RAPPORT

Nr. 14/2021

Flomberegning for Tistilbekken, Gjerdrum kommune (002.CAAA0)

Erik Holmqvist og Thomas Skaugen

NVE Rapport nr. 14/2021

Flomberegning for Tistilbekken, Gjerdrum kommune (002.CAAA0)

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Forfatter: Erik Holmqvist og Thomas Skaugen

Forsidefoto: Skreområdet i Ask, Gjerdrum kommune 31. desember 2020.
Foto: Jaran Wasrud/NVE.

ISBN: 978-82-410-2121-3

ISSN: 1501-2832

Sammendrag: Det gikk et stort kvikkleireskred i Ask i Gjerdrum 30. desember 2020. Gjennom skredområdet renner Tistilbekken. Det er beregnet flommer med gjentaksintervall til og med 200 år for denne bekken. Inklusive et klimapåslag på 50 % er 200-årsflom beregnet til 7,6 m3/s.
Beregningene er basert på både bruk av nedbør-avløpsmodeller (DDDurban og PQRUT) og analyse av vannføringsobservasjoner fra målestasjoner i nærheten. For Tistilbekken, som er et lite og delvis urbanisert felt, er det imidlertid få representative hydrologiske målestasjoner med gode data. Det hydrologiske datagrunnlaget er derfor vurdert til å være «begrenset».

Emneord: Tistilbekken, Gjerdrum, Ask, flomberegning, 200-årsflom

Norges vassdrags- og energidirektorat
Middelthuns gate 29
Postboks 5091 Majorstuen
0301 Oslo

Telefon: 22 95 95 95
E-post: nve@nve.no
Internett: www.nve.no

april, 2021

Innhold

Forord **4**

Sammendrag **5**

1 Feltbeskrivelse **6**

2 Flomberegning **7**

2.1 Målestasjoner 8
2.2 Frekvensanalyse 14
2.3 Regionale formler 18
2.4 Nedbør-avløpsmodell 19
2.4.1 Nedbør 19
2.4.2 PQRUT 20
2.4.3 DDD-urban 21
2.4.3.1 Nedbørdata, simulert vannføring 2013-2020 22
2.4.3.2 10- og 200-års nedbør, kombinert med ulike jordfuktigheter 24
2.5 Vurdering av resultatene 28
2.6 Klimaendringer 29

3 Referanser **30**

Forord

Tistilbekken ligger i Gjerdrum kommune ved Ask, der det store kvikkleireskredet gikk natt til 30. desember 2020. Det omkom ti personer i skredet.

I denne rapporten er det beregnet flommer med gjentaksintervall til og med 200 år. Beregningene er gjort på oppdrag fra Skred og Vassdragsavdelingen i NVE i forbindelse med planlegging av sikringsarbeider i området. Denne rapporten sier ikke noe om årsaken til skredet.

Rapporten er utarbeidet av Erik Holmqvist og Thomas Skaugen, Per Ludvig Bjerke har utført kvalitetskontroll.

Oslo, april 2021.

Hege Hisdal
direktør
Hydrologisk avdeling

Elise Trondsen
seksjonssjef
Seksjon for vannbalanse

Sammendrag

Det er ingen hydrologiske målestasjoner i Tistilbekken. Flomberegningene er derfor basert på indirekte metoder. For vurdering av flomforholdene er følgende metoder benyttet:

- Analyse av flomdata fra målestasjoner i nærheten
- Bruk av regionale flomformler
- Bruk av enkel nedbør-avløps modell, PQRUT
- Bruk av nyutviklet nedbør-avløps modell, DDD-Urban

Nedbørfeltet til Tistilbekken er spesielt av flere årsaker. For det første er det lite (1,26 km^2) i forhold til mange av de feltene hvor det fins vannføringsobservasjoner. Dernest er det delvis urbanisert, og det er mye leire i feltet.

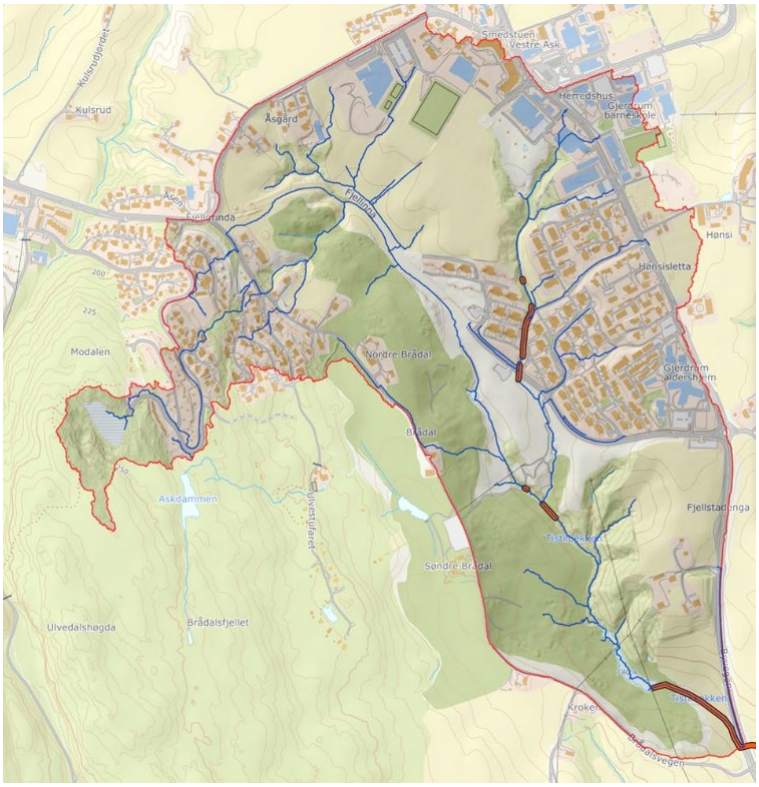
For Tistilbekken er midlere spesifikk flom beregnet til 1000 l/s/km^2 og 200-årsflom til 4000 l/s km^2, som tilsvarer vannføringer på 1,3 og 5,0 m^3/s.

Det er videre benyttet et klimapåslag på flomverdiene med 50 % fordi nedbørfeltet er lite og reagerer kjapt på nedbør. Inklusive klimapåslag blir spesifikk middel og 200-års flom 1500 og 6000 l/s km^2. Det tilsvarer vannføringer på 1,9 og 7,6 m^3/s.

Det er få representative målestasjoner med gode data for Tistilbekken. Det hydrologiske datagrunnlaget for denne flomberegningen vurderes derfor å være i klasse 5, begrenset hydrologisk datagrunnlag med store gradienter i spesifikke flomvannføringer i området. Klassifisering går fra 1 – 5 hvor 1 har det beste datagrunnlaget.

1 Feltbeskrivelse

Tistilbekken ligger i Gjerdrum kommune ved Ask, der det store kvikkleireskredet gikk natt til 30. desember 2020. Nedbørfeltet er beregnet til 1,26 km^2 av Rengifo Ortega ved geomatikkseksjonen i NVE (NVE – IG). Nedbørfeltet består av noe skog, golfbane, urbaniserte områder og landbruksarealer.



Figur 1. Kart med inntegnet nedbørfelt til Tistilbekken.

Tabell 1. Feltparametere for Tistilbekken.

	Areal km^2	**Årsmiddel-avrenning l/s/km^2**	**Høyde moh**	**A_{SE}**	**A_{skog}**	**A_{urban}**
Tistilbekken	1,26	27	135- 174 - 266	0,0	Ca. 5 %	13 %

Ifølge beregninger i NEVINA er det leire i grunnen i ca. 90 % av nedbørfeltet til Tistilbekken. *Leire karakteriseres av stor porøsitet og stor vannkapasitet samtidig som dens gjennomtrengelighet er lav. Områder som domineres av leire, har en avrenning som vesentlig skiller seg fra usorterte moreneskråninger respektive løsavsetninger av sand, silt eller grus (ref. Nedbør -avløp, Geofag, Univ. i Oslo, 2010)*. Dette betyr sannsynligvis

at infiltrasjonskapasiteten i feltet til **Tistilbekken** er spesielt lav, noe som kan gi raskere avrenning her enn i mange andre små felt.

I «Greipsland 2017» er det sett på sammenhengen mellom feltkarakteristika og vannkjemi i leirvassdrag. Der skriver de blant annet at*: Hydrologisk respons, dvs. hvor raskt avrenningen responderer på nedbør, vil ha betydning for erosjon, og har igjen sammenheng med nedbørfeltets form og helning.* I tillegg har blant annet leirdekningsgrad *betydning for tap av jord,* dvs også den hydrologiske responsen. I den rapporten er det henvist til en Gravelius' Indeks (GI; ligning 4) som en indikator på den hydrologiske responstiden. Indeksen er definert som ratioen mellom omkretsen av et nedbørfelt og omkretsen til en perfekt sirkel med samme areal. *Et nedbørfelt med en høy GI er smalt og langt, og forventes å ha lavere hydrologisk responstid enn et nedbørfelt med en lav GI som er rundere og som vil ha raskere responstid (med andre ord: høyere vannføringstopp etter en nedbørepisode).* For bekken som ble undersøkt i NIVIO-rapporten varierte dette forholdstallet stort sett mellom 1,5 og 4. Et grovt overslag for Tistilbekken gir en indeks på ca. 1,4. Det er en indikasjon på at dette er et felt med rask respons.

2 Flomberegning

Det er ingen hydrologiske målestasjoner i Tistilbekken. Flomberegningene må derfor baseres på indirekte metoder. For vurdering av flomforholdene er det i denne rapporten benyttet følgende metoder

- Analyse av flomdata fra målestasjoner i nærheten
- Bruk av regionale flomformler
- Bruk av enkel nedbør-avløps modell, PQRUT
- Bruk av nyutviklet nedbør-avløps modell, DDD-Urban

Nedbørfeltet til Tistilbekken er spesielt av flere årsaker. For det første er det lite (1,26 km^2) i forhold til mange av de feltene hvor det fins vannføringsobservasjoner. Videre er det som nevnt i kapittel 1 mye leire i feltet. Det kan medføre at avrenningen her er større pr arealenhet ved intens nedbør i andre små felt. Usikkerheten knyttet til dette er betydelig. Formen på nedbørfeltet (relativt rundt), favoriserer også en rask avrenning.

2.1 Målestasjoner

I kart i figur 2 er plasseringen av en del aktuelle vannstands- og vannføringsstasjoner vist. Noen sentrale feltparametere for stasjonene er gitt i tabell 2, og nedenfor er det knyttet noen kommentarer til spesielt flomverdiene for de ulike stasjonene.

Figur 2. Kart som viser vannstand-/ vannføringsstasjoner med små nedbørfelt i nærheten av Tistilbekken. Stasjonen 3.11 Sagstubekken ligger litt sør for kartutsnittet.

2.1193 Mørdrebekken er en stasjon som er drevet av NIBIO. Denne virker å ha gode data tilbake til oppstart i 1991. Målestasjonen ligger imidlertid noe lenger øst i et område med vesentlig lavere spesifikk årsavrenning enn det en finner for Tistilbekken. Flomverdiene ved denne stasjonen må derfor også antas å være vesentlig lavere enn for Tistilbekken. Største registrerte vannføring ved stasjonen tilsvarer en spesifikk vannføring på 710 l/s/km^2.

2.305 Austeddalen var i drift noen år på 1960- og 70-tallet. Stasjon lå litt nord for Tistilbekken, og også her er mellom 60 og 70 % av nedbørfeltet dominert av leire. Det er mange kortere og lengre observasjonsbrudd ved stasjonen. De to klart største vannføringene antas å være feil, disse er registrert i mars 1968 og april 1969 på to dager uten regn, men med noe snøsmelting, men ifølge xgeo ikke spesielt varmt. Den største av disse tilsvarer en avrenning på drøyt 2300 l/s/km^2, det er urealistisk ut fra værforholdene. Ellers ligger de største observert verdiene omkring 200 – 400 l/s/km^2. Dataene fra denne stasjonen er så usikre og til dels mangelfulle at de sees bort fra i videre analyser.

2.590 Vikka har data fra 1989 – 2009 og noe data igjen i 2018. Stasjonen ligger rett vest for Gardermoen flyplass. Flomtoppene ved stasjonen synes å ha økt jevnt gjennom observasjonsperioden. Nedbørfeltet er på ca. 12 km^2 og omfatter store deler av flyplassen.

En alternativ beregning av nedbørfeltet, hvor store deler av flyplassområdet er utelatt gir et felt på ca. 5 km^2. Feltet har sannsynligvis endret karakter i løpet av observasjonsperioden, og muligens også hvor stort areal som drenerer til målestasjonen. Største observerte vannføring er fra 2018 med en vannføring som tilsvarer en avrenning på 360 $l/s/km^2$ med et nedbørfelt på 12 km2 og ca. 860 $l/s/km^2$ om nedbørfeltet kun er 5 km^2. Verdiene fra Vikka er det derfor også sett bort fra i videre analyser.

Tabell 2. Feltparametere for målestasjoner i nærheten av Tistilbekken.

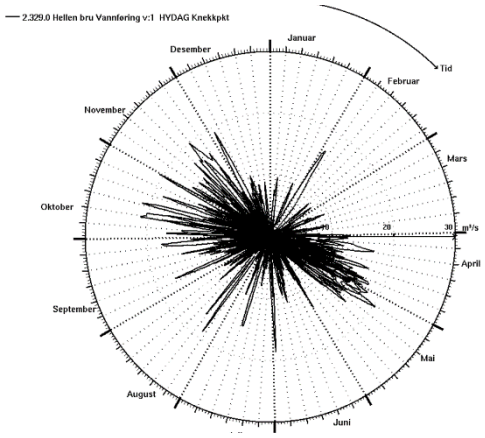
	Areal km^2	**Periode**	**Års-middel-avrenning $l/s/km^2$**	**Median-høyde moh**	**A_{SE} %**	**A_{skog} %**	**Kommentar**
2.1193 Mørdreb.	7,61	1991-2018	11	164	0	27	NIBIO-st.
2.305 Austeddalen	6,07	1967-1975	17	180	0,03	43	Enkeltverdier, leireomr.
2.590 Vikka	12,04	1989-2009	17	201	0	53	Usikkert areal
2. 601 Slemdalsb.1	4,53	1991-2011	22	173	0	35	Mange obs brudd,
2.617 Slemdalsb.2	4,53	2008-2020	22	173	0	35	Kun vst.
2.320 Limosen	0,35	1969-1971	25	219	0	0	Kun vst.
2.329 Hellen bru	82,1	1970-2001	19	301	0,34	77	
2.10 Sogna	25,1	1995-2013	14	201	0	28	
3.11 Sagstub.	3,1	1952-1973	19	199	0,04	97	
6.2 Vestli	0,4	1998-2020	22	200	0,01	39	Urbanisert, 28 %
6.10 Gryta	7,0	1968-2020	21	300	0,41	95	
6.97 Hovinb.	4,76	2020	19	249	0,11	59	
8.6 Sæternb.	6,2	1972-2020	18	240	0,01	93	

Stasjonen 2.10 Sogna ligger nedstrøms Vigga, og nedbørfeltet til også denne stasjonen dekker deler av flyplassområdet. Det kan derfor være noe usikkerhet knyttet til feltavgrensningen for denne. Her er det observasjoner fra 1995 – 2013. Ved denne stasjonen ble det registrert en vannføring på 30 m^3/s eller nesten 1200 $l/s/km^2$ i oktober 2000, denne verdien er imidlertid svært usikker og døgnmidlet denne dagen er manuelt redusert til omkring 10 % av det findataene gir. Den største observerte flomverdien, hvor det ikke er foretatt noen manuell korreksjon av dataene, er under snøsmelting i april 1999 med en spesifikk avrenning på ca. 460 $l/s/km^2$. Også data fra denne stasjonen ansees for å være usikre og er lite vektlagt i videre analyser.

I Slemdalsbekken, som ligger rett nord for Tistilbekken har det vært målinger siden starten av 1990-tallet, først ved stasjonene **2.601 Slemdalsbekken** 1 og fra 2008 ved stasjonen 2.617 Slemdalsbekken 2. For de senere årene er det ingen gyldig vannføringskurve. Nedbørfeltet til målestasjonen er 4,5 km^2, ifølge beregninger i NEVINA er det leire i drøyt 90 % av nedbørfeltet. Det er mange brudd i de observerte dataene. De største observerte flommene er fra oktober 2000 (to flommer) og mars 2008 med mellom 4 og 5 m^3/s, det tilsvarer en spesifikk avrenning på ca. 950 – 1000 $l/s/km^2$. Selv om stasjonen ikke har data som egner seg for frekvensanalyser, gir disse enkelthendelsene en ide om hvor intens avrenning en kan forvente i området. Men også disse dataene antas å være svært usikre.

Ved stasjonen **2.320 Limosen** er det kun vannstandsdata. Data fra denne stasjonen er derfor ikke analysert nærmere her.

Stasjonen 2.329 Hellen bru ligger i Gjermåa, et nabofelt rett nord for Tistilbekken. Nedbørfeltet til denne stasjonen er imidlertid vesentlig større enn for Tistilbekken, feltet har og større andel skog og noen småvann. De spesifikke flomverdiene her må derfor antas å være vesentlig lavere her enn for Tistilbekken. Største observerte flom fra 1970 – 2001 er fra oktober 1987 med en spesifikk avrenning på ca. 330 $l/s/km^2$. Data fra denne stasjonen viser at flommer kan forekomme til alle årstider, noe som også må forventes i Tistilbekken.



Figur 3. Flomrose for 2.329 Hellen bru. Flommer forekommer til alle årstider.

Stasjonen 3.11 Sagstubekken ligger noe lenger sør. Her er det observasjoner med fin tidsoppløsning fra 1950-tallet og frem til 1973. Den største registrerte flommen er fra oktober 1967 med en spesifikk avrenning på ca. 860 $l/s/km^2$. Her er det og gjort vannføringsmålinger opp til ca. 1,9 m^3/s som tilsvarer en spesifikk avrenning på drøyt 600 $l/s/km^2$. Det antas derfor at flomverdiene ved stasjonen er relativt gode. Spesifikk flomvannføringer i Sagstubekken antas å være lavere enn de en har i Tistilbekken av

spesielt to grunner, nesten 100 % av nedbørfeltet er dekket av skog og midlere spesifikk årsavrenning er ca. 70 % av det en har for Tistilbekken.

Stasjonen 6.2 Vestli ligger sørvest for Gjerdrum/ Tistilbekken. Dette feltet er delvis urbanisert. Det er usikkerhet knyttet til korrekt feltareal for denne stasjonen. I NVEs database er nedbørfeltet oppgitt til 0,42 km^2, mens i masteroppgave til Brennhovd fra 2014 er feltarealet beregnet til 0,33 km^2. Ifølge Brennhovd består 28 % av feltet av tette flater som følge av urbanisering.

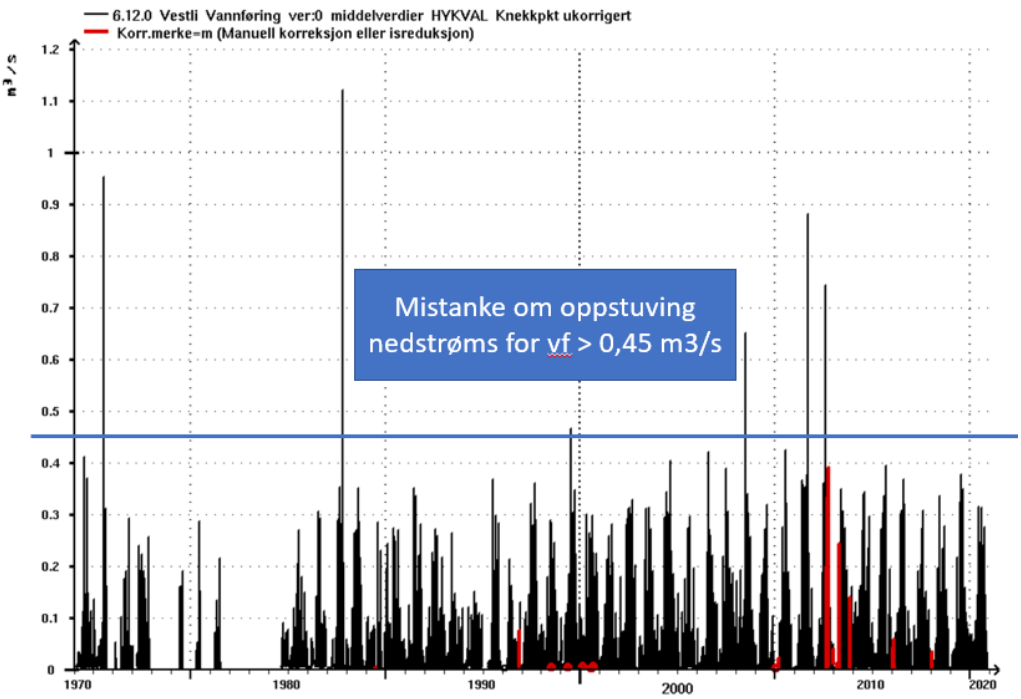
Det er observasjoner ved stasjonen tilbake til 1974, men de første årene er det mange og til dels lange observasjonsbrudd. Data fra før 1987 er derfor ikke benyttet i flomanalyser. Det er også flere observasjonsbrudd i de senere årene, og årene 1989, 1994 og 2001 er derfor også utelatt fra analysene.

Det ble i masteroppgaven funnet en god sammenheng mellom målt og simulert avrenning opp til 400 l/s. Under intens nedbør ga imidlertid simuleringene 50 % større maksimal avrenning enn det som ble målt. Det er en indikasjon på at flomverdiene ved stasjonen kan være underestimert.

Ifølge Brennhovd kan årsakene blant annet være:

- At vann renner forbi sluk under kraftig nedbør
- At det kan være oppstuing i og nedstrøms V-overløpet.
- Målefeil
- Svært lokale nedbørhendelser, dvs ikke representativ nedbør-input ved simuleringene.

Oppstuing nedstrøms vil sannsynligvis føre til overestimerte flomvannføringer. Det er og stilt spørsmål om vann fra overvannsnettet ledes inn mot avløpsstasjonen under kraftig regn, det vil også gi økte flomvannføringer og for høye spesifikke verdier (vannføring pr arealenhet).



Figur 4. Observert vannføring ved 6.2 Vestli fra 1974 – 2020.

Den største registrerte vannføringen ved stasjonen, som har data for de fleste av årene fra 1974 -2020, er fra oktober 1987 med ca. 1,1 m^3/s. Det tilsvarer en spesifikk avrenning på ca. 2700 $l/s/km^2$ (NVEs areal eller ca. 3400 $l/s/km^2$ med Brennhovds mindre areal). Det er stor usikkerhet knyttet til flomverdier over 0,45 m^3/s (ca. 1100 $l/s/km^2$), på grunn av oppstuving. I løpet av årene 1987 – 2020 har det vært fem episoder med vannføring over dette nivået.

Nedbørfeltet til Vestli er noe mindre enn feltet til Tistilbekken. De spesifikke flomverdiene her må antas å ligne noe på de en har i Tistilbekken, urbaniseringsgraden (andel tette flater) er noe høyere, nedbørfeltet er noe mindre, samtidig er midlere spesifikt årsavløp sannsynligvis noe høyere for Tistilbekken enn for Vestli.

Stasjonen 6.10 Gryta ligger sørvest for Tistilbekken. Her er det observasjoner med fin tidsoppløsning fra 1968 og frem til i dag. Den største registrerte flommen er fra oktober 1987 med en spesifikk avrenning på drøyt 1110 $l/s/km^2$. Det er utført vannføringsmålinger opp til ca. 4,8 m^3/s som tilsvarer en spesifikk avrenning på nesten 700 $l/s/km^2$. Det antas derfor at flomverdiene ved stasjonen er relativt gode. Spesifikk flomvannføringer ved Gryta antas å være lavere enn de en har i Tistilbekken spesielt fordi nedbørfeltet er dekket av ca. 95 % skog, det er noen mindre vann i feltet som kan virke flomdempende og midlere spesifikk årsavrenning er ca. 80 % av det en har for Tistilbekken. Nedbørfeltet (ca. 4 km^2) er også en del større en feltet til Tistilbekken.

Ved **stasjonen 6.97 Hovinbekken**, som ligger i Oslo, er det kun observasjoner fra 2020. Det er ingen spesielt store vannføringer fra observasjonsperioden. Data fra denne stasjonen sees det derfor bort fra i videre analyser.

Stasjonen 8.6 Sæternbekken ligger også sørvest for Tistilbekken. Her er det data med fin tidsoppløsning tilbake til 1972. Stasjonen har et kunstig profil med et skarpkantet V-overløp som dekker vannføringer opp til ca. 3 m^3/s, som tilsvarer ca. 500 $l/s/km^2$. Over dette nivået er det en bredere terskel. Det er utført vannføringsmålinger opp til ca. 4,3 m^3/s. De største registrerte flommene er fra oktober 2001 og juli 2007 med henholdsvis 12,5 og 11,0 m^3/s. Disse må antas å være relativt usikre, de tilsvarer en spesifikk avrenning på ca. 2000 og 1800 $l/s/km^2$.

Spesifikk flomvannføringer ved Sæternbekken antas å være noe lavere enn de en har i Tistilbekken, både fordi over 90 % av nedbørfeltet er dekket av skog, nedbørfeltet er større (ca. 6 km^2), og midlere spesifikk årsavrenning er snaut 70 % av det en har for Tistilbekken.

2.2 Frekvensanalyse

År som er utelatt fra analysene er dels basert på opplysninger i rapporten «Flomdata» (Engeland, 2016), og dels på egne vurdering av senere års data. For Sæternbekken er kulminasjonsvannføringer for flommene i 1987 og 1988 lagt inn i Hydra-II databasen i forbindelse med denne gjennomgangen.

For Slemdalsbekken er det i «Engeland 2016» kommentert at: *Flomvannføringer beheftet med betydelige tilfeldige og systematiske feil. Står i fallsonen mellom under- og overkritisk strømning.* Analyser fra denne er likevel inkludert her fordi feltet ligger nær Tistilbekken. Resultatene herifra må imidlertid ansees for å være svært usikre.

Midlere spesifikk flom for målestasjonene som er analysert er gitt i tabell 3. Den varierer fra drøyt 200 l/s/km^2 til ca. 1000 l/s/km^2. Midlere spesifikk flom for Tistilbekken, som har et lite nedbørfelt, lite andel skog og et delvis urbanisert felt, antas å ligge i øvre sjikt av dette.

Det er urbanfeltet Vestli, som gir de største verdiene. Dette er sannsynligvis og et av feltene som har mest sammenlignbare feltkarakteristikaene med Tistilbekken. For Vestli er det usikkerhet knyttet til både mulig oppstuing, som vil gi for høye flomverdier og størrelsen på nedbørfeltet. Med NVEs nedbørfelt blir midlere spesifikk flom 1000 l/s/km^2. Hvis en i stedet benytter medianflommen som «indeksflom», dvs en flomvannføring hvor det er like mange år med større/ mindre flommer i stedet for aritmetisk middel av alle årsflommer, reduseres verdien til ca. 850 l/s/km^2. Hvis en legger nedbørfeltet som Brennhovd har beregnet til grunn, blir medianflommen ca. 1060 l/s/km^2 og middelflommen ca. 1240 l/s/km^2.

De nest største verdiene finner en for Slemdalsbekken og Sæternbekken med ca. 650 l/s/km^2. Data fra Slemdalsbekken er imidlertid svært usikre.

Til sammenligning er det og sett på data fra et lite (ca. 0,2 km^2) urbanfelt i Trondheim, Risvollan. Midlere årsavrenning er her ca. 14 l/s/km^2. I henhold til en rapport som er under arbeid om urbanstasjonene har «*ein antatt at stasjonen har vorte oppstuva ved flaumhendingar med gjentaksintervall på 2-3 år.*» I 2017 skiftet Trondheim kommune ut deler av overvannsnettet nedstrøms denne stasjonen, slik at flommer nå skal takles bedre. Ved denne stasjonen er det observasjoner tilbake til slutten av 1980-tallet. På grunn av oppstuving antas medianflom å gi en riktigere indeksflom enn middelflom. Medianflommen for Risvollan tilsvarer en spesifikk avrenning på drøyt 1600 l/s/km^2.

Ut fra en totalvurdering av datagrunnlaget antas **1000 l/s/km^2 å være et rimelig estimat for midlere spesifikk flom for Tistilbekken**. Verdien er av samme størrelsesorden som for det mindre urbanfeltet Vestli (Oslo), men mindre enn for urbanfeltet Risvollan (Trondheim). Feltet til Tistilbekken er mindre enn feltet til Sæternbekken, feltet er også mindre permeabelt. I tillegg er midlere spesifikk årsavrenning omkring 50 % større for Tistilbekken enn Sæternbekken.

Det er få representative målestasjoner for Tistilbekken, og til dels store usikkerheter og knyttet til det tilgjengelige datagrunnlaget. Det er derfor stor usikkerhet knyttet til dette estimatet.

Tabell 2. Midlere flom for målestasjoner i nærheten av Tistilbekken. Det er kulminasjonsverdier som er analysert.

	Areal km^2	**Periode**	**Antall år**	**Midlere flom m^3/s**	**Spes. midlere flom l/s/km^2**	**Kommentar**
2.1193 Mørdreb.	7,61	1991-2018	28	2,08	273	
2. 601 Slemdalsb.	4,53	1992-2011	11	2,95	651	Usikre data. Utelatt 1995-97, 2002-05, 2009.
2.329 Hellen bru	82,1	1970-2001	29	18	219	
3.11 Sagstub.	3,1	1952-1973	20	1,38	448	Utelatt 1971-72
6.2 Vestli	0,41 **0,33	1998-2020	31	0,41	1000 (854)* (1061)**	Usikkert areal, mulig oppstuing. *Median. ** Median, redusert areal.
6.10 Gryta	7,0	1968-2020	50	2,38	339	Utelatt 1970, 1996, og 1997. Korrigert årsmaks 1974 og 2013 pga is.
8.6 Sæternb.	6,2	1972-2020	43	4,1	650	Utelatt 1973-74, 1984-86, 1993.

Det er utført flomfrekvensanalyser på data med fin tidsoppløsning fra målestasjonene med de lengste tidsseriene, med unntak av de to urbanstasjonene Vestli og Risvollan. Årsaken til dette er oppstuving, som medfører at de høyeste flomverdiene her blir overestimert.

Det er kun en av seriene, Gryta som har minst 50 år med observasjoner. For denne serien er derfor GEV-Bayesiansk fordeling benyttet. For de øvrige er Gumbel-Bayesiansk eller Gumbel-moment-fordelingen lagt til grunn. I figur 5 og 6 er analysene for Gryta og Sæternbekken, de to stasjonene med lengst dataserier, vist.

For de analyserte seriene varierer forholdstallet mellom 200-årsflom og middelflom fra ca. 2 til 4. Størst forholdstall gir 3-parameteranalysen for Gryta med 3,9. Benyttes Gumbel-Bayesiansk for denne, som er en 2-parameterfordeling, reduseres forholdstallet til 2,8. Fra figur 5 ser en imidlertid at GEV-Bayesiansk-fordeling synes vesentlig bedre tilpasset dataene enn Gumbel-fordelingen.

Fra figur 6, som viser analyse av data fra Sæternbekken, ligger mange av de observerte flommene godt over Gumbel-fordelingen. Her er forholdstallet mellom 200-årsflom og middelflom 2,9. Hvis en benytter øvre omhylningskurve, øker forholdstallet til 3,6. Det virker mer rimelig ut fra foreliggende data for Sæternbekken.

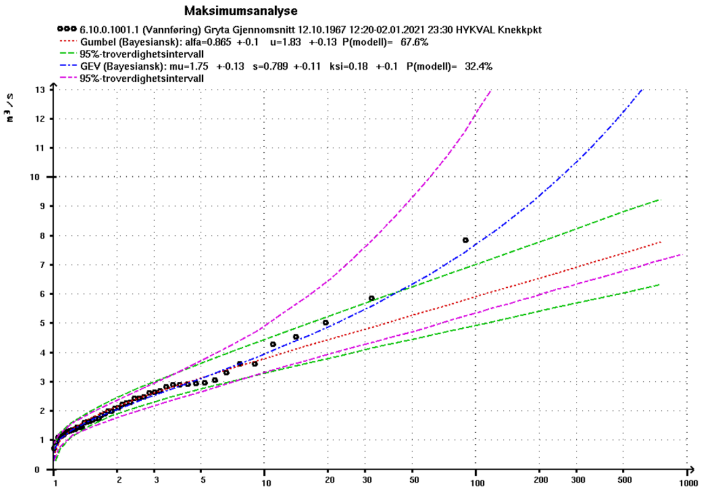
De øvrige seriene, som har kortere observasjonsperioder, og til dels større felt, har lavere forholdstall. Disse er derfor tillagt mindre vekt.

Ut fra det relativt usikre datagrunnlaget, antas 4,0 å være et rimelig estimat for forholdstallet Q_{200}/Q_m for Tistilbekken.

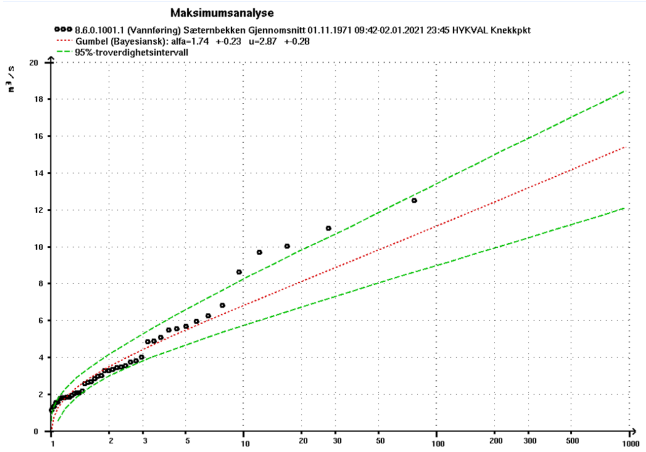
Dette gir en 200-årsflom for Tistilbekken på 4000 l/s/km^2.

Tabell 3. Forholdet mellom flom med T-års gjentaksintervall og midlere flom for målestasjoner i nærheten av Tistilbekken. Det er kulminasjonsverdier som er analysert.

	Areal km²	**Antall år**	Q_5/Q_m	Q_{10}/Q_m	Q_{20}/Q_m	Q_{50}/Q_m	Q_{100}/Q_m	Q_{200}/Q_m
2.1193 Mørdre.	7,61	28	1,3	1,5	1,8	2,1	2,3	2,5
2.329 Hellen b.	82,1	29	1,2	1,4	1,5	1,7	1,9	2,1
3.11 Sagstub.	3,1	20	1,3	1,6	1,8	2,2	2,4	2,6
6.10 Gryta	7,0	50	1,3	1,6	2,1	2,6	3,2	3,9
8.6 Sæternb.	6,2	43	1,3 (1,6)	1,6 (2,0)	1,9 (2,4)	2,4 (2,9)	2,7 (3,3)	2,9 (3,6)



Figur 5. Flomfrekvensanalyse for målestasjonen 6.10 Gryta. Det er 50 år med data med fin tidsoppløsning som er benyttet. Den blå kurven viser resultatet med bruk av GEV-Bayesiansk frekvensfordeling. De lilla stiplede strekene viser 95 % konfidensintervall for denne fordelingen. Tilsvarende er Gumbel-Bayesiansk-fordeling vist med rød strek og grønne omhylningskurver.



Figur 6. Flomfrekvensanalyse for målestasjonen 8.6 Sæternbekken for årene 1972 – 2020 (43 år). Den røde kurven viser resultatet med bruk av Gumbel-Bayesiansk frekvensfordeling. De grønne stiplede strekene viser 95 % konfidensintervall for denne fordelingen.

2.3 Regionale formler

Det er også gjort en beregning av middel- og 200-årsflom med bruk av regionale flomformler for små felt. For Tistilbekken (1,26 km^2) gir dette en midlere spesifikk flom på ca. 800 l/s/km^2, og med et utfallsrom fra ca. 450 til 1450 l/s/km^2. 200-årsflommen blir estimert til ca. 2200 l/s/km^2, og med et utfallsrom fra ca. 1150 til 4450 l/s/km^2.

Medianverdiene fra formelverket gir lavere flomverdier enn de som er anslått ved bruk av observerte data, mens øvre estimat fra formelverket gir noe større flomverdier enn analysene av observerte data.

2.4 Nedbør-avløpsmodell

2.4.1 Nedbør

Ekstremnedbør for Tistilbekken er beregnet av Meteorologisk Institutt (tabell 4 og 5). 200-års døgnnedbør er beregnet til 95 mm som årsverdi. I løpet av 1 time er 200-års nedbør beregnet til 35 mm.

Det er sommer og høst som har de største sesongverdiene. I vinter og vårmånedene, hvor det ville vært rimelig å kombinere ekstremnedbør med snøsmelting, er 200-års timesnedbør beregnet til 20-25 mm. En snøsmelting på opp mot 10 – 15 mm/ time virker urimelig høyt. I dette området kan flommer forekomme til alle tider av året. I videre flomberegninger er derfor årsverdien for ekstremnedbør lagt til grunn uten tillegg av snøsmelting.

Det er og valgt å benytte nedbørverdiene direkte uten noen arealreduksjon. Det er et noe konservativt valg, men nedbørfeltet her er så lite at effekten av dette antas å være vesentlig mindre enn usikkerheten knyttet til selve beregningene. Ut fra verdiene i tabell 4 og 5 er det konstruert et 200-års nedbørforløp med varighet 24 timer (figur 7).

Tabell 4. Påregnelige 24-timers nedbørverdier i mm.

	Årsverdi	jan, feb, des	mar, apr, mai	jun, jul, aug	sep, okt, nov
M5(Årstid) / M5(År)	1	0,59	0,57	0,9	0,86
M5 (mm)	50	30	28	45	43
M10 (mm)	55	35	30	50	50
M25 (mm)	65	40	40	60	60
M50 (mm)	75	50	45	70	65
M100 (mm)	85	55	50	80	75
M200 (mm)	95	65	60	90	85
M500 (mm)	115	75	70	105	100
M1000 (mm)	125	85	80	120	115
PMP (mm)	235	175	170	225 ->235	220

Tabell 5. Påregnelige n-timers nedbørverdier i mm. Årsverdier.

Antall timer (n)	1	2	6	12	24	48	72	96
n timer / 24 timer	0,37	0,46	0,66	0,81	1	1,24	1,38	1,55
M10 (mm)	20	25	35	45	55	70	75	85
M25 (mm)	25	30	45	55	65	80	90	100
M50 (mm)	30	35	50	60	75	95	105	115
M100 (mm)	30	40	55	70	85	105	115	130
M200 (mm)	35	45	65	75	95	120	130	145
M500 (mm)	45	55	75	95	115	145	160	180
M1000 (mm)	45	60	85	100	125	155	175	195
PMP (mm)	85	110	155	190	235	290	325	365

2.4.2 PQRUT

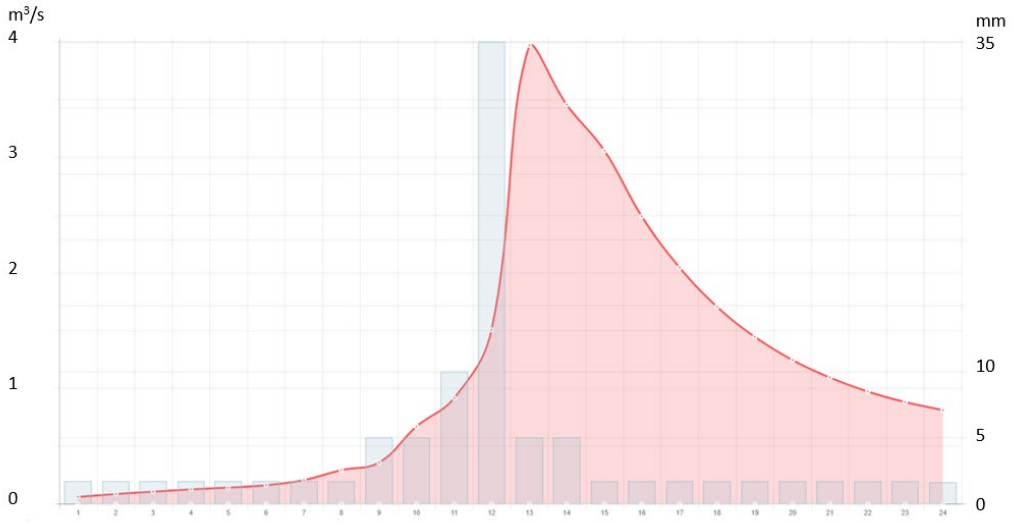
Det er satt opp en enkel nedbør-avløpsmodell (PQRUT) for Tistilbekken. Modellen har tre parametere, øvre (K_1) og nedre tømmekonstant (K_2) og en terskel mellom disse (T). Modellparametere er bestemt ut fra feltparametere, da det her ikke fins noen observasjoner å kalibrere mot.

Feltparameterne som inngår i formlene for modellparametere er effektiv sjøprosent, relieff forholdet og midlere spesifikt årsavløp. Relieff-forholdet er definert som høydeforskjellen i meter mellom 25- og 75- % passasjen på feltets hypsografiske kurve dividert med feltaksens lengde i km (Retningslinjer for flomberegninger. 2011).

For så små felt som Tistilbekken, er modellparameterne følsomme for relativt små endringer i feltparametere. Nedbørfeltet er beregnet til 1,26 km^2, midlere spesifikk årsavrenning 27 $l/s/km^2$, relieff-forholdet ca. 10 m/km, mens effektiv sjøprosent er tilnærmet lik null. Det gir følgende modellparametere: K_1 = 0,16 $time^{-1}$, K_2 = 0,04 $time^{-1}$ og T = 11 mm.

PQRUT-modellen ble laget på Hydrologisk avdeling i 1983. Når modellen anvendes i felt med rask direkte avrenning fra mer enn 40 % av nedbørfeltet, er det anbefalt å øke K_1-verdien med 0,08 - 0,1 $time^{-1}$ (Andersen, 1983). For Tistilbekken, som både er delvis urbanisert og har mye leire i grunnen økes derfor K_1 fra 0,16 til 0,26 $time^{-1}$.

Med bruk av 200 års ekstremnedbør og full metning i grunnen, gir dette en 200-årsflom på 4,0 m^3/s som høyeste timesverdi. Det tilsvarer en spesifikk vannføring på nesten 3200 $l/s/km^2$.



Figur 7. 200-års nedbørforløp Tistilbekken (grå søyler) og beregnet vannføring (rød strek) i Tistilbekken med bruk av PQRUT, tidsoppløsning 1 time.

For så små felt som Tistilbekken kan maksimalvannføringen under flom være større enn største timesverdi. For å vurdere dette er forholdet mellom årlig maksimal «momentanvannføring» og timevannføring for målestasjonene 8.6 Sæternbekken og 6.12 Vestli vurdert. For Sæternbekken er årene 2010- 2020 benyttet, i denne perioden er data

registrert hvert 15. minutt ved Sæternbekken. For Vestli er årene 2013-2020 benyttet. I denne perioden har vannføringen ikke vært over det nivået hvor det er antatt at oppstuving skaper spesielle problemer. Her er vannstand/ vannføring registrert som knekkpunkter med tidsoppløsning fra 2-3 minutter til 10-15 minutter. Observasjonene fra Sæternbekken gir et midlere forholdstall på 1,04 mellom største momentan- (15 min) og timesvannføring, mens for Vestli er forholdstallet 1,84.

Fordi utvalget av små felt er så lite, er det også sett på tilsvarende forholdstall for en målestasjon i Agder, 20.11 Tveitdalen. Dette nedbørfeltet er skogkledd, men har ingen innsjøer (effektiv sjøprosent er null) og nedbørfeltet er 0,44 km^2. Midlere årsavrenning er 35 $l/s/km^2$, det er noe høyere enn i området ved Tistilbekken. Ved denne målestasjonen har forholdet mellom kulminasjon og største timesvannføring variert fra ca. 1,03 til i overkant av 1,2 for de største registrerte flommene. Høyeste observerte flomvannføring her, som var i oktober 1976, tilsvarte en avrenning på drøyt 3100 $l/s/ km^2$.

Nedbørfeltet til Vestli og Tveidalen er ca. 1/3 av feltet til Tistilbekken, mens nedbørfeltet til Sæternbekken er nesten 5 ganger større. Det antas derfor at maksimalvannføringen i Tistilbekken kan være ca. 20 % større enn beregnet timevannføring, dvs. høyere forholdstall enn gjennomsnittsverdiene for Sæternbekken og Tveitdalen (ca. 1,04 og 1,1), men vesentlig mindre enn for Vestli (1,8), som både har et mindre felt og en høyere urbaniseringsgrad enn Tistilbekken.

Hvis en skalerer beregnet timesverdi for 200-årsflom med 1,2, blir maksimalvannføringen 4,8 m^3/s. Det tilsvarer en spesifikk avrenning på ca. 3800 $l/s/km^2$.

2.4.3 DDD-urban

En nyutviklet nedbør- avløpsmodell, Distance Distribution Dynamics Urban (DDDUrban) er anvendt for å modellere vannføringen i Tistilbekken. Modellen for Tistilbekken er nærmere omtalt i rapporten «Hydrometeorologiske forhold i forkant av kvikkleireskredet i Gjerdrum i desember 2020».

I en nedbør-avløps modell som DDDurban er avrenningsdynamikken fra permeable flater styrt av metning i grunnen. Jo høyere metning, jo raskere går avløpet fra de permeable flatene. Tistilbekkfeltet har en urbaniseringsgrad (tette flater) på 13 % og har derfor en relativ rask avrenning sammenlignet med vanlig mark med lavere urbaniseringsgrad og derved høyere infiltrasjon.

En sentral parameter i DDD-modellen er avstanden fra et punkt til nærmeste elv/ bekk. For et nedbørfelt kan vi ved hjelp av GIS beregne forskjellige elvenettverk ved å endre på hvor stort areal som behøves for å starte en elv. Dette er en teknikk som fortsatt er under utvikling. Har vi en målt vannføringsserie for nedbørfeltet, som for eksempel for Kråkfoss i Leira, kan vi vi kalibrere en gjennomsnittshastighet for grunnvannstrøm for de forskjellige elvenettverkene. Dette er gjort for Kråkfoss, resultatene herfra er ekstrapolert til å gjelde for Tistilbekken. Dette ga en beregnet grunnvannshastighet for Tistilbekken på $8.7 * 10^{-5}$m/s. Det ser noe større, men likevel av samme størrelsesorden som tilsvarende hastigheter for urbanfeltene Vestli og Grefsen-Kjelsås i Oslo og Risvollan i Trondheim. I disse feltene er DDD-modellen kalibrert mot observerte vannføringer. Det antas derfor at modellen gir realistiske vannføringer for Tistilbekken.

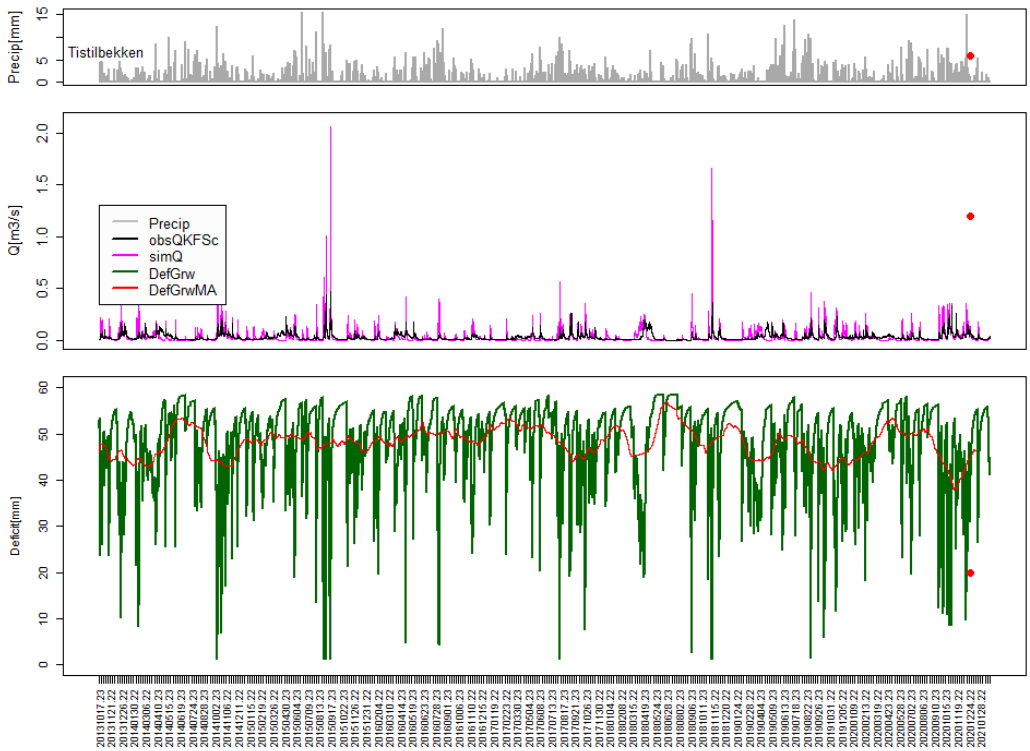
2.4.3.1 Nedbørdata, simulert vannføring 2013-2020

For vurdering av flomforhold, er nedbørdata fra SeNorge2018 benyttet. Disse nedbørdataene antas å være bedre ved analyse av lange tidsserier enn data fra en tidligere versjon av SeNorge, SeNorgeV2. Men for dagene akkurat rundt rastidspunktet er det sannsynlig at SeNorge2018 underestimerer nedbøren i området, mens SeNorgeV2 sannsynligvis gir et riktigere bilde. Det var store nedbørgradienter i slutten av desember 2020, noe som bidrar til økt usikkerhet ved beregning av nedbørgrid. I Gjerdrum-rapporten om de hydrometeorologiske forholdene i forkant av skredet, er derfor begge tidsseriene analysert.

Resultatet av beregningene er vist i figur 8. I tabell 6 er årlige maksimalverdier for både vannføring og nedbørintensitet gitt. Syv år med data, fra 2014 til 2020, gir en midlere flom (timesverdi) i Tistilbekken på 1,05 m^3/s eller ca. 830 $l/s/km^2$.

Største flom i denne tidsserien er fra september 2015, med en spesifikk flomverdi lik 1620 $l/s/km^2$. Nedbørintensiteten var imidlertid kun 4 – 5 mm/ time da flommen kulminerte. Årsaken til at vannføringen ble så stor var at bakken var metta, noe som gir rask overflateavrenning også fra de permeable områdene. Noen timer tidligere hadde nedbørintensiteten vært ca. 8 mm/ time, da var det imidlertid fortsatt noe lagerkapasitet i bakken, slik at vannføringen ikke ble like stor.

De siste 24 og 48 timene før flomkulminasjon i september 2015 kom det 68 og 81 mm regn. For begge varigheter tilsvarer dette omkring en 25-års hendelse (jmf. tabell 5). I løpet av 1 time hadde nedbøren imidlertid et gjentaksintervall på langt under 5 år. Noen uker tidligere var det en episode med ca. 16 mm/ time (tabell 6). Det tilsvarer en hendelse med et gjentaksintervall på noe under 5 år. En slik nedbørintensitet i kombinasjon med metning, ville gitt vesentlig høyere flomvannføring.



Figur 8. Nedbør (seNorge2018) (grå linje), simulert vannføring (rosa linje) og skalert observert vannføring fra Kråkfoss (svart linje) for perioden 2013-2020. I nederste panel er underskuddet av grunnvann plottet inn (grønn linje) og et «moving average» med filterlengde to måneder (rød linje). Tidspunkt for ras er markert med rødt punkt.

Tabell 6. Årlig maksimal simulert vannføring i Tistilbekken og årlig maksimal nedbørintensitet. Datoer hvor årlig maksimal vannføring og nedbørintensitet faller sammen er markert med fet skrift.

Vannføring			Nedbør	
Dato	m^3/s	$l/s/km^2$	Dato	mm/time
09.10.2014	0.82	650	**09.10.2014**	12.4
17.09.2015	2.04	1620	27.08.2015	15.7
30.04.2016	0.63	500	22.08.2016	12.0
09.08.2017	0.68	540	**09.08.2017**	9.8
11.11.2018	1.65	1310	31.10.2018	10.6
04.09.2019	0.79	630	19.07.2019	13.9
20.12.2020	0.74	590	**20.12.2020**	15.1
Gj.snitt	1.05	830	Gj.snitt	12.8

I løpet av disse 7 årene er midlere årlig maksimal nedbørintensitet ca. 13 mm/ time, mens de største verdiene er 15 – 16 mm/ time. Ekstremverdiberegningene fra Meteorologisk Institutt (kapittel 2.4.1) gir timesnedbør med 5 og 10 års gjentaksintervall på 18 og 20 mm. Dette indikerer at det sannsynligvis ikke har vært noen ekstremt intense nedbørepisoder i løpet av disse årene, men noen episoder med i underkant 5 års gjentaksintervall.

Modellberegningene gir en midlere flom (timesverdi) på 830 l/s/km^2. Hvis en tar hensyn til at modellen sannsynligvis underestimerer flommen i desember 2020, (jmf kommentar om nedbørgrid i starten av kapitlet), og erstatter nedbør i desember 2020 med data fra nedbørgriddet SeNorgeV2, øker flommen i 2020 fra ca. 0,7 til 1,2 m^3/s. Det medfører at midlere flom øker til ca. 890 l/s/km^2. Hvis en også tar hensyn til at maksimalverdien kan være høyere enn timesverdien, og dermed skalerer denne med 1.2, slik også resultatene fra PQRUT ble skalert, blir spesifikk middelflom ca. 1070 l/s/km^2.

2.4.3.2 10- og 200-års nedbør, kombinert med ulike jordfuktigheter

Tistilbekkens respons på intens nedbør er svært følsom for fuktighetsforholdene i bakken. For å vurdere dette er nedbør med 10- og 200-års gjentaksintervall kombinert med en henholdsvis tørr og svært fuktig bakke i forkant av regnværet. Nedbør med 200-års gjentaksintervall er også kombinert med en situasjon med «normalt» fuktig bakke.

Nedbøren er symmetrisk fordelt over døgnet med henholdsvis 35 og 20 mm i senter som høyeste timesverdier. Nedbøren er satt inn i den disaggregerte SeNorge2018 tidsserien 17. september 2015(svært fuktig) og 15. juli 2018 (tørt).

Fra 1. til 16. september 2015 kom det drøyt 150 mm regn i området. 17. september kom det ytterligere mellom 60 og 70 mm. Maksimal intensitet var 8 mm/ time. Det ga en beregnet vannføring i Tistilbekken på drøyt 2,0 m^3/s (tabell 6). Simuleringene viser at nedbørfeltet til Tistilbekken ble mettet, noe som ga en høy flomvannføring.

I perioden 20. juni – 14. august 2018 kom det kun 3 mm regn i området. Da var det altså svært tørt, og jordsmonnet hadde nådd maksimal lagringskapasitet med ca. 60 mm.

Ved å erstatte nedbøren 17. september 2015 med henholdsvis en nedbørepisode med 10 og 200 års gjentaksintervall (maksimal timesnedbør på 20 og 35 mm og døgnnedbør på 55 og 95 mm), blir flomvannføringene i Tistilbekken 5,7 og 10,3 m^3/s (figur 9 og 11). Tilsvarende nedbør, men lagt inn 15. august 2018, da det var svært tørt, ga beregnede vannføringer på 0,9 og 2,8 m^3/s (figur 10 og 12).

For ytterligere å vurdere effekten av initialtilstanden i bakken er 200-års nedbør også kombinert med median fuktighetsinnhold i bakken for høstperioden (sep.- nov.), slik det er modellert i DDDurban. I henhold til disse beregningene er median lagringskapasitet snaut 50 mm i disse høstmånedene, mens maksimal lagerkapasitet er 58 mm. Det gir en

median metningsgrad i bakken på ca. 14 % på høsten. Kombinasjonen av 200-års nedbør og median metningsgrad gir en simulert vannføring på ca. 4,3 m^3/s eller 3400 $l/s/km^2$.

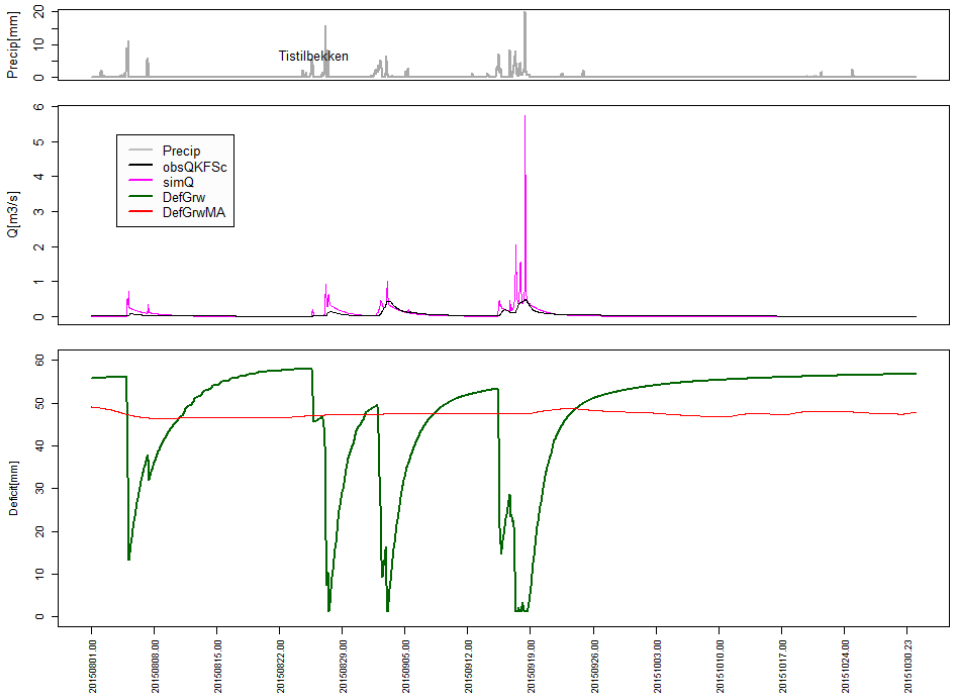
I alle disse beregningene er det benyttet sentrerte nedbørforløp, slik en ofte gjør i flomberegninger hvor kritisk nedbørvarighet er mindre enn 2 døgn (Midttømme og Pettersson 2011). Hvis en derimot legger den mest intense nedbøren til slutten av nedbørforløpet, går feltet mot full metning innen den kraftigste nedbøren kommer. Med «normal» (median) metning i bakken i forkant, medfører det at flomvannføringen øker fra 4,3 til 8,9 m^3/s eller til drøyt 7000 $l/s/km^2$.

Dette illustrerer at den simulerte vannføringen er svært sensitiv både for fuktighets-tilstanden i bakken forut for regnværet, men også for når i løpet av regnværet den mest intense nedbøren forekommer. Med 10-års nedbør og mettet felt, blir vannføringen omkring det dobbelte av 200-års nedbør og tørt i forkant. Den samme effekten, ca. doblin av beregnet flomvannføring, får en og ved å «flytte» den mest intense nedbøren fra midten til slutten av nedbørforløpet når utgangspunktet er «normal» fuktighet i forkant av regnværet.

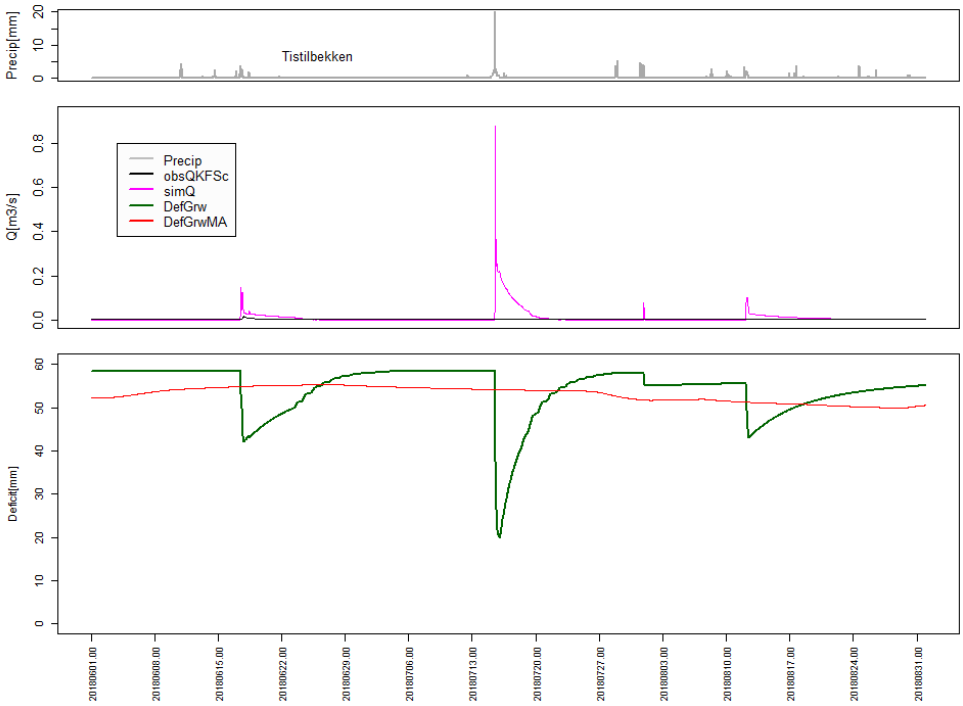
For å finne den kombinasjonen av nedbørmengde, nedbørforløp og markfuktighet som gir den «riktige» 200-års flommen, bør det sannsynligvis gjennomføres en større beregning basert på stokastisk statistikk. Det er det ikke rom for innenfor dette prosjektet. DDD-modellen gir en nedre og øvre skranke for 200-årsflom på ca. 2000 og 8000 $l/s/km^2$. Et standard nedbørforløp og normale fuktighetsforhold i forkant av en 200-års nedbør gir en beregnet spesifikk flomvannføring på ca. 3400 $l/s/km^2$ (timesverdi). Det antas at det er en rimelig verdi ut fra foreliggende modellberegninger. Hvis en, som for PQRUT-resultatene, antar at maksimalvannføringen kan være 20 % større enn største timeverdi får vi en 200-årslfom på ca. 4100 $l/s/km^2$.

Tabell 7 Maksimal vannføring simulert for Tistilbekken for 200 og 10 års nedbør med ulike initialtilstander. Nedbørforløpene er sentrert, dvs. den høyeste nedbørintensiteten er lagt midt i forløpet.

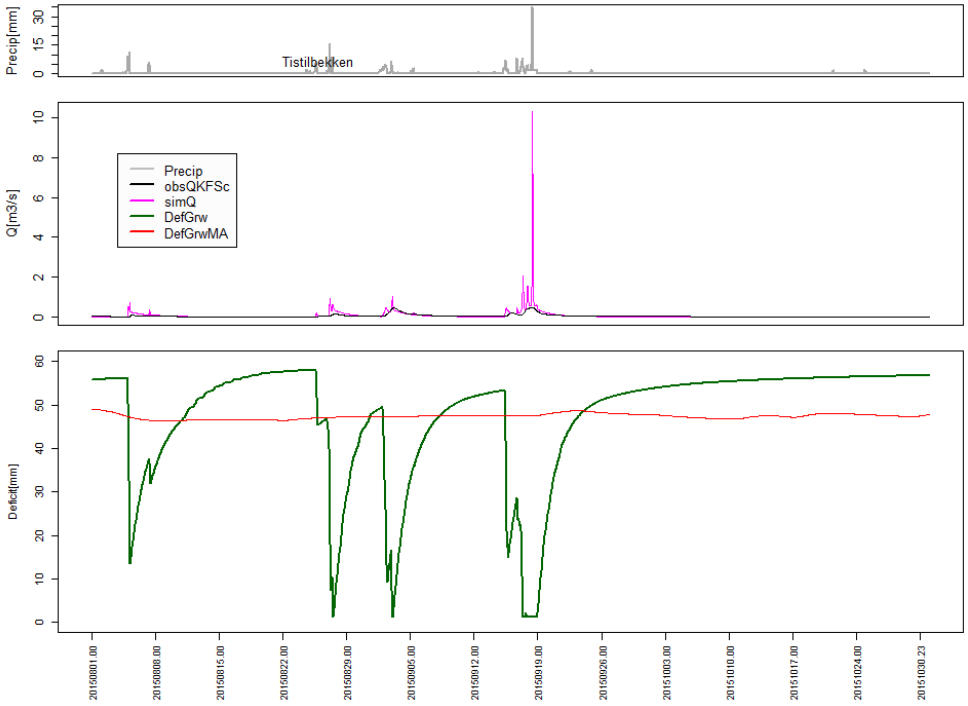
Initialtilstand	10 års nedbør	200-års nedbør
Vått	5.7 m^3/s (4600 $l/s/km^2$)	10.3 m^3/s (8200 $l/s/km^2$)
Normalt fuktig		4.3 m^3/s (3400 $l/s/km^2$)
Tørt	0.9 m^3/s (700 $l/s/km^2$)	2.8 m^3/s (2200 $l/s/km^2$)



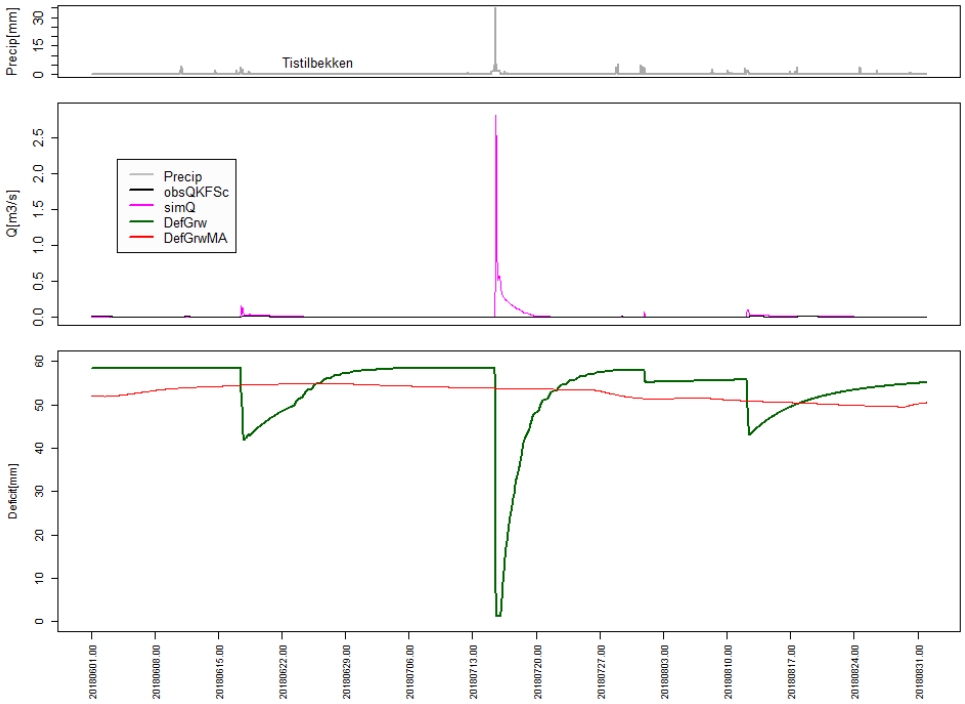
Figur 9. 10-årsnedbør (grå linje), simulert vannføring (rosa linje) og skalert observert vannføring fra Kråkfoss (svart linje) for mettet utgangspunkt, 17 september 2015. I nederste panel er jordas lagerkapasitet plottet inn (grønn linje) og et «moving average» med filterlengde to måneder (rød linje). Tidsaksen går fra august - oktober 2015.



Figur 10. 10-årsnedbør (grå linje), simulert vannføring (rosa linje) og skalert observert vannføring fra Kråkfoss (svart linje) for tørt utgangspunkt, 15 juli 2018 I nederste panel er jordas lagerkapasitet plottet inn (grønn linje) og et «moving average» med filterlengde to måneder (rød linje). Tidsaksen går fra juni - august 2018.



Figur11. 200-årsnedbør (grå linje), simulert vannføring (rosa linje) og skalert observert vannføring fra Kråkfoss (svart linje) for mettet utgangspunkt, 17 september 2015. I nederste panel er jordas lagerkapasitet plottet inn (grønn linje) og et «moving average» med filterlengde to måneder (rød linje). Tidsaksen går fra august - oktober 2015.



Figur 12. 200-årsnedbør (grå linje), simulert vannføring (rosa linje) og skalert observert vannføring fra Kråkfoss (svart linje) for tørt utgangspunkt, 15 juli 2018. I nederste panel underskuddet av grunnvann plottet inn (grønn linje) og et «moving average» med filterlengde to måneder (rød linje). Tidsaksen går fra juni - august 2018.

2.5 Vurdering av resultatene

Det er beregnet midlere flom og 200-årsflom ved bruk av observerte vannføringer fra flere nærliggende små felt og noen urbanstasjoner. I tillegg er det benyttet regionale flomformler og bruk av ekstremnedbør i to ulike nedbør-avløpsmodeller, PQRUT og DDDurban.

For Tistilbekken har de ulike metodene gitt følgende resultater:
Sammenligningsstasjoner/ frekvensanalyser på observerte vannføringsdata
Midlere flom: ca. 1000 l/s/km^2
200-årsflom: ca. 4000 l/s km^2

Regionale flomformler for små felt (NIFS)
Midlere flom: ca. 820 l/s/km^2
200-årsflom: ca. 2200 l/s/km^2 (utfallsrom 1150 – 4450 l/s/km2)

Nedbøravløpsmodellene har en tidsoppløsning på 1 time. For et så lite felt som Tistilbekken kan maksimalvannføringen være større enn største timevannføring. Her er det grovt antatt at denne kan være 20 % større.

PQRUT (200-års nedbør fra MET og metta bakke)
200-årsflom: ca. 3200 l/s/km^2 (timesverdi) og grovt anslått 3800 l/s/km^2 (kulminasjon).

DDDurban
Midlere flom: ca. 830 l/s/km^2 (timesverdi) og grovt anslått 1030 l/s/ km^2 (kulminasjon).
«200-års nedbør og median metning (14 %) i bakken»: 3400 l/s/km^2 (timesverdi) og grovt anslått 4100 l/s/km^2 (kulminasjon)
«200-års nedbør og full metning»: 8200 l/s/km^2 (timesverdi) og grovt anslått 9800 l/s/km^2 (kulminasjon)

Analysene med DDDurban viser hvor sensitive resultatene er for initialtilstanden i feltet før ekstremnedbøren kommer. En større statistisk analyse ved hjelp av denne modellen kunne gitt et mer presist anslag, men ut fra en totalvurdering av analysene ovenfor antas en 200-årsflom på ca. 4000 l/s km^2 å være et sannsynlig estimat for Tistilbekken.

Det er få representative målestasjoner med gode data for Tistilbekken. Det hydrologiske datagrunnlaget for denne flomberegningen vurderes derfor å være i klasse 5, begrenset hydrologisk datagrunnlag med store gradienter i spesifikke flomvannføringer i området. Klassifisering går fra 1 – 5 hvor 1 har det beste datagrunnlaget.

2.6 Klimaendringer

I henhold til anbefalinger fra Klimaservicesenteret bør en for nedbørfelt hvor dimensjonerende nedbør har en varighet på 1 – 3 timer benytte et klimapåslag på 40 %. Dersom dimensjonerende nedbør har en varighet på under 1 time anbefales et påslag på 50 % for hendelser med 50 års gjentaksintervall eller mer.

For Tistilbekken, som har et lite og dels urbanisert felt, er det derfor valgt å benytte 50 % påslag. Det gir en 200-årsflom inklusive klimapåslag på 6000 l/s/km^2 eller ca. 7,6 m^3/s.

3 Referanser

Andersen m.fl. 1983. Hydrologisk modell for flomberegninger. NVE-rapport 2-83.

Brennhovd 2014. Målt og modellert avrenning. Analyse av ledningsnett og kontroll av urbanstasjon på Vestli i Oslo. NMBU, Masteroppgave 2014.

Engeland m.fl. 2020. Lokal og regional flomfrekvensanalsye. NVE-rapport 20-2020.

Engeland m.fl. 2016. Flomdata. Utvalg og kvalitetskontroll av flomdata til frekvensanalyse. NVE-rapport 85-2016.

Geofag, Universitetet i Oslo 2010. Nedbør – avløp. https://www.uio.no/studier/emner/matnat/geofag/nedlagte-emner/GEO2010/v08/nedbor_avlop.pdf

Greipsland m.fl 2017. Multiparameteranalyse av feltkarakteristika og vannkjemi i leirvassdrag. NIBIO-rapport 110-2017.

Holmqvist m.fl. 2021. Hydrometeorologiske forhold i forkant av kvikkleireskredet i Gjerdrum i desember 2020. (NVE-Rapport under arbeid).

Lirhus Ree m.fl (2021 – upublisert NVE-rapport). Status på urbanstasjoner.

Midttømme og Pettersson 2011. Retningslinjer for flomberegninger. NVE-Retningslinje 04-2011.

Stenius og Glad, 2015. Veileder for flomberegning i små uregulerte felt. NVE-veileder 7 – 2015.

NVE

Norges vassdrags- og energidirektorat

MIDDELTHUNS GATE 29
POSTBOKS 5091 MAJORSTUEN
0301 OSLO
TELEFON: (+47) 22 95 95 95

www.nve.no