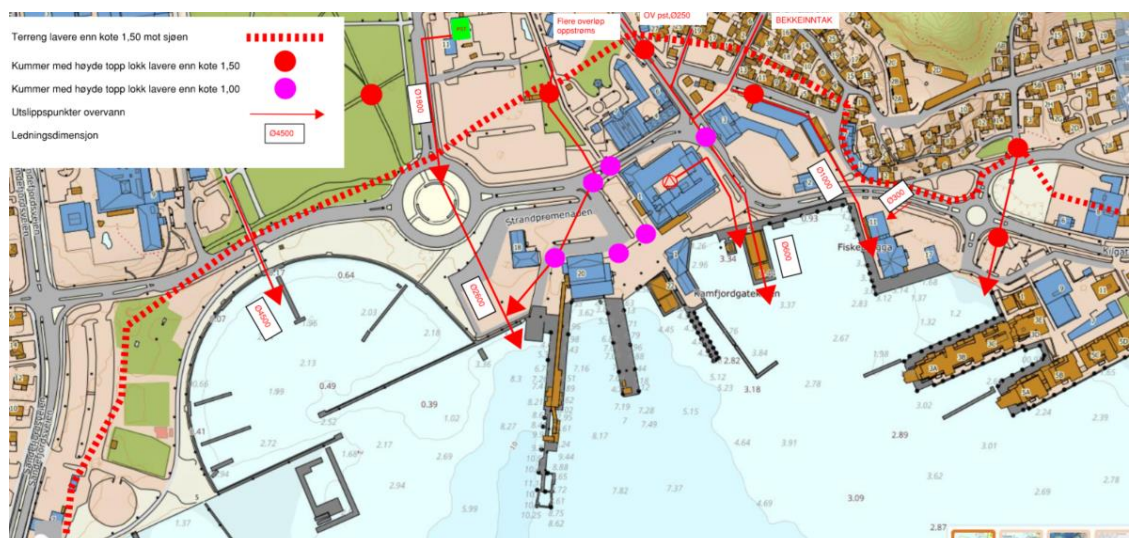
Ledningsnett for vann og avløp innenfor det man kan kalle havneområdet består av vann-, spillvann- og overvannsledninger. Ledningene som er relevante i denne sammenheng er i første omgang overvannsledningene da disse har utslipp direkte til sjøen. Et stort antall kummer og sluk er montert på ledningsnett.

Terrenget i havneområdet ligger på mellom kote 1,0 – 1,5. Det betyr at også kumløkk og sluk ligger på samme nivå. I en høyvannssituasjon hvor vannstanden er over kote 1,0 vil sjøvann trenge opp gjennom sluk og kumløkk og flomme ut på bakkenivå. En kombinasjon av høy sjøvannstand og stor tilrenning fra ovenforliggende områder vil kunne forverre situa- sjonen. Overvannsledningene er normalt dimensjonert slik at maksimal kapasitet oppnås ved fullt rør. Dersom ledningene er fylt med sjøvann på grunn av høy sjøvannstand vil ledning- ene bli satt under trykk, og vann vil kunne trenge opp til overflaten gjennom kumløkk og sluk.

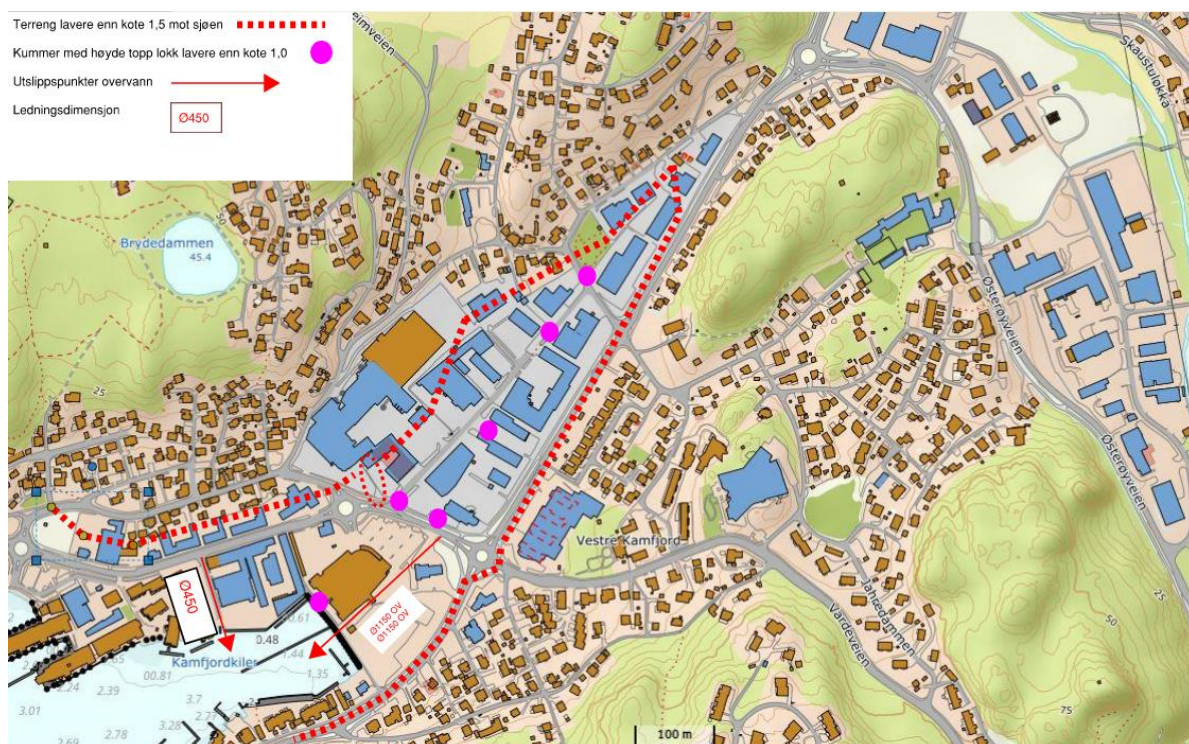
I følge Tabell 2, vil en høyde på sjøvannstanden på kote 1,02 meter medføre at sjøvann vil flomme over/gjennom kumløkk og sluk hvert år i 2040.

I 2090 viser samme tabell at kummer og sluk, med kumhøyde 1,5 meter, vil flomme over hvert 2-5 år.

Figur 15 og Figur 16 nedenfor viser kummer med kumhøyde på henholdsvis 1,0 (rosa) og 1,5 meter(rød).



Figur 15 Kummer og kumhøyder Sandefjord (vest)



Figur 16 Kummer og kumhøyder i Sandefjord (nord)

## 6 VURDERING AV MULIGE TILTAK

Det er utført en overordnet vurdering av aktuelle tiltak som vil beskytte Sandefjord mot stormflo. Tiltak mot stormflo kan deles inn i to typer, permanente barrierer og automatiske eller organisatoriske tiltak (midlertidige).

Videre må det tenkes på tiltak som vil forhindre større vannansamlinger på kaiområdet åpne plasser som skyldes nedbør.

Permanente barrierer som mur og voller/diker vil være tiltak som krever minimalt med beredskap. Voller/diker langs sjøkanten vil være mer plasskrevende og det må også være en passasje for adkomst til båttrafikk. Passasjene må ha en løsning for å sperres under stormflo.

En manøvrerbar sperre ved Stub hvor innløpet til havneområdet er på det smaleste kan også være en mulighet. Konsulentselskapet Allum Engineering utredet i 2020 på oppdrag av Sandefjord Rørhandel et forprosjekt for en slik løsning bestående av en molo med en 60 m bred heve/senke port i stål på Framnæssiden som gir 8 meters innseilingsdybde. Material og prosjekteringskostnaden er foreløpig beregnet til 150 millioner kr, men dette inkluderer ikke kostnader for bla. grunnarbeider, hydraulisk utstyr, årlig drift og vedlikehold og videre utredningsarbeider (Allum Engineering, 2020). En slik løsning vil være svært kostbar og samtidig ikke oppfylle sikkerhetskravene i Tek 17.

Automatiske sikringsløsninger består typisk av en vegg/gjerde som kan heves automatisk ved behov. Organisatoriske tiltak vil være tiltak som trenger en beredskapsplan og tilstrekkelig personell. Eksempler på mulige midlertidige tiltak er flompølse, flomgjerde og tradisjonelle sandsekker.

Ved alle former for barrierer i og langs kaikanten vil det bli utfordringer med overvannet på baksiden ved kraftig nedbør. Pumpeløsninger for å lede vannet ut i sjøen må etableres i tillegg. Pumpeløsninger skal ivareta vann fra nedbør.

I en situasjon med stormflo og nedbør vil ledningsnettene ikke ha kapasitet uten at ledningene settes under trykk. Der hvor terrenget er lavt vil en forhøyet gradient på trykklinjen medføre at vann vil trenge opp gjennom kummer og sluk. En løsning vil kunne være å etablere et tett ledningssystem (trykkssystem), uten tilkoblinger, som transporterer overvann fra ovenforliggende områder direkte til sjøen. Regnvann fra plasser og hustak fra lavereliggende områder kan samles opp i et separat ledningssystem og føres til pumping i perioder med høy sjøvannstand.

### 6.1 Permanente barrierer

Permanente barrierer vil være konstruksjoner som beskytter bakenforliggende arealer mot oversvømmelser. Diker/voller er bygd opp av jord/leire/steinmasser og vil være den billigste løsningen for en permanent barriere. Denne løsningen vil være mer plasskrevende.

En mur kan etableres på land langs strandsonen og kaikanten som en beskyttende barriere mot sjøen. En mur kan etableres som en betongmur som vist Figur 15 og eventuelt i glass som vist i Figur 16 og Figur 17.

Permanente barrierer oppfyller krav i TEK 17 til sikkerhet mot flom og stormflo. Fordelen med en permanent barriere vil være at det ikke vil bli nødvendig med større inngrep på land med bebyggelse og veisystem. Ved en permanent barriere utenfor kaia vil det trolig være

behov for en midlertidig løsning for å åpne tilgang til kaia, noe som ikke oppfyller kravene i Tek17 .



Figur 17. Betongmur Lemvig (etter COWI design).



Figur 18. Flomsikring med glassgjerde.



Figur 19. Flomsikring med glassgjerde 2015 flom (Keswick England).



## 6.2 Automatiske eller organisatoriske tiltak-midlertidige tiltak

### 6.2.1 Automatiske barrierer

Det er muligheter for en barriere ved det smaleste partiet i fjorden ved Stubb-Framnes. Det er ca. 170 m bredt i sundet og en konstruksjon her vil være en mulighet. Det er bygd flere lignende barrierer, blant annet i London (the Thames Barrier) og i Rotterdam (The Maeslantkering) som vist i Figur 21 og Figur 20. Kostnadene ved slike automatiske og store konstruksjoner kan forventes å være store.

Det finnes også automatiske løsninger som er passive under normale forhold og som løses ut ved bestemte forhold (eller manuelt). Et eksempel er vist i Figur 22.

Felles for alle de ulike midlertidige tiltakene er at de ikke oppfyller krav i TEK 17 for tiltrekkelig sikkerhet mot flom for ny bebyggelse. Midlertidige sikringstiltak har en usikkerhet med hensyn til funksjonsvikt og manglende bemanning.



Figur 20. Flomsikring mot stormflo i Rotterdam.



Figur 21. Flomsikring mot stormflo i Themsen.



Figur 22. Automatisk flomsikring som heves ved flom.

### 6.2.2 Organisatoriske tiltak

Organisatoriske tiltak krever en beredskapsplan med tilstrekkelig bemanning for å iverksette tiltakene. Organisatoriske tiltak er å anse som midlertidige løsninger hvor flomsikringen kan være del av et prosjektert sikringssystem eller en nødløsning som vannfylte pølser.

Flompølser er vannfylte sekker/pølser som rulles ut ved behov og må ansees som en nødløsning. Et eksempel på en slik løsning er vist i Figur 23.



Figur 23. Flompølse i Stavanger.

Prosjekterte sikringssystem kan eksempelvis være installerte elementer som manuelt heves til en vegg under flom eller mobile flomvegger som monteres ved behov. Et eksempel på en slik løsning er vist i Figur 24.



Figur 24. Installerte elementer (flomgjerde).

### 6.3 Risikoreduserende tiltak

I veilederen til tek 17 er det beskrevet nærmere om hvordan tilstrekkelig sikkerhet kan oppnås;

*Sikkerhetskravene i annet ledd kan oppnås enten ved å plassere byggverket utenfor området der sannsynligheten for flom er mindre enn minstekravet i forskriften, eller ved å sikre det mot oversvømmelse, eller ved å dimensjonere og konstruere bygget slik at det tåler belastningene og skader unngås. Der det er praktisk mulig bør en velge det første alternativet, det vil si å plassere byggverket utenfor området som oversvømmes ved flom med det aktuelle gjentaksintervallet.*

*Forutsetningen for å plassere byggverket i område der sannsynligheten for flom er større enn minstekravet i forskriften, er at det gjennomføres risikoreduserende tiltak slik at sikkerhetskravene oppfylles. Dette kan gjøres ved å sikre byggverket mot oversvømmelse ved sikringstiltak i området, eller ved å dimensjonere og konstruere byggverket slik at det tåler belastningene og skader unngås. De risikoreduserende tiltakene må redusere sannsynligheten for, eller konsekvensen av, flom mot bebyggelsen til det nivået som er angitt i forskriften.*

*Eksempler på sikringstiltak vil være å heve byggegrunnen til flomsikkert nivå, bygge uten kjeller, eller bygge flomvoller eller andre konstruksjoner som holder vannet unna bebyggelsen.*

*Der det ikke er praktisk mulig å plassere eller sikre byggverk mot flom, kan en utforme og dimensjonere byggverket slik at det tåler oversvømmelse, og dermed ikke fører til fare for mennesker eller større materielle skader. Ved gjennomføring av sikringstiltak må en være oppmerksom på restrisikoen.*

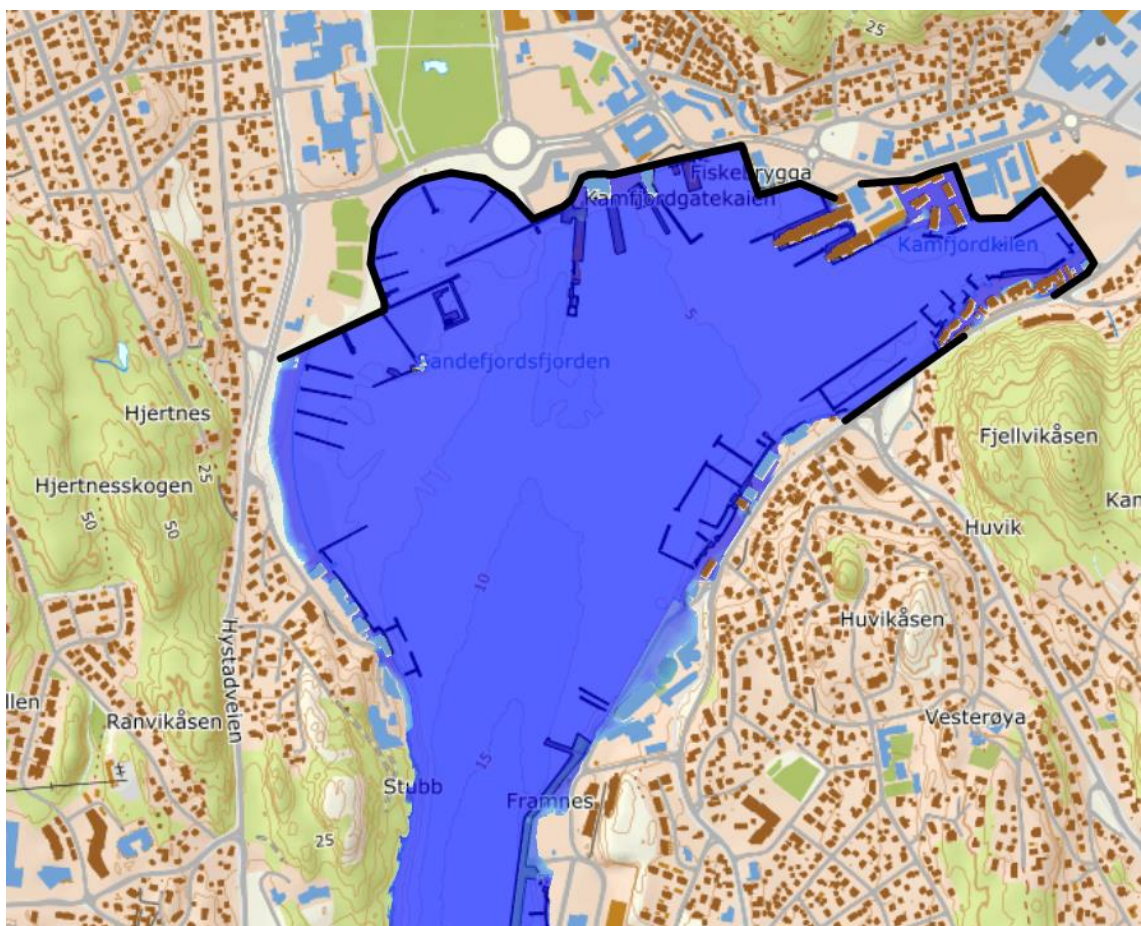
Risikoreduserende tiltak vil være aktuelt for ny bebyggelse. For eksisterende bebyggelse foreligger det i dag ingen krav til sikkerhet mot flom. Nye bygg blir i dag plassert flomsikkert på minimum kote 2,5 i henhold til kommuneplanens bestemmelser og oppfyller derfor krav (preaksepterte ytelser) i Tek 17.

## 7 AKTUELLE TILTAK

Aktuelle løsninger for en fremtidig sikring av Sandefjord er basert på en skjønnsmessig vurdering samt kost/nytte analyser. Det er i vurderingene vektlagt tiltak som er hensiktsmessig å gjennomføre på et samfunnsnivå. Det er vurdert til at det mest hensiktsmessige vil være å sikre at det er kjørbare veier gjennom området for utrykningskjøretøy. En heving/sikring av dagens FV 3060 og FV 3056 (Sandefjordveien, Strandpromenaden, Museumsgata, Brygga, Kilgata og Vesterøyveien) er et alternativ. Det bør også utredes andre mulige veialternativer.

### 7.1 Permanente barrierer

Permanente barrierer vil tilfredstille krav til sikkerhet i Tek 17 for nybygg. Som permanent barriere på land vurderes det til at mur eller gjerde vil være det mest hensiktsmessige og vil kreve minst areal. I Figur 25 er det skissert en løsning hvor det er forsøkt å legge mest mulig av sikringen langs sjøkanten. Total lengde på barrieren er ca. 2 km. Det vil med en slik løsning bli flere utfordringer med adkomst til havna og bebyggelse. Barrieren kan eventuelt kombineres med en forhøyet vei som adkomst.

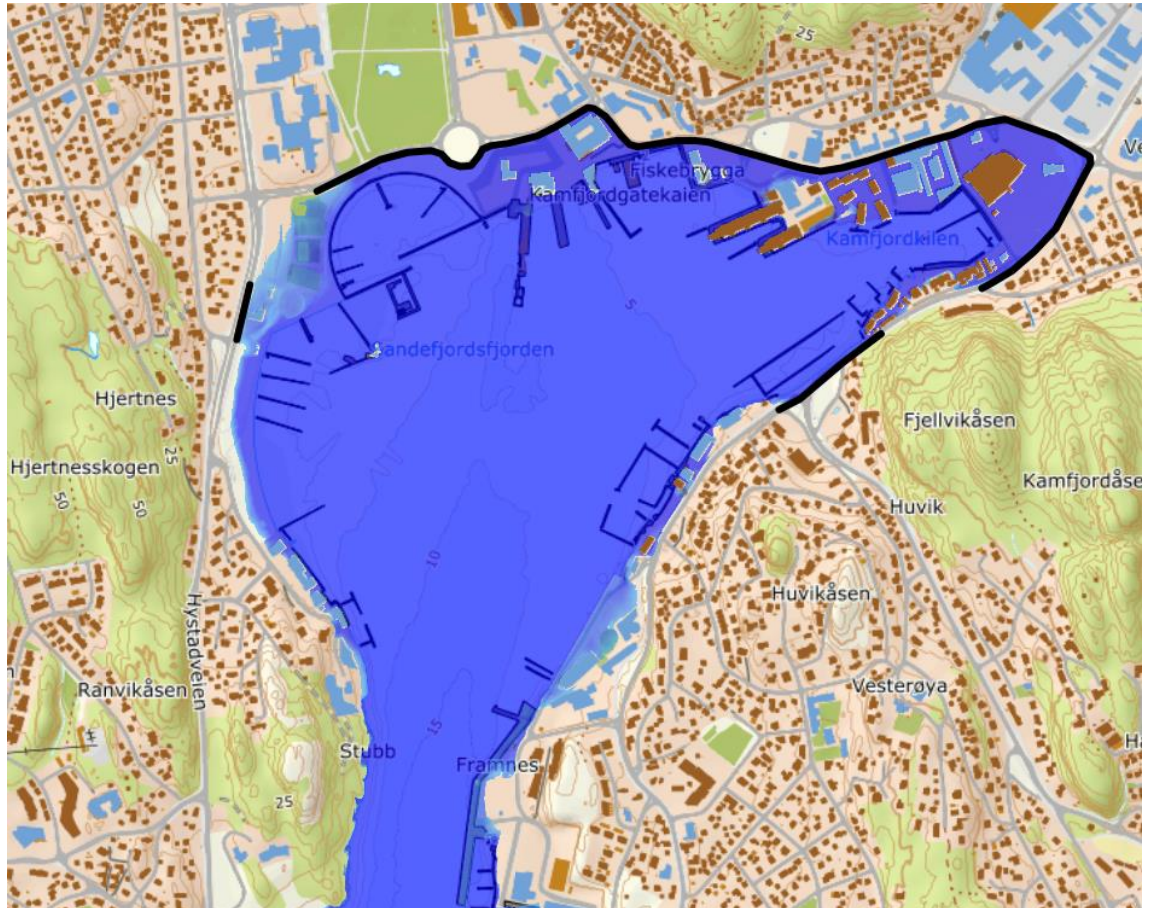


Figur 25. Permanent barriere (mur/gjerde).

En annen mulig løsning vil være å benytte området langs FV 3060 og FV 3056 som en barriere som vist i Figur 26. Veisystemet kan heves til sikkert nivå for å sikre ferdsel på veien og bakenforliggende områder. Sikringen kan også legges langs veien som en mur/gjerde i kombinasjon med hevet vei i kryss og avkjørsler.

Sikringen kan også utformes ved å kombinere en heving av vegen sammen med montering av flomgjerder som i tillegg vil kunne sikre tilgangen til enkelte av byggene på kaiområdet. Det vil si at vegen vil kunne danne barriere sammen med estetisk utformede glassgjerder som til vanlig har åpninger for publikum. Tetting av åpningene i en flomsituasjon vil kunne inngå i beredskapsplanen. Lengden av den permanente flombarrieren langs Strandpromenaden og Kilgata vil være omtrent 1 km.

Veisystemet må heves omtrent 1 m for å være sikker ved en fremtidig 200-års stormflo på kote 2,04.



Figur 26. Permanent barriere ved hevet veg eller i kombinasjon med mur/gjerde.

## 7.2 Risikoreduserende tiltak

For nybygg i utsatte områder er det en forutsetning i Tek 17 at det skal gjennomføres sikkerhetsreduserende tiltak. Risikoreduserende tiltak vil gjelde for de enkelte bygg og vil være av mindre betydning for sikkerheten på samfunnsnivå.

En heving av byggegrunn til sikker høyde vil være den enkleste og sikreste løsningen men kan by på utfordringer med tilpasning mot omkringliggende områder. Kommunen oppfyller i dag kravene ved å ikke tillate nybygging under kote 2,5. Ved oppfylling må hensyn til grunnens bæreevne og kaifrontens styrke vurderes nøye.

Dimensjonering av byggverk for å kunne tåle belastningene fra stormflo er en annen løsning. Etablering av permanente barrierer rundt et bygg kan være utfordrende og vil måtte kreve pumpeløsninger for utledning av overvann.

## 7.3 Kombinasjon av tiltak

Hvis det ikke blir lagt en sikring langs vannkanten vil trolig det beste være å benytte en kombinasjon av ulike tiltak. Nybygg sikres i henhold til Tek 17 mens eksisterende bygg kan benytte seg av midlertidige tiltak som flompølser eller lignende.

En sikring av FV 3060 og FV 3056 bør utføres da den ligger svært lavt og vil med den antatte havnivåstigningen bli hyppig oversvømt i år 2090. Alternativt kan ny hovedvei gjennom området etableres. Med den forventede havnivåstigningen vil situasjonen frem mot 2090 bli utfordrende uten tiltak. I 2090 kan det forventes en årlig hendelse som vist i Figur 11 (1-års stormflo) og tilsvarer dagens 200-års stormflo. På sikt vurderes det til at noe må gjøres med dagens veisystem.

Hegnaveien vurderes til å være en svært kritisk veistrekning under stormflo. Når denne veien blir oversvømt blir adkomsten til Vesterøya stengt og området vil være utilgjengelig for utrykningskjøretøy. Den nordligste delen av Hegnaveien, ned mot avkjørselen til Uranienborgveien, er derfor svært viktig for å opprettholde veiforbindelse til Vesterøya. Sårbarheten med adkomst til Vesterøya er også beskrevet i ROS-analyse for Sandefjord.

Det kan være aktuelt å heve veisystemet fra rundkjøringen Østerøyveien/Hegnaveien til Uranienborgveien. Det planlegges for ny rundkjøring her og denne bør bygges så høyt som mulig.

For å sikre tilgang for publikum til havneområdet, bygg og butikker, kan det i et kortsiktig perspektiv (20-30 år) vurderes å anlegge overkjørbare gangarealer.

**Nye bygg** anbefales sikret ved bruk av;

- hevet byggegrunn
- bygningsmessige tiltak

**Eksisterende bygg** kan sikres ved bruk av;

- Midlertidige tiltak, flompølser, flomgjerder, organisatoriske tiltak osv.
- permanente lokale barrierer

## 7.4 Omfattende større inngrep i Sandefjord

Utfordringene for Sandefjord er store hvis man skal legge til grunn anbefalte nivåer for fremtidig havnivåstigning. Tiltak for å sikre de lavereliggende områdene i Sandefjord kan forventes å bli relativt kostbare og kompliserte. Det vil samtidig kunne være utfordrende å etablere disse på en estetisk måte. Det vil også være en risiko for betydelige mengder lekkasjevann under eventuelle barrierer. Et høyt havnivå vil medføre utfordringer for ledningsnett og det må etableres pumpeanlegg for både overvann og lekkasjevann.

En mulig, men omfattende tilnærming, kan være å tenke på en fremtidig større ombygging i de lavereliggende utsatte områdene. Eldre bebyggelse må da rives og terrenget må heves over større områder før nye bygg og infrastruktur kan bygges opp igjen. En slik heving av terrengoverflaten medfører også større muligheter for gjenåpning av bekker i området.

Eksisterende havneområde ligger lavt og vil på sikt måtte heves for å opprettholde dagens funksjoner.

Dersom havnivåstigningen fortsetter som forventet vil ikke kortsiktige tiltak være tilstrekkelig i et 100- års perspektiv. Implementering av flomsikringstiltak kan tenkes gjennomført i to faser - fase 1 hvor kortsiktige tiltak (10-30 års perspektiv) kommer på plass, og en fase 2 hvor omgripende tiltak gjennomføres. Det kan her være snakk om terrengheving, omlegging av overvannssystem som fører vann fra ovenforliggende områder, etablering av permanente barrierer og konstruksjon ved Stub som vil stenge stormfloen ute fra havnebassenget.

## 7.5 Tiltak på VA-ledningsnett

For å redusere oversvømmelse på landsiden bør det i eksisterende sluk som ligger lavt, arrangeres en avstenging av slukledninger som, enten har direkte utløp til sjøen, eller er tilkoblet overvannsledning som har avrenning til sjøen. Sluk bør bygges med en rørforbindelse, i grunn grøft, koblet til pumpestasjoner som pumper ut overflatevann som skyldes nedbør.

Det bør utarbeides en plan for hvilke sluk som skal ombygges, eventuelt fjerne sluk som ikke har forventet funksjon, og tilhørende ledningsplaner, samt plassering av pumpestasjoner. I planen beskrives rutiner for drift og vedlikehold av pumper, såfremt de er permanent installert. Permanente pumpeinstallasjoner synes å være uhensiktsmessig i et kortere tidsperspektiv, og installasjon av pumper bør derfor i første omgang inngå som en del av beredskap-splanen for flomsikring.

Lavtliggende kummer vil også forårsake at sjøvann trenger opp gjennom kumløkkene. Kumløkkene bør derfor være utstyrt med pakning og tette spetthull. Det bør også vurderes om kumløkkene skal være låsbare. Dersom grunnen er svært permeabel kan det være en viss fare for lekkasje av grunnvann på utsiden av kummen ved slik løsning, dersom asfalten er sprukket opp rundt kumrammen. Det kan vurderes å injisere grunnen rundt kummenes øvre del dersom dette registreres som et problem.

Det er ventet at nedbøren øker og havnivået stiger som en følge av klimaendringene. Dette kan medføre at kapasiteten på eksisterende overvannsledninger som transporterer vann fra ovenforliggende områder vil kunne bli for liten. I kombinasjon med høy sjøvannstand og stor tilrenning vil dette kunne medføre at ledningene settes under trykk, noe som vil medføre at vann vil trenge opp gjennom kummene og flomme ut på bakkenivå. Kapasiteten på tilførselsledningene bør derfor kontrolleres for slike situasjoner, og eventuelle tiltak iverksettes. Så vidt man vet er det pr. i dag ikke registrert problemer med oppstuvning av overvann som skyldes for liten kapasitet på tilførselsledningene. Men det er sannsynlig at problemer vil oppstå i fremtiden.

En mulig løsning er å skifte ut ledningene med rør som har større dimensjoner, men antagelig er ikke dette en bærekraftig løsning på lang sikt. På lang sikt bør tilløpsledningene omlegges til trykkledninger opp til en kotehøyde hvor sjøvann ikke lenger har betydning for kapasiteten. Lokalt på de nedre områder må det anlegges nytt overvannssystem for å samle opp nedbør, og i en flomsituasjon må dette overvannet pumpes ut til sjøen.

En fremtidig 200-års stormflo vil medføre at vann vil stues tilbake i overvannssystemet opp til ca. kote 2,04. Dette medfører at overvann som transporteres i overvannsledningene fra

overforliggende områder vil presses opp til bakkenivå ved ca. kote 2,04. Dette vannet vil ikke ha direkte forbindelse til sjøen på grunn av flombarrieren.

Forutsettes det at flombarrieren etableres langs Tollbugata – Kilgata, vil overvann fra ledningsnettets samle se opp på innsiden av flombarrieren, og må pumpes bort. Overvannet kan pumpes til overvannsledning hvor overvannsledningen ligger høyere, eller direkte til sjøen. Det oppsamlede overvannet må samles i et separat overvannssystem som etableres mellom flombarrieren og kote 2. Overvannet må deretter føres til strategisk plasserte pumpekummer. Pumpeanlegget kan bygges som permanent løsning eller temporær løsning, som etableres i en flomsituasjon, og bør da inngå som en del av beredskapsplanen. Sjøvann må forhindres å trenge opp gjennom kummer og sluk som er tilkoblet overvannsledningene hvor sluk og kumlokk ligger lavere enn ca. kote 2,04. Det vil si at overvannsledninger som har sluk og kummer tilkoblet må ha tett utførelse. Arealstørrelsen på området beliggende mellom flombarrieren og ca. kote 2,0 antas å være totalt ca. 0,28 km<sup>2</sup>.

Ved en barriere lik den vist i Figur 26 må vannet bak installasjonen pumpes ut. Vi ser på to scenarier: et der hele feltet går i det samme systemet, og et der vannet fra over kote 2,04 går i et tett separat system ut forbi vollen.

### Alternativ 1-Åpent system

I dette tilfellet omfattes hele nedbørsfeltet oppstrøms. Et eksempel for en av de større feltene er vist i Figur 27.



Figur 27: Nedbørsfelt bak en eventuell barriere.

Feltet har et areal på 0,13 km<sup>2</sup> og består av ganske nøyaktig 50% boligområder og 50% skog. En flomstørrelse til punktet ved et toårsregn er beregnet med rasjonell formel.



Avrenningsfaktoren settes til et vektet middel mellom 0,15 for skog med høy helning og 0,7 for tettbebygde boligområder:

$$C = \frac{0,7 + 0,15}{2} = 0,43$$

Konsentrasjonstiden settes til en time, da spissavrenningen fra kortere konsentrasjonstider ikke nødvendigvis må pumpes vekk umiddelbart. Regnintensiteten blir da 28,5 l/s/ha, og det brukes en klimafaktor på 1,4. Dette gir en dimensjonerende kapasitet på  $0,43 \cdot 58 \cdot 13 \cdot 1,4 = 453$  l/s for pumping over barrieren.

### Alternativ 2-tett system

For det andre alternativet antar vi et tett system fra kote 2,04 og oppover. Dette etterlater et sammenhengende urbant areal på 9,5ha, vist i Figur 28.



Figur 28: Det sammenhengende området under kote 2,04 bak flomvollen.

Med avrenningsfaktor 0,7 for tettbebygde urbane områder og en konsentrasjonstid på en time blir dimensjonerende kapasitet for dette området 540 l/s. Dette drenerer til to punkter; krysset Kamfjordgata/Kilgata og Museumsgata/Strandpromenaden.

## 8 KOST/NYTTE VURDERING

### 8.1 Hensikt og fremgangsmåte for analysen

Kost/nytte-analysen tar utgangspunkt i den anbefalte sikringsløsningen som beskrevet i kapittelet over. Analysen er utført på et overordnet nivå etter gjeldende retningslinjer for samfunnsøkonomisk analyse<sup>1</sup> samt NVE's anbefalinger for nytte/kost-analyser av sikringstiltak.<sup>2</sup> Hensikten er å belyse effekten av ulike forutsetninger for hvorvidt det vil være samfunnsøkonomisk lønnsomt å iverksette sikringstiltak.

Inngangsdata for analysen er utbredelsen av flomsonen for der skader begynner opp til det valgte sikringsnivået som bebyggelsen skal sikres til. Flomutsatt bebyggelse er eneboliger, kontor og lagerbygninger. Etter TEK 17 klassifiseres disse i klasse F2 som betyr at bygningen skal kunne tåle en 200-års hendelse i et fremtidig klima med forventet havnivåstigning.

Siden flommer kan betraktes som uavhengige gjentatte hendelser vil årlig nytte i form av unngått skade være gitt av sannsynlighet for når skadeflom inntreffer multiplisert med skadekostnaden opp til et valgt sikringsnivå for tidsrommet som analysen skal omfatte. For nærmere beskrivelse av beregning av skadefunksjon henvises det til brukerveiledning for NVE's Nytte-/kostverktøy (Sælthun, 2016).

Figuren under viser beregningsflyten. Kommune data henviser til antall og type enheter som berøres. Disse multipliseres med nøkkeltall i kr per areal eller strekning for gjenoppbygging. Nøkkeltall hentes fra Statistisk sentralbyrå sin indeks.<sup>3</sup> Dette gjøres ved hjelp av NVE sitt excelbaserte Nytte/kost-verktøy (Sælthun, 2016). For å vurdere om skadekostnadene er realistiske sammenlignes disse mot erfaringstall for erstatningsutbetalinger fra tidligere flommer i Vestfold og Sandefjord kommune.

Aktuelle kilder for dette inkluderer blant annet:

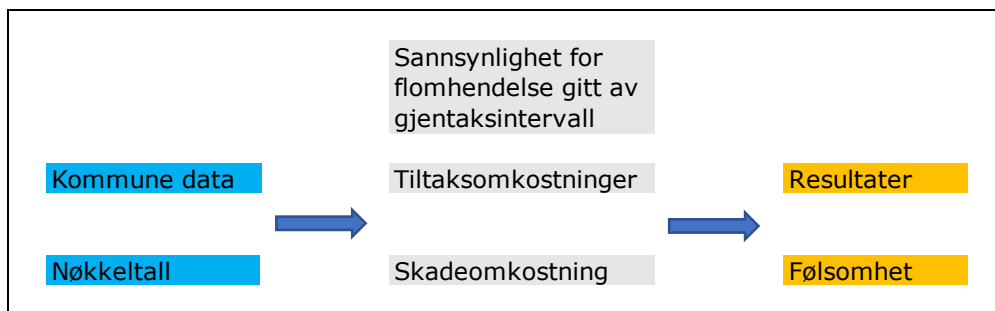
- > Naturskadepoolen <http://www.naturskade.no/statistikk/>
- > Statens Naturskadeordning <https://www.landbruksdirektoratet.no/naturskadeordningen/>
- > DSB Kunnskapsbanken | Datakilder

---

<sup>1</sup> Se DFØs [Veileder-i-samfunnsokonomiske-analyser.pdf \(dfo.no\)](#) og Finansdepartementets [rundskriv R-109/2014](#)

<sup>2</sup> [Modul G1.002: Nytte/kost-analyse - NVE.](#)

<sup>3</sup> [www.ssb.no](http://www.ssb.no)



Figur 29. Beregningsflyt for excel modell.

Netto kost/ nytte beregnes deretter som nåverdi av fremtidig kontantstrøm. Dette er gitt av differansen av årlig nytteverdi av unngått skade minus bygge og driftskostnader for sikrings-tiltaket. Her forutsettes det at all skade kan unngås ved bygging av sikringstiltaket.

Dersom nåverdi er vesentlig positiv er dette en sterk indikasjon på at tiltaket vil være samfunnsøkonomisk lønnsomt og motsatt dersom nåverdi er vesentlig negativ.

Det gjøres sensitivitetsanalyser for å vurdere hvor følsom beregningen av nettonytten er for endring i sentrale forutsetninger som for eksempel skadekostnad, diskonteringsrate og eventuelt klimapåslag. Til slutt diskuteres hvilke elementer som ikke inngår i kost/nytte-analysen og på hvilken måte disse vil kunne påvirke den samfunnsøkonomiske lønnsomheten av tiltaket.

## 8.2 Kostnader og nytteverdi

Kostnader og nytteverdi ved sikringstiltak er både direkte og indirekte. Direkte kostnader/ nytteverdi er de som kan knyttes til et bestemt produkt eller tjeneste og omfatter prosjektering, bygging, drift og vedlikehold av sikringstiltaket samt unngått skade på bygninger og infrastruktur. Indirekte kostnader/ nytteverdi kan ikke spores til en bestemt kilde og vil fordele ulikt avhengig av konsekvens for den som blir berørt. Dette er typisk ulemper og fare for liv og helse som følge av redusert fremkommelighet, tilgang på strøm, vannforsyning og kommunale tjenester. Med unntak av bruddkostnader for nedstengning av oversvømte veier er slike indirekte kostnader ikke tatt med i beregningen. Begrensingene som sårbarhet mot stormflo setter for bygging og utvikling av utsatte områder er diskutert utifra tilgjengelige opplysninger om kommunale planer og faglige skjønn.

### 8.2.1 Tiltaket – anbefalt sikringsløsning

For kost/nytte-beregningen er det tatt utgangspunkt i en semi-permanent løsning bestående av flomgjerde/ heving av veien (Strandpromenaden og Kilgata) som går langs sjøkanten og flompølser, sandsekker og lignende for beskyttelse av bygninger og områder som ligger mellom veien og sjøen.

Basert på kunnskap fra lignende tidligere studier er det antatt kostnader på omtrent 10,000 kr per meter for etablering av flomvernsfylling på opp til 1 meter over terreng og ytterligere 10,000 kr per meter for tilpasning av kryssende infrastruktur som veier/ overganger og VA-ledninger, kabler etc. For en strekning på omtrent 1 km er den permanente sikringskostnaden satt til 200 millioner kr. Kostnaden for midlertidige løsninger som ivaretas i en beredskapsplan vil være vesentlig mindre og antatt kunne dekkes innenfor investeringskostnaden.

## 8.2.2 Nytte av unngått skade

### Generelt

Grunnlag for estimering av unngått skade er matrikkeldata fra Sandefjord kommune. Basert på dette og analyse i Arc GIS er det laget en oversikt over antall og type bygninger og infrastruktur som blir oversvømmet innenfor den kartlagte flomsonen. Oversikten er kategorisert i henhold til skadeprofilen i NVE's nytte/kost-verktøy. Sistnevnte bruker erfaringstall for bebygd areal for de ulike type bygninger (garasje, bolig, fritidsbolig, driftsbygning, rådhus etc). For å beregne skadekostnad multipliseres dette med det respektive antall enheter og byggekostnader for gjeldende skadenivå i SSB's database. Det er tre profiler for skadenivå, oversvømmelse av kjeller, første etasje og over første etasje. Disse korresponderer for flomvannstand fra -2 meter opp til terreng, fra terreng til 1 meter og over 1 meter.

Flomskade er antatt å inntreffe ved en 20-års hendelse og å øke i omfang i takt med gjentakintervall for større flommer opp til valgt sikringsnivå for 200-års stormflo. Skadenivået for 20-års hendelsen antas å tilsvare kjeller opp til gulv første etasje, mens det for 200-års hendelsen antas å tilsvare opp til 1 meter vanddyp over første etasje.

Flomsonen er beregnet for et "worst case" gitt av bygningsmasse som blir berørt av en fremtidig 20-års hendelse for begynnende skade og 200-års hendelse for valgt sikringsnivå som vist i Figur 5 og Figur 7.

### Bygninger

Tabellen under viser kategorisering av berørte bygninger og estimerte skadeprofiler. NVE's nytte-/kost verktøy inneholder en høyere erstatningskostnad for bygg i tre enn betong og stål. Det er antatt at bolighus er bygd i tre og andre bygg for offentlige og private virksomheter er bygget i betong. Materialvalg påvirker ikke skadekostnad for kjelleretasje. Ellers er det verdt å nevne at oversvømmelse av første etasje inkluderer kjeller. Den ekstra kostnaden for at første etasje oversvømmes i skadeprofil 2 fåes ved å trekke fra kostnaden for kjeller i Skadeprofil 1.

Tabell 5. Skadekostnader for bygninger

Kategori i henhold til NVE Kost-/ nytte verktøy	Skadeprofil 1 (20-år)			Skadeprofil 2 (200-år)		
	Antall	Areal (m <sup>2</sup> )	Kost. (mill. kr)	Antall	Areal (m <sup>2</sup> )	Kost. (mill. kr)
Skur, garasje			-	55	540	1,16
Hytte			-	2	60	0,73
Bolig (tre, mur, betong) alle er bygd i tre	40	2000	3,38	57	1700	81,83
Boligblokk (tre)				1		6,61
Boligblokk (betong)	14	7000	10,28	15	6500	55,07
Driftsbygninger (= for husdyr, fiske + annet landbruk)	32	0	0	36	12000	23,26
Forretningsbygg (=butikker, bensinstasjoner o.l)	21	0	0	22	8000	60,31
Industribygg (verksted, lager o.l)	28	0	0	36	9000	59,21
Serveringssted (restaurant + discotek)	3	0	0	3	600	5,58
Skole	5	5000	10,28	5	4000	51,42
Andre bygg tre (=andre offentlige)	3	0	0	3	200	4,39
Andre bygg	2	0	0	2	800	2,19
Mob. og førstelinje			1,31		400	17,75
<b>Sum</b>		14000	<b>25,25</b>		69270	<b>370,50</b>

### Andre arealer og infrastruktur

Tatt i betraktning at flomvannet vil bevege seg lite er det antatt at mulighet for erosjon er liten og veier vil tåle oversvømmelse i noen døgn. Flyfoto fra Norge i Bilder i perioden det

var stormflo i 2020 viser at det var omtrent 200 parkerte biler langs sjøkanten.<sup>4</sup> Ved anta at sannsynligheten for at disse oversvømmes er lik 0,5 (50%) og 1 (100%) ved henholdsvis 20 og 200-års hendelsen gir dette følgende skadeprofil som vist i Tabell 6.

Tabell 6. Skadekostnader for stengte veier

Infrastruktur i henhold til NVE Kost-/ nytte verktøy	Utsatt strekk (m)	Skadeprofil 1 (20-år)		Skadeprofil 2 (200-år)	
		Treff sanns.	Kost. (mill. kr)	Treff sanns.	Kost. (mill. kr)
Kommunal vei	-	0,5	-	1	-
Fylkesvei	1000	0,5	-	1	-
Biler	200	0,5	1,12	1	2,24
<b>Sum</b>			<b>1,12</b>		<b>2,24</b>

Innlegg i Sandefjord Blad under flommen i vinteren 2020 beskriver at flommen førte til at adkomstveien langs sjøkanten ble stengt i opptil 3 ganger. Ved en 200-års flom antas det at veien stenges i 6 døgn. Trafikkdata fra Statens Vegvesen<sup>5</sup> viser 15000 passeringer i februar 2020 hvorav 0,1 andel lange kjøretøy. Strekning omkjøring er anslått til ca. 3 km. Skadeprofil er vist i Tabell 7.

Tabell 7. Bruddkostnader for stengte veier

Bruddkostnader i henhold til NVE Kost-/ nytte verktøy	Omkj. (km)	ÅDT	Andel lange.	Pbil (km)	Lbil (km)	Ekstra kost. (mill. kr)			
						Døgn	20-år	Døgn	200-år
Kommunal vei	-								
Fylkesvei	3	15000	0,1	121500	13500	3	0,328	6	0,656

Den samlede kostnaden for når skade starter ved 20 års stormflo blir da **26,4 mill. kr** og ved valgt sikringsnivå ved fremtidig 200 års flom **373,8 mill. kr**. For å vurdere grad av sannsynlighet for disse verdiene er det nærliggende å sammenligne med dokumenterte kostnader fra flommer de siste årene.

### 8.2.3 Skadekostnader ved tidligere hendelser

For å vurdere om kostnadene for de beregnede skadeprofilene på 26,4 og 373,8 millioner kr for 20 og 200-års stormflo er rimelige er det nødvendig å sammenligne disse med gjentaksintervallene for tidligere hendelser. Her er det viktig å huske at selv om risikokart<sup>6</sup> for Sandefjord kommune viser at flomfare fra styrtregn og havnivåstigning overlapper langs sjøkanten, at korrelasjonsanalysen i kapittel 4.2 ikke viser noen sammenheng mellom disse hendelsestypene. Det er derfor kun stormflo som det er relevant å sammenligne med.

Ekstremværet Synne og Urd i henholdsvis 2015 og 2016 var begge forbundet med store nedbørsmengder, mens de største stormflo hendelsene de siste årene var i vinteren 2020, og før dette i 1987 og 2000. Figuren under illustrerer dette. Her vises utbetalt skadeserstatning for ulike naturskader (storm, flom, stormflo og skred) fra 1980 og frem til i dag for Vestfold fylke.<sup>7</sup> Samlet ble det utbetalt omtrent 17, 10 og 9 millioner kr i erstatning for

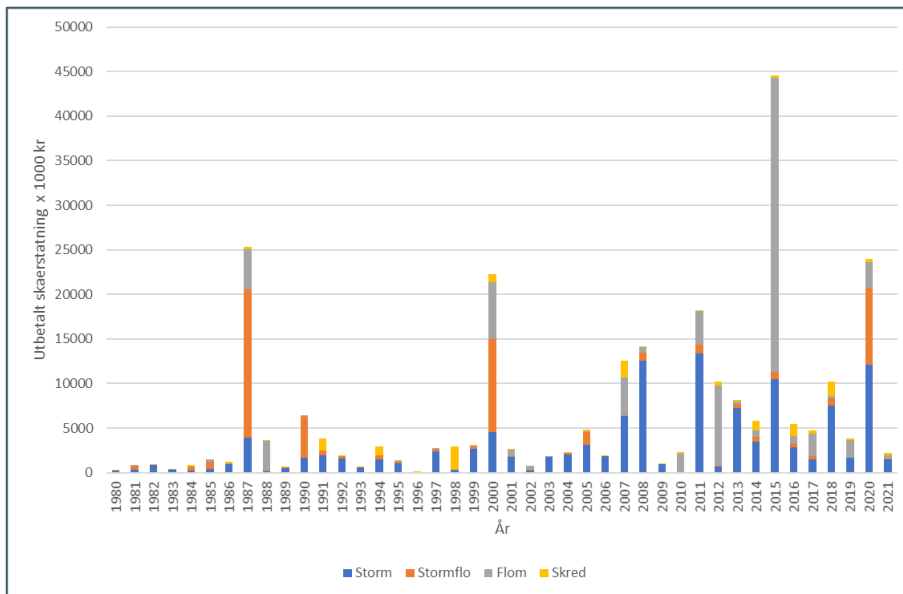
<sup>4</sup> <https://norgebilder.no/>

<sup>5</sup> <https://www.vegvesen.no/trafikkdata/start/utforsk?datatype=averageDailyMont-hVolume&daytype=ALL&display=chart&from=2021-09-10&trpids=45730V1175656>

<sup>6</sup> [Risikokart over Sandefjord kommune \(arcgis.com\)](https://arcgis.com)

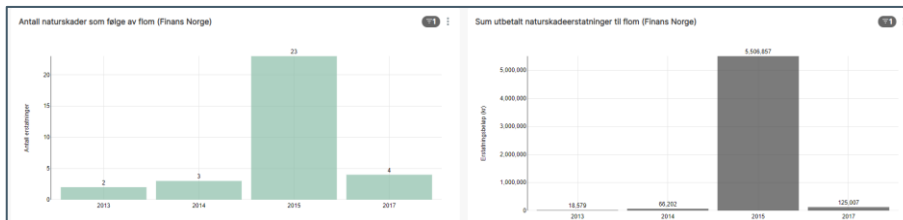
<sup>7</sup> [Naturskadestatistikk \(NASK\) | Finans Norge](https://www.finansnorge.no/naturskadestatistikk)

stormflorelevante skader i 1987, 2000 og 2020. Justert for prisstigning tilsvarer utbetalingene i år 1987 og år 2000 henholdsvis 36 og 16 millioner kr i dag.



Figur 30. Erstatningshistorikk for naturskade i Vestfold.

Til sammenligning viser DSB sin kunnskapsdatabase<sup>8</sup> at det ble utbetalt litt i overkant av 5,5 millioner kr for 23 flomrelaterte skadehendelser i Sandefjord kommune i 2015. Men fordi oversikten som vist under i Figur 31 kun er for perioden 2013 til 2017 og utbetalingen i 2015 mest sannsynlig er tilknyttet flom som følge av styrtregn, er det vanskelig å anslå hvor mye av de samlede erstatningssummene for stormflo på fylkesnivå som er tilknyttet Sandefjord.



Figur 31. Antall skadetilfeller og erstatningsutbetaling i Sandefjord kommune

Dersom man for enkelthetsskyld antar all skadeutbetaling for stormflo i 2020 i Figur 30 er tilknyttet Sandefjord, dvs. ca. 8 millioner kr, må gjentakintervallet for denne hendelsen anslås for dermed å vurdere grad av sammenlignbarhet med antatt nivå for begynnende skade ved 20-års hendelsen.

Sandefjord blad rapporterte at den høyeste vannstanden under stormflo i februar 2020<sup>9</sup> var tett opp mot kote 140 cm. I følge Kartverkets beregning av gjentakintervaller for havnivå for Sandefjord i Figur 2 tilsvarer dette en 100 til 200 års hendelse. Nærmere vurdering av bilder av havfronten med terrenghøyder indikere et nivå på rundt 100 cm. Vannstander ved Helgeroa stasjon viser at høyeste vannstand var ca. 108 cm (NN2000) som tilsvarer en 5-10

<sup>8</sup> [Flom - varsler, innsatser og konsekvenser \(flere kilder\) \(dsb.no\)](https://www.dsb.no/ny-nyheter/nyheter/flom-varslere-innsatser-og-konsekvenser-flere-kilder)

<sup>9</sup> <https://www.sb.no/ny-stormflo-fyller-sentrumsgatene-med-vann-det-skaper-ko-akkurat-na-folg-med-for-oppdateringer-her/s/5-73-1071287>

års hendelse. Ut ifra denne betraktningen er det kanskje ikke usannsynlig at skadeomfanget kan beløpe seg på opp mot 26 millioner kr som beregnet som et type "worst case".

Sandefjord Blad beskriver konsekvensen fra stormflo-hendelsen i 2020 som hovedsakelig stengte veier og redusert fremkommelighet langs sjøen. Noen restauranter har også fått vann i første etasje, ødelagte gulv og tapt omsetning pga nedstengning. Dette tyder også på at gjentakintervallet for hendelsen var lavere.

At skadeomfanget for 200-års hendelsen i 2090 kan komme opp i over 300 millioner er sannsynligvis ikke helt urimelig når det tas hensyn til at man da snakker om en økning i vannstand på nesten en 1 meter, noe som vil oversvømme nedre del av sentrum, Kilen og Hegnaområdet som vist for utbredelsen av flomsonen for 200-års hendelsen i Figur 7 og Figur 8. Basert på denne argumentasjonen er det valgt å ta utgangspunkt i de beregnede skadeprofilene som beskrevet (dvs, begynnende skade på 26,4 mill. kr opptil 373,8 mill. kr ved valgt sikringsnivå ved en 200-års hendelse i 2090).

## 8.3 Kost-/nytteanalyse

### 8.3.1 Antagelser

Den samfunnsøkonomiske verdien av sikringstiltak er gitt ved å diskontere fremtidig kontantstrøm for årlig verdi av unngått skade minus kostnadene for å bygge, drifte og vedlikeholde sikringsanlegget. Jamfør Finansdepartementet sine retningslinjer gjøres analysen over en tids horisont på 80 år og det legges til et skattefinansieringskostnad på 20% for alle netto kostnader. Tabellen under viser forutsetningene for kost-/nytteberegningen.

Tabell 8. Forutsetninger for kost-/nytte-beregning

Parameter	Verdisetting
Grunnleggende metode	Kost/nytte-analyse
Tidshorisont	2021-2101
Diskonteringsfaktor	0-40 år: 4 % 41-75 år: 3% 76-100 år: 2%
Prisnivå	2021
Tiltakskostnad	200mill. kr
Skattekostnad	20 %
Investeringskostnad	240 mill. kr
Byggetid	3 år
Årlig investeringskostnad i byggetid	80 mill. kr
Årlig drift og vedlikehold	Inkl. i investeringskostnad
Årlig nytte	11,15 mill. kr

### 8.3.2 Resultater og følsomhets-analyse

Tabellen under viser utdrag av kontantstrømmen som gir en negativ nåverdi på -31,29 mill. kr. Analysen viser med andre ord at det ikke vil være lønnsomt å investere i sikringstiltaket

Tabell 9. Resultater for kost-/nytte-analysen

Parameter	Mill. kr						
	0	1	2	3	41	76	80
Investeringskost.	-80	-80	-80				
Årlig nytte				11,15	11,15	11,15	11,15
Diskontert kontantstrøm	-80	-76,92	-73,96	9,91	2,25	0,81	0,74
Nåverdi	<b>-31,29</b>						

For å teste robustheten til resultatene i analysen er det utført en rekke følsomhetsanalyser. Disse er listet nedenfor;

- Unngått skadekostnad ved sikringsnivå for å oppnå positiv nåverdi
- Unngått skadekostnad opp 20%
- Investeringskostnader opp 10%
- Diskonteringsrate 5% for hele analyseperioden
- 

Tabell 10. Følsomhetsanalyse

Parameter	Mill. kr			
	0 Skadekost for å oppnå NPV>0 ved sikring mot 200-års flom	Unngått skade +20%	Investeringskostnad +10%	DCR 5% fra 0-80 år
T <sub>0</sub> = 20 år	27	32,4	21	21
T <sub>s</sub> = 200 år	450	448,8	450	450
Årlig nytte	13,1	13,63	13,1	13,1
Investeringskostnad	240	240	264	240
Nåverdi	3,4	13,15	-19,7	5,9

Følsomhetsanalysen viser at nåverdi er sensitiv for økning i skade og investeringskostnader. Skadekostnader ved sikring mot 200-års flom må økes til 450 mill kr før prosjektet blir lønnsomt. Likeledes reduseres nåverdien med 23 millioner kr når investeringskostnaden øker med 10%. Økning i diskonteringsraten til 5% for hele analyseperioden på 80 år gir en noe høyere nåverdi på grunn av nedgang i investeringskostnaden i år 2 og 3 blir relativt sett lavere enn fremtidig verdi av unngått skade. Dette viser at tiltaket kan konkurrere med andre kommunale/ nasjonale prosjekter med høyere forventet avkastning.

At tiltaket er nokså sensitivt til økning i nytteverdi og kostnader viser at fremtidig utvikling er spesielt viktig. Med andre ord desto høyere verdi som vektlegges området langs sjøen og bebyggelsen som blir berørt av stormflo desto mer lønnsomt vil det være å bygge flomsikring. Kost-/nytte må også sees i forhold til arealplanlegging og utvikling av Sandefjord by i et større perspektiv der blant annet tilknytning til sjøen, ferdsel og bruk av uteområder vurderes nærmere.



## 8.4 Konklusjoner – neste steg

Vurderingene viser at forventet havnivåstigning i et "worst case" scenario der fremtidig klimagassutslipp følger historisk utvikling frem til i dag er opp til 58 cm. Dette vil føre til vesentlig skade på bygningsmasse og brudd i fremkommeligheten. Det er i denne anledning verdt å nevne at fremtidig havnivåstigning også kan bli vesentlig mindre dersom klimamålene nås. Denne usikkerheten kompliserer valg av sikringsløsning og er samtidig et viktig argument for en etappevis tilnærming.

Tatt i betraktning ønske om at flomsikringsløsning skal ivareta samfunnsfunksjoner, som i tilfelle Sandefjord, er vurdert i hovedsak å være tilknyttet fremkommelighet, anbefales en løsning der eksisterende veisystem legges i fylling og heves over antatt fremtidig flomvannstand. Et hevet veisystem kan etableres slik at denne også fungerer som en flomvoll. En eventuell kombinasjon av flomvoll/hevet vei sammen med midlertidige tiltak for bygninger og infrastruktur som ligger utenfor flomvollen mot havet vurderes som en løsning som balanserer krav i Byggeteknisk Forskrift (TEK17), usikkerhet med tanke på fremtidig havnivåstigning og fleksibilitet.

Neste steg for utforming av sikringsløsning vil være å samle inn mer data for blant annet å kartlegge potensial for lekkasjer i grunnen og tilpasning av VA-ledningsnett.

**Referanser:**

Allum Engineering. (2020). *Teknisk Rapport - Studierapport Flombarriere Sandefjord*. Sandefjord Rørhandel AS.

Heath, R. (1983). Basic ground-water hydrology. *U.S. Geological Survey Water-Supply Paper 2220*, p. 86p.

Sælthun. (2016). *Nytte/kost-verktøy Brukerveiledning-NKA-2016 v1.3*. NVE.