

NOTAT

Prosjekt Råkenåsen - flomledning	Prosjektleder Stian Lundberg Bjørnsen	Dato 03.02.2022
Prosjektnummer 10227459	Opprettet av Kjetil Sandsbråten	Rev. Dato

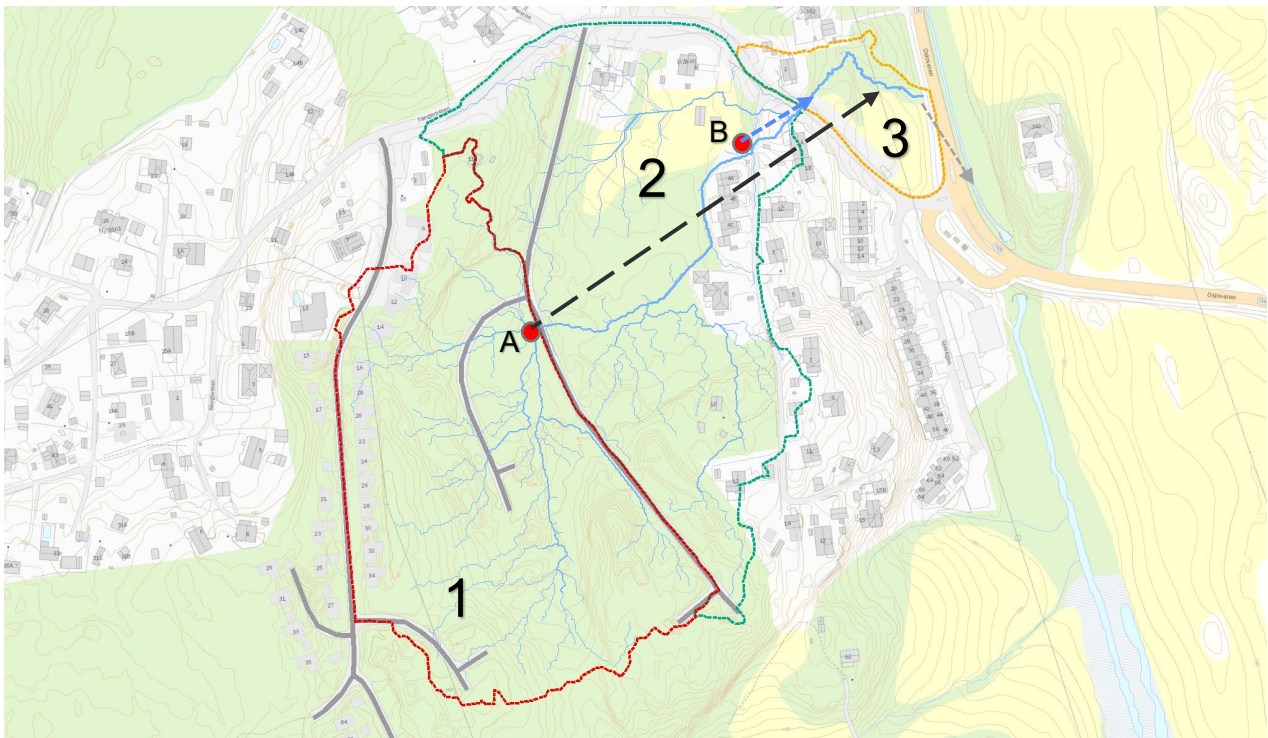
Hydrologi - Råkenåsen

I forbindelse med utbygging av flere boligfelt i Flintveien øverst på Råkenåsen, gnr/bnr. 91/868, i Enebakk kommune har vi foretatt en hydrologisk analyse av avrenning fra eiendommen i en ekstremsituasjon.

Området bygges ut trinnvis og det er påbegynt boligbygging i øvre del av nedbørfelt 1 mens grunn- og veiarbeid skjer i nedre del av dette delfeltet. Fra delfelt 1 er avrenningen tenkt ledet ned mot Osloveien i kulvertrør fra punkt A, mens delfelt 2 går i dagens kryssing B (400 mm) under Åsfaret/Tangenveien (Figur 2). Både delfelt 1 og 2 går i dag i denne kulverten.

Oppstrøms Osloveien går dagens avrenning fra alle delfeltene 1-3 under veien og ned mot bekken til Våg i kulvertrør. Bekken mot Våg krysser videre under Osloveien og ned mot vannet Våg, 600 meter lenger nedstrøms.

Nedbørfeltstørrelser er beregnet og maksimal ekstremavrenning og forløp er beregnet fra disse delfeltene.



Figur 1 Nedbørfelt og dreneringslinjer i Råkenåsen ned mot Osloveien. Delfelt 1 er rødt, delfelt 2 markert med grønn linje og delfelt 3 med gul.



Figur 2 dagens kulvertinntak (B) oppstrøms Åsfaret

Størrelse og andre relevante fysiografiske parameter for de tre delfeltene er vist i Tabell 1.

Tabell 1 Fysiografi for de enkelte delfelt

Delfelt	Areal i ha	Normal avløp 61-90 (l/s/km ²)	Eff. Sjø %	Feltlengde	Høyde Max - min	Høydeforskjell (H75 - H25)	Dreneringstetthet
1	4,76	17	0	240	166 - 144	8 (158 – 150)	1
2	5,04	17	0	335	166 - 135	7 (152 -145)	1
3	0,68	17	0	120	152 - 128	5 (137 -132)	1

Det er foretatt flomberegninger basert på flere forskjellige metodikker for å anslå maksimalverdier og forløp av en 200 års flom inkludert et klimapåslag for disse delfeltene.

Metodikk for beregning av flom kan hovedsakelig deles inn i tre hovedgrupper:

- Flomfrekvensanalyser
- Nasjonalt eller regionalt formelverk
- Nedbør-avløpsmodellering

Flomfrekvensmetoden er hovedsakelig basert på analyser av målte avløpsserier. Nedbør-avløpsmetoden er basert på frekvensanalyser av nedbørdata, hvor nedbør- og eventuelt snøsmelteverdier overføres til flomverdier ved hjelp av hydrologiske modeller.

Vanligvis skal flomfrekvensmetoden benyttes for beregning av tilløpsflommer med gitte gjentakintervall. For små vassdrag og i områder med dårlig datagrunnlag kan det være nødvendig å benytte nedbør-avløpsmetoder for flomberegning. I slike tilfeller bør resultatet likevel vurderes mot observerte flomdata eller erfaringstall for flomstørrelser.

For veldig små nedbørfelt (i størrelsesorden opp mot 2 km²) kan den rasjonelle formel benyttes (Statens vegvesen, 2018) og (Statens vegvesen, 2020). Blir vassdragene noe særlig større enn dette kan imidlertid denne formelen gi store usikkerheter. NVE anbefaler imidlertid ikke denne metodikken brukt om nedbørfeltene overskrider 0,5 km² (Fergus, 2010) og (Lindholm, 2008).

PQRUT-modellen er en annen metode for nedbør-avløpsmodellering, basert på observerte avrenningsforløp. Metoden benyttes gjerne i beregninger av flomforløp til magasiner med nedbørsfelt med areal opp til 200 km².

I forbindelse med Etatsprogrammet «NATURFARE – infrastruktur, flom og skred (NIFS)», som var et samarbeidsprosjekt mellom NVE, Jernbaneverket og Statens vegvesen ble det i 2015 utarbeidet et nasjonalt formelverk for beregning av flom i små nedbørfelt. (NVE, 2015). Som et ledd i utviklingen av nye retningslinjer / veiledere for beregning av flom i små vassdrag er det planlagt at NIFS blir en av flere foreslåtte metodikker sammen med RFFA2018 som er et formelverk NVE nylig har utarbeidet (NVE, 2020).

For metodikk som NIFS er nedbørfeltene godt innenfor den foreslåtte grenseverdien på 60 km² og denne benyttes derfor. For alle delfelt kan også rasjonell formel og PQRUT benyttes.

Det er en utfordring å finne referansestasjoner som vil være like på alle parametere som på de nedbørfelt man vurderer, så kompromisser må gjøres. Stasjoner i nærheten vil sannsynligvis ha mest representative verdier på større hendelser om ikke det er store terrengmessige gradienter i området. Lik størrelse og lignende sjøprosent vil ofte gi lignende respons. Med bakgrunn i trenden med økende nedbør i den siste trettiårs perioden og en forventning om økende nedbør grunnet pågående klimaendringer vil en stasjon med måleperiode som går frem til i dag gi mer korrekte resultater.

Det er i liten grad målestasjoner for vannføring med så små nedbørfelt i området. Det finnes en liten stasjon 13 km sørvest av området, på Ås, 5.17 Rustadskogen. Denne har et nedbørfelt på 0,24 km² og har en ikke helt komplett dataserie siden 1973. Noe nærmere, i Sagstubecken, 3 km vest av området har vi stasjonen 3.11 Sagstubecken. Denne har et nedbørfelt på 3,34 km² men ble nedlagt i 1974. Stasjonen har data fra 1951.

Ellers i regionen er det heller ikke stasjoner med så små nedbørfelt som i noen særlig grad kan benyttes. Det finnes et enkelte stasjoner rundt Oslo som er vurdert. Dette gjelder 6.10 Gryta, 8.6 Sæternbekken og 8.8 Blomsterkroken. Disse har nedbørfelt < 25 km² og som benyttes til vurdering i en flomfrekvensanalyse.

Tabell 2 Flomfrekvensanalyser på utvalgte målestasjoner, døgnmiddelflom.

VM	Felt-areal	Eff.sjø	Q N	Høyde	Måle-periode	QM		Q 5	Q10	Q 20	Q 200	Q1000
	km ²	%	l/s*km ²	m.oh	ant. år	m ³ /s	l/s*km ²	l/s*km ²				
3.11 Sagstubecken	3,34	0,03	18,68	154-239	1951-1974	0,80	240	311	368	425	608	734
5.17 Rustadskogen	0,24	0	17,16	125-135	1973-2022	0,048	200	292	333	375	542	667
6.10 Gryta	7,03	0,41	20,62	165-435	1967-2019	1,58	226	289	340	388	548	659
8.6 Sæternbekken	6,29	0,01	17,61	102-420	1971-2019	1,54	246	334	404	471	685	835
8.8 Blomsterkroken	22,59	0,29	18,74	21-458	1975-2005	6,14	272	351	415	476	673	810

Flomfrekvensanalysen er utført i henhold til «Retningslinjer for flomberegninger» (NVE 2011). For beregning av middelflom og flommer med ulike gjentakintervall er det benyttet NVEs programvare for ekstremver dianalyse i Hydra2. Terrengparametere og resultater fra flomfrekvensanalysen er vist i Tabell 2.

Når flomverdier beregnes som døgnmiddelverdier, må også kulminasjonsverdien estimeres. I den grad data på fin tidsoppløsning finnes, anbefales det at flomfrekvensanalysen utføres på momentanflommer (kulminasjonsvannføringer).

Alternativt kan forholdet mellom kulminasjonsvannføring og døgnmiddelverdi ved de største flommene i vassdraget eller i sammenlignbare felt benyttes. Hvis slike data ikke foreligger anbefales det å benytte formler, basert på feltparametere, for å beregne forholdstallet mellom momentanflom og døgnmiddel-flom (NVE 2011).

NVEs veileder for flomberegning presenterer også observerte forholdstall mellom momentanflom og døgnmiddel-flom for en rekke målestasjoner.

For nedbørfeltene til de mindre bekkene i lia ved Råkenåsen gir dette formelverket et forholdstall på 2,8 – 3,0 for høstflommer. Små nedbørfelt og meget lav effektiv sjøprosent gir svært liten demping og bidrar i hovedsak til høye forholdstall.

En spesifikk døgnmiddelflom på mellom 550 – 600 l/s pr. km² vil dermed gi en spesifikk avrenning ved maksimal flomtopp på opp mot 1550-1800 l/s pr.km².

Beregninger med NIFS metodikk, som gir momentanflom (flomtopp), gir spesifikk avrenning på om lag 2400 l/s pr. km².

Beregninger med nedbør-/avløpsmodeller regner nedbørdata om til avløp vha. feltparametere for det aktuelle feltet og er blant annet beskrevet nærmere i (NVE, 2011). I denne vurderingen benyttes det en Excel-versjon av modellen, utarbeidet av Sweco. Parameterne til den hydrologiske flommodellen skal helst bestemmes ved kalibrering mot observerte vannføringer (NVE, 2011), men siden det ikke finnes observerte vannføringer fra de aktuelle feltene i dette tilfellet, er modellparameterne teoretisk bestemt ut fra feltparametere for nedbørfeltene.

Det er ikke foretatt egne ekstremnedbørberegninger for disse feltene. Nedbørsverdier er derfor fra estimert IVF-kurve (Intensitet-Varighet-Frekvens) fra Norsk Klimaservicesenter (<https://klimaservicesenter.no/>). Nærmeste stasjon er Ås-Rustadskogen som har en lang måleserie helt tilbake til 1974. Verdier nedenfor i Tabell 3.

Tabell 3 IVF verdier for Ås-Rustadskogen

	1 min	5 min	10 min	30 min	60 min	120 min	180 min	360 min	720 min	1440 min
Akkumulert nedbør i mm	3,5	13.2	21.2	31.4	38.9	48.0	52.7	63.7	76.9	90,7
l/s pr. ha	581	441	354	175	108	67	49	30	18	11

Nedbørfeltene som vurderes i Råkenåsen er små med forholdsvis lite relieff og korte feltlengder og selv om nedbørfeltene i dag fremstår som ubebygd vil det en være økende urbanisering i forbindelse med utbyggingen. Lokale LOD tiltak antas å opprettholde en viss demping i nedbørfeltene.

Bruk av rasjonell formel gir konsentrasjonstid for delfelt 1 og 2, for et naturlig felt på om lag 60-80 minutt og ned til 5-10 minutter hvis feltet skulle vært helt urbanisert (100 % tette flater). Sannsynligvis vil et ferdig utbygd areal ligge noe imellom dette. Det antas likevel at LOD og «grønne løsninger» tas i bruk for utbyggingen.

Antatt en midlere konsentrasjonstid på 45 minutt, en nedbørintensitet på 125 l/s pr. ha og en forholdsvis lav C-faktor på 0,28 vil beregninger med rasjonell formel gi en maksimal spesifikk flomtopp på 6775 l/s pr.km². Denne verdien inkluderer et klimapåslag i beregningsmodellen på 1,43 (1,3 klimapåslag Akershus * 1,1 (>Q₅₀)). Uten en slik klimafaktor ville verdien vært 4730 l/s pr.km².

Beregninger foretatt med PQRUT gir verdier opp mot 2500 l/s pr. km².

Verdier for de tre delfeltene beregnet med forskjellige metodikker er vist i Tabell 4.

Tabell 4 Beregnede flomverdier for Q_{200} i l/s pr. km^2 . For rasjonell metode er det inkludert et klimapåslag

	Areal	Flomfrekvens døgnmiddel	Flomfrekvens momentanverdi (tall i parentes $Q_{\text{mom}}/Q_{\text{døgn}}$)	NIFS	Rasjonell metode	PQRUT
Delfelt 1	4,76 ha	600	1598 (2,66)	2406	7287	2575
Delfelt 2	5,04 ha	600	1594 (2,66)	2387	7287	2310
Delfelt 3	0,68 ha	600	1746 (2,91)	3134	7287	5250

Rapporten «Klimapåslag for korttidsnedbør, anbefalte verdier for Norge» (NCCS, 2019) viser tydelig at klimafaktorer øker tydelig med lengre returperioder og med kortere varigheter. Dette er i tråd med at det er de mest ekstreme hendelsene som vil øke mest i framtiden er småskala, intense nedbørhendelser som for eksempel konvektive sommerbyger. Tidligere anbefalinger om 40% påslag for nedbørvarigheter opp til 3 timer (Førland, 2015) samsvarer godt med disse nye resultatene, men det er også tydelig at klimafaktorer for kortere varigheter enn 3 timer i snitt for Norge er større enn 1,4.

Anbefalingen fra dette arbeidet er for nedbør med returperioder på mer enn 50 år og med varighet under 1 time, ett klimapåslag på 50 % som gjengitt nedenfor i Tabell 5. For dimensjoneringsberegninger av stikkrenner og øvrig dreneringsanlegg legges til grunn 200 års gjentakintervall, samt et påslag i form av en klimafaktor på 50 % i nedbørfeltene.

Tabell 5 Anbefalte klimapåslag (%) for endring i dimensjonerende korttidsnedbør fram til 2071-2100.

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

De forskjellige flomberegningsmetodikker gir et stort spenn i verdier. Fra flomfrekvens på 2400 l/s pr km^2 (inkludert klimapåslag) til bruk av rasjonell metode med verdier opp mot 7300 l/s pr km^2 .

Både flomfrekvens basert på døgnmiddelverdier og NIFS ser ut til å være for lavt. Bruk av flomfrekvens på momentanverdier for stasjonen med minst nedbørfeltareal, 5.17 Rustadskogen, gir verdier på 4320 l/s pr km^2 . Denne målestasjonen har et areal lignende nedbørfeltene i Råkenåsen og en beregnet flomverdi liggende mellom PQRUT og rasjonell metode som kan tyde på at metodikk med nedbør-/avløpsmodell kan være egnet.

Det velges å benytte resultatene fra bruk av PQRUT inkludert 50 % klimapåslag. Dette gir i tillegg til dimensjonerende momentanverdi også et flomforløp som eventuelt kan benyttes for dimensjonering av andre flomdempende tiltak om ønskelig. Dette gir dimensjonerende flomverdier for de forskjellige delfelt som vist i Tabell 6.

Tabell 6 Beregnede flomverdier for Q_{200} i l/s for de vurderte delfeltene

	Areal	PQRUT	PQRUT inkl. 50 % klimapåslag	Dimensjonerende vannføring i l/s
Delfelt 1	4,76 ha	2575	3862	184
Delfelt 2	5,04 ha	2310	3465	175
Delfelt 3	0,68 ha	5250	7875	54

For delfelt 1 og 2 skulle det dermed være tilstrekkelig med en kulvert-/rørdimensjon på 500 mm. For et samlet avløp på 413 l/s fra alle delfelt under Osloveien og videre til bekk mot Våg, bør det være en dimensjon på minimum 700 mm. Det forutsettes imidlertid innløpskontroll ved fastsettelse av disse dimensjonene.

Under Osloveien kan det imidlertid være utfordrende å få til frspeilsstrømning ved store flomhendelser da det kan være høy vannstand i bekken nedstrøms grunnet flomstigning i Våg/eller oppstuvning grunnet manglende kapasitet i kulvert lenger nedstrøms neste kryssing under Osloveien. Beregning av vannstand i bekken nedstrøms er imidlertid ikke foretatt i denne vurderingen

Men dette kan gi forhold der innløpet til kulverten har større kapasitet enn gjennomløpet og kulverten vil ha utløpskontroll. I kulverten vil det da være trykkstrømning. For å øke kapasiteten må det sørges for å minimere energitap gjennom kulverten ved å øke diameter eller bunnhelning eller eventuelt øke energigradienten ved å forbedre avløpsforholdene, og dermed senke vannstanden ved utløpet.

Inntak til kulverter/rør bør ellers helst utformes som et V-formet inntak med mulighet for vannstandstigning i forkant av innløpet for best mulig kapasitetsutnyttelse. Dette kan gi om lag 20 % bedret kapasitet i røret. Eksempel på inntak er vist nedenfor i Figur 3.



Figur 3 Eksempel på V-formet inntak.

Utløp av planlagt rørkulvert er antatt å være i skråningen oppstrøms Osloveien, som markert med svart pil i Figur 1.

Bruk av et 500 mm rør gir vannhastigheter ved flomvannføring i bekken nedstrøms utløpet på 1,25 m/s beregnet med Hy-8. Dette kan gi en viss fare for erosjon og strekningen nedstrøms utløpet bør erosjonssikres, for eksempel ved steinsetting/plastring. For slike mindre dimensjonering anses det tilstrekkelig å sikre området ved utløpet uten å måtte anlegge et energidreperbasseng nedstrøms. En løsning med prefabrikkert utløp er vist i Figur 4 og et par andre løsninger i Figur 5 og Figur 6.



Figur 4 Prefabriert kulvertutløp med steinsatt strekning nedstrøms



Figur 5 Variant av steinsatt utløp



Figur 6 Variant av steinsatt utløp.



Figur 7 Eksempel på erosjonssikring ved utløp av kulvert med enkle nedstrøms energidrepere.