

LIER KOMMUNE

KATTINGBEKKEN

NY KULVERT UNDER
FV.2704 NØSTEVEIEN

HYDRAULISK ANALYSE

ADRESSE COWI AS
Karvesvingen 2
Postboks 6412
Etterstad
0605 Oslo
TLF +47 02694
WWW cowi.no

OPPDAGSNR.

A250477

DOKUMENTNR.

VERSJON

4.0

UTGIVELSESDATO

10.10.2024

BESKRIVELSE

Flomberegning/ Hydraulisk analyse

UTARBEIDET

Stefan Perzyna

KONTROLLERT

Erik Mølmann

INNHOLD

1	Sammendrag	1
2	Krav til sikkerhet	2
2.1.1	Dimensjonerende gjentakintervall for flom	2
2.1.2	Klimafaktor	2
2.1.3	Usikkerhetspåslag ved hydrologiske beregninger	2
3	Feltbeskrivelse	3
4	Oppbygging av modellen	4
4.1.1	Terrengmodell	4
4.1.2	Nedstrøms grensebetingelse og ruhet	4
4.1.3	Dimensjonerende avrenning brukt i modellen	4
5	Resultater	5
5.1	Dagens situasjon	5
5.2	Ny kulvert under fylkesvei	6
5.3	Situasjonen etter utbygging av kulvert til 1400 mm rør	7
6	Undersøkt område	9
7	Flomberegning	11
7.1	Flomformler for små felt (NIFS)	11
7.2	Rasjonell formel metode	12
7.3	PQRUT	13
7.3.1	Resultater fra parameterestimering	13
7.3.2	Modellparametere i PQRUT	13
7.4	Endelig bestemmelse av dimensjonerende flom	15

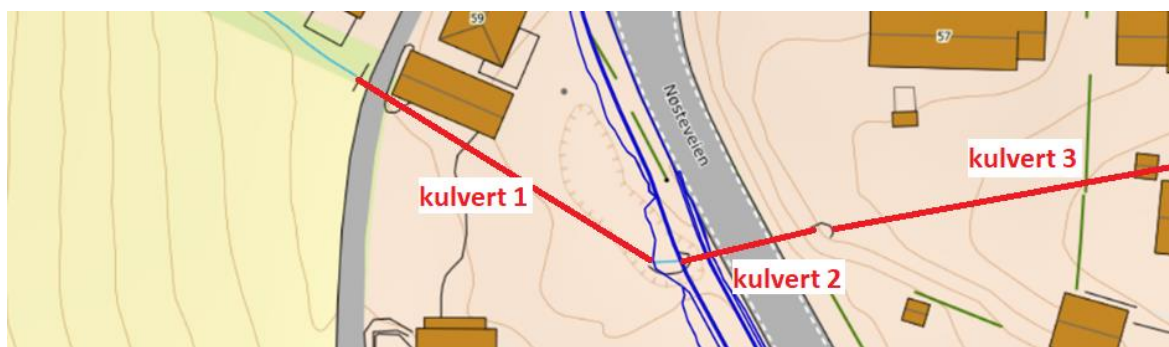
1 Sammendrag

I forbindelse med planlegging av ny GS-vei langs Fv. 2704 Nøsteveien er COWI bedt om å utføre en hydraulisk analyse av Kattingbekken og kulverten som krysser under fylkesveien. Dagens flomsituasjon er modellert opp mot situasjonen etter utbyggingen av GS-veien og utbygging av dagens kulvert til et 1400 mm rør. Den dimensjonerende flomvannføringen er beregnet ved bruk av den rasjonelle metoden, PQRUT og NIFS-metoden. De hydrauliske beregningene er utført ved bruk av programmet HEC-RAS. Beregningen baserer seg på en terrengmodell fra laserscannede data (LIDAR). Resultatet er kart som viser flomsituasjonen ved dimensjonerende flomhendelse (Q200 flom + klimapåslag).

Dimensjonerende flom (Q_{dim}) brukt i den hydrauliske analysen er lik:

Tabell 1-1- Dimensjonerende flom brukt i analysen

Navn	Areal	Q200	Klimafaktor	Sikkerhetsfaktor	Q_{dim}
	km ²	l/s	F_k	F_s	l/s
Kattingbekken	0,69	1850	1,4	1,1	2850



Figur 1-1- Analyserte kulverter

Analysen er utført for en dimensjonerende regnhendelse med to timers varighet og 200 års returperiode (inkl. klimapåslag). Vannføringen er da på $Q_{dim} = 2,85 \text{ m}^3/\text{s}$. Analysen viser at ved slik hendelse vil ingen av de analyserte kulvertene ha tilstrekkelig kapasitet. Vannet vil oversvømme områdene som ligger nedstrøms kulvertene og Nøsteveien.

Det er undersøkt hvilke flomstørrelser som kan håndteres av de ulike kulvertene, før vannet renner over og oversvømmer området som ligger nedstrøms.

- Kulvert 1 har en kapasitet lik $1,8 \text{ m}^3/\text{s}$ som tilsvarer ca. en 100-200-årsflom (uten klimapåslag).
- Kulvert 2 har en kapasitet lik $1,6 \text{ m}^3/\text{s}$, som omtrent tilsvarer dagens 50-100-årsflom (uten klima påslag).
- Kulvert 3 har en kapasitet lik $0,6 \text{ m}^3/\text{s}$, som omtrent tilsvarer dagens 1-2årsflom (uten klimapåslag)
- Nøsteveien oversvømmes ved $Q=1,65 \text{ m}^3/\text{s}$, som omtrent tilsvarer dagens 50-100 års flom (uten klimapåslag).

Kulverten under fylkesveien (kulvert 2) må forlenges ved bygging av gang- og sykkelveien, og det vil da være nødvendig å skifte ut hele kulverten. Ny kulvert under fylkesveien må være dimensjonert for 200 års flom (inkl. klimapåslag) i henhold til Statens vegvesens håndbok N200 Vegbygging. Ny dimensjon for kulvert under fylkesveien er beregnet til $\varnothing=1400 \text{ mm}$.

2 Krav til sikkerhet

Flomberegningen er gjennomført i samsvar med kravene gitt i retningslinjene fra Statens vegvesens Håndbok N200 Vegbygging (SV2023) og Håndbok V240 Vannhåndtering (SV 2022). Kapasitet og utforming på drenering/overvann skal dimensjoneres for 200-årsflom. Det tillegges en klimafaktor på 1,4 og en sikkerhetsfaktor på 1,1.

$$Q_{dim} = Q_T * F_k * F_u$$

Q_{dim}- dimensjonerende flom

F_k- klimafaktor for store og små nedbørsfelt

F_u- sikkerhetsfaktor, bestemt etter sikkerhetsklasse

2.1.1 Dimensjonerende gjentakintervall for flom

Etter krav i kap. 5.1 i håndbok V240 Vannhåndtering skal returperiode for flomhendelser bestemmes ut fra vegens trafikkmengde (ÅDT) og omkjøringsmuligheter (SV, 2022). Det finnes omkjøringsmuligheter for Nøsteveien via lokalveinett. ÅDT er lik 3600 og veien havner derfor i sikkerhetsklasse V2, med en returperiode for flomhendelser på 100 år. Der er likevel brukt 200 år som dimensjonerende flom i beregningene. Resultatet vurderes derfor som konservativt.

Tabell 2-1 Staten vegvesens krav til sikkerhetsklasser/gjentaksintervall for flom (Håndbok N200 Vegbygging, SV, 2022)

Sikkerhetsklasse	ÅDT	Returperiode for flomhendelse	
		Med omkjøringsmulighet	Uten omkjøringsmulighet
VI	0-500	50 år	100 år
V2	500-4000	100 år	200 år
V3	>4000	200 år	200 år

2.1.2 Klimafaktor

Etter krav i kap. 404.2 i håndbok N200 Vegbygging (SV2023) skal den dimensjonerende vannføringen ta høyde for klimaendringer og usikkerhet i beregningen. Klimafaktoren F_k ble bestemt ut fra tabell 404.1. Tabellen er basert på klimaprofilene for norske fylker, utarbeidet av Norsk Klimaservicesenter og tilpasset kravene i håndbok N200 Vegbygging (SV2023). I Buskerud er klimafaktoren 1,4 (40% påslag) for nedbørfelt mindre enn 10 km².

Tabell 2-2 Klimafaktor for norske fylker

Fylke	Små nedbørfelt A _F <10 km ² F _k	Store nedbørfelt A _F >10 km ² F _k
Buskerud	1,4	1,3

2.1.3 Usikkerhetspåslag ved hydrologiske beregninger

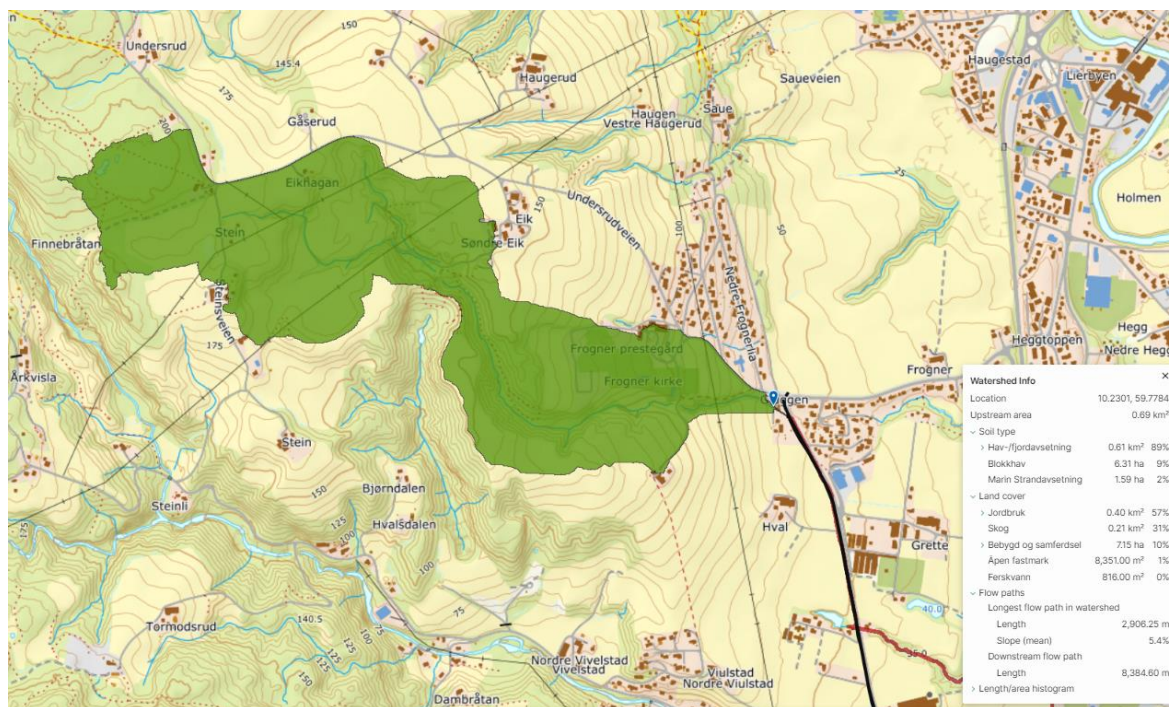
Statens vegvesens Håndbok N200 Vegbygging (2023)) krever at det skal benyttes en sikkerhetsfaktor for usikkerheter ved de hydrologiske beregningene, F_u. Faktoren er avhengig av veiens sikkerhetsklasse. Veiene er plassert i sikkerhetsklasse V2, noe som tilsvarer en sikkerhetsfaktor på 1,1, altså 10% påslag.

Tabell 2-3 Påslagsfaktor for usikkerheter i hydrologiske beregninger (SVV, 2023).

Sikkerhetsklasse	F _u
V2 eller F2*	1,1

3 Feltbeskrivelse

Undersøkt nedbørfelt til kulverten er ca 0,69 km². Det er ikke foretatt feltbefaringer for å kartlegge dreneringsveiene og feltgrensene, så disse baserer seg på analyser i webtjenestene NEVINA og Scalgo, samt ulike kartstudier. Feltet følger bekken som ligger i en forsenkning og samler avrenning fra sidene. Høyden i nedbørfeltet strekker seg fra 57 til 198 moh., som gir en høydeforskjell på ca. 141 m. Lengste drenslinje er ca. 2,9 km, dvs. i snitt ca. 4,8 % helning, noe som indikerer rask avrenning. Samtidig vil den avlange geometrien på feltet føre til økt avrenningstid. Øvrige feltparametere er vist i Tabell 3-1.



Figur 3-1 Nedbørfeltet til undersøkt kulvert

Tabell 3-1-Feltparametere.

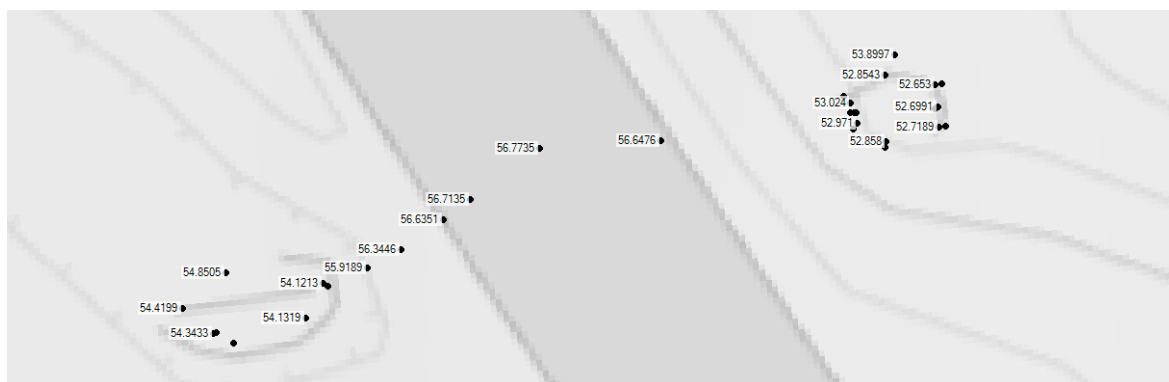
Navn	AREAL	Qn Nevina	(ASE)	(FL)	HMIN	HMAX	Skog	Jordbruk	Urban
	Km2	l/s/km ²	%	km	m	m	%	%	%
Kattingbekken	0,69	15	0	1,7	57	198	31	57	10

4 Oppbygging av modellen

Vannlinjeberegningene er gjennomført ved bruk av dataprogrammet Hec-Ras 6.3. Modellen er kjørt i 2D med full momentum-metode. Modellen og alle inputdata er oppgitt i høydedatamet NN2000. Inngangsdata i modellen er terrengdata samt friksjonstall i bekkeløpet og sidearealene. Alle kulvertene er lagt til i modellen og modellert med HEC-RAS sitt modelleringsverktøy.

4.1.1 Terrengmodell

I prosjektet er det brukt vertikalt datum NN2000, horisontalt datum EUREF89 og projeksjon UTM32N. Terrengmodellen er konstruert ved bruk av laserdata (terrengmodell med 0,25 m x 0,25 m oppløsning) prosjekt NDH Lier-Hurum-Svelvik 5pkt 2017 . Disse er lastet ned fra www.hoydedata.no. Geometrien hentes fra laserdata. Grunnlaget vurderes som bra. Det ble utført GNNS målinger av kulvertåpninger og i bunnen av grøftene.



Figur 4-1- Målepunkter i analyseområdet. Utført i juni 2023.

4.1.2 Nedstrøms grensebetingelse og ruhet

Grensebetingelsen nedstrøms er satt til normaldybde. Plassering av grensebetingelsen er bestemt slik at det ikke påvirker vannivå oppstrøms. Ruhet i modellen er satt til $n=0,035$.

4.1.3 Dimensjonerende avrenning brukt i modellen

Vannføringen inn i modellen er kulminerende flom beregnet i kapittel 7.

Tabell 4-1- Dimensjonerende avrenning brukt i modelleringen.

Felt	Q dim (l/s)
Kattingbekken	2850

5 Resultater

5.1 Dagens situasjon

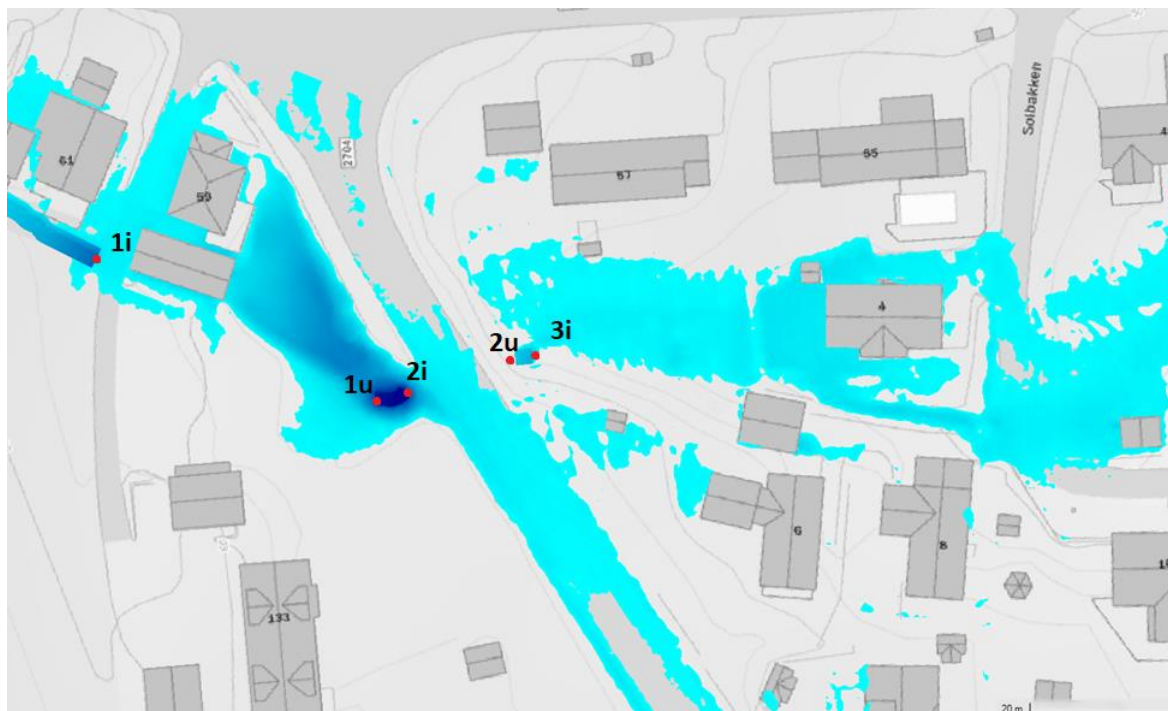
Analysen er utført for en dimensjonerende regnhendelse med 120 min. varighet og 200 års returperiode (inkl. klimapåslag) $Q = 2,85 \text{ m}^3/\text{s}$. Analysen viser at ved en slik hendelse har ingen av de analyserte kulvertene tilstrekkelig kapasitet. Vannet vil oversvømme områdene som ligger nedstrøms kulvertene (og Nøsteveien) med ca. 15 cm. Se Figur 5-1. Resultatene er sjekket med HY-8, se vedlegg.

Kulvertenes kapasitet er undersøkt og oppsummeres under.

- Kulvert 1 har en kapasitet lik $1,8 \text{ m}^3/\text{s}$ som tilsvarer en 100-200-årsflom (eks. klima).
- Kulvert 2 har en kapasitet lik $1,6 \text{ m}^3/\text{s}$, som omtrent tilsvarer dagens 50-100-årsflom (eks. klima).
- Kulvert 3 har en kapasitet lik $0,6 \text{ m}^3/\text{s}$, som omtrent tilsvarer dagens 1-2-årsflom (eks. klima)
- Nøsteveien oversvømmes ved $Q = 1,65 \text{ m}^3/\text{s}$, som omtrent tilsvarer dagens 50-100 års flom (eks. klima).

For å håndtere den dimensjonerende flommen Q_{200} (inkl. klimapåslag) måtte eventuelt alle tre kulvertene byttes ut, men de private kulvertene (kulvert 1 og 3) ligger utenfor fylkeskommunens ansvarsområde og er ikke vurdert i forbindelse med gang- og sykkelveiltaket.

Figuren nedenfor viser resultatene fra flomanalyse for dagens situasjon ved Q_{dim} ($2,85 \text{ m}^3/\text{s}$). Ingen av kulvertene har tilstrekkelig kapasitet.

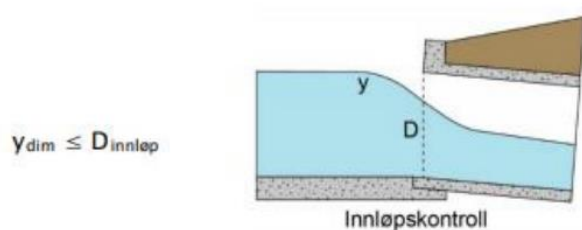


Figur 5-1- Flomanalyse, dagens situasjon, Q_{dim} ($2.85 \text{ m}^3/\text{s}$)

5.2 Ny kulvert under fylkesvei

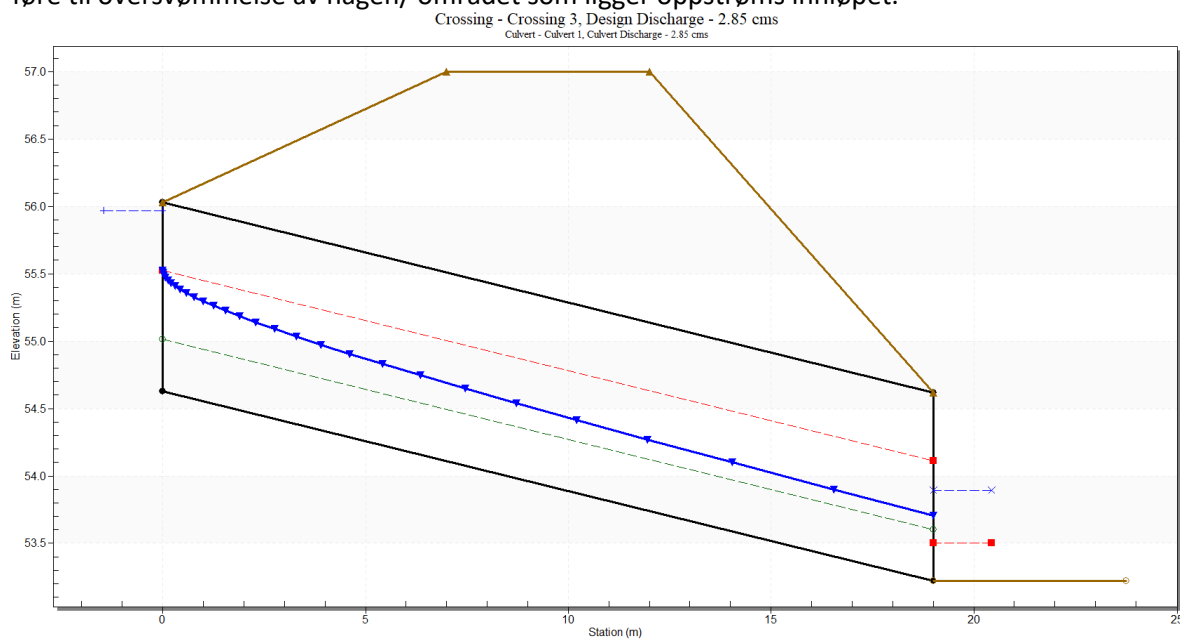
Kulverten dimensjoneres etter kravene i 2.4.2.1—3 fra Statens vegvesens håndbok N200 Vegbygging.

For fyllinger uten sikring skal vanndybden ved innløpet (ydim) for vannføring Qdim ikke settes høyere enn høyden av innløpet ($D_{\text{innløp}}$).



Figur 5-2- Prinsippet for dimensjonering av kulverten

Det anbefales ut fra hydrauliske beregninger å bytte ut eksisterende kulvert under Nøsteveien med en ny kulvert med diameter 1400 mm. Det er også tatt hensyn til mulig oppstuvning som vil føre til oversvømmelse av hagen/ området som ligger oppstrøms innløpet.

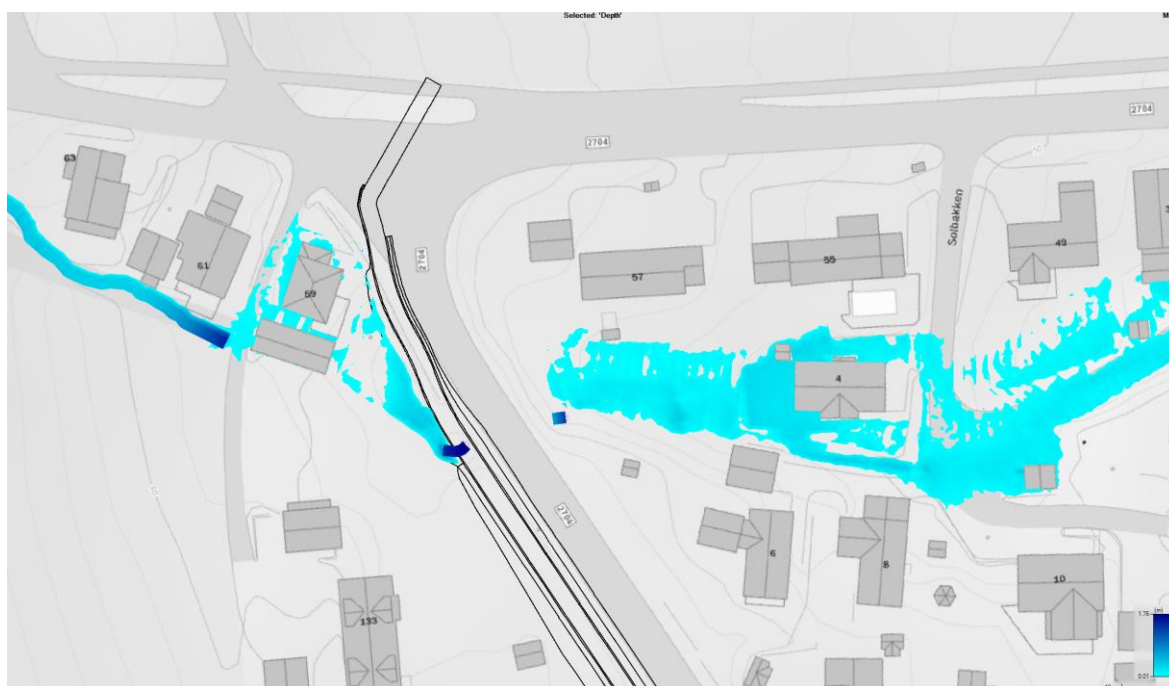


Figur 5-3- Dimensjonering av den nye kulverten $\varnothing=1400$ mm $Q_{\text{dim}} = 2.85$ m³/s.

5.3 Situasjonen etter utbygging av kulvert til 1400 mm rør

Ny kulvert med dimensjon 1400 mm vil sørge for at Kattingbekken ikke stues opp oppstrøms fylkesveien. Ny GS-vei langs fylkesveien vil ikke tilføre mer vann til Kattingbekken. Bygging av ny gs-vei og utskifting av kulvert under fylkesveien påvirker flomsituasjonen nedstrøms fylkesveien i en liten grad, men det vil fortsatt være oppstuvning og oversvømmelse på grunn av for liten kulvertstørrelse (kulvert 3) ved flomhendelser. Dette påvirker ikke kapasiteten til den nye kulverten (kulvert 2).

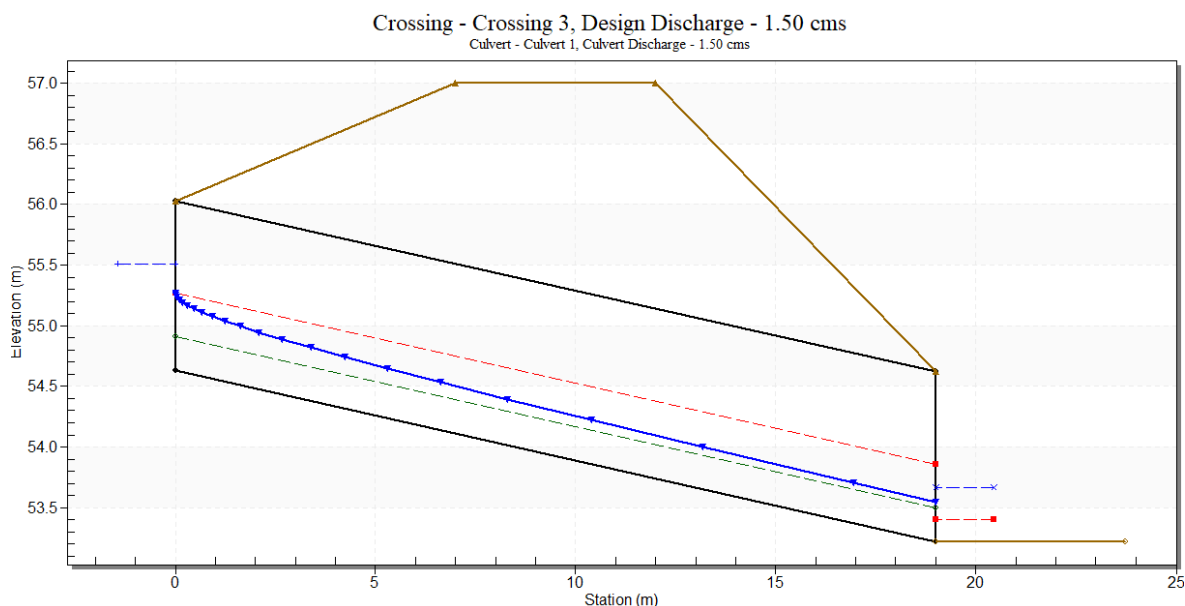
I figuren nedenfor er den nye situasjonen etter utskifting av kulverten under fylkesveien til dimensjon Ø 1400 mm ved en Q-dim flom ($2,85 \text{ m}^3/\text{s}$) vist. Den nye kulverten er dimensjonert for å oppfylle kravene i Statens vegvesens håndbok N200 Veibygging. De private kulvertene oppstrøms og nedstrøms fylkesveien er ikke store nok til å håndtere Kattingbekken ved beregnet 200-årsflom med klimapåslag, og vann vil fortsatt kunne renne over tomten, slik det gjør i dag ved flomhendelser. Kapasiteten til kulverten nedstrøms påvirker ikke det nye røret vi har dimensjonert. Maksimal vannstandsstigning ved innløpet til den nye kulverten er beregnet til ca. kote 56 m, noe som vil føre til oppstuvning og delvis oversvømmelse av området oppstrøms innløpet. Kulverten som ligger lengre oppe, har ikke tilstrekkelig kapasitet (Ø 1000 mm), og avrenningen vil delvis skje på overflaten, gjennom byggene og videre gjennom hagen.



Figur 5-4- Flomsituasjon etter utbygging av røret (1400mm) og ny GS vei. Qdim = $2,85 \text{ m}^3/\text{s}$.

5.4 Q50 flom (dagens situasjon)

Figuren nedenfor viser en hendelse med et tilsig på $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$, som tilsvarer omtrent en flom med et gjentakintervall på 50 år. Forventet vannstandsstigning ved innløpet til den nye kulverten er beregnet til kote 55,5 m. Kulverten, som ligger oppstrøms, har tilstrekkelig kapasitet ($\varnothing 1000 \text{ mm}$) og vil kunne lede all avrenning.

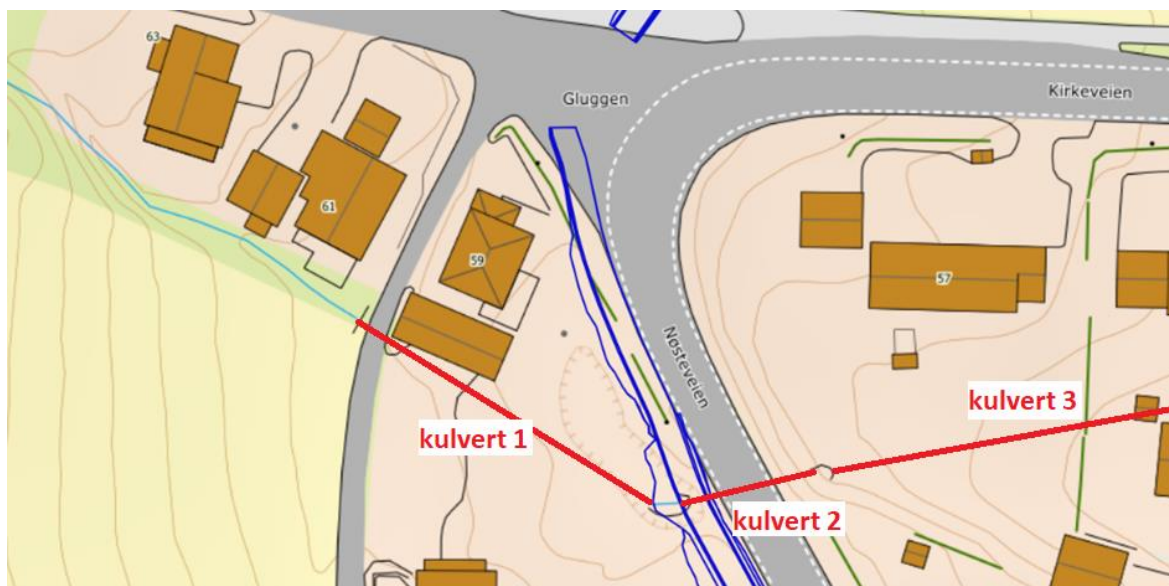


Figur 5-3- Dimensjonering av den nye kulverten $\varnothing=1400 \text{ mm}$ $Q_{\text{dim}} = 1.5 \text{ m}^3/\text{s}$



Figur 5-5 -Figur 5-4- Flomsituasjon etter utbygging av røret (1400mm) og ny GS vei. $Q_{\text{dim}} = 1.5 \text{ m}^3/\text{s}$.

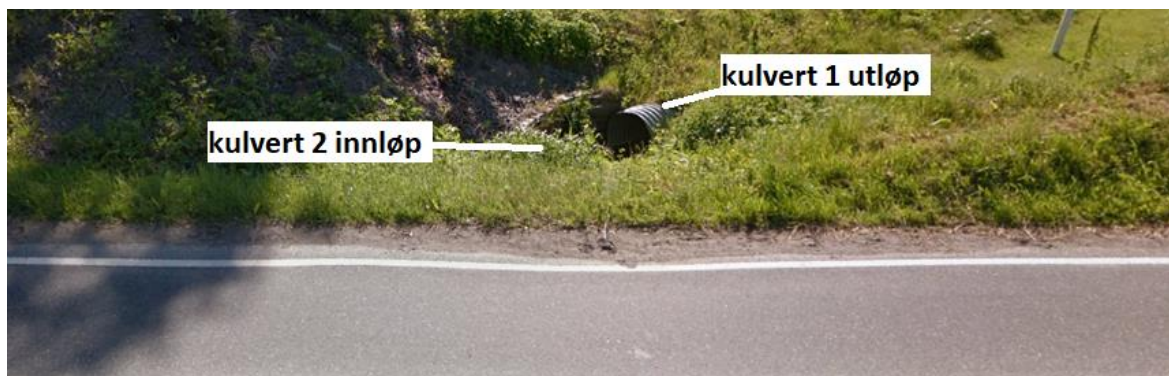
6 Undersøkt område



Figur 6-1-Analyseområdet, krysning av Sagstuveien og Fuglåsveien, planlagt sykkelvei (blå).

Kulvertene er koblet via grøfter/bassenger som er en åpen løsning, på begge sidene av Nøsteveien. Se Figur 6-2 og Figur 6-3.

Avrenningen fra bekken samles i kulvert 1. Utløpet fra kulvert 1 ligger i en kort kunstig grøft som ender med innløpet til kulvert 2. Utløpet til kulvert 2 er på andre siden av vegen i en åpen kanal som er støpt i betong og slutter ved innløpet til kulvert 3. Utløpet til kulvert 3 er lengre nedstrøms i bekkeløpet.



Figur 6-2- Utløp fra kulvert 1, sett fra Nøsteveien.



Figur 6-3- Innløp til kulvert 3, sett fra Nøsteveien.

1. Kulvert 1 er et riflet stålrør, $\varnothing 1000$ mm
2. Kulvert 2 sitt innløp er forlenget med et $\varnothing 900$ mm PE rør, kulverten er et ellipseformet betongrør med 85 cm høyde og 70 cm bredde.
3. Kulvert 3 er et PE-rør, $\varnothing 600$ mm.



Figur 6-4- Utløpet fra kulvert 1 ($\varnothing 1000$ mm), høyre side/ Innløpet til kulvert 2 PE $\varnothing 900$ mm, venstre side.



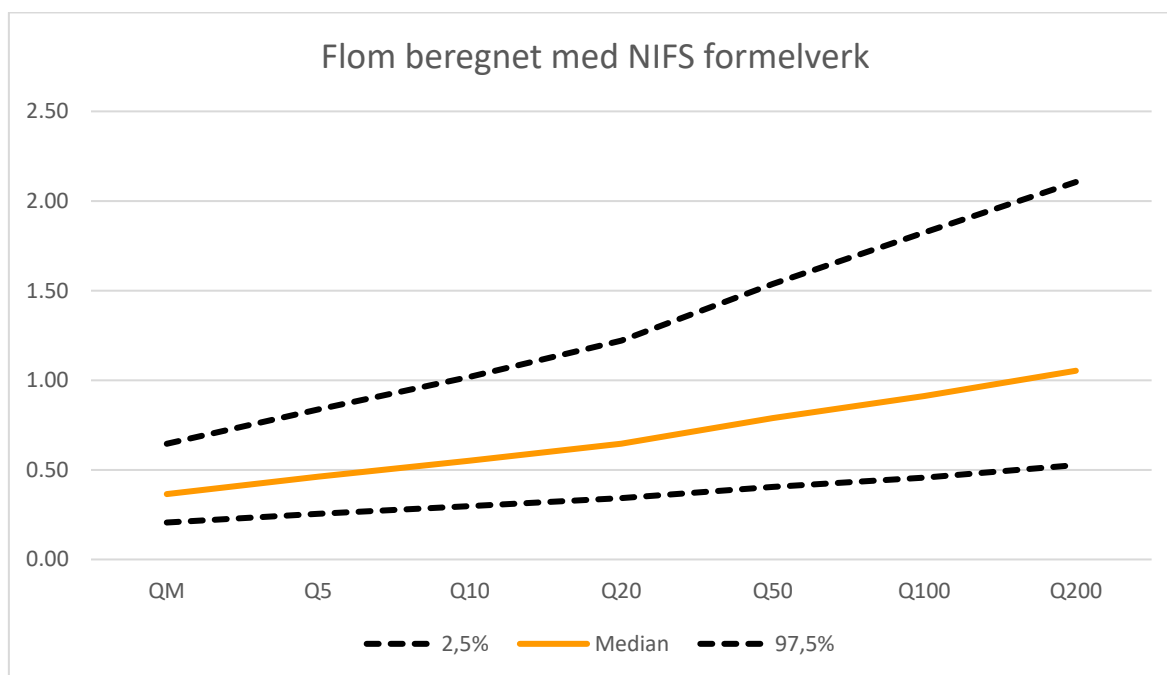
Figur 6-5-Utløpet fra Kulvert 2 (ellipse 85x70), og innløpet til kulvert 3 PE $\varnothing 600$ mm.

7 Flomberegning

Det finnes ulike metoder for flomberegning avhengig av tilgjengelige data/observasjoner i området og størrelsen på nedbørsfeltet. Ifølge NVEs "Veileder for flomberegninger" [1] bør en vurdere metodene ut fra datagrunnlag i området, men det er fornuftig å benytte flere metoder (minst to) og sammenligne resultatene før en går videre med kun en metode. Det foreligger ingen kjente målinger av flomvannføring i Kattingbekken. Det er heller ikke funnet noen nærliggende målestasjoner som er representative for det undersøkte feltet og brukbare for flomfrekvens analyse.

7.1 Flomformler for små felt (NIFS)

NIFS flomformler er brukt for felt større en 0,2 km² og mindre en 60 km². For å anvende NIFS-flomverk må en ha tilgjengelig informasjon om nedbørfeltets areal, normalavrenning og effektiv sjøprosent. Disse tre størrelsene fås direkte ved å kjøre GIS-analyse i NVE NEVINA. Størst usikkerhet er knyttet til normalavrenningen Q_n og NVE's veileder anbefaler vurdering av denne parameteren (NVE, 2015). Avhengig av geografisk beliggenhet anslår NVE usikkerheten til verdiene fra kartavrenning til å være innenfor +/- 25%. Normal årsavrenning/middelvannføring for bekken er estimert til 15 l/s/km² ved bruk av NVEs webtjeneste NEVINA.



Tabell 7-1 under oppsummerer beregnede kulminasjonsverdier for flommer med 200 års gjentakintervall, medianverdi og 2,5%-97,5% konfidensiellintervall.

Tabell 7-1-Beregnet Q200 flom med NIFS flomformel

Navn	Qn Nevina	(A)	(ASE)	Q200		
	l/skm ²	km ²	%	m ³ /s	2.50 %	97.50 %
Kattingbekken	15	0.69	0.0001	1,1	0.55	2.1

7.2 Rasjonell formel metode

For felt av denne størrelsen er rasjonell formel en bra metode, men den kan overestimere og gi høye resultater. Den rasjonelle formelen baserer seg på målt nedbør (I). Avrenningen (Q) er gitt ved formel:

$$Q = C * I * A$$

Q = avrenning, m³/s
C = avrenningsfaktor
I = dimensjonerende nedbørintensitet, l/(s*ha)
A = feltareal, ha

Avrenningsfaktoren (C) er et uttrykk for andelen av den totale nedbørmengden i et nedbørfelt som renner bort som overflatevann, og er avhengig av arealbruk og andre feltegenskaper og ble beregnet som en vektet middelværdi for hele feltet. Veiledende avrenningsfaktorer (C) er hentet fra Statens Vegvesen Håndbok V 240 Vannhåndtering (SVV 2020)

Nedbørshendelsens intensitet ved 200 år gjentakintervall og med en varighet lik feltets konsentrasjonstid (T_c) ble bestemt ut ifra en IVF kurve hentet fra (<https://klimaservicesenter.no>). IVF-statistikk fra MET beregnes ved å tilpasse GUMBEL fordelingen (GEV type I) til serier med høyeste observerte nedbørverdier for de ulike varighetene. Mest representativ nedbørstasjon i nærheten er Asker sør som har 28 sesonger for IVF-statistikk.

Figur 7-1 Plassering av nedbørstasjon Asker Sør, utsnitt fra kart på Klimaservicesenter.



Tabell 7-2 Returverdi for nedbør 200-års nedbør (l/s*Ha) hentet fra Asker

45 min	60 min	90 min	120 min
120,2	93,1	66,7	55,4

Beregning av avrenningskoeffisient er basert på overflatetype.

Tabell 7-3-Beregnet avrenningsfaktor.

Areal [m ²]	Overflatetype	Helning	Avrenningsfaktor
210000	Skogsområder	2-10%	0.15
71500	Lite tettbygd boligområde (< 750 boliger/km ²)	<2%	0.35
400000	Dyrket mark (leire og siltig grunn)	2-10%	0.45
8350	Åpne naturområder og dyrket mark	<2%	0.25
Midlere avrenningsfaktor			0.345

Fk - Klimafaktor	[-]	1
Fc - Korreksjonsfaktor	[-]	1.3

Resultater		
Areal	[Ha]	68.98
ekvivalent avrenningsfaktor inkl. klima-og	[-]	0.45

Konsentrasjonstiden beregnes med regnerark for hastighetmetoden som gir et konsentrasjonstid på 120 minutter. Se vedlegg. For beregningen med den rasjonelle metoden er det brukt en Q200 nedbørhendelse med 120 min varighet. Nedbørsfelt er ned til innløpet til kulvert 1.

Tabell 7-4- Q dim beregnet med rasjonell formel.

Navn	A	I	T _c	Ca	Beregnet Q	
	ha	l/skm ²	min	-	l/s	m ³ /s
Kattingbekken	0,69	80,8	120	0,45	2500	2,5

7.3 PQRUT

Karmodellen PQRUT benyttes til å beregne tilløpsflom fra nedbørdata. I 2016 ble et nytt sett med ligninger for modellparameterne i PQRUT utviklet av Filipova (Filipova mfl.. 2016) som en del av en PhD avhandling ved Universitetet i Sørøst-Norge. Modeller er nærmere beskrevet i NVE Veileder for flomberegninger 01/2022 [1].

I slutten av januar 2022 ble 2016-ligningene implementert i web-PQRUT og NEVINA. Ligningene for modellparameterne utledet i (Filipova mfl.. 2016), er gitt under:

$$K_1(\text{tømmekostant for øvre nivå}) = 0.031 \cdot A_{SKOG} - 1.35 \cdot 10^{-5} \cdot P - 0.0102 \cdot \ln\left(\frac{A_{SE}}{100}\right) + 1.83 \cdot K_2$$

$$K_2(\text{tømmekostant for nedre nivå}) = -0.031 + 0.000521 \cdot H_L - 0.004184 \cdot \ln\left(\frac{A_{SE}}{100}\right) + 0.01026 \cdot D_T$$

$$T(\text{skille mellom øvre og nedre nivå})$$

$$= 7.31 + 0.00636 \cdot P + 1.591 \cdot K_2^{-0.6} - 0.5343 \cdot \ln\left(\frac{A_{SE}}{100}\right) - 0.09283 \cdot L_F$$

Hvor:

A_{SKOG} Andel skog (arealfraksjon) [-]

P Årlig nedbør [mm/år]

A_{SE} Effektiv sjøprosent [%].

H_L Helningen i feltet/relieff-forhold [m/km].

D_T Dreneringstetthet. [km⁻¹]. Definert som total lengde av elver i nedbørfeltet delt på nedbørfeltareal (Ei/A). De er sterkt korrelert med gjennomsnittlig avstand fra hvert punkt i feltet, så den har en betydning for responstid på nedbør.

L_F Feltaksens lengde [km]

Når effektiv sjøprosent er null, settes $A_{SE} = 0,001$.

7.3.1 Resultater fra parameterestimering

Tabellene under viser estimerte modellparametere med 2016-ligningene, samt verdiene benyttet til å beregne disse.

Tabell 7-5: Parametre til beregning av tømmekonstanter og terskelverdi

	A	q _N	P	A _{SE}	H _L	D _T	A _{SKOG}
	km ²	l/s/km ²	mm	%	m/km	Km ⁻¹	%
Kattingbekken	0.69	15	873	0.001	42	3.45	32

7.3.2 Modellparametere i PQRUT

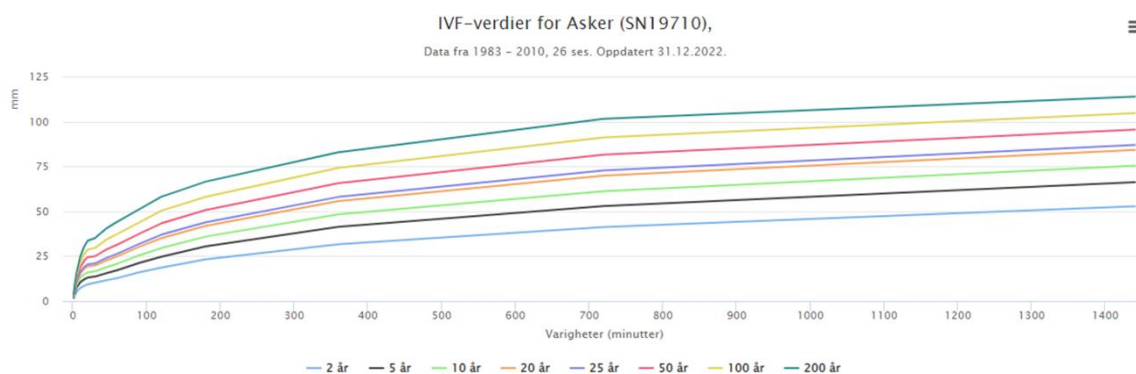
Inngangsparametere i modellberegningen er tømmekonstantene K1 og K2 samt terskelverdien T. Tidsskritt i modellen er satt til 1 time. Tabellene under viser modellparameterne, samt verdiene benyttet til å beregne disse. Flomverdier ble beregnet ved bruk av ligningene fra Filipova. Beregnede modellparametre er vist i Tabell 7-6.

Tabell 7-6: Modellparametre PQRUT

	Øvre tømme- konstant, K1	Nedre tømme- konstant, K2	Terskelverdi, T	Karmodell- areal
	$time^{-1}$	$time^{-1}$	mm	km ²
Ligninger fra 2016	0,2453	0,0654	27,0295	0,69

Det er bestemt å bruke data fra nedbørstasjon Asker (SN19719) som har 26 sesonger for IVF-statistikk. Dette er stasjonen med beste data i nærheten. Likevel ligger den ca. 13 km fra undersøkt område, noe som gir en usikkerhet i resultatene.

Nedbørsverdiene hentet fra målestasjonen er presentert i tabellen nedenfor.

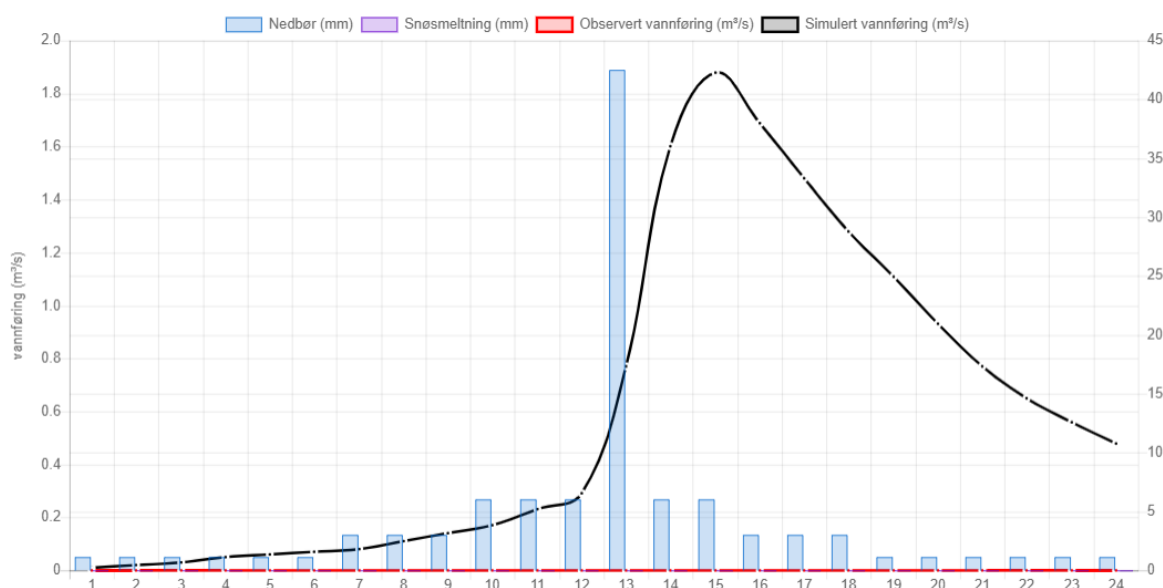


Figur 7-2- IVF kurve for Aker (SN19710).

Varigheter (minutter)	60	120	180	360	720	1440
Nedbør (mm)	44.3	58.2	82.9	101.5	114	44.3

Tabell 7-1-Verdiene for 200års hendelse IFV Asker

Ut fra nedbørdataene er det konstruert en syntetisk nedbørhendelse. Total nedbørvarighet er satt til 24 timer, med kulminasjon etter 12 timer. Resultatene er vist nedenfor. Konsentrasjonstid er satt til 2 timer. Kulminasjonsverdien ut fra modellen opptrer etter 14 timer og er lik $Q = 1,85 \text{ m}^3/\text{s}$.



Figur 7-3- Flomforløp Q200 fra PQRUT.

7.4 Endelig bestemmelse av dimensjonerende flom

Tabell 7-7- Beregnet flom med ulike metoder.

Metode	Resultat [m ³ /s]	2,50 %	97,50 %
NIFS	1,1	0,55	2,1
PQRUT	1,85		
Rasjonell formel	2,5		

NIFS gir laveste verdi ut fra de tre metodene (1,1 m³/s), selv om metoden kan brukes for felt med en størrelse lik 0,69 km², er den bedre egnet for større felt og vil kunne derfor underestimere resultatet. Rasjonell formel gir høyeste verdi (2,5 m³/s), metoden er bedre egnet for mindre felt og vil derfor kunne overestimere resultatet. Det virker som at PQRUT gir de beste resultatene for dette feltet (1,85 m³/s), resultatet ligger innen konfidensiellintervallet fra NIFS (0,55-2,1 m³/s). Det er valgt å gå videre med verdien estimert med PQRUT.

Resultatet justeres med klimafaktor og sikkerhetsfaktor. Dimensjonerende flom brukt videre i den hydrauliske analysen blir dermed lik:

Tabell 7-8- Dimensjonerende flom brukt i analysen

Navn	Areal	Q200	Klimafaktor	Sikkerhetsfaktor	Q dim
	km ²	l/s	F _k	F _s	l/s
Kattingbekken	0,69	1850	1,4	1,1	2850

Kilder

- [1] NVE Retningslinjer 01-2022: Veileder for flomberegninger
- [2] Lawrence, Deborah 2016. Klimaendring og framtidige flommer i Norge. NVErapport 81 2016.
- [3] HEC-USACE, 2016: HEC-RAS River Analysis System, Hydraulic Reference Manual, US, Army Corps of Engineers, Hydraulic Engineering Center (HEC), Davis, CA, USA.
- [4] Statens vegvesen: Vannhåndtering. Håndbok V240. Vegdirektoratet, Oslo 2020
- [5] Statens vegvesen: Veibygging. Håndbok N200. Vegdirektoratet, Oslo 2022

Vedlegg

Resultater for NIFS hentet fra NEVINA

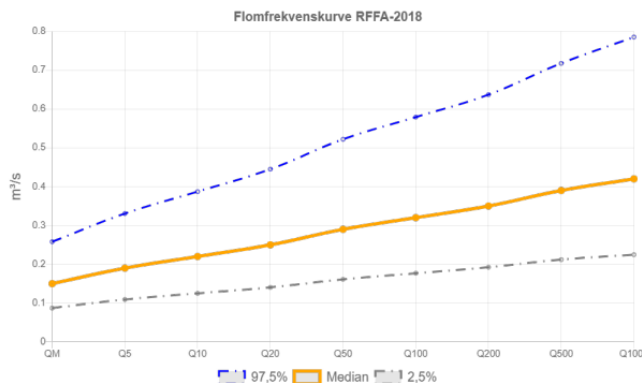
Regional flomberegning

Vassdragsnr.: 011.A0
Kommune.: Lier
Fylke.: Viken
Vassdrag.: Lierelva
Nedbørfeltareal: 0.69 km²

Flomestimer er beregnet basert på «Regional flomfrekvensanalyse (RFFA-2018)». Om nedbørfeltet er mindre enn 60 km², er det alternativt beregnet kulminasjonsflommer basert på NIFS-formelverk (2015).

Anbefalinger om klimapåslag er gitt i NVE rapport nr. 81-2016 og klimaprofiler for fylker (se www.klimaservicesenter.no).

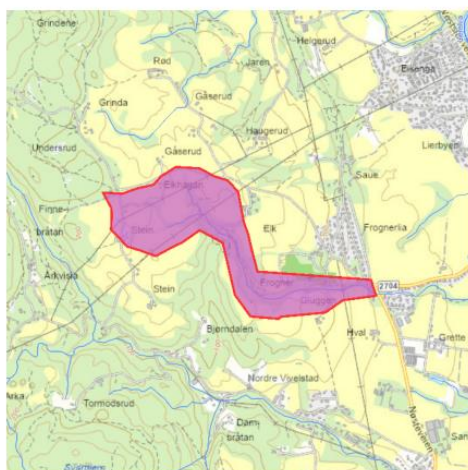
Hvordan bruke resultatene fra rapporten, se her.



RFFA-2018		
Tidsoppløsning	Døgn	-
Indeksflom (QM): Medianflom	217	l/s*km ²
Klimapåslag	40	%
Kulminasjonsfaktor	2.12	-
NIFS-2015		
Tidsoppløsning	Kulminasjon	-
Indeksflom (QM): Middelflom	536	l/s*km ²
Klimapåslag	40	%
Annet		
Tiløpsflom	Nei	-

RFFA-2018 (døgnmiddel)	Q _M	Q ₅	Q ₁₀	Q ₂₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₂₀₀	Q ₅₀₀	Q ₁₀₀₀	Q ₂₀₀₀ -klima
Flomfrekvensfaktor (Q _T / Q _M)	1	1.27	1.47	1.67	1.93	2.13	2.33	2.6	2.8	-
Flomverdier, m ³ /s	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5
Flom usikkerhet (97,5%), m ³ /s	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.6	0.6	0.7	0.8	-
Flom usikkerhet (2,5%), m ³ /s	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	-
NIFS (kulminasjon)	Q _M	Q ₅	Q ₁₀	Q ₂₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₂₀₀	Q ₅₀₀	Q ₁₀₀₀	Q ₂₀₀₀ -klima
Flomfrekvensfaktor (Q _T / Q _M)	1	1.24	1.49	1.76	2.14	2.49	2.86	3.46	3.97	-
Flomverdier, m ³ /s	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.1	1.3	1.5	1.5
Flom usikkerhet (97,5%), m ³ /s	0.7	0.8	1.0	1.2	1.5	1.8	2.1	2.6	2.9	-
Flom usikkerhet (2,5%), m ³ /s	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.5	0.5	0.6	0.7	-

Nedbørsfeltegenskaper hentet fra NEVINA



Kartbakgrunn: Statens Kartverk
Kartdatum: EUREF89 WGS84
Projeksjon: UTM 33N
Beregn.punkt: 232319 E
6636374 N

Feltparametere		Hypsografisk kurve	
Areal (A)	0.69 km ²	Høyde _{MIN}	57 m
Effektiv sjø (A _{SE})	0 %	Høyde ₁₀	101 m
Elveleende uten sjø (E _{TL,net})	1.8 km	Høyde ₂₅	128 m
Elvegradient (E _G)	67.9 m/km	Høyde ₅₀	157 m
Elvegradient ₁₀₈₅ (E _{G,1085})	67.1 m/km	Høyde ₇₅	172 m
Helning	5.8 ‰	Høyde _{MAX}	198 m
Dreneringstetthet (D _T)	3.5 km ⁻¹	Klima- /hydrologiske parametere	
Feltlengde (F _L)	1.7 km	Avrenning 1961-90 (Q _N)	15.1 l/s*km ²
Arealklasse		Nedbør juni	68 mm
Bre (A _{BRE})	0 %	Nedbør juli	78 mm
Dyrket mark (A _{JORD})	62.9 %	Regn og snøsmelting mai	91 mm
Myr (A _{MYR})	0 %	Regn og snøsmelting juni	73 mm
Leire (A _{LEIRE})	98.9 %	Regn og snøsmelting årlig 4d	77 mm
Skog (A _{SKOG})	32.0 %	Regn og snøsmelting november	72 mm
Sjø (A _{SJO})	0 %	Temperatur februar	-5.9 °C
Snau fjell (A _{SF})	0 %	Temperatur mars	-1.8 °C
Urban (A _U)	0.2 %		
Uklassifisert areal (A _{REST})	4.6 %		

1) Verdien er editert

Konsentrasjonstid beregning, hastighetsmetoden.

Regndata		
Gjentakelsesintervall	[år]	200
Regnvarighet	[min]	30
I - Regnintensitet	[L/(s*ha)]	118.00
	[mm/d]	1019.52
	[mm/time]	42.48
A - Areal	[Ha]	68.98
φ - Åvrenningsfaktor (inkl. andre faktorer)		0.53
	[L/s]	4273.92
Q - Vannføring	[m³/s]	4.27
	[m³/min]	256.43

Dette regnearket bruker hastighetsmetoden (the velocity method) for å beregne nedbørsfeltets konsentrasjonstid. Metoden kan brukes på alle felttyper og størrelser og bygger på følgende antakelser:

1. Løvre del av nedbørsfeltet <100m, er vannnivået lavt og det meste av strømmingen skjer på overflaten.
2. Lengre ned i feltet vil vannmengdene bli større, og strømmingen skje som en delvis kanalisert strøm. Vannhastigheten vil da være større enn lengre opp i feltet.
3. I større nedbørsfelt vil mesteparten av vannføringen skje som etablert kanalstrømning, f.eks. i elv, kanal, renne eller rør.

1. Finn nedbørsfeltets areal og åvrenningsfaktor inkludert evt. tillegg (klima- og sikkerhetsfaktor) for å bestemme hvor mye av nedbøren som ender opp som åvrenning. Identifiser så det hydraulisk fjerneste punktet fra nedbørsfeltets utløp og skisser strømningsveien gjennom nedbørsfeltet.

2. Beregn overflatestrømningskomponenten av konsentrasjonstiden ved å ta kun de første 100 m av nedbørsfeltet (fra oppstrøms side) i betraktning.

$$T_k = 6,92 \frac{L^{0,6}}{\Delta^{0,6} S^{0,3} P^{0,4}}$$

Prisnippsskisse av strømningsregimene (FHWA(2008))

3. Beregn så den delvis kanaliserte komponenten. Her antas vannet å renne gjennom små riller, bekker, og vadier med en vannsandsand på mellom 3 og 15 cm. Dette strømningsregimet antas å gjelde frem til nærmeste definerte vannvei (f.eks. sluk til QV system, vassdrag, kanal, renne osv.). Hvis det er mindre enn 100 m til fra nedbørsfeltets start til nærmeste vannvei, kan man unlatte denne strømningskomponenten (L=0).

$$V = K_f S^{\frac{1}{2}}$$

4. Beregn kanalisert strømning frem til utløpet. I regnearket kan man velge mellom rektangulær og trapesformet kanal samt frispiselsstrømning i rør. Det er også lagt inn mulighet for å benytte den pragmatiske metoden (konstant vannhastighet), det er da anbefalt å legge til grunn mellom 1 og 2 m/s som hastighet.

$$V = MR^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

Om insjoper og andre fordrøyende elementer i nedbørsfeltet: "strømningstid" gjennom en insjop kan anslås ved bruk av belgelingen (under) om man kjenner gjennomsnittsdypden.

$$V_{insjop}[m/s] = \sqrt{g[m/s^2] D_{insjop}[m]}$$

Feltdata		
Lf - Lengde delfelt	[m]	100
S - Helling delfelt	[m/m]	0.023
Underlag		Skog - lite bunnvekst
M - Manningstall	[m ^{1/2} /s]	2.50

Delvis kanalisert		
Lf - Lengde delfelt	[m]	2300
S - Helling delfelt	[m/m]	0.053
Underlag		Plen og kort gress
Kf - Overflatekonstant	[min/m ²]	2.00

Kanalstrømning		
Type kanal	Pragmatisk metode v = konstant	
Lf - Lengde delfelt	[m]	100
S - Helling delfelt	[m/m]	0.023
Bunnmateriale		Skogbunn
M - Manningstall	[m ^{1/2} /s]	7.5
V - Konstant vannhastighet	[m/s]	1
Rektangulær kanal		
b - bunnbredde	[m]	0
h - normaldybde	[m]	1.00
R - Hydraulisk radius	[m]	0.00
A - Tversnittsareal	[m²]	0.00
V - Vannhastighet	[m/s]	0.00
Trapeformet kanal		
b - bunnbredde	[m]	0
h - normaldybde	[m]	1.00
s - sidehelling h/l	[m/m]	99999999
P - Våt periferi	[m]	2.00
A - Tversnittsareal	[m²]	0.00
R - Hydraulisk radius	[m]	0.00
V - Vannhastighet	[m/s]	0.00
Rørstrømning		
D - indre diameter	[m]	0
h - normaldybde	[m]	0.00
theta	[radianer]	2.56
A - Tversnittsareal	[m²]	0.00
R - Hydraulisk radius	[m]	0.00
V - Vannhastighet	[m/s]	0.00
Konsentrasjonstid kana	[min]	1.666666667

Resultater - hastighetsmetoden	
Konsentrasjonstid [min]	124
Tk Overflatestrømning [min]	44
Tk Delvis kanalisert [min]	79
Tk kanalisert strømning [min]	2
andre tillegg [min]	

Velg beregningsmetode	
metode	Hastighetsmetoden
konsentrasjonstid [min]	124

Andre formler for konsentrasjonstid	
Lf - Feltlengde [m]	2300
Høydeforskjell [m]	140
Berg et al. 1932 - Naturlige felt	
Effektiv sjøprosent [%]	0
Tk - konsentrasjonstid [min]	117
Berg et al. 1932 - Urbane felt	
Tk - konsentrasjonstid [min]	21
Norem et al. 2015	
Tetningstype	Asfalt og betong
K-verdi [-]	0.08
Tk - konsentrasjonstid [min]	16

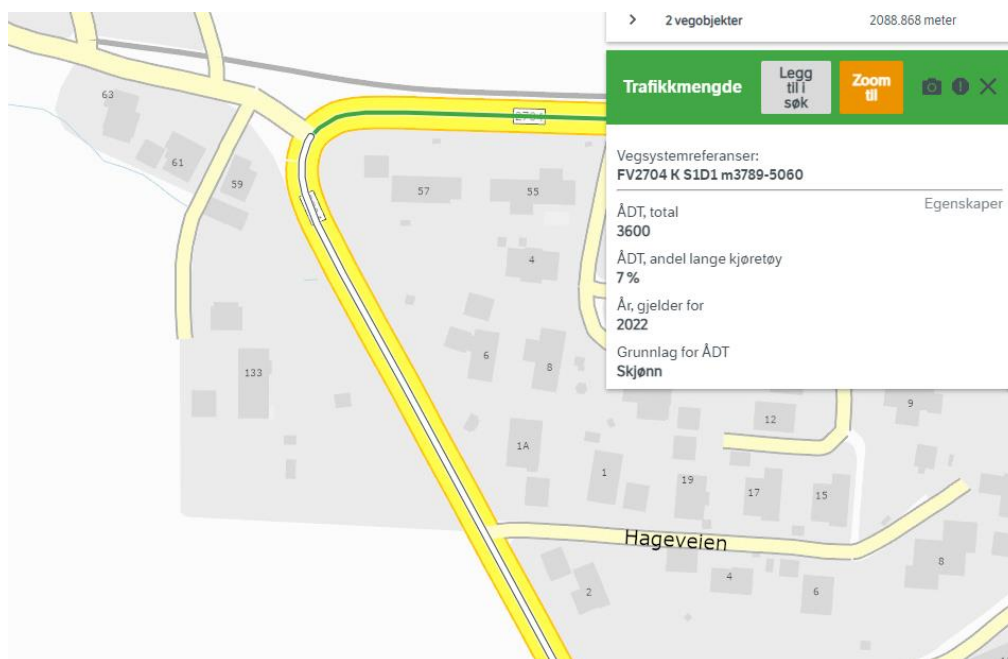
Gyldig for A < 200 Ha, og effektiv sjøprosent < 1%. Ase er effektiv sjøprosent for hver enkelt injes areal og nedbørsfelt og A er nedbørsfeltets totale areal.

$$T_k = 0,6 * L \Delta h^{-0,5} + A_{SE} = 10$$
$$T_k = 0,02 * L^{1,15} * \Delta h^{-0,39}$$

Best tilpasset homogene felt med effektiv sjøprosent = 0%.

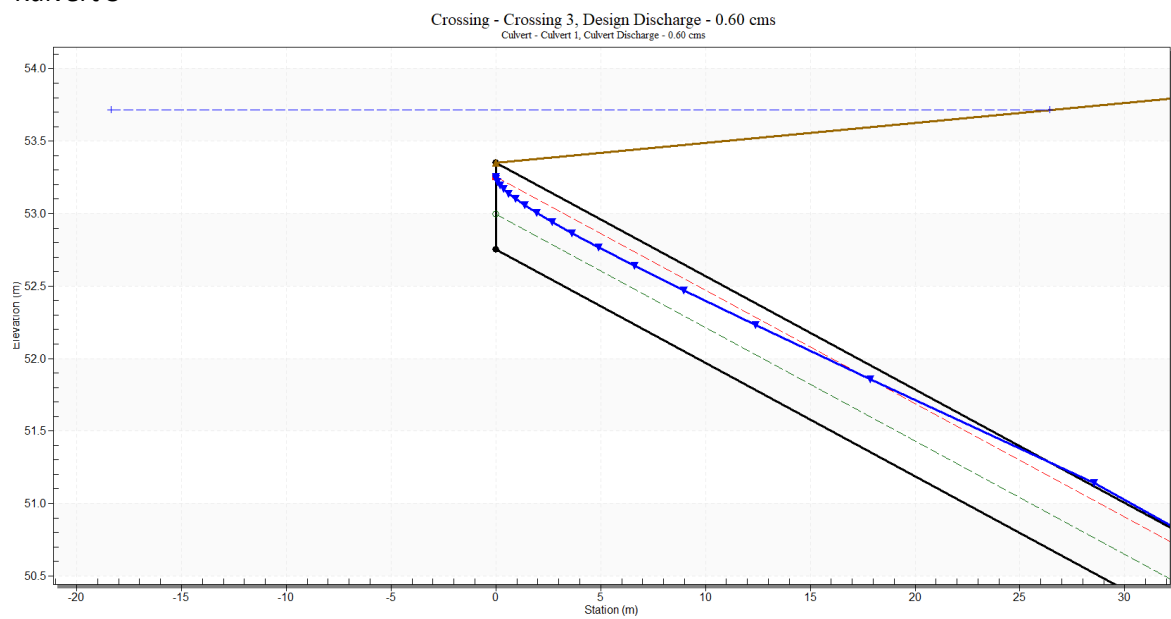
$$T_k = K L_F \Delta h^{-0,5}$$

ÅDT hentet fra Vegkart.no



Kulvertberegning i HY-8 programmet.

Kulvert 3



Kulvert 2

