asplan viak

Ørskog kommune

FLOMKARTLEGGING FOR SJØHOLT SENTRUM
RAPPORT

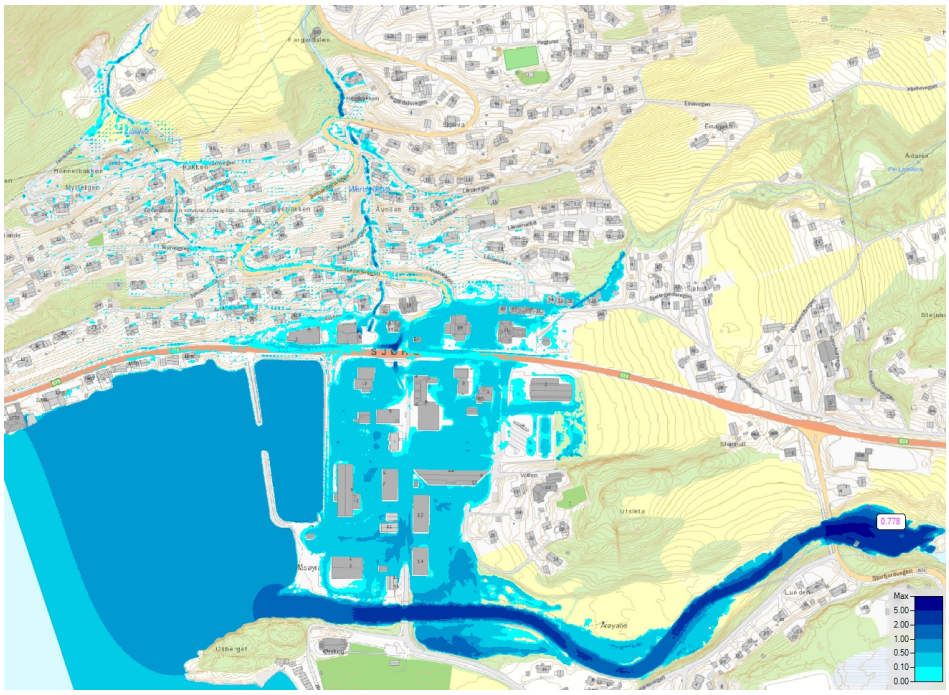
Dato: 22.03.2019
Versjon: 02

Dokumentinformasjon

Oppdragsgiver: Ålesund kommune
Tittel på rapport: Flomkartlegging_Sjøholt
Oppdragsnavn: Flomkartlegging for Sjøholt sentrum
Oppdragsnummer: 606432-28
Utarbeidet av: Åsta Gurandsrud Hestad og Hege Merete Kalnes
Oppdragsleder: Åsta Gurandsrud Hestad
Tilgjengelighet: Åpen

Kort sammendrag

Det er utført kartlegging av flomfare for Sjøholt sentrum i Ørskog kommune. Kartleggingen viser at Sjøholt sentrum er utsatt for flom fra flere bekker og elver, fra havet som følge av havnivåstigning og stormflo, og flodbølge som følge av ras fra Åkerneset. Det er nødvendig å gjennomføre tiltak for å verne sentrum mot flomhendelser i fremtiden. Det vil være nødvendig med flomsikringstiltak langs Ørskogelva, og utbedring av kapasitet for kulverter og stikkrenner i Liaelva, Wensellelva og Pe-Larsselva. Det er også utfordringer knyttet til stadig oversvømmelse av gangkulverten under E39 ved krysset med Solnørdalsvegen. Det er behov for tiltak som leder vannet vekk fra gangkulverten i flomsituasjoner. Flomsonekart for Sjøholt sentrum er vist nedenfor.



02	22.03.19	Nytt dokument	ÅGH	MHK
VERSJON	**DATO**	**BESKRIVELSE**	**UTARBEIDET AV**	**KS**

Forord

Asplan Viak har vært engasjert av Ørskog Kommune for å gjennomføre kartlegging av flomfare for Sjøholt sentrum.

Åsta Gurandsrud Hestad har vært oppdragsleder hos Asplan Viak. Cecilie Solli har vært kontaktperson hos Ørskog kommune. Hege Merete Kalnes har utført beregningene. Åsta Gurandsrud Hestad har utarbeidet rapporten. Beregninger og rapport er kontrollert av Hege Merete Kalnes.

Trondheim, 22.03.2019

Åsta Gurandsrud Hestad
Oppdragsleder

Hege Merete Kalnes
Kvalitetssikrer

Innhold

1. INNLEDNING 4

2. DATAGRUNNLAG 5

2.1. Nedbørfelt og feltparametere 5
2.2. Dreneringslinjer 7
2.3. Flomskapende sesong og flomregime 8
2.4. Klimaendringer og klimatillegg 9
2.5. Nedbørdata 9
2.6. Referansestasjoner 11

3. FLOMBEREGNINGER 13

3.1. Metoder 13
3.2. Flomfrekvensanalyse 13
3.3. Nasjonalt formelverk for små nedbørfelt (NIFS-formel) 14
3.4. Den rasjonale formel 14
3.5. Resultater 15
3.6. Vurdering av beregnede flomstørrelser 17
3.7. Resultater brukt i videre beregninger 18

4. VANNLINJEBEREGNINGER 19

4.1. Terrengmodell 19
4.2. Ørskogelva 19
4.3. Pe-Larselva, Wensellelva og Liaelva 22

5. FLOMSONEKART 25

5.1. Ørskogelva 25
5.2. Sjøholt sentrum 25
5.3. Flomsonekart med høydekoter 27
5.4. Gangkulvert under E39 29
5.5. Stormflo 31
5.6. Flodbølge 33
5.7. Usikkerhet 36

6. KONKLUSJON 37

7. FORSLAG TIL TILTAK OG VIDERE ARBEID 39

7.1. Utbedring av kapasitet for kulvert i Liaelva 39
7.2. Sikring av kapasitet for kulvert i Wensellelva 40
7.3. Flomsikring langs Ørskogelva 41
7.4. Pe-Larselva 42
7.5. Overvannshåndtering 42

KILDER 48

VEDLEGG 50

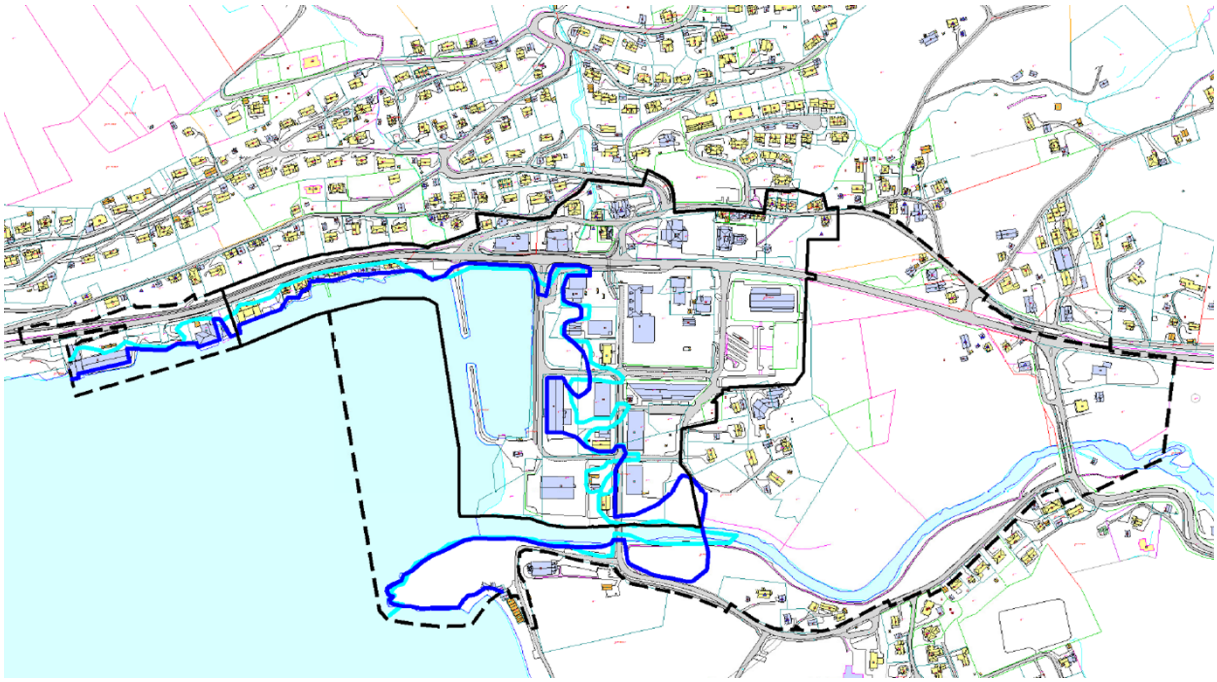
1. INNLEDNING

Det er gjort kartlegging av flomfare i forbindelse med reguleringsplan for Sjøholt sentrum i Ørskog kommune. I henhold til Plan- og bygningsloven (TEK 17 § 7-2), faller planområdet innenfor sikkerhetsklasse F2, som betyr at 200-årsflom er dimensjonerende.

Det er gjennomført flomberegninger, hydraulisk modellering, utarbeidet flomsonekart og vurdert kapasitet for kulverter/bruer i de fire elvene som renner inn til Sjøholt sentrum.

Rapporten beskriver metoder, beregninger og vurderinger som er gjort i flomfarekartleggingen. Beregnede flomsoner er for flomstørrelser inkludert klimatillegg basert på foreliggende klimaframskrivninger (både for havnivå og flomstørrelser) og representerer derfor en forventet situasjon i år 2100. Figur 1-1 viser regional plassering av området. Figur 1-2 viser analyseområdet som innebefatter de fire elvene som renner inn mot Sjøholt sentrum.

Figur 1-1 Regional plassering av planområdet. Sjøholt er markert med rød sirkel.

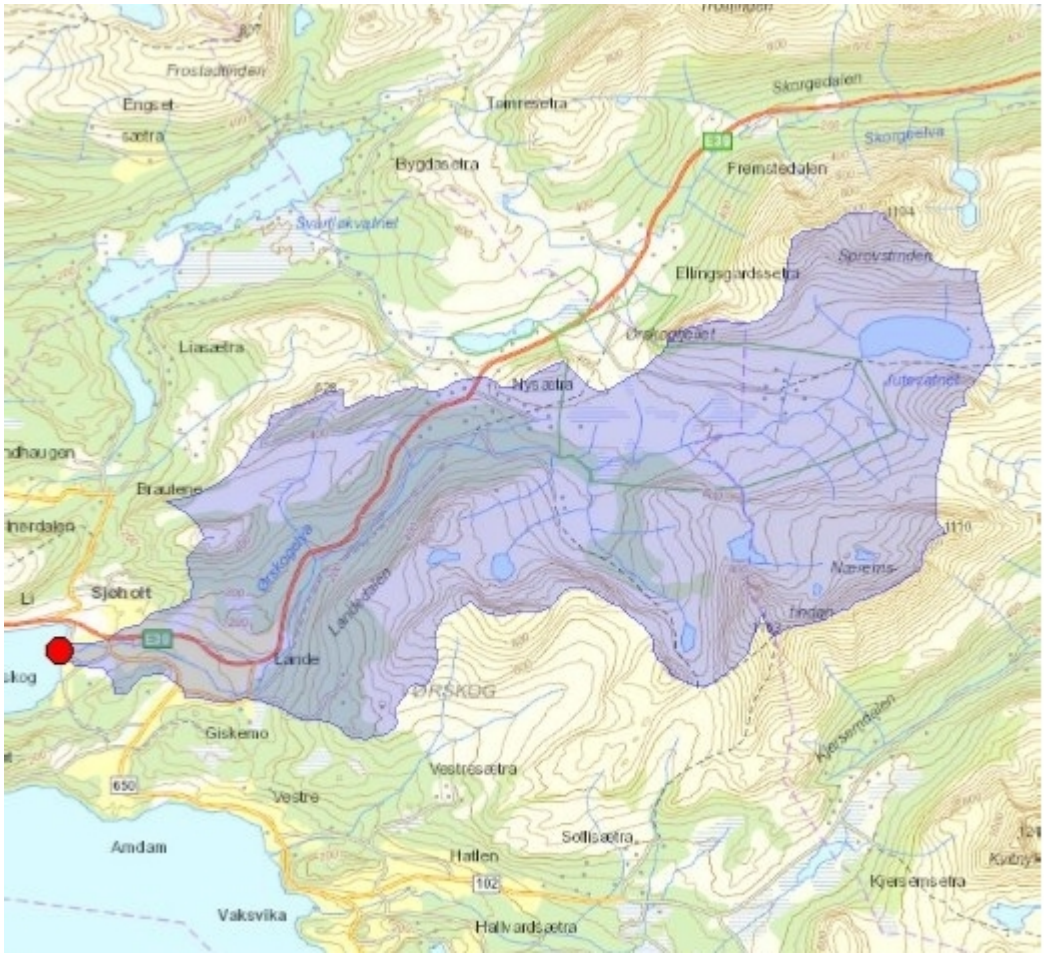


Figur 1-2 Kartutsnitt som viser planområdet (Kilde: Ørskog kommune)

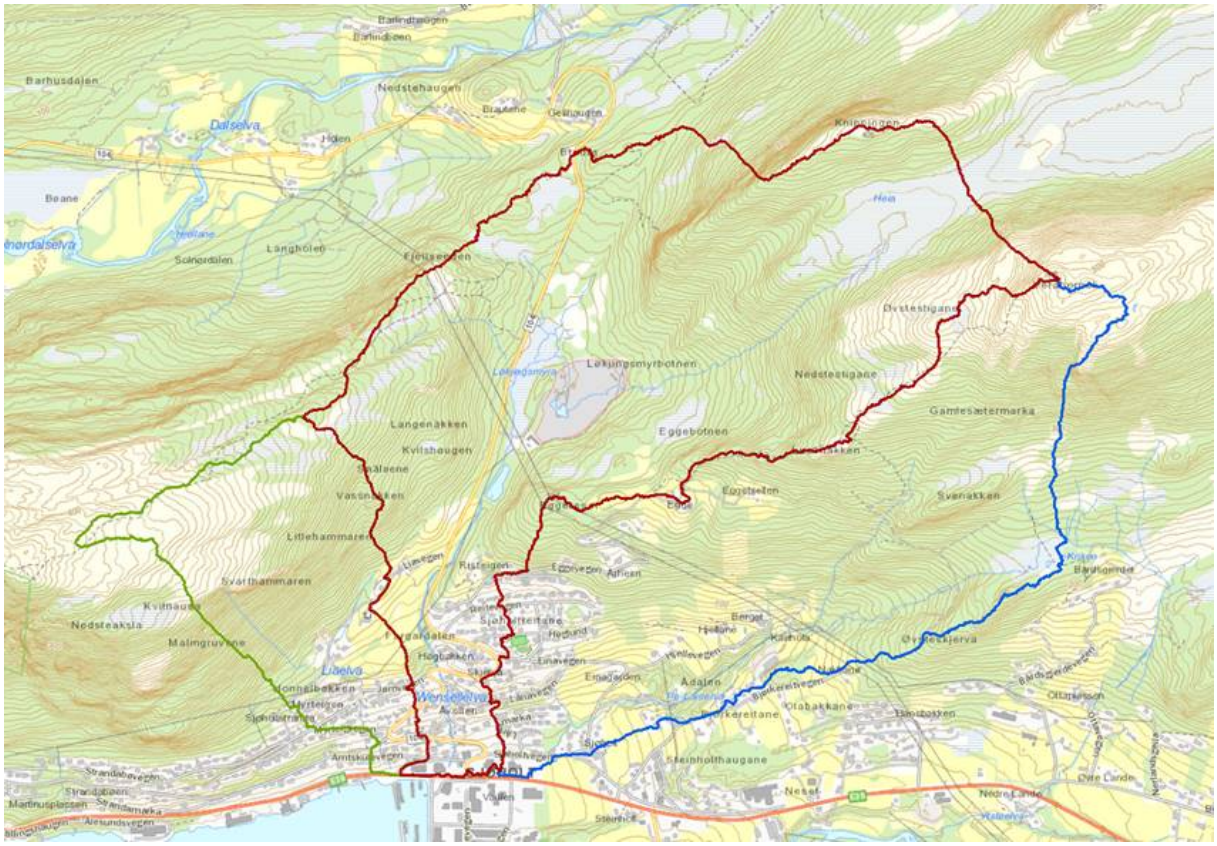
2. DATAGRUNNLAG

2.1. Nedbørfelt og feltparametere

Nedbørfelt og tilhørende feltegenskaper er beregnet med ArcGIS og NVE sitt kartverktøy, NEVINA. Nedbørfeltet til Ørskogelva er vist i Figur 2-1. Nedbørfeltene til Pe-Larselva, Wensellelva og Liaelva er vist i Figur 2-2. Feltparametere er vist i Tabell 2-1.



Figur 2-1 Nedbørfeltet til Ørskogelva ved utløp



Figur 2-2 Nedbørfeltene til Pe-Larselva, Wensellelva og Liaelva ved utløp ved Sjøholt sentrum.

Nedbørfeltet til Ørskogelva er 48 km², og havner i kategorien små felt, som er felt mindre enn 50 km² (NVE 7/2015). Nedbørfeltet består hovedsakelig av snaufjell og skog.

Nedbørfeltet til Pe-Larselva er 1,3 km², og havner i kategorien små felt (NVE 7/2015). Nedbørfeltet består hovedsakelig av dyrket mark og skog.

Nedbørfeltet til Wensellelva er 1,84 km², og havner i kategorien små felt (NVE 7/2015). Nedbørfeltet består hovedsakelig av skog.

Nedbørfeltet til Liaelva er 0,49 km², og havner i kategorien mikrofelt, som er felt mindre enn 1 km² (NVE 97/2015). Litt over halvparten av nedbørfeltet består av snaufjell og skog, mens resten består av urbant område og noe dyrket mark.

Tabell 2-1 Feltparametere for nedbørfeltene til Ørskogelva, Pe-Larselva, Wenselelva og Liaelva

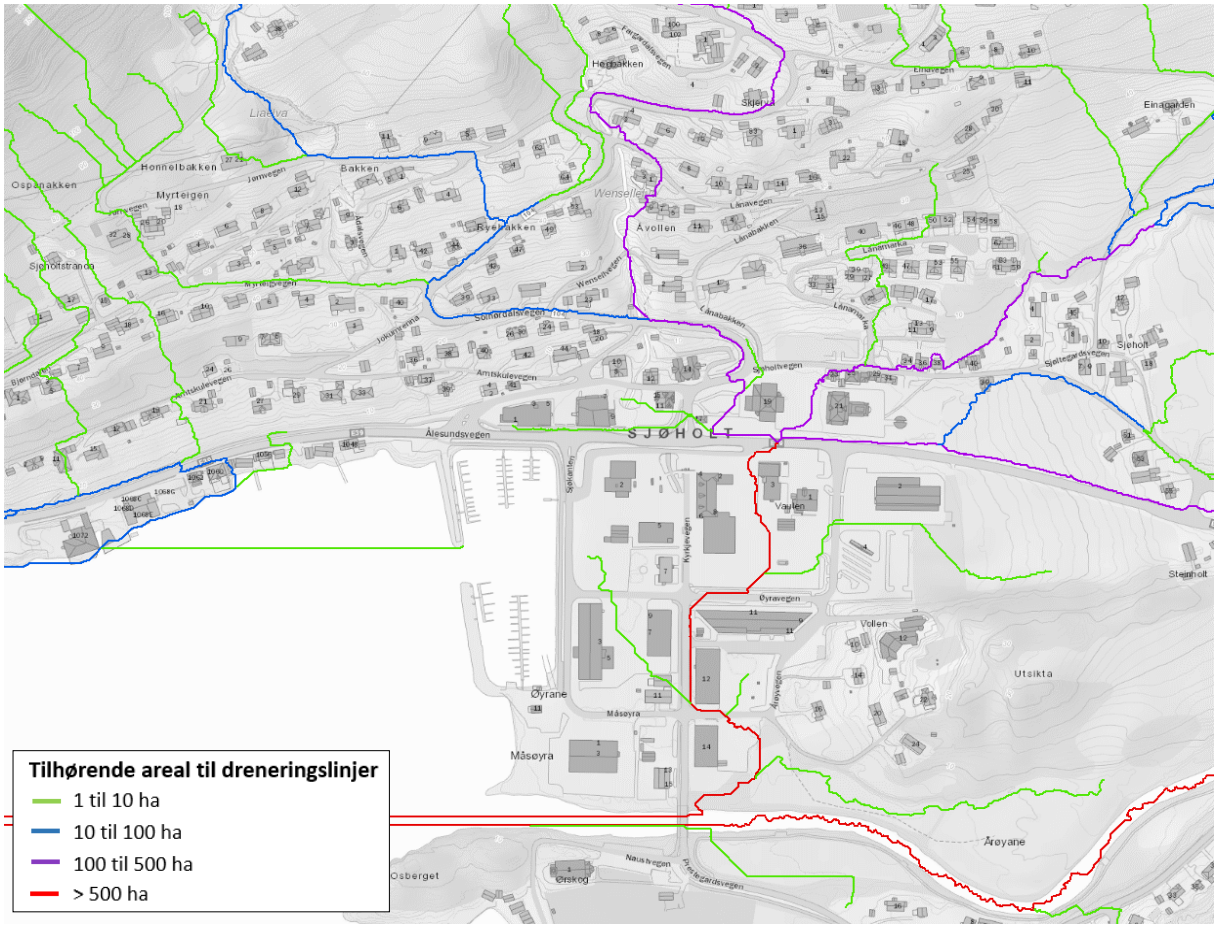
Feltdata					
Navn på felt		Ørskogelva	Pe-Larselva	Wensellelva	Liaelva
Areal	km²	48,0	1,3	1,8	0,5
Effektiv sjøprosent	%	0,2	0,0	0,2	0,0
Midlere avrenning	l/s/km²	65,2	52,4	56,1	55,0
Feltlengde	m	14200	2286	2276	1084
Hmin	moh	1	3	3	3
H10	moh	211	43	120	-
H20	moh	320	68	133	-
H30	moh	374	85	150	-
H40	moh	415	109	168	-
H50	moh	481	140	191	-
H60	moh	529	170	229	-
H70	moh	579	200	27	-
H80	moh	665	241	328	-
H90	moh	796	301	354	-
Hmaks	moh	1189	497	503	420
Skog	%	29,5	68,0	78,0	70,5*
Dyrket mark	%	2,4	16,0	3,1	4,9
Myr	%	3,1	0,4	3,1	0,0
Sjø	%	2,5	0,0	0,2	0,0
Snaufjell	%	46,4	1,0	1,9	23,7
Urban	%	0,1	13,1	8,5	8,8
Konsentrasjonstid	minutter	847	60	360	60

*andel skog og myr er slått sammen

2.2. Dreneringslinjer

Som en innledende flomvurdering, er det funnet dreneringslinjer basert på terrenganalyse i ArcMap 10.6. Lasertdata for området med 0,5 m oppløsning, er hentet fra Kartverkets forvaltningsløsning Høydedata, og brukt til å genere en terrengmodell. Verktøy i ArcMap er så benyttet til å finne dreneringslinjer. Linjene er generert under forutsetning av at alle rør, kulverter og sluk er tilstoppet, og tar ikke hensyn til vann på avveie som følge av vannstigning. Figur 2-3 viser kartutsnitt med dreneringslinjer. Dreneringslinjene viser hvor vannet potensielt vil ta veien i en flomsituasjon, og gir en indikasjon på hvor de største flomvegene vil oppstå.

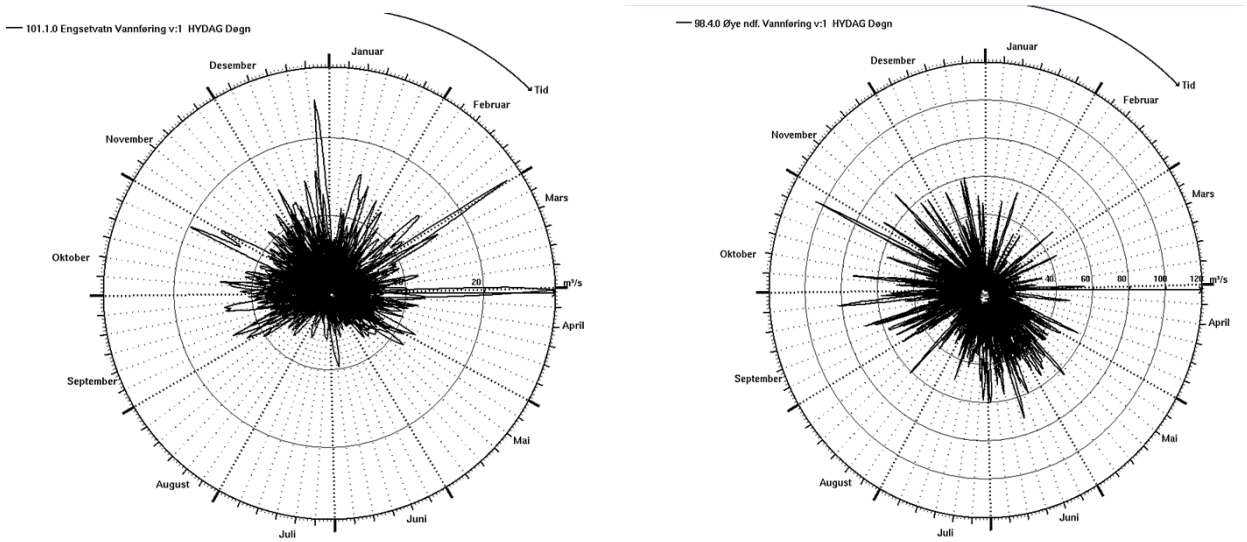
Generelt følger dreneringslinjene veiene, men enkelte større løp går også gjennom boligfelt. I tillegg til Liaelva, Wensellelva og Pe-Larselva, vil Solnørdalsvegen utgjøre det største flomløpet. Dersom alle rør/kulverter er tilstoppet, vil vannet ledes inn mot Sjøholt sentrum ved krysset mellom Solnørdalsvegen og E39.



Figur 2-3 Kartutsnitt med dreneringslinjer basert på terrenganalyse av laserdata.

2.3. Flomskapende sesong og flomregime

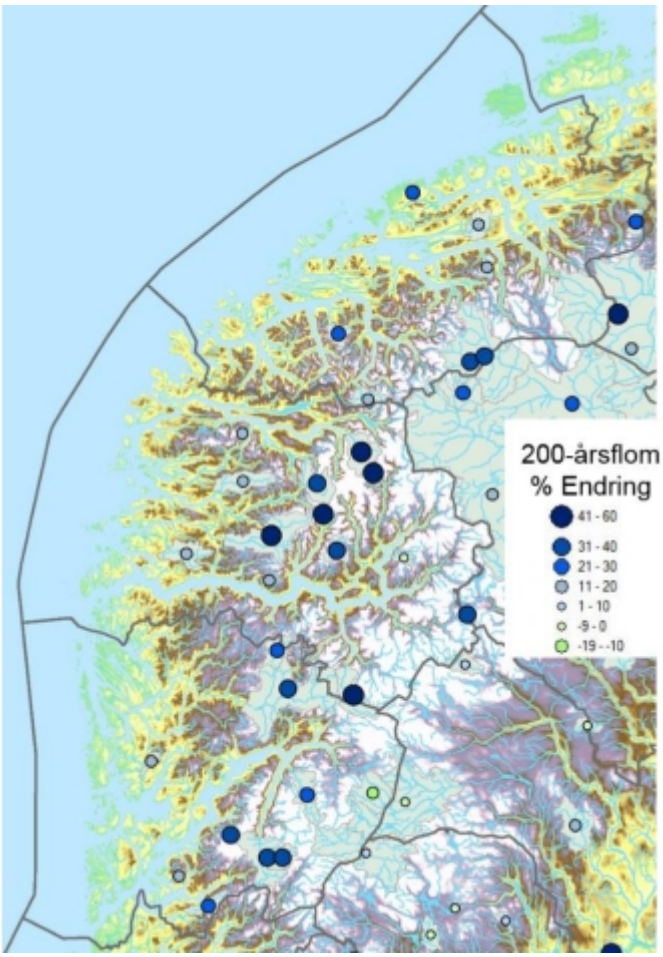
Sjøholt ligger i et område der høst - og vinterflommer dominerer, og det sjelden er vårflommer (Pettersson, 2009). Figur 2-4 viser årspolarplott for to målestasjoner i samme region som Sjøholt.



Figur 2-4 Årspolarplott for 101.1 Engetvatn og 98.4 Øye.

2.4. Klimaendringer og klimatillegg

Det pågår forskning på hvordan klimaendringer vil påvirke beregnede dimensjonerende flommer. NVE har estimert forventet endring i 200-års - og 1000-årsflom mot slutten av dette århundret basert på tilgjengelige klimafremskrivninger og kalibrerte hydrologiske modeller (HBV-modeller) (Lawrence, 2016). Generelt er det forventet at flommer forårsaket av regn vil øke, mens snøsmelteflommer i større vassdrag vil avta. Ekstremnedbøren er forventet å øke i hele landet. Klimaprofil for Møre og Romsdal anbefaler et klimatillegg på 20% - 40%. Sjøholt ligger i et område der det forventes en økning i flomstørrelser på 30 % (Lawrence, 2016). For små nedbørfelt (mindre enn 50 km²) anbefales det å bruke klimafaktor 1,4 for kulminasjonsflom. (NVE, 13/2015). På bakgrunn av dette, er beregnede flomverdier justert opp 40 % for å ta hensyn til forventede klimaendringer.

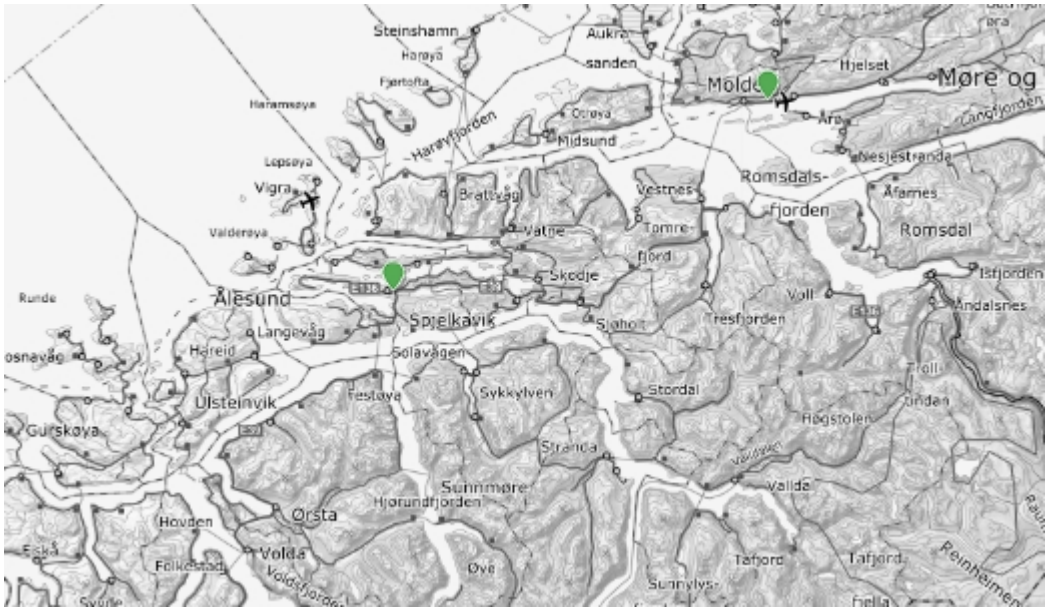


Figur 2-5 Forventet endring i 200-årsflom (Kilde: Lawrence, 2016)

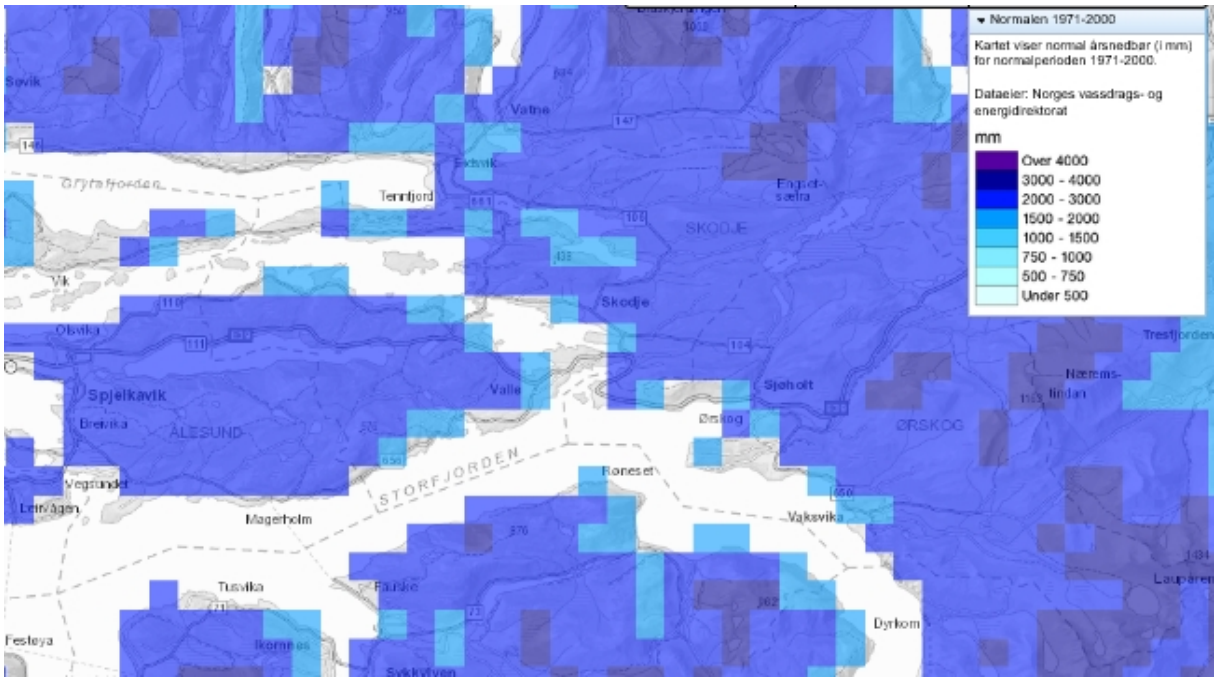
2.5. Nedbørdata

Det er to meteorologiske målestasjoner som måler timesnedbør i rimelig nærhet til prosjektområdet, se Figur 2-6. Den nærmeste målestasjonen er SN60940 Ålesund-Spjelkavik. Denne målestasjonen ligger ca. 24 km fra prosjektområdet, og har tilgjengelige data for 25 sesonger i perioden 1970 – 1995. Den andre målestasjonen er SN62290 Molde - Nøisomhed. Denne målestasjonen ligger ca. 34 km fra prosjektområdet, og har tilgjengelige data for 14 sesonger i 1974-2018. Det er valgt å bruke data fra SN60940 Ålesund-Spjelkavik da denne stasjonen har lengst dataserie, og ligger nærmest

prosjektområdet. Kart over normal årsnedbør tilgjengelig fra www.senorge.no, viser at Spjelkavik og Sjøholt ligger i samme intervall for årsnedbør, se Figur 2-7. Målestasjonen har trolig sammenfallende nedbør - og klimaforhold med Sjøholt sentrum. IVF-kurvene for målestasjonen er vist i Tabell 2-2.



Figur 2-6 Målestasjoner med tilgjengelige IVF-kurver i nærheten av Sjøholt (Kilde: Norsk Klimaservicesenter)



Figur 2-7 Årsnedbør (mm) for normalperioden 1971 – 2000 (Kilde: www.senorge.no).

Tabell 2-2 IVF-kurver for målestasjon SN60940 Ålesund - Spjelkavik

Nedbørdata i l/s·ha (IVF-kurver) - hentet fra Norsk Klimaservicesenter

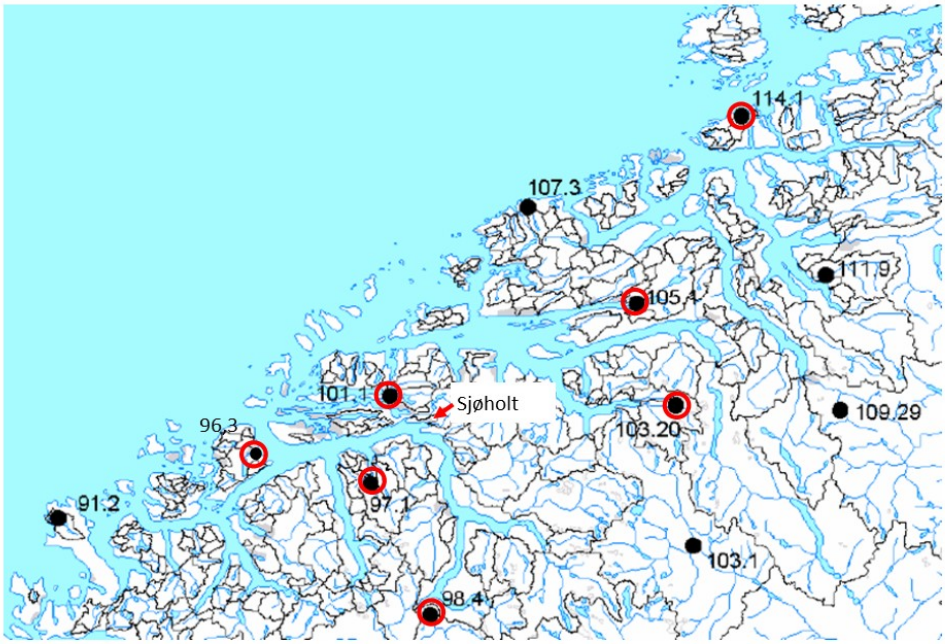
SN60940 ÅLESUND - SPJELKAVIK																	
Avstand fra prosjektfelt: ca. 24 km																	
Antall sesonger: 25																	
		Regnvarighet [min]															
		1	2	3	5	10	15	20	30	45	60	90	120	180	360	720	1440
Gjentaksintervall [år]	2	153,7	123,0	105,4	86,4	59,7	48,8	42,9	34,1	27,2	24,0	20,6	18,6	15,8	11,7	8,6	5,6
	5	192,0	141,9	123,3	100,6	68,3	55,8	50,2	41,1	32,5	28,1	23,4	21,0	17,7	13,7	10,6	6,9
	10	217,3	154,4	135,2	110,0	74,0	60,5	55,0	45,7	36,0	30,8	25,2	22,5	18,9	15,1	11,9	7,8
	20	241,7	166,4	146,7	119,1	79,4	64,9	59,7	50,1	39,4	33,4	27,0	24,0	20,1	16,4	13,2	8,7
	25	249,4	170,2	150,3	122,0	81,2	66,4	61,1	51,5	40,5	34,2	27,5	24,5	20,5	16,8	13,6	9,0
	50	273,1	181,9	161,5	130,8	86,5	70,7	65,6	55,9	43,8	36,8	29,3	26,0	21,6	18,1	14,9	9,8
	100	296,7	193,5	172,5	139,6	91,8	75,0	70,1	60,2	47,1	39,3	31,0	27,4	22,8	19,4	16,1	10,7
	200	323,9	199,8	178,0	144,8	95,9	78,4	73,8	64,0	50,0	41,6	32,7	28,8	23,9	20,7	17,3	11,5

2.6. Referansestasjoner

Det finnes ikke dataserier for vannføring fra de fire elvene som renner inn mot Sjøholt sentrum. Det er derfor benyttet data fra NVEs målestasjoner i området (referansestasjoner). Det er vurdert sju stasjoner i samme region som Sjøholt. Stasjonene er vist på kart i Figur 2-8 (markert med rød sirkel). Feltparametere for nedbørfeltene til referansestasjonene er vist i Tabell 2-3.

Tabell 2-3 Feltparametere for nedbørfelt til referansestasjoner

Feltparameter	**97.1 Fetvatn**	**105.1 Osenelv v/Øren**	**103.20 Isa v/Morstøl Bru**	**98.4 Øye ndf.**	**101.1 Engsetvatn**	**96.3 Hareids elv**	**114.1 Myra**
Areal (km²)	91,8	138,3	44,0	139,1	39,9	40,0	16,0
qN (l/s*km²) (1961-90)	90,9	47,7	70,1	62,5	55,9	43,6	48,0
qN (l/s*km²) (obs. fra etabell)	83,9	49,4	67,3	66,5	59,3	60,8	55,2
Ase (%) (inkl magasin)	1,5	4,7	0,3	0,3	11	5,4	0,0
Asnaufjell (%)	49,2	9,5	73,2	65,2	11,2	17,4	43,2
Abre (%)	0	0	0	0	0	0	0
Amyr (%)	0,6	15,6	0,3	0,4	1,6	1,0	13,2
Askog (%)	36,5	57,8	18,4	18,2	60,4	35,4	38,4
Asjø (%)	2,1	8,1	2,1	4,2	11,1	10,9	0
Feltlengde (km)	13,6	18,1	9,9	15,2	10,6	8,5	6,3
Hovedelvas gradient, St (m/km)	43,5	20,5	98,4	62,3	12,5	23,7	10,6
Hmin (moh)	1	5	110	144	45	18	29
H20 (moh)	10	71	332	424	46	23	47
H25 (moh)	231	106	576	604	64	35	61
H30 (moh)	381	148	744	762	92	67	85
H50 (moh)	491	184	852	874	122	118	165
H70 (moh)	595	236	913	980	159	179	219
H75 (moh)	715	283	1003	1083	208	242	293
H80 (moh)	837	329	1115	1180	278	285	380
Hmaks (moh)	959	381	1231	1279	361	344	469
Kvalitet på data	Middels, usikker ved stormflo	Ikke opplyst i Hydra II	Usikker	God	Bra	Middels	Dårlig på flom og lavvann
Antall år med data	71	94	44	26	89	31	27



Figur 2-8 Vannføringsstasjoner i samme region som Sjøholt (Kilde: Pettersson, 2009)

3. FLOMBEREGNINGER

3.1. Metoder

Beregningene er utført i henhold til NVEs retningslinjer for flomberegninger og NVEs veileder for flomberegning i små nedbørfelt.

Det er benyttet tre ulike metoder for å beregne flomstørrelser:

- Flomfrekvensanalyse
- Nasjonalt formelverk for små nedbørfelt (NIFS-formel)
- Den rasjonale formel

3.2. Flomfrekvensanalyse

Flomfrekvensanalyse anbefales brukt for nedbørfelt med feltareal over 1 km² (NVE, 97/2015).

3.2.1. Valg av referansefelt

Det er gjort flomfrekvensanalyse for dataserie til målestasjonen 98.4 Øye. Denne stasjonen er vurdert å være den beste egnede referansestasjonen basert på kvalitet på dataserier til de vurderte stasjonene og sammenfallende parametere med nedbørfeltene til elvene på Sjøholt. Analysen er utført ved bruk av programmet DAGUT (ekstremverdianalyse) i NVEs database Hydra II. Det er beregnet middelflom og vekstfaktorer.

3.2.2. Middelflom og vekstfaktor

Middelflommen er gjennomsnitt av største flom hvert år eller hver sesong. q_M er spesifikk middelflom, dvs. flom per areal (l/s/km²).

Vekstfaktor (Q_T/Q_M) er forholdet mellom middelflom og flom med ulike gjentaksintervall.
Beregningene bruker flommenes middelvannføring over et døgn (døgnmiddel).

Tabell 3-1 Flomfrekvensanalyse for valgt referansefelt

Valgt referansefelt	Q_M [m³/s]	q_M [l/s/km²]	Q_5/Q_M [m³/s]	Q_{10}/Q_M [m³/s]	Q_{20}/Q_M [m³/s]	Q_{50}/Q_M [m³/s]	Q_{100}/Q_M [m³/s]	Q_{200}/Q_M [m³/s]	Q_{500}/Q_M [m³/s]	Q_{1000}/Q_M [m³/s]
98.4 Øye ndf.	59,650	429	1,149	1,277	1,403	1,569	1,696	1,825	2,000	2,134

I videre beregninger, er verdien for q_M for de aktuelle elvene på Sjøholt beregnet ved å skalere middelflom (m³/s) for 98.4 Øye ndf basert på forskjell i feltareal. Det er benyttet samme vekstfaktor Q_T/Q_M som for 98.4 Øye ndf.

3.2.3. Døgnmiddelverdi og kulminasjonsverdi

Flomfrekvensanalysen er utført på døgnmiddelverdier. Flommens kulminasjonsverdi er estimert fra forholdet mellom flommens kulminasjonsverdi (spissverdi), Q_{mom} og døgnmiddel, $Q_{døgn}$ for høstflom som er gitt ved følgende regresjonsligning:

Høstflom: $Q_{mom}/Q_{døgn} = 2,29 - 0,29 * \log A - 0,270 * A_{SE}^{0,5}$

Der A er nedbørfeltets areal og A_{SE} er effektiv sjøprosent i nedbørfeltet.

Benyttede forholdstall mellom døgnmiddelflom og kulminasjonsflom er vist i Tabell 3-2.

Tabell 3-2 Forholdstall $Q_{mom}/Q_{døgn}$

Elv	Ørskogelva	Pe-Larselva	Wenselelva	Liaelva
$Q_{mom}/Q_{døgn}$, høst	1,68	2,26	2,10	2,37

3.3. Nasjonalt formelverk for små nedbørfelt (NIFS-formel)

NVE har utviklet et nasjonalt formelverk for beregning av middelflom og vekstkurver for felt < 50 km^2 (NVE, 7/2015). Formelverket er basert på regresjonsanalyser og er testet på over 4000 nedbørfelt. Inngangsparameterne til formelen er feltareal, midlere avrenning og effektiv sjøprosent. Det henvises til NVE (2015) for beskrivelse av formelverket. Formlene blir benyttet for nedbørfeltene når feltarealene er < 50 km^2.

Resultatene gitt av flomformlene fra NVE (7/2015) er vist i Tabell 2-8. Flomverdiene (medianverdi) er gitt som kulminasjonsverdier.

3.4. Den rasjonale formel

Den rasjonale formel er gitt i Håndbok N200 (Statens vegvesen, 2014):

$$Q\left(\frac{m^3}{s}\right) = C \cdot i\left(\frac{l}{s * ha}\right) \cdot A(ha)$$

Hvor:

C er avrenningsfaktor (dimensjonsløs)

i er nedbørintensitet (l/s/ha)

A er feltareal (ha)

3.4.1. Nedbørintensitet

Nedbørintensiteten i nedbørfeltet bestemmes for aktuelt gjentaksintervall og regnvarighet. Regnvarighet er gitt av nedbørfeltets konsentrasjonstid. Nedbørintensiteten bestemmes fra en IVF-kurve (intensitet, varighet og frekvens for nedbør) fra en nærliggende meteorologisk målestasjon som måler timesnedbør.

3.4.2. Nedbørfeltets konsentrasjonstid

Konsentrasjonstiden til nedbørfeltet, t_C, er oppgitt i minutter, og er beregnet etter formel gitt i Håndbok N200 (Statens vegvesen, 2014):

$$t_C = 0{,}6LH^{-0{,}5} + 3000A_{SE}$$

Hvor:

L er lengden av nedbørfeltet (m)

H er høydeintervall i nedbørfeltet (m)

A_{SE} er effektiv sjøprosent ($0 \leq A_{SE} \leq 1$)

3.4.3. Avrenningsfaktor

Avrenningsfaktoren, C, er et mål på hvor mye av den totale nedbøren som drenerer fra et område. Faktorens størrelse er avhengig av terrengtype, vegetasjon, helning og sannsynlighet for overflateavrenning fra feltet. Det er benyttet erfaringstall for avrenningsfaktorer for ulike terrengtyper oppgitt i Håndbok N200 (Statens vegvesen, 2014). Avrenningsfaktorene er vist i Tabell 3-3. I henhold til Håndbok N200 (Statens vegvesen, 2014), skal verdiene på C-faktorene økes med økende gjentaksintervall for å ta hensyn til økt metningsgrad i bakken. Anbefalt økning av verdi for C-faktor er vist i

Tabell 3-4.

Tabell 3-3 Erfaringstall for avrenningsfaktorer

Overflatetype	**Anbefalt C-verdi** (SVV, 2014)	**Valgt C**
Betong, asfalt, bart fjell, frosset mark	0,6 – 0,9	0,8
Grusveier	0,3 – 0,7	0,6
Dyrket mark og parkområder	0,2 – 0,4	0,4
Skogsområder og myr	0,2 – 0,5	0,3

Tabell 3-4 Økning av verdi for C-faktor med økt gjentaksintervall

Returperiode [år]		**Anbefalt tillegg** (SVV, 2014)
Fra	Til	
0	10	0 %
11	25	10 %
26	50	20 %
51	100	25 %
101	200	30 %

3.5. Resultater

3.5.1. Ørskogelva

Flomstørrelser for Ørskogelva beregnet med de ulike metodene beskrevet i kapittel 3.2 - 3.4 er vist i Tabell 3-5. For Ørskogelva er det benyttet NIFS-formelverk og flomfrekvensanalyse, da disse metodene er best egnet i forhold til feltstørrelse. Det er et relativt stort avvik mellom resultatene fra de to metodene. Ved beregning av middelflom med formelverket for små nedbørfelt (NIFS-formel) er den spesifikke middelvannføringen (q_N) og dermed middelvannføringen i m^3/s en stor kilde til usikkerhet. Det er derfor anbefalt å benytte middelflom basert på observerte dataserier. For vekstkurve anbefales det å benytte vekstkurve fra NIFS-formelen, da den vurderes som robust og lite sensitiv for lokale variasjoner (NVE, 97/2015). Det er derfor valgt resultatet fra denne metoden som endelig flomstørrelse for Ørskogelva. Beregnet flomstørrelse fra endelig valgt metode er vist i Tabell 3-6.

Tabell 3-5 Beregnede flomvannføringer for Ørskogelva

Flomvannføringer fra forskjellige metoder

Metode	**Kulminert flomvannføring [m³/s]**								
	Q_M	**Q_5**	**Q_{10}**	**Q_{20}**	**Q_{50}**	**Q_{100}**	**Q_{200}**	**Q_{500}**	**Q_{1000}**
NIFS-formelverk	45,44	55,36	64,44	74,18	88,75	101,44	115,87	138,13	157,78
Frekvensanalyse	34,62	55,68	61,89	67,99	76,04	82,19	88,44	96,92	103,42
Frekvensanalyse med vekstkurve fra NIFS	34,62	42,18	49,09	56,51	67,61	77,28	88,27	105,23	120,20

Tabell 3-6 Valgt flomstørrelse for Ørskogelva

Valgt flomvannføring	
Q_{200} (m³/s)	**88,27**
Q_{200} (m³/s), klimatilpasset	**123,58**
q_{200} (l/s/km²), klimatilpasset	**2575**
q_{1000} (l/s/km²), døgn	**1491**

3.5.2. Pe-Larselva

Flomstørrelser for Pe-Larselva beregnet med de ulike metodene beskrevet i kapittel 3.2 - 3.4 er vist i Tabell 3-7. Det er benyttet NIFS-formel, flomfrekvensanalyse og den rasjonale formel. Det er stor spredning i resultatene fra de tre metodene. Det er valgt å benytte resultater fra metode med middelflom fra flomfrekvensanalyse og vekstfaktor fra NIFS-formel, da dette er tilnærmet gjennomsnittsverdi. Beregnet flomstørrelse fra endelig valgt metode er vist i Tabell 3-8.

Tabell 3-7 Beregnede flomvannføringer for Pe-Larselva

Flomvannføringer fra forskjellige metoder

Metode	**Kulminert flomvannføring [m³/s]**								
	Q_M	**Q_5**	**Q_{10}**	**Q_{20}**	**Q_{50}**	**Q_{100}**	**Q_{200}**	**Q_{500}**	**Q_{1000}**
NIFS-formelverk	1,84	2,25	2,63	3,03	3,64	4,16	4,76	5,68	6,49
Frekvensanalyse	1,24	1,99	2,22	2,44	2,72	2,94	3,17	3,47	3,70
Frekvensanalyse med vekstkurve fra NIFS	1,24	1,52	1,77	2,05	2,45	2,81	3,21	3,83	4,38
Rasjonale formel		1,31	1,44	1,71	2,06	2,29	2,52		

Tabell 3-8 Valgt flomstørrelse for Pe-Larselva

Valgt flomvannføring	
Q_{200} (m³/s)	**3,21**
Q_{200} (m³/s), klimatilpasset	**4,50**
q_{200} (l/s/km²), klimatilpasset	**3513**
q_{1000} (l/s/km²), døgn	**-**

3.5.3. Wensellelva

Flomstørrelser for Wensellelva beregnet med de ulike metodene beskrevet i kapittel 3.2 - 3.4 er vist i Tabell 3-9. Det er benyttet NIFS-formel, flomfrekvensanalyse og den rasjonale formel. Det er stor spredning i resultatene fra de tre metodene. Resultatet fra flomfrekvensanalysen er tilnærmet gjennomsnittsverdi. Det er valgt å benytte resultater fra metode med middelflom fra

flomfrekvensanalyse og vekstfaktor fra NIFS-formel, da dette er anbefalt i (NVE, 97/2015). Beregnet flomstørrelse fra endelig valgt metode er vist i Tabell 3-10.

Tabell 3-9 Beregnede flomvannføringer for Wensellelva

Flomvannføringer fra forskjellige metoder

Metode	**Kulminert flomvannføring [m³/s]**								
	Q_M	**Q_5**	**Q_{10}**	**Q_{20}**	**Q_{50}**	**Q_{100}**	**Q_{200}**	**Q_{500}**	**Q_{1000}**
NIFS-formelverk	2,40	2,94	3,43	3,96	4,74	5,43	6,21	7,41	8,47
Frekvensanalyse	1,66	2,67	2,97	3,26	3,64	3,94	4,24	4,64	4,95
Frekvensanalyse med vekstkurve fra NIFS	1,66	2,03	2,37	2,73	3,27	3,74	4,28	5,11	5,84
Rasjonale formel		0,81	0,89	1,06	1,28	1,43	1,58		

Tabell 3-10 Valgt flomstørrelse for Wensellelva

Valgt flomvannføring	
Q_{200} (m³/s)	**4,28**
Q_{200} (m³/s), klimatilpasset	**5,99**
q_{200} (l/s/km²), klimatilpasset	**3257**
q_{1000} (l/s/km²), døgn	**1510**

3.5.4. Liaelva

Flomstørrelser for Liaelva beregnet med de ulike metodene beskrevet i kapittel 3.2 - 3.4 er vist i Tabell 3-11. Det er benyttet NIFS-formel og den rasjonale formel. Det er stort avvik i resultatene fra de tro metodene. Det er valgt å benytte resultatet fra den rasjonale metode, da feltet er lite og relativt urbant. Beregnet flomstørrelse fra endelig valgt metode er vist i Tabell 3-12.

Tabell 3-11 Beregnede flomvannføringer for Liaelva

Flomvannføringer fra forskjellige metoder

Metode	**Kulminert flomvannføring [m³/s]**								
	Q_M	**Q_5**	**Q_{10}**	**Q_{20}**	**Q_{50}**	**Q_{100}**	**Q_{200}**	**Q_{500}**	**Q_{1000}**
NIFS-formelverk	0,91	1,11	1,30	1,50	1,79	2,05	2,34	2,80	3,19
Rasjonale formel		0,69	0,76	0,90	1,09	1,21	1,33		

Tabell 3-12 Valgt flomstørrelse for Liaelva

Valgt flomvannføring	
Q_{200} (m³/s)	**1,33**
Q_{200} (m³/s), klimatilpasset	**1,86**
q_{200} (l/s/km²), klimatilpasset	**3448**
q_{1000} (l/s/km²), døgn	**-**

3.6. Vurdering av beregnede flomstørrelser

Det er gjort en vurdering av resultatet av beregnede flomstørrelser. Det er brukt verdier uten klimatillegg. Flomformler for små nedbørfelt oppgir et variasjonsområde som skal inkludere 95% av de

forventede flommene for hvert gjentaksintervall (95% konfidensintervall). Beregnede verdier for Q_{200} er sammenlignet med konfidensintervallet.

Det er også gjort en sammenligning av spesifikk døgnmiddelverdi for 1000-årsflom og erfaringstall fra Vestlandet. For nedbørfelt mindre enn 50 km² ligger erfaringstallene stort sett mellom 1500 l/s/km² - 3000 l/s/km². Verdier over 2000 l/s/km² er registrert et stykke innenfor kysten. I felt helt ut mot kysten er verdiene oftest i underkant av 2000 l/s/km² (NVE, 2011).

Tabell 3-13 Sammenligning av beregnede flomverdier og erfaringstall

Elv	Ørskogelva	Pe-Larselva	Wenselelva	Liaelva
Beregnet kulminasjonsverdi, Q_{200} (m³/s)	88,3	4,5	4,3	1,33
Variasjonsområde, NIFS-formelverk (nedre-øvre)	56,4-225,7	2,1-8,6	3,3-13,1	1,1-4,39
Beregnet døgnmiddelverdi, q_{1000} (l/s/km²)	1491	1515	1510	-
Erfaringstall døgnmiddelverdi, q_{1000} (l/s/km²)	1500 - 3000			

Beregnede verdier for kulminasjonsverdi for Q_{200} er innenfor forventet konfidensintervall. Beregnede verdier for døgnmiddelverdi for q_{1000} er i samsvar med erfaringstallene. Beregnede flomstørrelser vurderes å være rimelige.

3.7. Resultater brukt i videre beregninger

Beregnede flomstørrelser som er benyttet i videre beregninger er vist i Tabell 3-14.

Tabell 3-14 Flomstørrelser benyttet i videre beregninger

Elv	Ørskogelva	Pe-Larselva	Wenselelva	Liaelva
Q_{200} (m³/s)	88,3	4,5	4,3	1,3
Q_{200} (m³/s), klimatilpasset	123,6	6,3	6,0	1,9

4. VANNLINJEBEREGNINGER

4.1. Terrengmodell

Det er generert en terrengmodell i ArcMap 10.6. Terrengmodellen er basert på laserdata med 0,5 meters oppløsning hentet fra Kartverkets forvaltningsløsning Høydedata. Terrengmodellen inneholder bygninger, men ikke oppstikkende detaljer som trær.

4.2. Ørskogelva

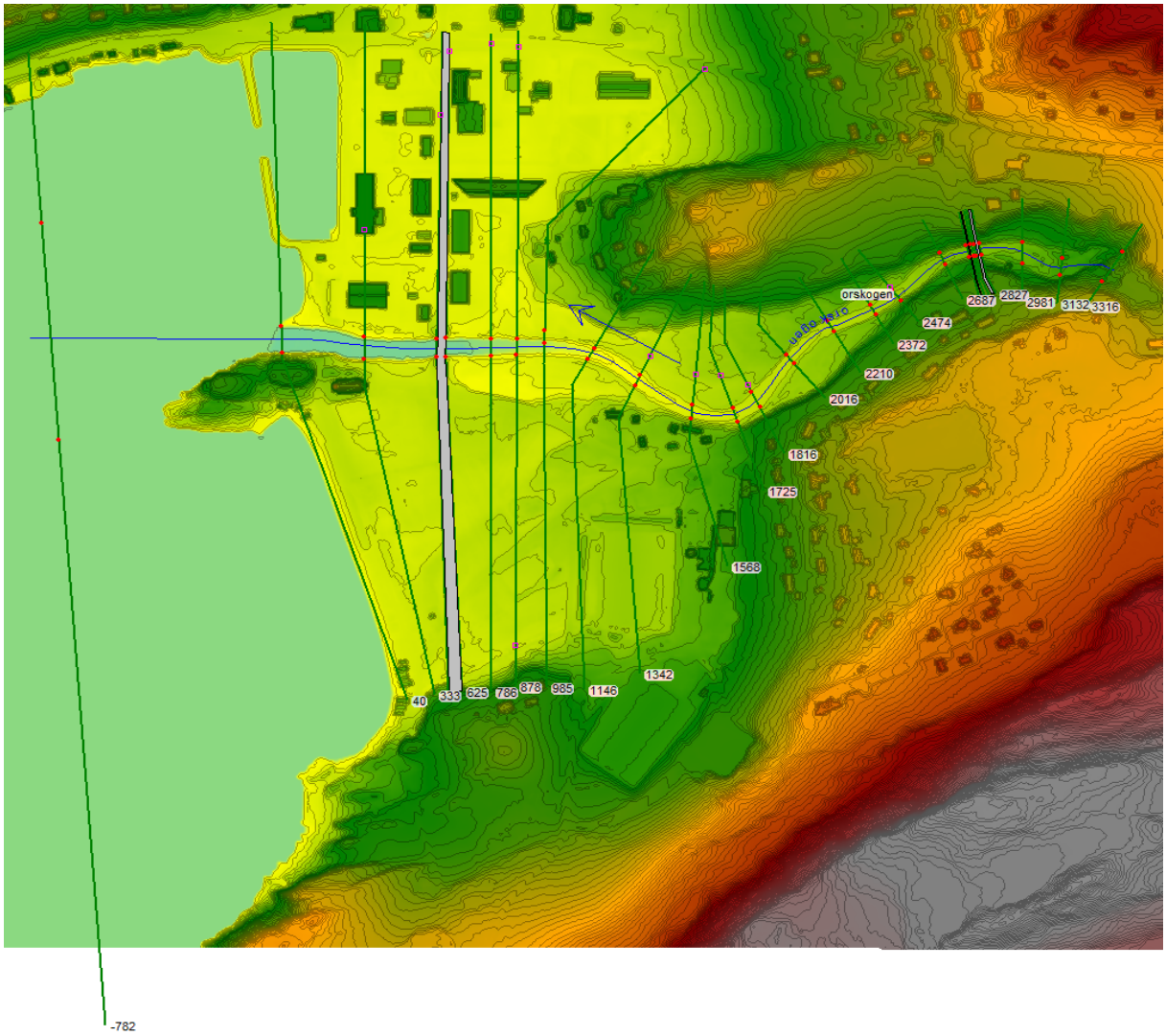
4.2.1. Beregninger

Det er satt opp en endimensjonal vannlinjemodell i HEC-RAS 5.0.5, vist i Figur 4-1, på bakgrunn av den genererte terrengmodellen. Dimensjoner for bru ved Sjøholt sentrum (Kyrkjevegen) er antatt fra terreng. Dimensjoner for Steinholtbrua (bilvei og G/S-vei), er hentet fra tegninger gitt av Statens vegvesen. Ruhetsverdier benyttet i modellen er basert på standardverdier i *Vassdragshåndboka* (Fergus m.fl. ,2010). Verdiene er vist i Tabell 4-1.

Tabell 4-1 Ruhetsverdier benyttet i vannlinjemodell

Ruhetsregion	n
Bekkeløp	0,04
Veg	0,015
Annet	0,05
Kulvert	0,024

Modellen er kjørt for strømningsregime *steady flow*. Som oppstrøms grensebetingelse er det benyttet normaldybde (S=0.5). Som nedre grensebetingelse er det benyttet havnivå ved 1-års stormflo (Ryalen og Orvedal, 2015). Havnivåene er hentet fra Kartverkets tjeneste Se havnivå, hvor havnivå ved 1-års stormflo/høyvann er **137 cm** (WS=1,37) (se vedlegg 1).



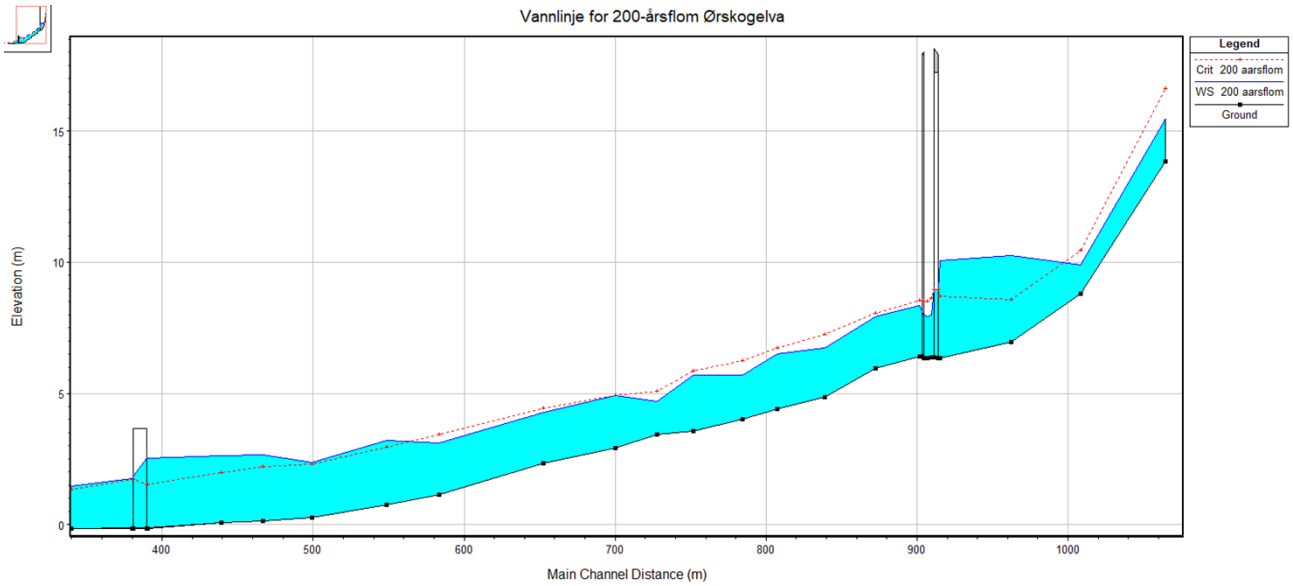
Figur 4-1 1D vannlinjemodell for Ørskogelva

4.2.2. Resultater

Beregnet flomvannstand for de ulike profilene langs Ørskogelva er vist i Tabell 4-2. Lengdeprofil som viser beregnet vannlinje er vist i Figur 4-2.

Tabell 4-2 Resultat fra vannlinjeberegning ved 200-årsflom, Ørskogelva

Profil nr.	Vannføring [m3/s]	Vannhastighet [m/s]	Bekkebunn [moh]	Vannlinje [moh]	Vannstand [m]
3316	123,6	14,83	13,83	15,46	1,63
3132	123,6	6,49	8,80	9,89	1,09
2981	123,6	1,50	6,96	10,26	3,30
2827	123,6	2,29	6,35	10,06	3,71
2820	Bridge				
2808	123,6	6,41	6,37	7,99	1,62
2798	123,6	6,31	6,34	7,91	1,57
2790	Bridge				
2781	123,6	4,86	6,41	8,33	1,92
2687	123,6	4,60	5,95	7,94	1,99
2474	123,6	5,48	4,87	6,72	1,85
2372	123,6	4,55	4,39	6,51	2,12
2210	123,6	5,09	4,00	5,70	1,70
2016	123,6	3,90	3,56	5,68	2,12
1816	123,6	4,95	3,43	4,70	1,27
1725	123,6	3,35	2,92	4,91	1,99
1568	123,6	3,97	2,34	4,27	1,93
1342	123,6	4,51	1,13	3,10	1,97
1146	123,6	2,58	0,75	3,19	2,44
985	123,6	3,80	0,28	2,35	2,07
878	123,6	1,34	0,13	2,65	2,52
786	123,6	1,19	0,07	2,63	2,56
625	123,6	1,66	-0,14	2,52	2,66
600	Bridge				
593	123,6	3,93	-0,14	1,74	1,88
333	123,6	3,17	-0,16	1,47	1,63



Figur 4-2 Lengdeprofil med beregnet vannlinje for Ørskogelva

4.3. Pe-Larselva, Wensellelva og Liaelva

4.3.1. Beregninger

Beregnede dreneringslinjer (Figur 2-3) viser at vannet fra Pe-Larselva, Wensellelva og Liaelva vil strømme via veier, og dels gjennom bebyggelse dersom kulverter og stikkrenner tilstoppes. En todimensjonal vannlinjemodell vil bedre simulere strømning over områder framfor et definert løp (som Ørskogelva) enn en endimensjonal modell. Det er derfor satt opp en todimensjonal modell i HEC-RAS 5.0.5 for å beregne flomsoner. Modellen er laget på bakgrunn av den genererte terrengmodellen, og omfatter alle fire elver som renner inn mot Sjøholt sentrum. Modellen er vist i Figur 4-4.

Dimensjoner for bru ved Sjøholt sentrum (Kyrkjevegen) er antatt fra terreng. Dimensjoner for Steinholtbrua (bilvei og G/S-vei) og undergang (gangkulvert) ved krysset mellom E39 og Solnørdalsvegen, er hentet fra tegninger gitt av Statens vegvesen. Data for kulverter og stikkrenner er gitt av Statens vegvesen (statlig eide veier) og Ørskog kommune. For noen kulverter/stikkrenner er dimensjoner satt fra antagelser basert på type og utforming eller tilgjengelig plass i terrenget.

Ruhetsverdier benyttet i modellen er basert på standardverdier i *Vassdragshåndboka* (Fergus m.fl. ,2010), se Tabell 4-1.

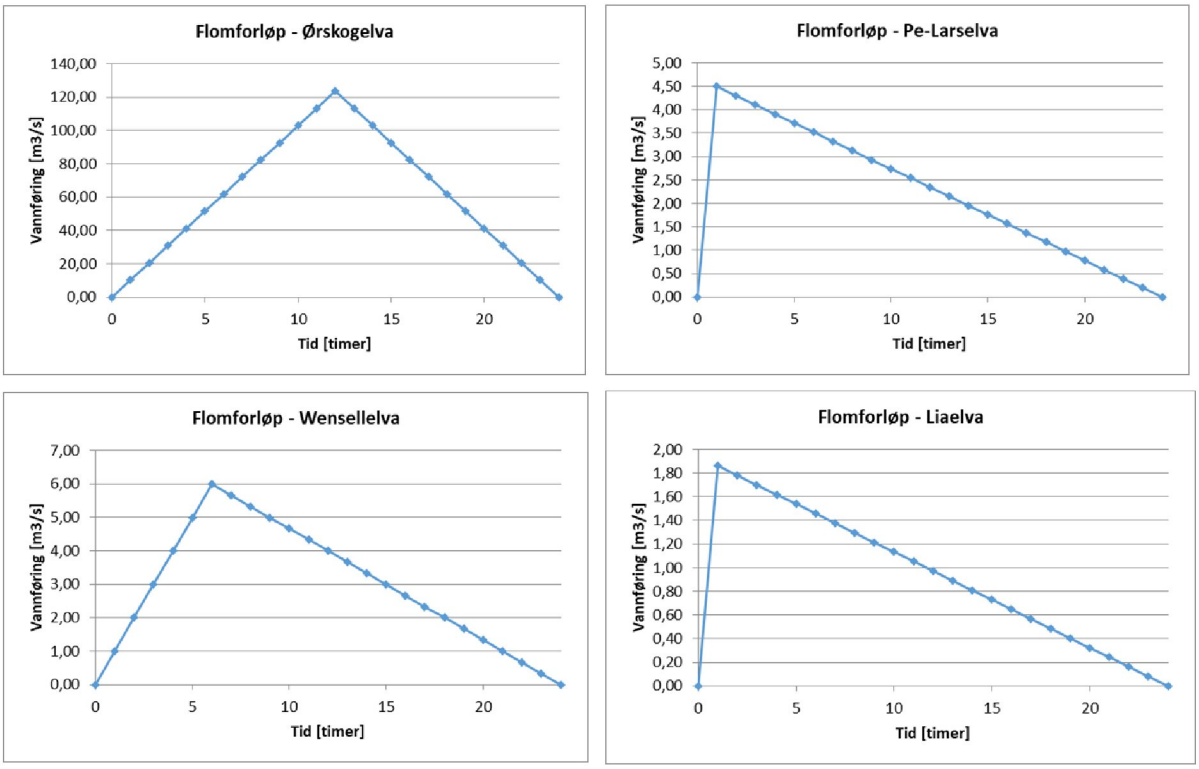
Det er gjort simuleringer for to ulike situasjoner. For situasjon 1, er det forutsatt at alle stikkrenner og kulverter er tette. For situasjon 2, er det forutsatt at stikkrenner og kulverter er åpne. Kulverten i Pe-Larselva er holdt lukket for begge situasjoner, da tidligere utredninger viser at kapasiteten i bekkelukkingen ikke er god nok (Asplan Viak, 2014). Resultater for situasjon 1 er vist Figur 5-2. Resultater for situasjon 2 er vist Figur 5-3.

Todimensjonal modellering i HEC-RAS 5.0.5 krever at flommen er gitt som et forløp, og ikke bare en konstant verdi som inngangsdata. Det er brukt et enkelt trekant-forløp over 24 timer, hvor flomtoppen er satt beregnet konsentrasjonstid. De konstruerte flomforløpene er vist i Figur 4-3.

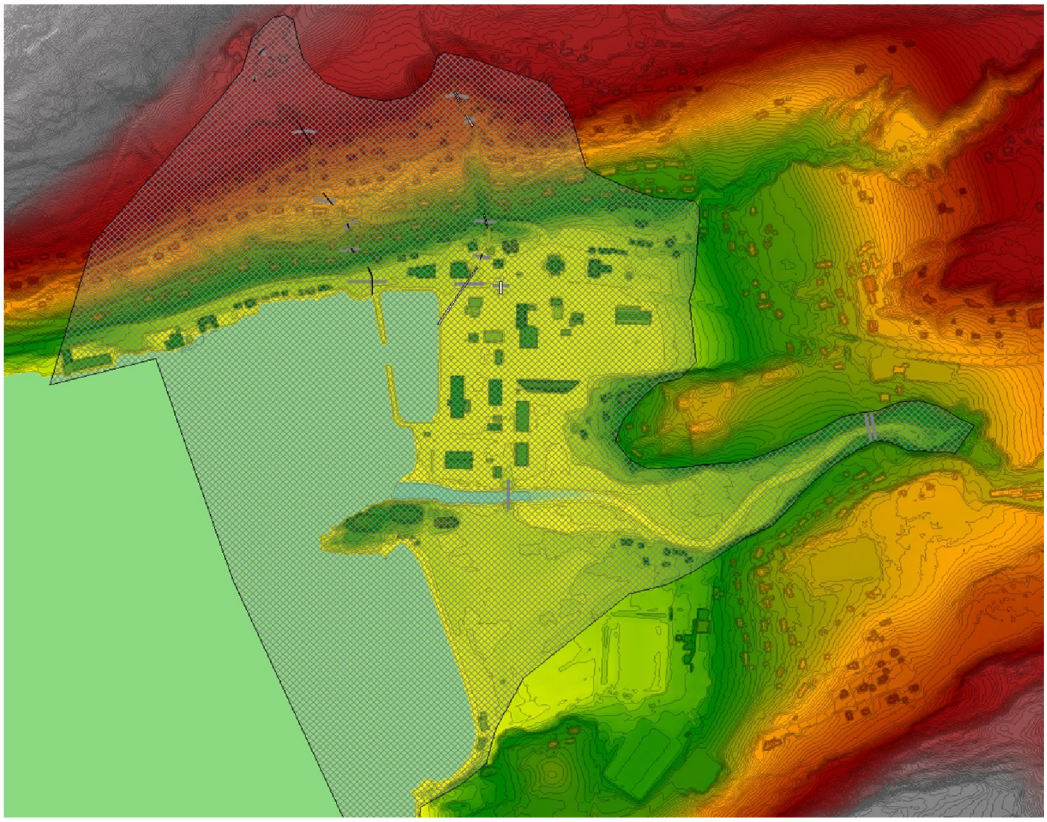
Grensebetingelsene som er benyttet er vist i Tabell 4-3.

Tabell 4-3 Grensebetingelser brukt i 2D vannlinjemodell

Grensebetingelser i vannlinjemodell					
Tid [timer]	UTLØP	INNLØP			
	orskogvika	**orskogelva**	**wensellelva**	**liaelva**	**pe-larselva**
		S=0.5	S=0.08	S=0.15	S=0.05
	Stage [m]	**Flow [m3/s]**	**Flow [m3/s]**	**Flow [m3/s]**	**Flow [m3/s]**
00:00	1,37	0,00	0,00	0,00	0,00
01:00	1,37	10,30	1,00	**1,86**	**4,50**
02:00	1,37	20,60	2,00	1,78	4,30
03:00	1,37	30,90	3,00	1,70	4,11
04:00	1,37	41,20	3,99	1,62	3,91
05:00	1,37	51,50	4,99	1,54	3,72
06:00	1,37	61,80	**5,99**	1,46	3,52
07:00	1,37	72,10	5,66	1,37	3,33
08:00	1,37	82,40	5,32	1,29	3,13
09:00	1,37	92,70	4,99	1,21	2,93
10:00	1,37	103,00	4,66	1,13	2,74
11:00	1,37	113,30	4,33	1,05	2,54
12:00	1,37	**123,60**	3,99	0,97	2,35
13:00	1,37	113,30	3,66	0,89	2,15
14:00	1,37	103,00	3,33	0,81	1,96
15:00	1,37	92,70	3,00	0,73	1,76
16:00	1,37	82,40	2,66	0,65	1,57
17:00	1,37	72,10	2,33	0,57	1,37
18:00	1,37	61,80	2,00	0,49	1,17
19:00	1,37	51,50	1,66	0,40	0,98
20:00	1,37	41,20	1,33	0,32	0,78
21:00	1,37	30,90	1,00	0,24	0,59
22:00	1,37	20,60	0,67	0,16	0,39
23:00	1,37	10,30	0,33	0,08	0,20
24:00	1,37	0,00	0,00	0,00	0,00



Figur 4-3 Konstruerte flomforløp til bruk i 2D vannlinjemodell

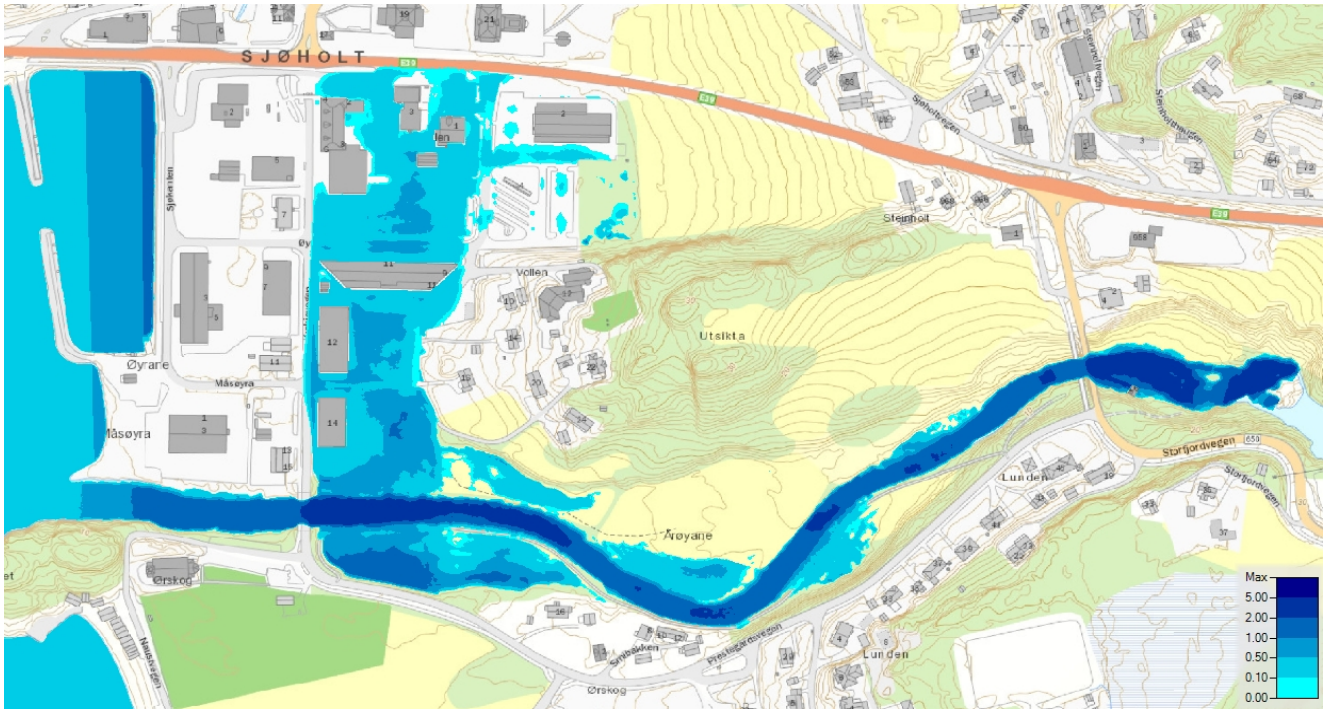


Figur 4-4 2D vannlinjemodell for Sjøholt sentrum.

5. FLOMSONEKART

5.1. Ørskogelva

Flomsonekart for Ørskogelva ved 200-årsflom med klimatillegg er vist i Figur 5-1. Flomsonekartet viser at den øvre delen av Sjøholt sentrum er utsatt for flom fra Ørskogelva. Det er behov for å etablere flomsikring på partier langs elva med lavtliggende terreng for å beskytte sentrum mot flom.

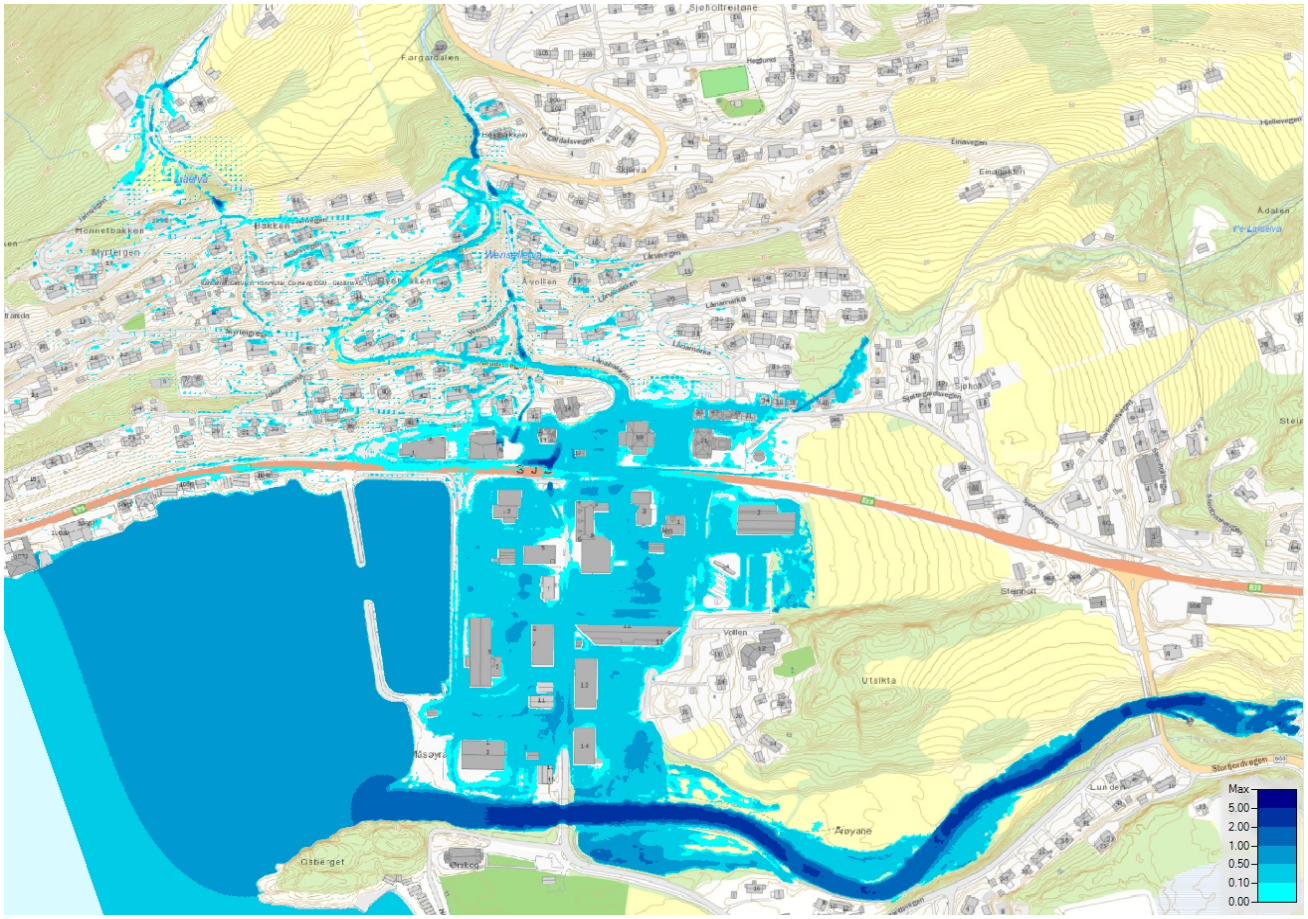


Figur 5-1 Flomsonekart for Ørskogelva ved 200-årsflom inkludert klimatillegg

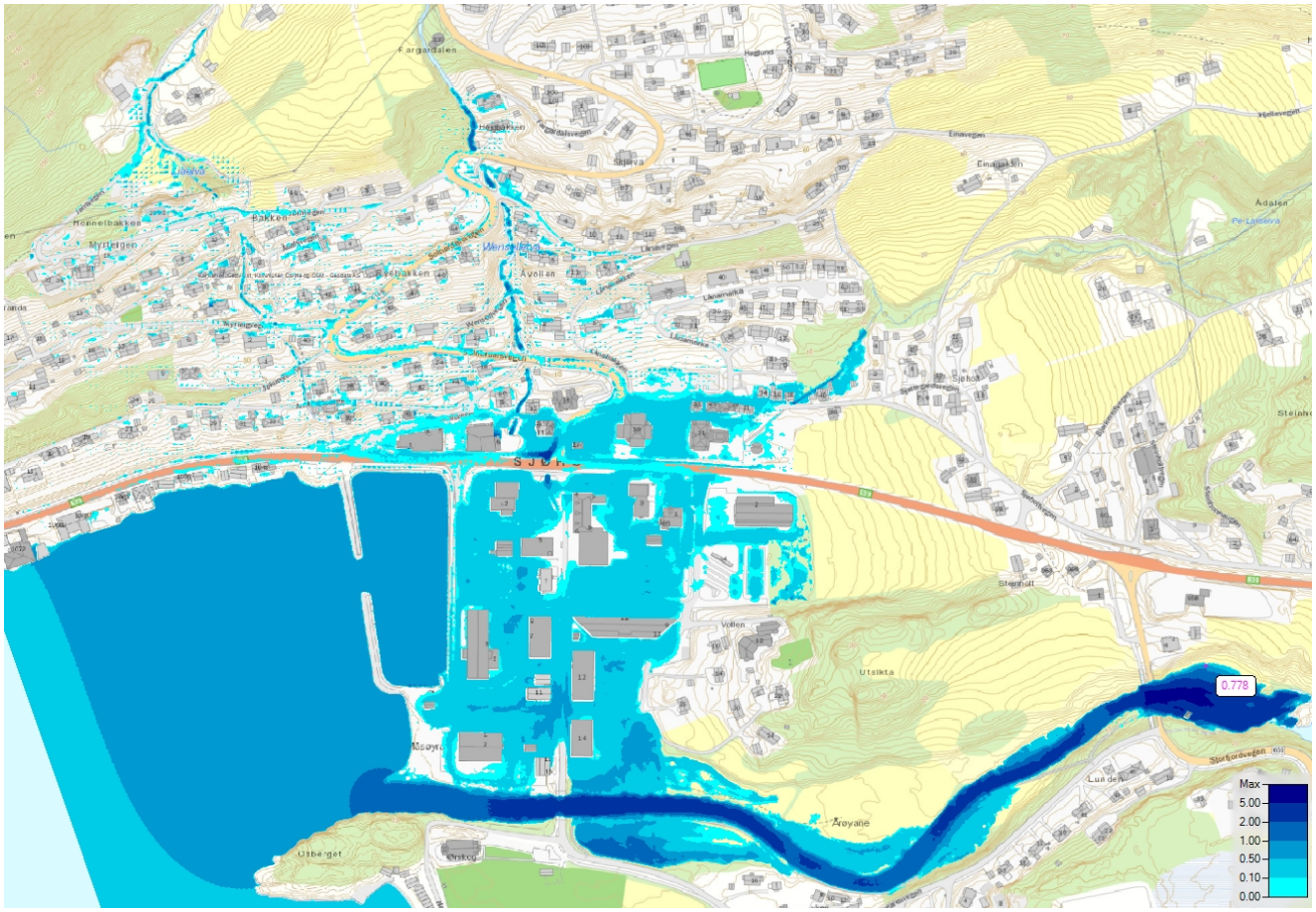
5.2. Sjøholt sentrum

Flomsonekart for Sjøholt sentrum ved 200-årsflom med klimatillegg er vist i Figur 5-2 og Figur 5-3. Figur 5-2 viser en situasjon der det er forutsatt at alle stikkrenner og kulverter er tette. Figur 5-3 viser en situasjon der det er forutsatt at stikkrenner og kulverter er åpne. Kulverten i Pe-Larselva er holdt lukket for begge situasjoner, jf. kapittel 4.3.

Flomsonekartene viser at den øvre delen av Sjøholt sentrum er utsatt for flom fra alle de fire elvene som renner inn mot sentrum. Simuleringene viser liten forskjell i utbredelse av flomsone fra situasjon 1 til situasjon 2. Dette viser at kapasiteten til stikkrenner og kulverter i Liaelva, Wenselleleva og Pe-Larselva ikke er tilstrekkelig for å avlede flom i elveløpene.



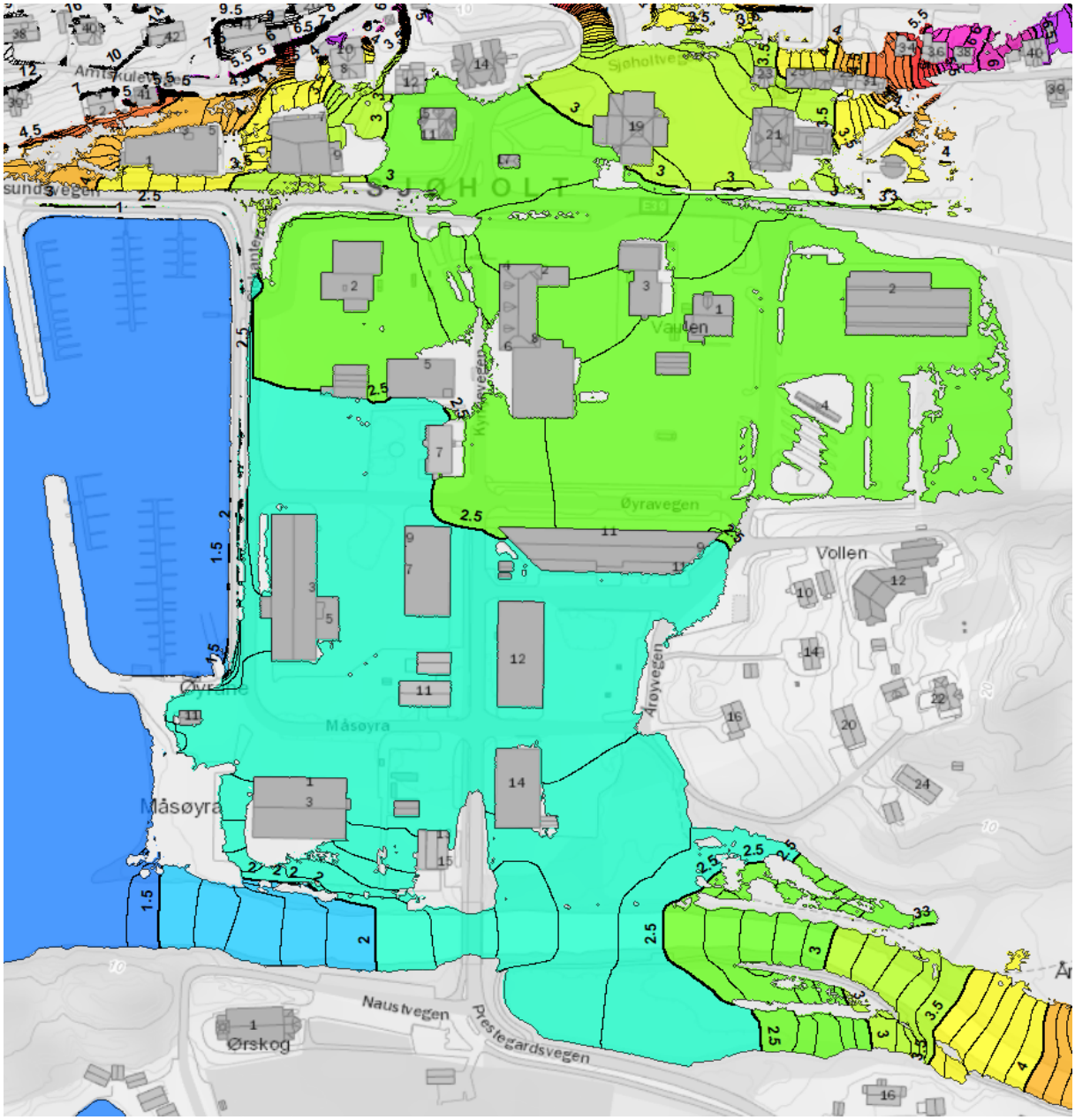
Figur 5-2 Flomsonekart for Sjøholt sentrum ved 200-årsflom inkludert klimatillegg. Kulverter/stikkrenner er lukket.



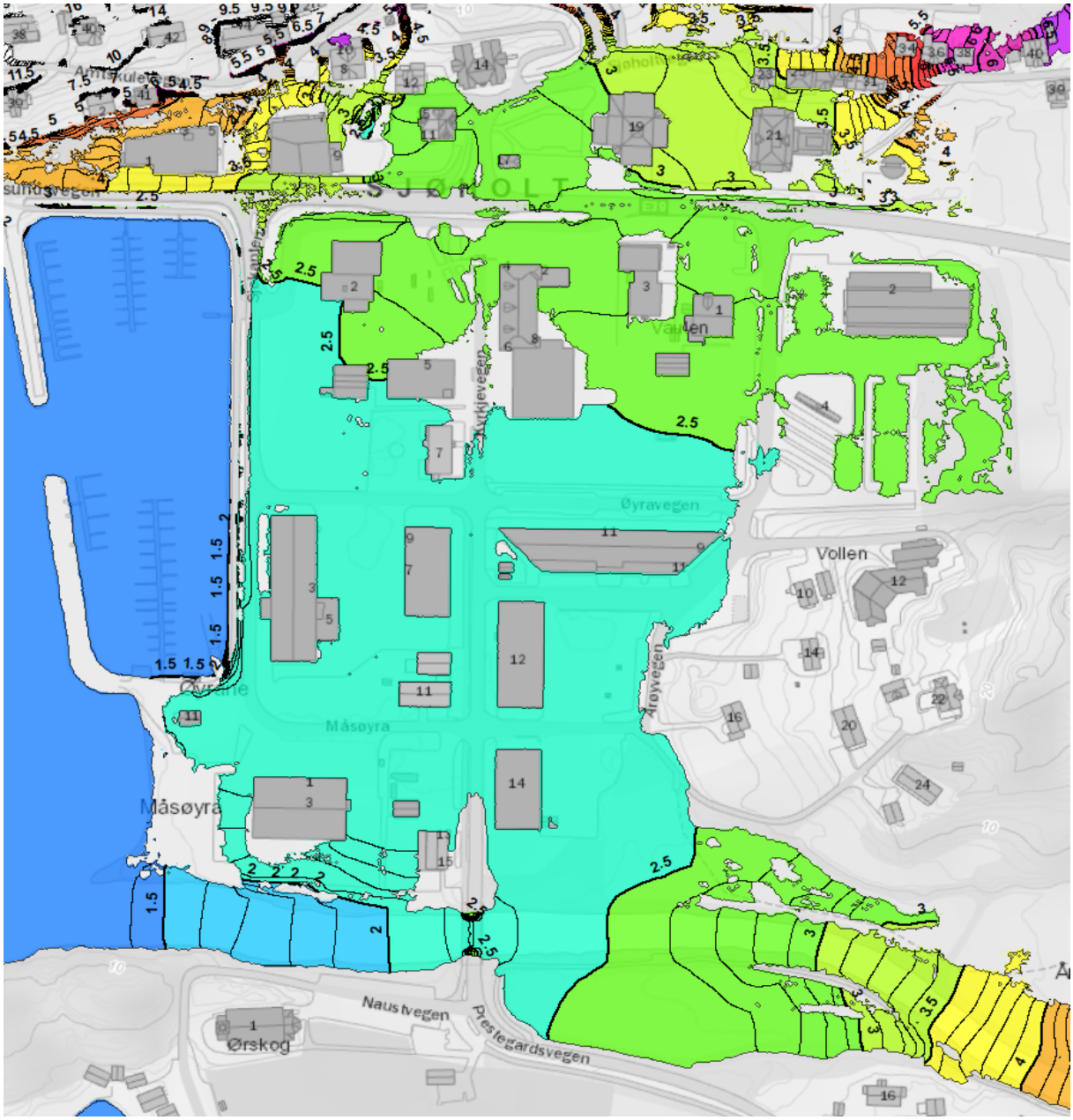
Figur 5-3 Flomsonekart for Sjøholt sentrum ved 200-årsflom inkludert klimatillegg. Kulverter/stikkrenner (unntatt Pe-Larselva) er åpne.

5.3. Flomsonekart med høydekoter

For å benytte flomsonekart til ulike planleggingsformål, er det behov for å kjenne til høydekoter på beregnet flomvannstand. Figur 5-4 og Figur 5-5 viser flomsonekart for Sjøholt sentrum med høydekoter. Fordi flomsonekartet er basert på en 2D hydraulisk modell, vises høydekotene i soner. Høydekoter er gitt med 0,1 m intervall, og endring i farge skjer med 0,5 m intervall. Som vedlegg til denne rapporten, er det utarbeidet et rasterkart der nøyaktige høyder for spesifikke punkter kan leses av, for eksempel til bruk ved fastsettelse av byggehøyder.



Figur 5-4 Flomsonekart med høydekoter for Sjøholt sentrum ved 200-årsflom inkludert klimatillegg. Kulverter/stikkrenner er lukket.

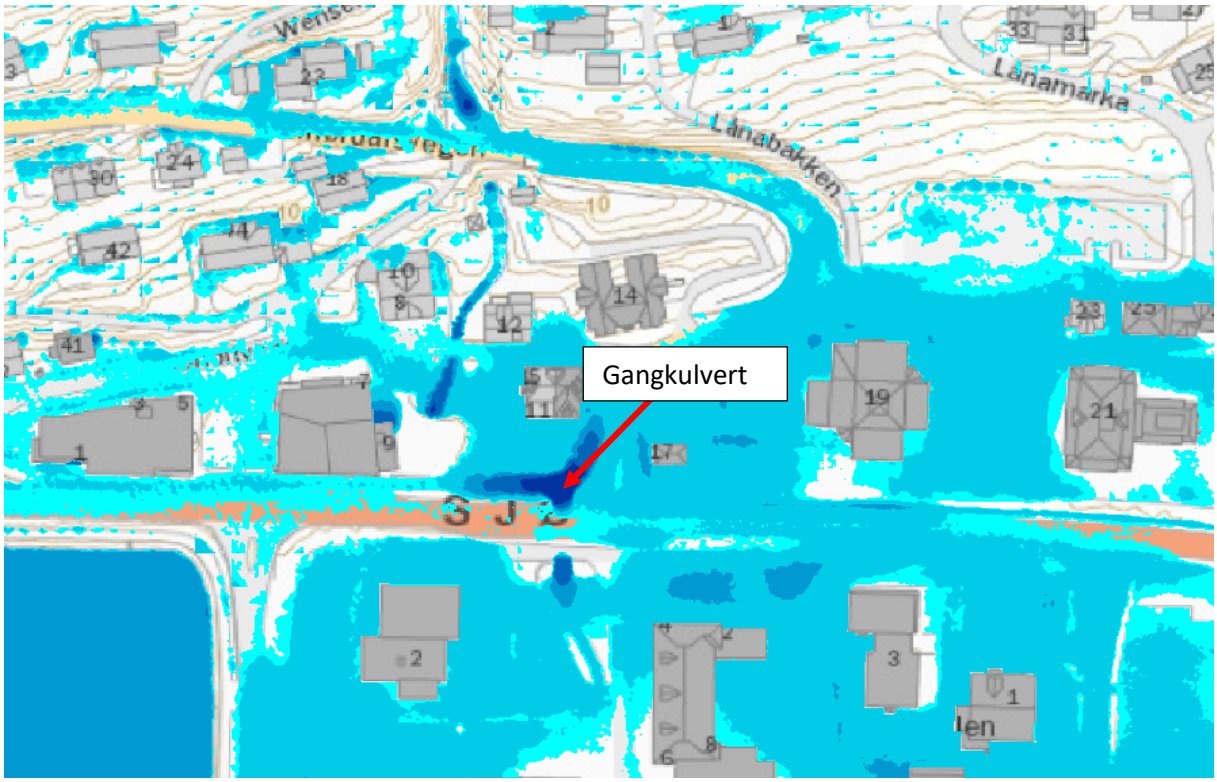


Figur 5-5 Flomsonekart med høydekoter for Sjøholt sentrum ved 200-årsflom inkludert klimatillegg. Kulverter/stikkrenner (unntatt Pe-Larselva) er åpne.

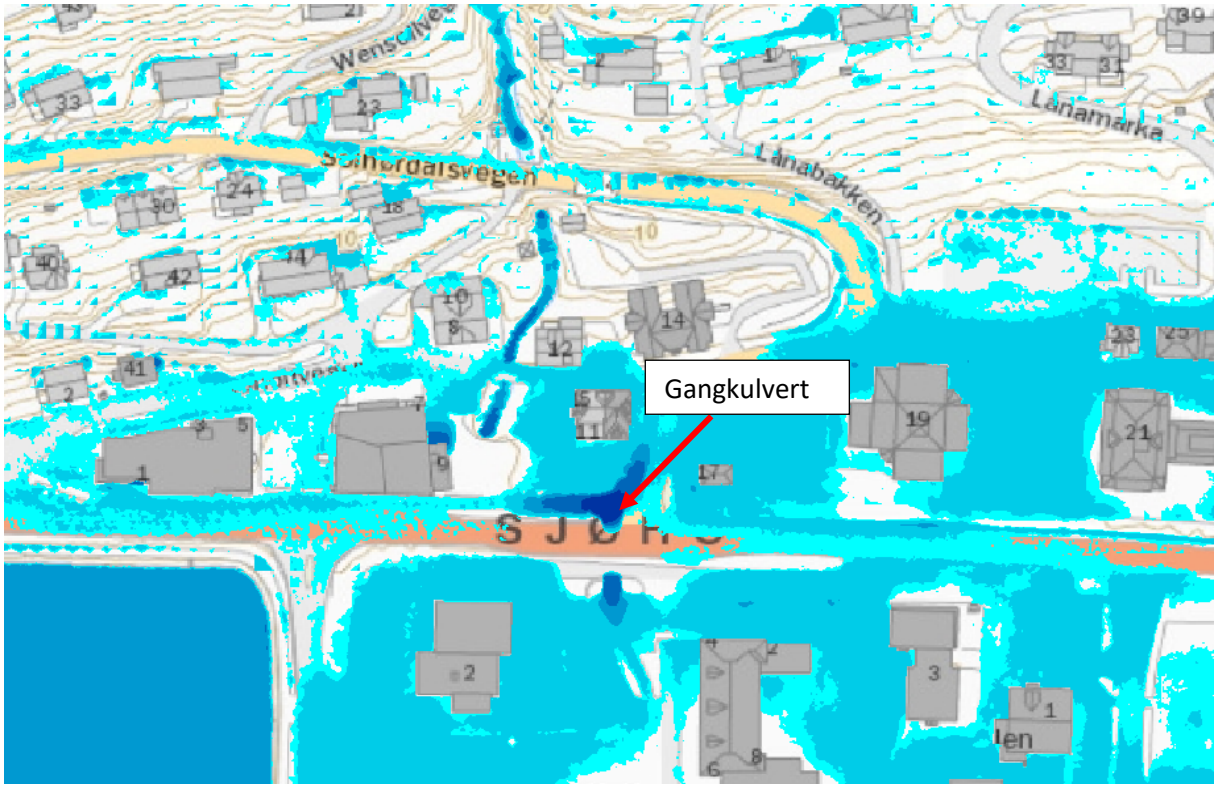
5.4. Gangkulvert under E39

Ørskog kommune har informert om at det er utfordringer knyttet til oversvømmelse av gangkulverten under E39 ved Solnørdalsvegen. NVE har pekt på at det er viktig å kartlegge dette. Figur 5-6 viser oversvømmelse av gangkulverten under flomepisode 4.1.2019. Figur 5-7 og Figur 5-8 viser hvordan flomvann fra elver og sekundære flomveier samles ved gangkulverten. Det er behov for kapasitetsutbedring av elveløp og flomsikring av gangkulverten.

Figur 5-6 Gangkulvert under E39 fylt med vann under flom 4.1.2019. Foto: Ståle Wattø, kilde: Sunnmørsposten



Figur 5-7 Samling av flomvann ved gangkulvert under E39 (kulverter oppstrøms forutsatt lukket)

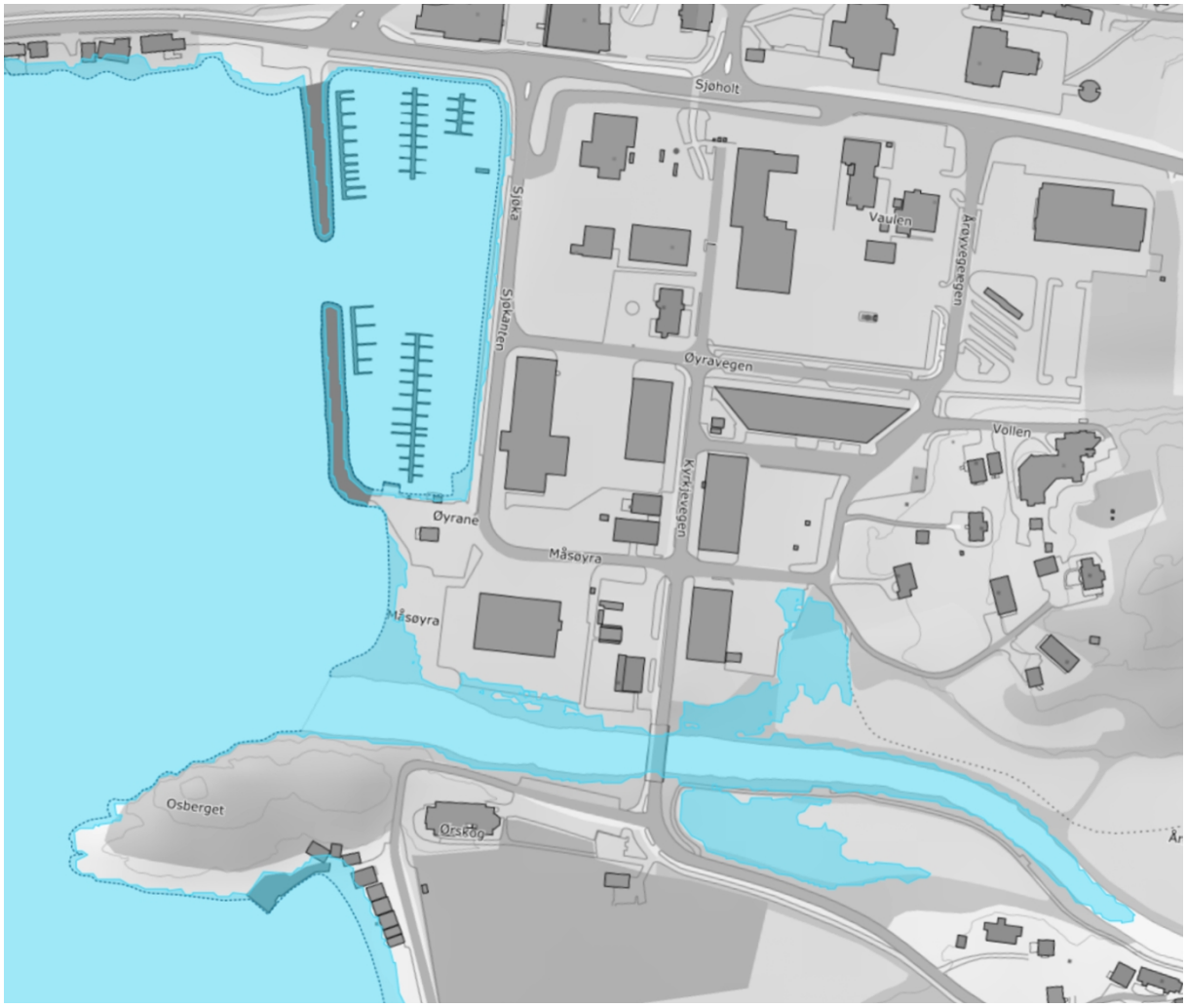


Figur 5-8 Samling av flomvann ved gangkulvert under E39 (kulverter oppstrøms (untatt Pe-Larselva) forutsatt åpne)

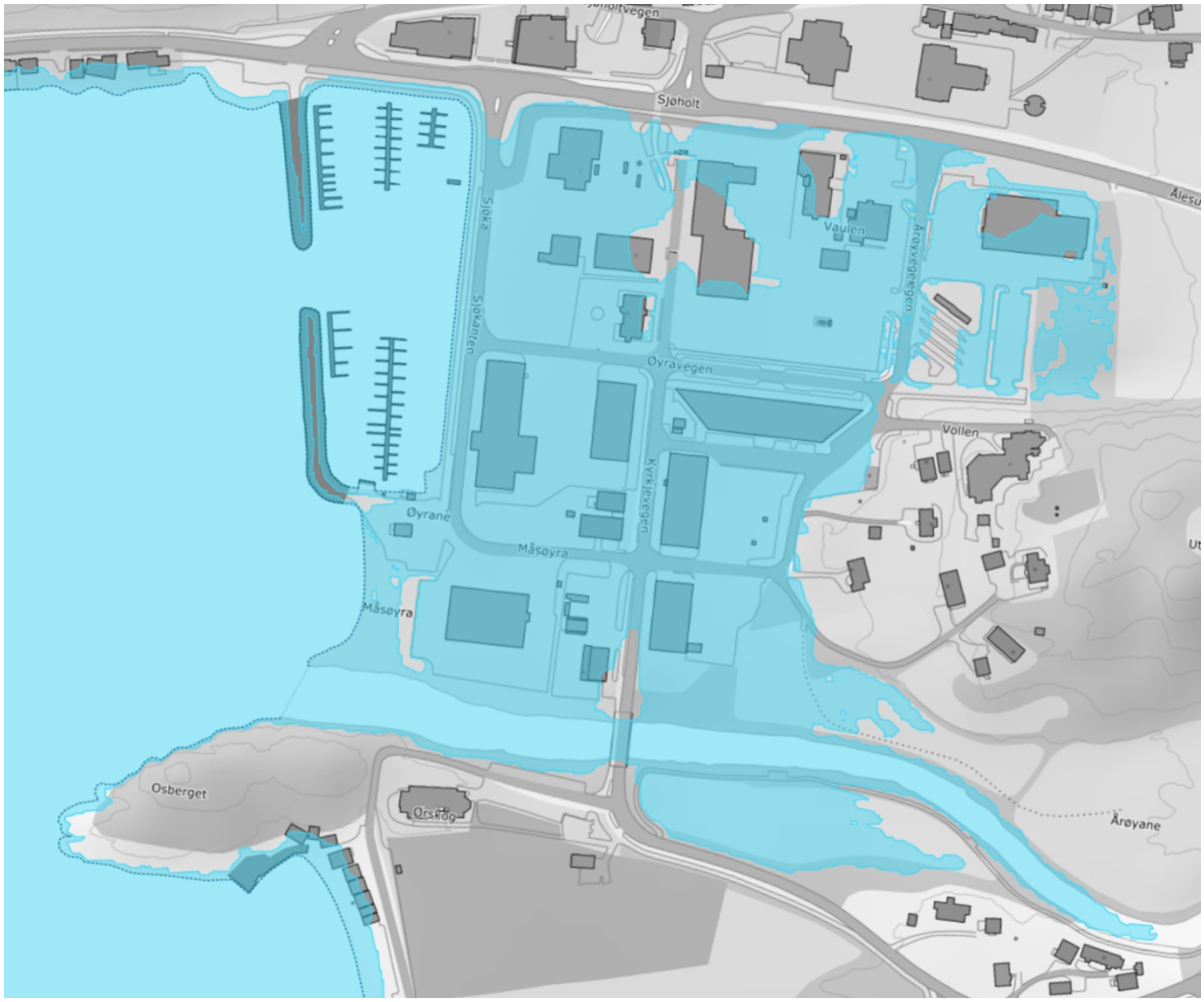
5.5. Stormflo

Sjøholt sentrum ligger ved havet, og har terrengnivå nært havnivået. Sentrum kan derfor være utsatt for oversvømmelse ved stormflo, og vil påvirkes av fremtidig havnivåstigning.

Havnivå ved 200-års stormflo/høyvann er beregnet til **183 cm** (www.sehavniva.no, se vedlegg 1) og vist i Figur 5-9. Forventet havnivåstigning for øvre del av utslippsscenario RPC8.5 for årene 2081-2100 (DSB, 2016) er beregnet til **73 cm** (www.sehavniva.no, se vedlegg 2). Figur 5-10 viser 200-års stormflo ved fremtidig havnivå (totalt havnivå på **256 cm**). Figur 5-9 og Figur 5-10 viser at for dagens havnivå er Sjøholt sentrum sikret mot stormflo, mens for fremtidig havnivå vil hele sentrum bli oversvømt ved stormflo. 200-års stormflo med fremtidig havnivå vil gi høyere flomvannstand i Sjøholt sentrum enn 200-årsflom i elvene som renner inn mot Sjøholt sentrum.



Figur 5-9 Dagens havnivå ved 200-års stormflo.

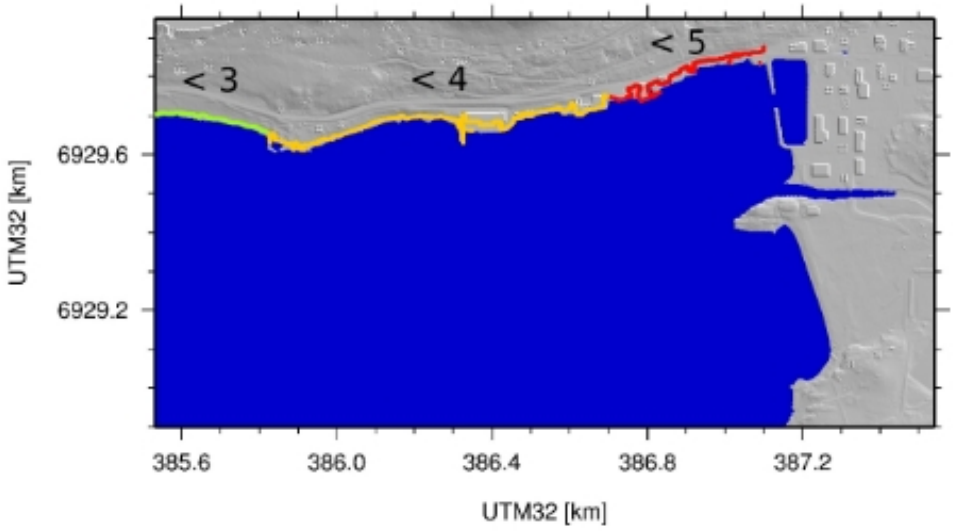


Figur 5-10 Havnivå ved 200-års stormflo i 2090

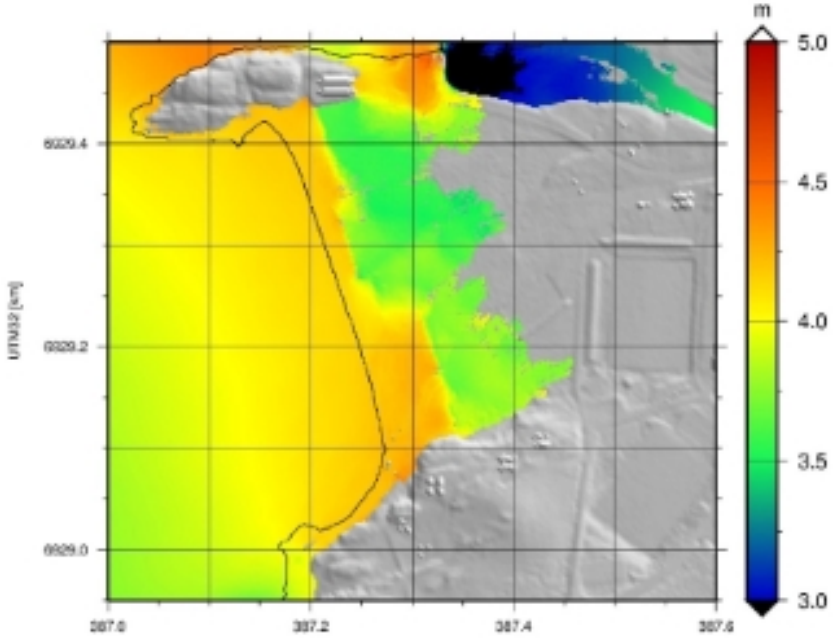
5.6. Flodbølge

Sjøholt sentrum vil være utsatt for bølgeoppskylling ved flodbølge som følge av et ras fra Åkerneset i Sunnylvsfjorden, se Figur 5-11. NGI har utarbeidet rapporter med detaljerte beregninger for flodbølge og bølgeoppskylling for Sjøholt sentrum på oppdrag fra Ørskog kommune (NGI, 2014). Det er også utarbeidet forslag til sikringstiltak. I beregningene er det forutsatt en fremtidig havnivåstigning på 0,7 meter. Resultatene er vist i Figur 5-12 (området vest for Sjøholt sentrum) og Figur 5-13 (området sør for Sjøholt sentrum). Området vest for Sjøholt sentrum kan få bølgeoppskylling på opptil 5 meter nærmest sentrum. Området sør for Sjøholt sentrum kan få bølgeoppskylling på opptil 4,5 meter. For flere detaljer om beregningene henvises det til NGIs rapporter.

Figur 5-11 Ras fra Åkerneset vil gi flodbølge og bølgeoppskylling ved Sjøholt



Figur 5-12 Maksimalt vannivå, målt i meter, over dagens likevektsnivå under bølgeoppskylling vest for Sjøholt sentrum. For grønn, oransje og rød sone, er maksimal oppskylling mindre enn henholdsvis 3,4 og 5 meter. Kilde: NGI, 2014



Figur 5-13 Maksimalt vannivå , målt i meter, over dagens likevektsnivå under bølgeoppskylling sør for Sjøholt sentrum. Kilde: NGI, 2014.

5.7. Usikkerhet

5.7.1. Flomsonekart

Nøyaktigheten i flomsonekartene er avhengig av usikkerhet i hydrologiske data, flomberegningene, vannlinjeberegningene og terrengmodell. De viktigste usikkerhetsfaktorene som påvirker beregningen er:

- Usikkerhet i beregnede flomverdier – uten måleserie for vannføring vil det være usikkerhet knyttet til det konstruerte flomforløpet.
- Usikkerhet i ruhetsverdier – vannlinjemodellene er ikke kalibrert. Valgte ruhetsverdier er omtrentlige, og kan være feilaktige.
- Usikkerhet i terrengmodell – oppstikkende detaljer som trær er ikke tatt med i terrengmodellen, og vannet kan i realiteten ta andre veger enn det flomsonen indikerer på grunn av dette. Vannet kan grave seg nye veger i en flomsituasjon, og da ta andre veger enn indikert i flomsonekart.

Det er vanskelig å si nøyaktig hva usikkerheten utgjør i cm. For å ta høyde for usikkerheter er det vanlig å legge til en sikkerhetsmargin for vannstigning i flomsonekartet. Det anbefales å bruke en sikkerhetsmargin på 0,3 m. I forbindelse med detaljplanlegging, og ved bygge- og delesaksbehandling bør vannstander kontrolleres mot terrenghøyder.

5.7.2. Havnivå

Havnivå til planlegging for sikkerhetsklasse F2, altså 200-års gjentaksintervall, er beregnet til kt 256 med Kartverkets beregningsverktøy. DSB anbefaler at høyden rundes opp til nærmeste 10 cm for bruk i planlegging.

5.7.3. Flodbølge

Den største usikkerheten i beregningene er knyttet til formen og volumet et skred fra Åkerneset vil ha når det treffer vannet. Fra bølgene er dannet, gir imidlertid beregningsmodellene et godt bilde av hendelsesforløpet (NGI, 2014). For flere detaljer om beregningene henvises det til NGIs rapporter.

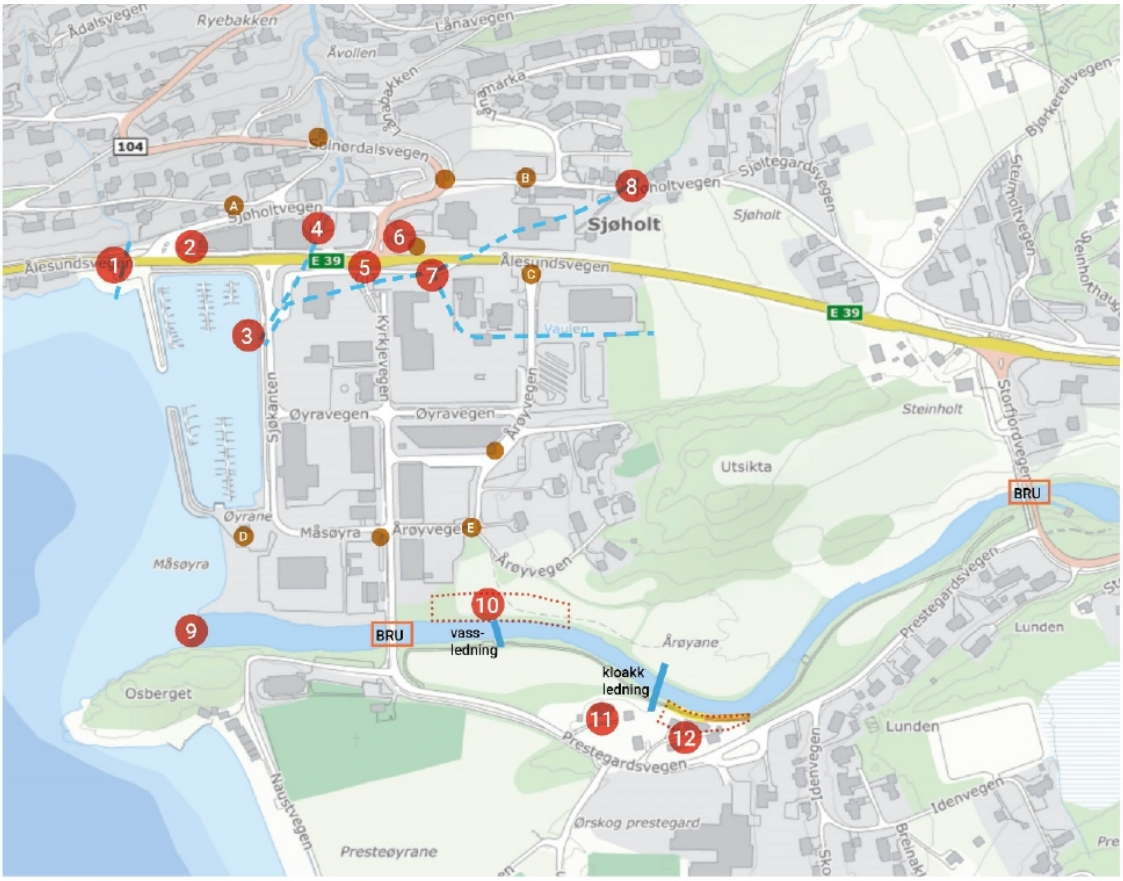
6. KONKLUSJON

Flomkartleggingen for Sjøholt sentrum, viser at Sjøholt sentrum er utsatt for flom fra bekker, elver og havet.

Ved 200-årsflom i Ørskogelva, blir øvre deler av sentrum oversvømt, mens flomvann fra Pe-Larselva, Wensellelva og Lialeva oversvømmer nedre del av sentrum. Flomsonekrat viser at oversvømte områder samsvarer med områder merket som kritiske punkter (Figur 6-1) i kartlegging gjort av Ørskog kommune (Solli, 2018).

Vannlinjeberegning for Ørskogelva, viser at bruene som er med i beregningene har tilstrekkelig kapasitet, men at partier langs elva med lavtliggende terreng fører til oversvømmelse av øvre del av sentrum. Tidligere utført vannlinjeberegning for Pe-Larselva viser at bekkelukkingen ikke har tilstrekkelig kapasitet (Asplan Viak, 2014). Dette bidrar til oversvømmelse av sentrumsområdet. Flomsonekartene viser at kulverter og stikkrenner i Liaelva og Wenselleleva ikke har tilstrekkelig kapasitet, og vannet følger sekundære flomveier ved flomsituasjon.

For å sikre Sjøholtsentrum mot oversvømmelse i flomsituasjoner er det behov for å utrede mulighetene for å øke kapasitet i elveløp og bekkelukkinger for å hindre oppsamling av vann på uønskede steder. Et slikt arbeid vil blant annet omfatte oppmåling av elveløp og detaljerte kapasitetsberegninger for kulverter og stikkrenner. Det er spesielt nødvendig å finne tiltak som kan hindre oversvømmelse av gangkulvert under E39.



Figur 6-1 Kritiske punkter i vassdrag, Sjøholt sentrum (Solli, 2018).

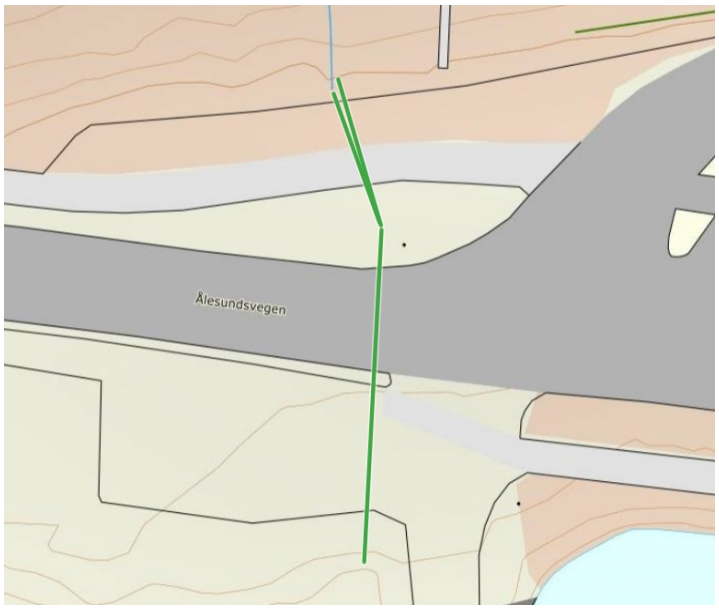
7. FORSLAG TIL TILTAK OG VIDERE ARBEID

7.1. Utbedring av kapasitet for kulvert i Liaelva

Det er gjort kapasitetsberegninger for Liaelva ved bruk av nomogram (Schall m.fl. 2012), se Figur 7-2. Resultatene er vist i Tabell 7-1.
Fra SVVs Vegkart, kan det se ut som om kulverten i Liaelva består av ett eller to rør med diameter 600 mm, som går sammen til et rør med diameter 800 mm. Det er gjort beregninger for et alternativ med et rør, og et alternativ med to rør, se Tabell 7-1. For begge alternativer er kapasiteten for liten til å avlede 200-årsflom.

I følge SVVs Vegkart er det problemer knyttet til oppsamling av masser i innløpet. Dette stemmer med informasjon fra flomhendelsen i januar 2019, der gangkulverten under E 39 ble fylt med vann som følge av tetting av kulverten i Liaelva.

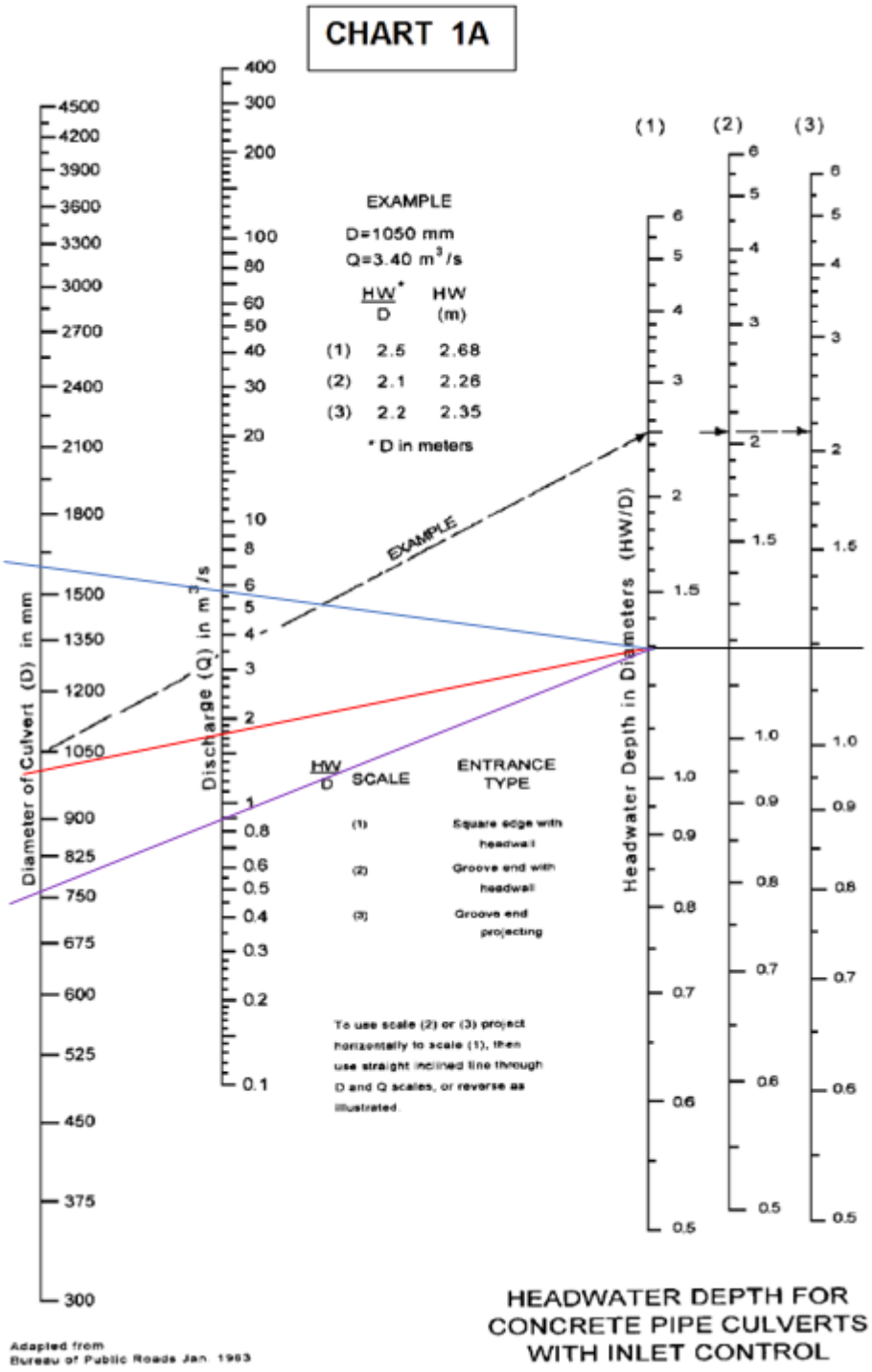
Det anbefales at dimensjonen på kulverten økes, og at det gjøres utbedringer av innløpet. Et mulig tiltak er å etablere et større inntaksbasseng, som gir mulighet for rensking med maskinelt utstyr.



Figur 7-1 Kulvert i Liaelva (Kilde: Statens vegvesen, Vegkart)

Tabell 7-1 Kapasitetsberegning for Liaelva

Kulvert	Q [m3/s]	HW/D [m]	Nødv. D [mm]	Faktisk D [mm]	Konklusjon
Liaevla alt 1	1,86	1,2	1000	800	for liten
Liaelva alt 2	0,93	1,2	2x800	2x600	



Figur 7-2 Kapasitetsberegning med nomogram (Schall m.fl. (2012).

7.2. Sikring av kapasitet for kulvert i Wensellelva

Det er gjort kapasitetsberegninger for Wensellelva ved bruk av nomogram (Schall m.fl. 2012), se Figur 7-2. Resultatene er vist i Tabell 7-2. Kapasitetsberegningene viser at kulverten i Wensellelva har stor nok kapasitet til å avlede 200-årsflom med klimatillegg. Dette forutsetter at innløpet ikke tettes, for eksempel av greiner og annet drivgods. Det anbefales derfor at det gjøres utbedringer av innløpet. Et mulig tiltak er å etablere et større inntaksbasseng, som gir mulighet for rensking med maskinelt utstyr.

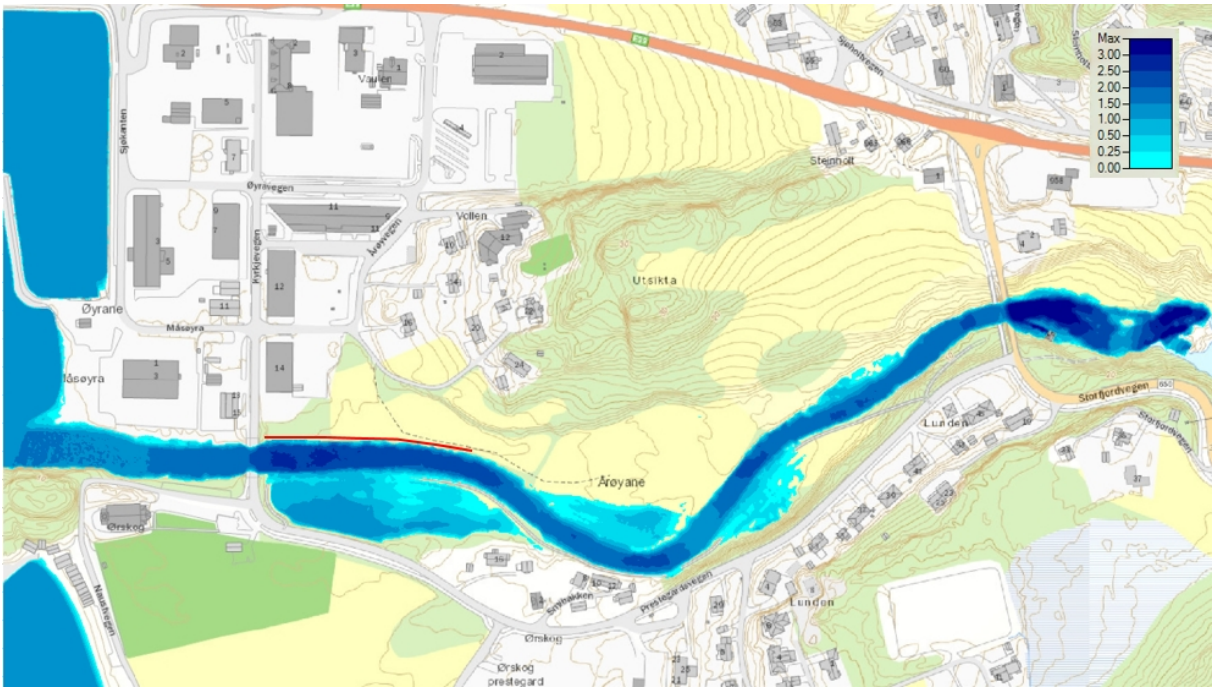
Tabell 7-2 Kapasitetsberegning for Wensellelva

Kulvert	Q [m3/s]	HW/D [m]	Nødv. D [mm]	Faktisk D [mm]	Konklusjon
Wensellelva	5,99	1,2	1600	2000	OK!

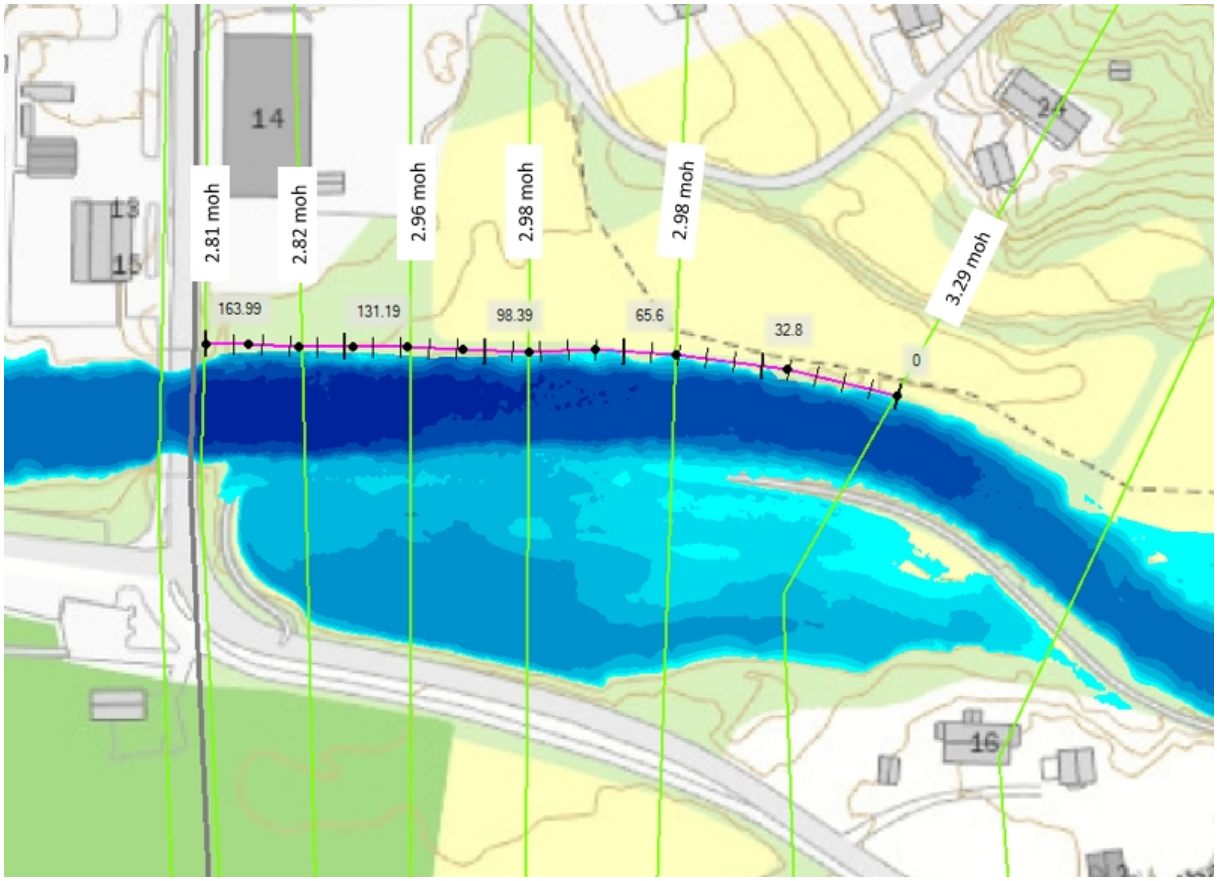
Figur 7-3 Innløp av kulvert i Wensellelva

7.3. Flomsikring langs Ørskogelva

Det er gjort en vannlinjeberegning der det er satt inn en tenkt flomsikring langs Ørskogelva mot sentrum, se Figur 7-4. Beregningene viser at det er nødvendig med sikring mellom profil 1146 og profil 625, en strekning på ca. 165 meter. Høyden på flomsikringen vil bli opptil ca. 1 meter i de laveste punktene, se Figur 7-5.



Figur 7-4 Forslag til flomsikring langs Ørskogelva



Figur 7-5 Nødvendig høyde på flomsikring - Ørskogelva

7.4. Pe-Larselva

Tidligere utredninger viser at kapasiteten i bekkelukkingen/kulverten i Pe-Larselva ikke er god nok (Asplan Viak, 2014).

Arbeid med utbedringer av kulverten i Pe-Larselva ble startet i mars 2019. Asplan Viak utfører arbeidet på oppdrag fra Ørskog kommune. Det vil bli vurdert ulike løsninger:

- Nytt kulvertinntak
- Senke terrengnivå i forkant av innløp
- Etablere flomvoll
- Etablere overløp/flomvei som ledes til grøntareal som kan oversvømmes
- Åpning av kulvert/åpen bekk

7.5. Overvannshåndtering

7.5.1. Tre-trinnsstrategi for håndtering av overvann

Det er utarbeidet en 3-ledds strategi for hvordan vann bør håndteres i ulike nedbørsituasjoner (Lindholm, 2008). Skisse som viser de tre trinnene er vist i Figur 7-6.

Trinn 1: Infiltrere små nedbørsmengder

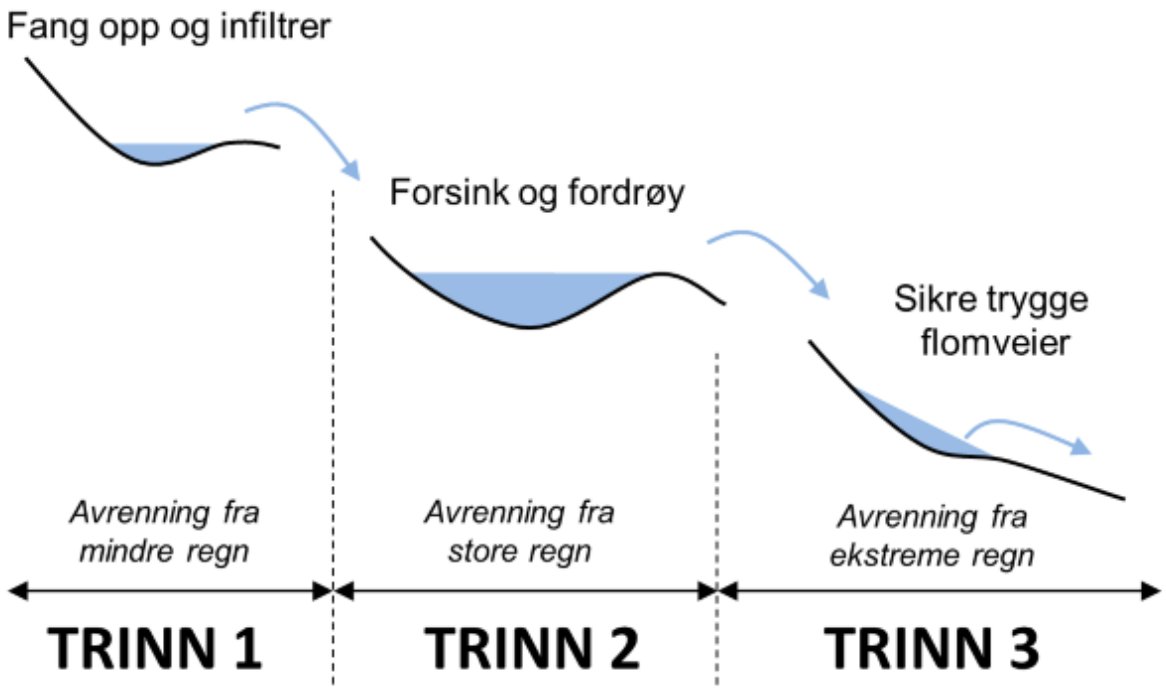
For små til normale regnskyll bør alt vannet kunne infiltreres i terrenget, enten naturlig, eller ved ulike infiltrasjonsløsninger. Dette kan for eksempel være grønne tak, regnbed og andre åpne overvannstiltak.

Trinn 2: Fordrøye og forsinke avrenning fra større nedbørsmengder

Når det regner mye, bør terrenget ha mulighet til å forsinke og fordrøye det vannet som ikke blir infiltrert til grunnen. Her er det myområder og innsjøer som gjør jobben fra naturens side. Eventuelt kan fordrøyningsanlegg etableres, enten i grunnen eller som brede, grunne, gressdekte grøfter.

Trinn 3: Lede overvannet trygt i åpne flomveier ved ekstreme nedbørshendelser

Ved ekstreme nedbørhendelser vil ikke hele nedbørsmengden kunne fordrøyes og forsinkes. Avrenning fra ekstreme nedbørhendelser skal ledes i trygge flomveier til utløp i sjø eller til annen resipient. En trygg flomvei, er en definert/planlagt vei der vannet gjør minst mulig skade eller er til fare for folk. Flomveien har gjerne tilhørende flomsoner der vannet kan ligge til det trekker seg tilbake. (Lindholm, 2016).



Figur 7-6 Prinsipp for tretrinnsstrategien. Paus (2016).

7.5.2. Statlige planretningslinjer for klima- og energiplanlegging og klimatilpasning

28.september 2018 trådte de nye Statlige planretningslinjer for klima- og energiplanlegging og klimatilpasning kraft. I kap. 4.3 krav til planprosess og beslutningsgrunnlag, fremkommer følgende knyttet til overvann:

Ved planlegging av nye områder for utbygging, fortetting eller transformasjon, skal det vurderes hvordan hensynet til et endret klima kan ivaretas. Det bør legges vekt på gode helhetlige løsninger og ivaretakelse av økosystemer og arealbruk med betydning for klimatilpasning, som også kan bidra til økt kvalitet i uteområder. Planer skal ta hensyn til behovet for åpne vannveier, overordnede blågrønne strukturer, og forsvarlig overvannshåndtering.

Bevaring, restaurering eller etablering av naturbaserte løsninger (slik som eksisterende våtmarker og naturlige bekker eller nye grønne tak og vegger, kunstige bekker og basseng mv.) bør vurderes. Dersom andre løsninger velges, skal det begrunnes hvorfor naturbaserte løsninger er valgt bort.

7.5.3. Eksempler på løsninger for håndtering av overvann

I det følgende er det vist eksempler på ulike tiltak for håndtering av overvann.

Åpning av vassdrag

Figur 7-7 Åpnet strekning av Alnaelva i Oslo. Foto: Kim H. Paus/Asplan viak

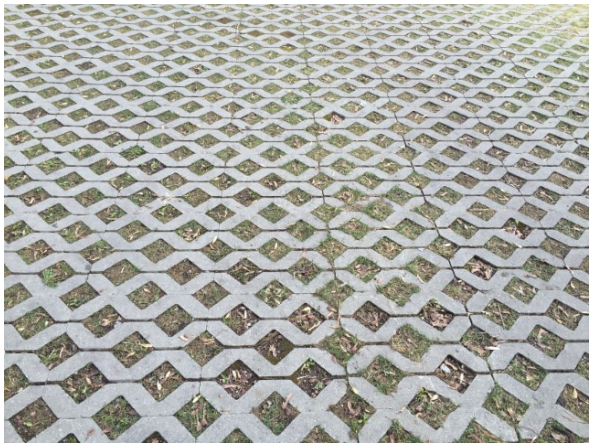
Kanaler/grøfter for oppsamling av overvann

Figur 7-8 Kanaler for oppsamling av overvann i Vaterlandsparken, Oslo. Foto: Kim H. Paus/Asplan viak

Grønne tak og grønne vegger

Figur 7-9 Eksempler på grønne tak og grønne vegger. Foto: Bergknapp AS.

Permeable overflater



Figur 7-10 Eksempel på permeabel flate. Gressarmering i Nobels gate, Oslo. Foto: Kim H. Paus/Asplan viak

Regnbed

Figur 7-11 Regnbed i Deichmans gate, Oslo. Foto: Åse Holte/Asplan viak

Arealer som kan oversvømmes

Figur 7-12 Eksempel på areal som er dimensjonert for å tåle oversvømmelse. Kilde: Oslo kommune (2016).

Dammer/områder for fordrøyning av overvann

Figur 7-13 Eksempel på fordrøyning av overvann. Nansenparken, Fornebu. Foto: Kim H. Paus/Asplan viak

KILDER

Asplan Viak, 2014: Vannlinjeberegning for Pe-Larselva. Rapport.

Direktoratet for byggkvalitet, 2017: «Byggteknisk forskrift». TEK17.

DSB, 2016: Havnivåstigning og stormflo – samfunnssikkerhet i kommunal planlegging. DSB-veileder. Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap

Fergus m.fl. 2010: Vassdragshåndboka. Tharan Fergus, Knut Aune Hoseth, Einar Sæterbø. Vassdragshåndboka. Håndbok i vassdragsteknikk. Tapir Akademisk Forlag. 2010.

Lawrence, 2016: Deborah Lawrence. Klimaendring og fremtidige flommer i Norge. Rapport nr. 81-2016. Norges vassdrags – og energidirektorat.

Lindholm m.fl., 2008: Lindholm, O., Endresen, S., Thorolfsson, S., Sægrov, S., Jakobsen, G., Aaby, L. *Veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering*. Norsk Vann rapport 162-2008.

NGI, 2014: Ørskog kommune – flodbølge ved Sjøholt. Beregninger og tiltak utenfor Sjøholt sentrum. Norges geotekniske institutt. 22.4.2014.

Norsk Klimaservicesenter, 2017: Klimaprofil for Møre og Romsdal

NVE, 2011: Retningslinjer for flomberegninger til § 5-7 i forskrift om sikkerhet ved vassdragsanlegg. Retningslinje 4/2011. Norges vassdrags- og energidirektorat.

NVE, 7/2015: Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt. NVE-veileder 7-2015. Norges vassdrags- og energidirektorat

NVE, 13/2015: Nasjonalt formelverk for flomberegning i små nedbørfelt. Rapport nr. 13-2015. Norges vassdrags – og energidirektorat.

NVE, 97/2015: Anbefalte metoder for flomberegninger i små uregulerte felt. Rapport nr. 97-2015. Norges vassdrags – og energidirektorat.

Oslo kommune, 2016: Blågrønne overvannsløsninger. Idebank. Januar 2016.

Paus, 2016: Kim H. Paus. *Overvann i tre trinn og regnbed*. 20.9.2016.

Pettersson, 2009: Lars-Evan Pettersson. Flomforhold i Sør- og Midt-Norge. Rapport nr. 3-2009. Norges vassdrags – og energidirektorat.

Ryalen og Orvedal, 2015: Pål Christie Ryalen og Kjartan Orvedal (red). Flom og stormflo. NVE-rapport 83-2015. Norges vassdrags – og energidirektorat.

Schall m.fl., 2012: Schall, J.D., Thompson, P.L., Zerges, S. M., Kilgore, R.T. and Morris, J.L. 2012. *Hydraulic design of highway culverts – Third edition.* (Hydraulic Design Series 5 FWHA – HIF – 12 – 026). Federal Highway Administration (FHWA).

Solli, 2018: Cecilie Solli. Registrering av kritiske punkt for Vaksvikelva og Ørskogelva. 2018. Ørskog kommune.

SVV, 2014: Håndbok N200 Vegbygging. Statens vegvesen. 2014

Kommunal – og moderniseringsdepartementet, 2018: Statlige planretningslinjer for klima- og energiplanlegging og klimatilpasning

Databaser og kartverktøy:

www.nve.no: databasen Hydra II, NVE Atlas, NEVINA

www.klimaservicesenter.no: IVF-kurver for målestasjonene SN 60940 Ålesund-Spjelkavik og SN 62290 Molde-Nøisomhed.

www.sehavniva.no

VEDLEGG

Vedlegg 1

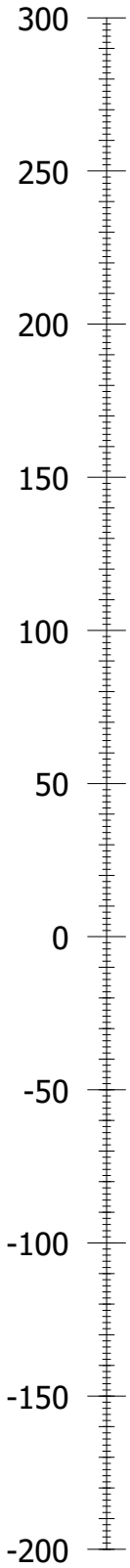
Kartverket

3. desember 2018

Sjøholt

Nivåskisse med de viktigste vannstandsnivåene og ekstremverdier

Nivå er hentet fra ÅLESUND og justert med faktor 1,01.



267	Sikkerhetsklasse 3 (TEK10/17) med klimapåslag
256	Sikkerhetsklasse 2 (TEK10/17) med klimapåslag
239	Sikkerhetsklasse 1 (TEK10/17) med klimapåslag
193	Høyvann med 1000 års gjentaksintervall
183	Høyvann med 200 års gjentaksintervall
178	Høyvann med 100 års gjentaksintervall
173	Høyvann med 50 års gjentaksintervall
165	Høyvann med 20 års gjentaksintervall
159	Høyvann med 10 års gjentaksintervall
152	Høyvann med 5 års gjentaksintervall
137	Høyvann med 1 års gjentaksintervall
115	Høyeste astronomiske tidevann (HAT)
78	Middel spring høyvann (MHWS)
56	Middel høyvann (MHW)
35	Middel nipp høyvann (MHWN)
0	Normalnull 2000 (NN2000)
-6	Middelvann (1996-2014) ($MSL_{1996-2014}$)
-47	Middel nipp lavvann (MLWN)
-69	Middel lavvann (MLW)
-90	Middel spring lavvann (MLWS)
-129	Laveste astronomiske tidevann (LAT)
-129	Sjøkartnull (CD)
-138	Lavvann med 1 års gjentaksintervall
-150	Lavvann med 5 års gjentaksintervall
-160	Lavvann med 20 års gjentaksintervall

Høyder er i cm over Normalnull 2000 som er nullnivå i det norske offisielle høydesystemet NN2000.

Lavvann med 20 års gjentaksintervall (20YMIN)
Statistiske beregninger av hvor hyppig et ekstremt lavvann av en viss størrelse vil opptre. I gjennomsnitt når lavvannet dette nivået en gang i løpet av gjentaksintervallet. Det betyr at et ekstremt lavvann med for eksempel 50 års gjentaksintervall i gjennomsnitt vil opptre en gang per 50 år. Gjentaksintervall kalles også returperiode.

Sjøkartnull (CD)
Nullnivå for dybder i sjøkart og høyder i tidevannstabellen. Sjøkartnull er fra 1. januar 2000 lagt til laveste astronomiske tidevann (LAT). Langs Sørlandskysten og i Oslofjorden er tidevannsvariasjonene små i forhold til værets virkning på vannstanden (vind, lufttrykk og temperatur). Sjøkartnull er derfor av sikkerhetsmessige grunner lagt 20 cm lavere enn LAT langs kysten fra svenskegrensen til Utsira og 30 cm lavere enn LAT i indre Oslofjord (innenfor Drøbaksundet).

Laveste astronomiske tidevann (LAT)
Laveste mulige vannstand under midlere meteorologiske forhold, det vil si uten påvirkning fra blant annet vind, lufttrykk og temperatur. I praksis bestemmes LAT ved å lage tidevannstabeller for 19 år og plukke ut det laveste tidevannet. Tidevannet har blant annet en periode på 18,6 år.

Middel spring lavvann (MLWS)
Gjennomsnittet av observerte lavvann omkring ny- eller fullmåne (springperiode). I praksis brukes harmoniske konstanter som en tilnærming. I tiden omkring ny- eller fullmåne vil tidevannsamplitudene øke siden tidevannskreftene fra sol og måne virker i samme retning. Dette fører til lavere lavvann enn ellers.

Middel lavvann (MLW)
Gjennomsnittet av alle observerte lavvann i en periode på 19 år. Kartverket bruker middelvann minus amplituden til den harmoniske konstituenten M2 som en god tilnærming.

Middel nipp lavvann (MLWN)
Gjennomsnittet av observerte lavvann i tiden omkring halvmåne (nipperiode). I praksis brukes harmoniske konstanter som en tilnærming. Ved halvmåne, når månen er i første eller tredje kvarter, vil tidevannsamplituden bli mindre siden tidevannskreftene fra sol og måne motvirker hverandre. Dette fører til høyere lavvann enn ellers.

Middelvann (1996-2014) (MSL)
Gjennomsnittlig høyde av sjøens overflate på et sted over en periode på 19 år. Middelvann beregnes som gjennomsnittet av vannstandsobservasjoner foretatt med faste tidsintervall - fortrinnsvis over en periode på 19 år. Dagens middelvann er beregnet over perioden 1996-2014.

Normalnull 2000 (NN2000)
Nullnivå i det norske offisielle høydesystemet NN2000

Middel nipp høyvann (MHWN)
Gjennomsnittet av observerte høyvann i tiden omkring halvmåne (nipperiode). I praksis brukes harmoniske konstanter som en tilnærming. Ved halvmåne, når månen er i første eller tredje kvarter, vil tidevannsamplituden bli mindre siden tidevannskreftene fra sol og måne motvirker hverandre. Dette fører til lavere høyvann enn ellers.

Middel høyvann (MHW)
Gjennomsnittet av alle observerte høyvann i en periode på 19 år. Kartverket bruker middelvann pluss amplituden til den harmoniske konstituenten M2 som en god tilnærming.

Middel spring høyvann (MHWS)
Gjennomsnittet av observerte høyvann i tiden omkring ny- eller fullmåne (springperiode). I praksis brukes harmoniske konstanter som en tilnærming. I tiden omkring ny- eller fullmåne vil tidevannsamplitudene øke siden tidevannskreftene fra sol og måne virker i samme retning. Dette fører til høyere høyvann enn ellers.

Høyeste astronomiske tidevann (HAT)
Høyeste mulige vannstand under midlere meteorologiske forhold, det vil si uten påvirkning fra blant annet vind, lufttrykk og temperatur. I praksis bestemmes HAT ved å lage tidevannstabeller for 19 år og plukke ut det høyeste tidevannet. Tidevannet har blant annet en periode på 18,6 år.

Sikkerhetsklasse 1 (TEK10/17) med klimapåslag (SAFE1)
Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap har i 2016 anbefalt at for planleggingsformål som faller inn under Sikkerhetsklasse 1 i TEK10 (og TEK17), skal man bruke returnivå for stormflo med 20-års returnivå og legge til et klimapåslag. Klimapåslaget er anbefalt å være tallene fra RCP8.5 fra rapporten fra FNs klimapanel (2013) for årene 2081-2100 og framskrivningenes 95-persentil.

Sikkerhetsklasse 2 (TEK10/17) med klimapåslag (SAFE2)
Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap har i 2016 anbefalt at for planleggingsformål som faller inn under Sikkerhetsklasse 2 i TEK 10 (og TEK17), skal man bruke returnivå for stormflo med 200-års returnivå og legge til et klimapåslag. Klimapåslaget er anbefalt å være tallene fra RCP8.5 fra rapporten fra FNs klimapanel (2013) for årene 2081-2100 og framskrivningenes 95-persentil.

Sikkerhetsklasse 3 (TEK10/17) med klimapåslag (SAFE3)
Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap har i 2016 anbefalt at for planleggingsformål som faller inn under Sikkerhetsklasse 3 i TEK 10 (og TEK17), skal man bruke returnivå for stormflo med 1000-års returnivå og legge til et klimapåslag. Klimapåslaget er anbefalt å være tallene fra RCP8.5 fra rapporten fra FNs klimapanel (2013) for årene 2081-2100 og framskrivningenes 95-persentil.

Vedlegg 2

Kartverket

Framskrivinger for framtidig havnivå

3. desember 2018

Tall som presenteres her er basert på rapporten «Sea Level Change for Norway - Past and Present Observations and Projections to 2100», bestilt av Miljødirektoratet. Rapporten inneholder de offisielle tallene.
Hvordan havnivåendringen blir, avhenger av hvor stort utslipp av klimagasser vi kommer til å ha fremover. Ulike utslippsscenarier for klimagasser er beskrevet i den femte hovedrapporten til FNs klimapanel (IPCC), og tre av disse er vurdert her.

RCP2.6 innebærer drastiske utslippskutt allerede fra 2020
RCP4.5 innebærer små endringer av utslipp fram til 2050 og deretter utslippskutt
RCP8.5 innebærer at utslippene av klimagasser fortsetter å øke i dagens tempo

Tallene gjelder for Ørskog kommune. Utgangspunktet for modellene er Sjøholt.

	2041-2060	2081-2100	2100
Lavt utslipp (RCP2.6)	14 cm (0 — 28 cm)	22 cm (-4 — 47 cm)	25 cm (-4 — 53 cm)
Redusert utslipp (RCP4.5)	15 cm (2 — 28 cm)	28 cm (3 — 53 cm)	31 cm (2 — 59 cm)
Høyt utslipp (RCP8.5)	18 cm (4 — 31 cm)	44 cm (15 — 73 cm)	50 cm (15 — 85 cm)

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