



Internt notat

Til: Turid Bakken Pedersen

Fra: Knut Ola Aamodt .

Ansvarlig: Sverre Ole Husebye

Dato: 13.03.2019

Saksnr.: 201708761-2

Arkiv: 432

Kopi:

Flomberegning for Kvina og Litleåna

Som grunnlag for en eventuell revisjon av flomberegningen som vil kunne ligge til grunn for flomsonekart med gjeldende geografisk utbredelse, eller eventuelt utvidet flomsonekart for Kvina og Litleåna er det gjennomført ny flomberegning. Notatet er utarbeidet av Knut Ola Aamodt og kvalitetskontrollert av Erik Holmqvist.

Det er utført en flomberegning i 2001 som i hovedsak er basert på frekvensanalyser av observerte flommer ved to hydrometriske målestasjoner i vassdraget, disse er 25.30 Stegemoen i Kvina og 25.8 Mygland i Litlåna (saksnr 200201507-1, NVE-Dokument 19/2001).

Det ble så utført en revisjon av flomberegningen for Kvina ved Liknes (saksnr 200201507-2) med fokus på Kvina oppstrøms Liknes sentrum og nedenfor samløpet med Litleåna, hovedsakelig basert på vannføringsdata fra vannmerke 25.30 Stegemoen. Dette vannmerket mangler data fra 1926 – 34, men er komplettert med vannføringsdata fra 25.4 Røynestad bru for perioden 1915 – 1934. 25.4 Røynestad bru registrerte de fire største flommene i hele perioden (Fig 3 og 4). Data herifra ble benyttet direkte som ifyll i flomfrekvensanalysen fra 2002. I fellesperioden overgår 25.4 Røynestad 25.10 Rafoss ved flere situasjoner med høye vannføringer; da særlig i 1916 med 841,3 m³/s mot 424,7 m³/s på Rafoss. Dette taler for at 25.4 Røynestad bru overestimerer de høye vannføringene, da det ikke finnes noen fysisk grunn til å observere høyere vannføringer der enn ved 25.10 Rafoss. Arealet for Røynestad bru er 1142,21 km² og for Rafoss/Stegemoen 1147,61 km². Hilde Marie Kjellesvig, Sweco har på oppdrag fra Sira Kvina Kraftselskap foretatt hydrauliske modelleringer av Kvina. Høyeste vannføring registrert ved Røynestad bru under flommen i 1929 er på 1147 m³/s. Denne vannføringen gir en langt høyere simulert vannstand i Rafossbassenget enn det som faktisk ble observert der i 1929.

For området Rafoss – Stegemoen eksisterer det gode observasjoner av vannstanden under flommen i oktober 1929, samt profilet ved Rafoss. Høyeste vannstand ble da registrert til kotehøyde 81,3 moh., som da tilsvarer en vannstand lik 3,3 m i vannføringskurven. Modellert estimat av denne vannføringen er 610 m³/s. Dette bekrefter mistanken om at 25.4 Røynestad bru overestimerer de høye vannføringene.

Det er da funnet rimelig at de fire største flommene registrert ved 25.4 Røynestad bru ikke bør inngå i datamaterialet som ligger til grunn for flomfrekvensanalysen, men at modellert flom fra 1929 bør gjøre det.

Flomberegningen av 2002 (saksnr 200201507-2) er derfor vurdert til å ha for høye verdier i beregningsgrunnlaget for flomfrekvensanalysen.

| | Areal km ² | QM m ³ /s | Q5 m ³ /s | Q10 m ³ /s | Q20 m ³ /s | Q50 m ³ /s | Q100 m ³ /s | Q200 m ³ /s | Q500 m ³ /s |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Kvina oppstrøms Litleåna | 1147 | 228 | 291 | 354 | 451 | 630 | 962 | 1122 | 1212 |
| Litleåna | 231 | 183 | 229 | 259 | 292 | 334 | 366 | 398 | 440 |
| Kvina nedstrøms Litleåna | 1404 | 394 | 502 | 592 | 720 | 905 | 1131 | 1289 | 1387 |

Tab.1 Resultatene fra flomberegningen av 2002 (saksnr 200201507-2) kulminasjonsverdier.

| kulminasjon | QM m ³ /s | Q5 m ³ /s | Q10 m ³ /s | Q20 m ³ /s | Q50 m ³ /s | Q100 m ³ /s | Q200 m ³ /s | Q500 m ³ /s | Q1000 m ³ /s |
|-------------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|
| 25.30 Stegemoen | 312 | 359 | 437 | 546 | 952 | 1014 | 1061 | 1108 | 1155 |
| Kvina oppstr. Litleåna | 319 | 367 | 446 | 558 | 973 | 1037 | 1085 | 1133 | 1181 |
| Litleåna | 168 | 204 | 240 | 276 | 336 | 384 | 438 | 510 | 532 |
| Kvina nedstr.. Litleåna | 487 | 571 | 686 | 834 | 1309 | 1421 | 1523 | 1643 | 1713 |

Tab. 2 Flomvannføringer av med samtidighet for flommer med samme gjentaksintervall i Kvina og Litleåna (kulminasjonsverdier med klimapåslag).

Flommer i Kvina og Litleåna viser seg å i stor grad å inntreffe samtidig. Vannføringsverdiene for Kvina nedstrøms samløpet med Litleåna er derfor beregnet som summen av flomverdiene beregnet separat for de to elvene. Grafen under viser situasjonen i løpet av Synne i desember 2015.

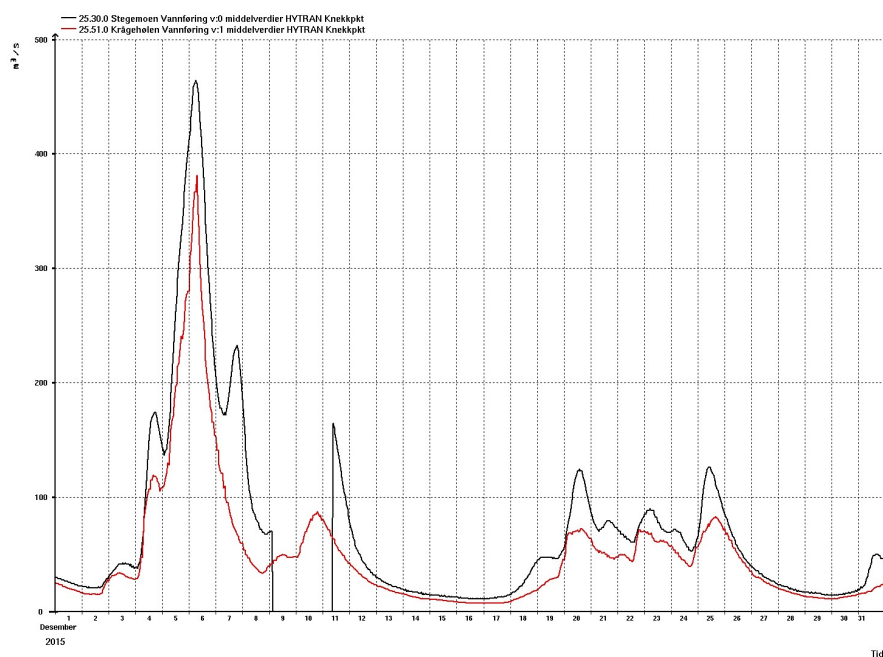


Fig.1 Vannføringsverdier ved 25.30 Stegemoen og 25.51 Krågehølen i løpet av september 2015 under ekstremværet Synne.

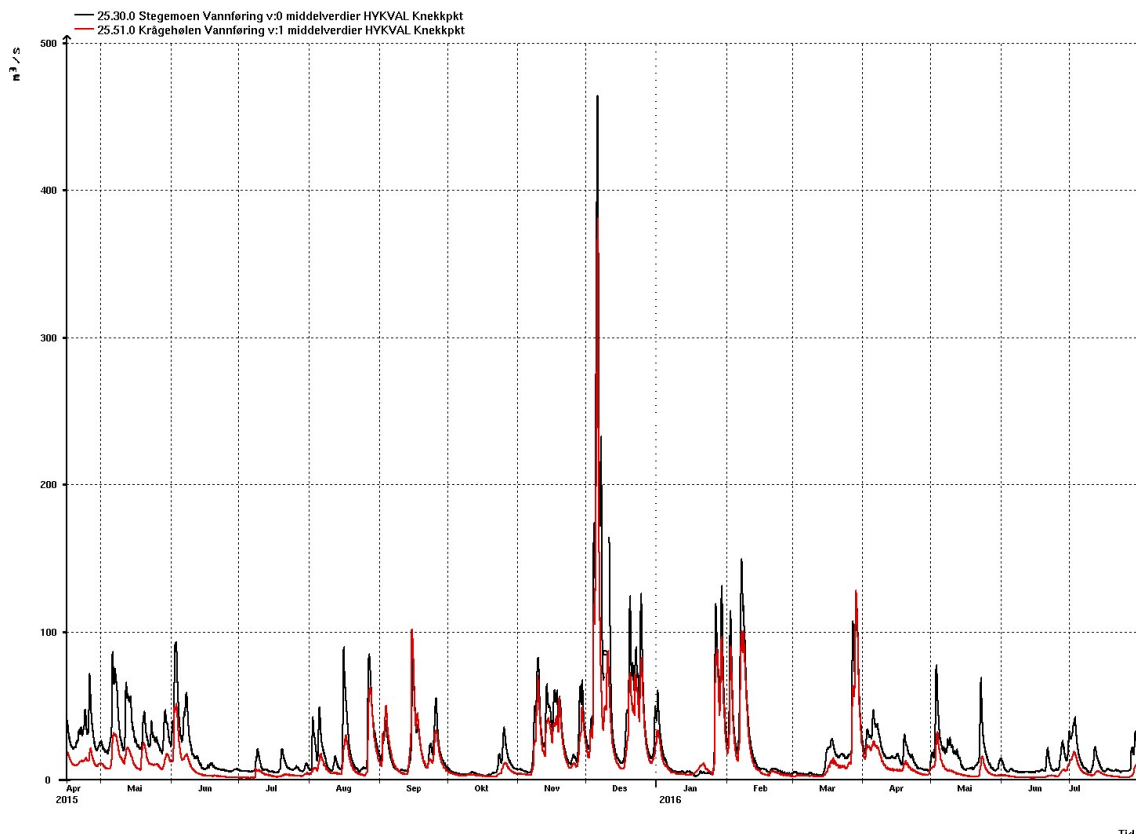


Fig.2 Vannføringsverdier ved 25.30 Stegemoen og 25.51 Krågehølen april 2015 – juli 2016 viser stor grad av samvariasjon m.h.t. vannføring.

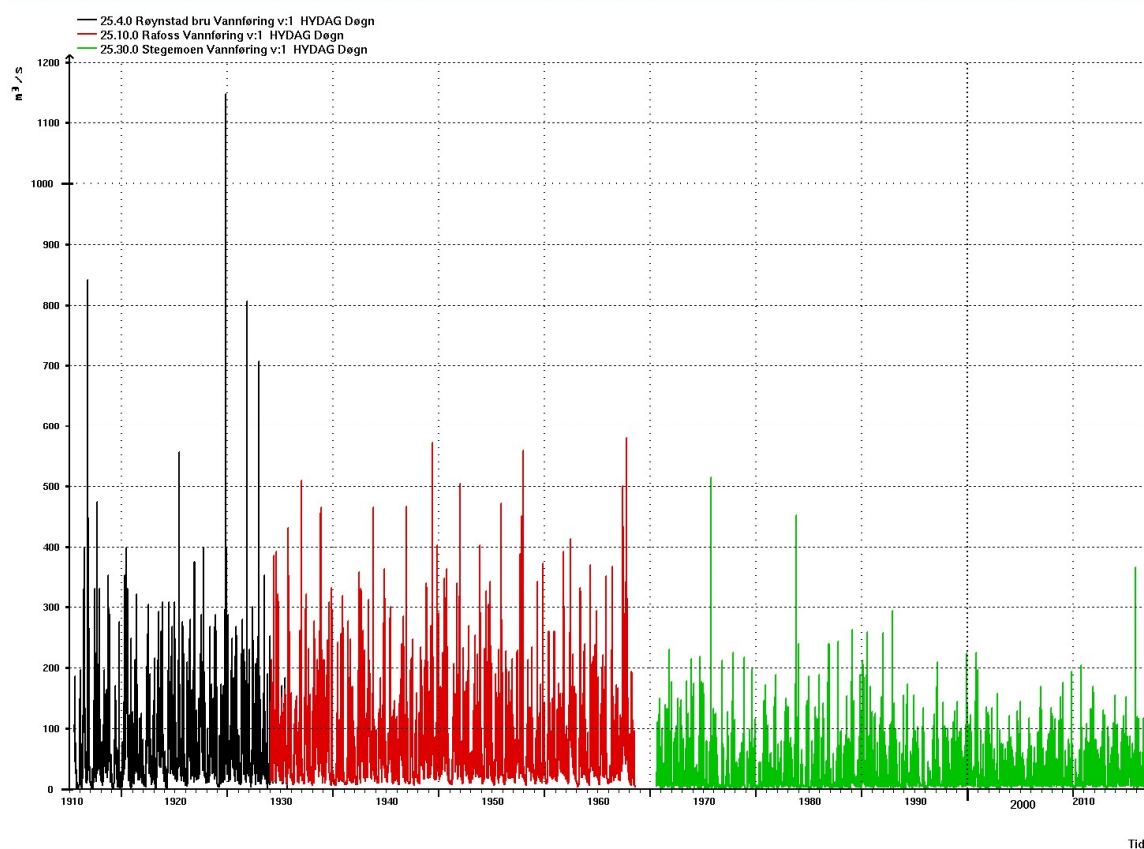


Fig. 3

25.30 Stegemoen består av data fra 24.4 Røyne stad bru i 1910 – 1934 og 25.10 Rafoss i perioden 1935 – 68. Da reguleringen kom og vann ble overført fra Kvinas nedbørfelt til Sira ble 25.30 Stegemoen opprettet som hydrologisk målestasjon (1970).

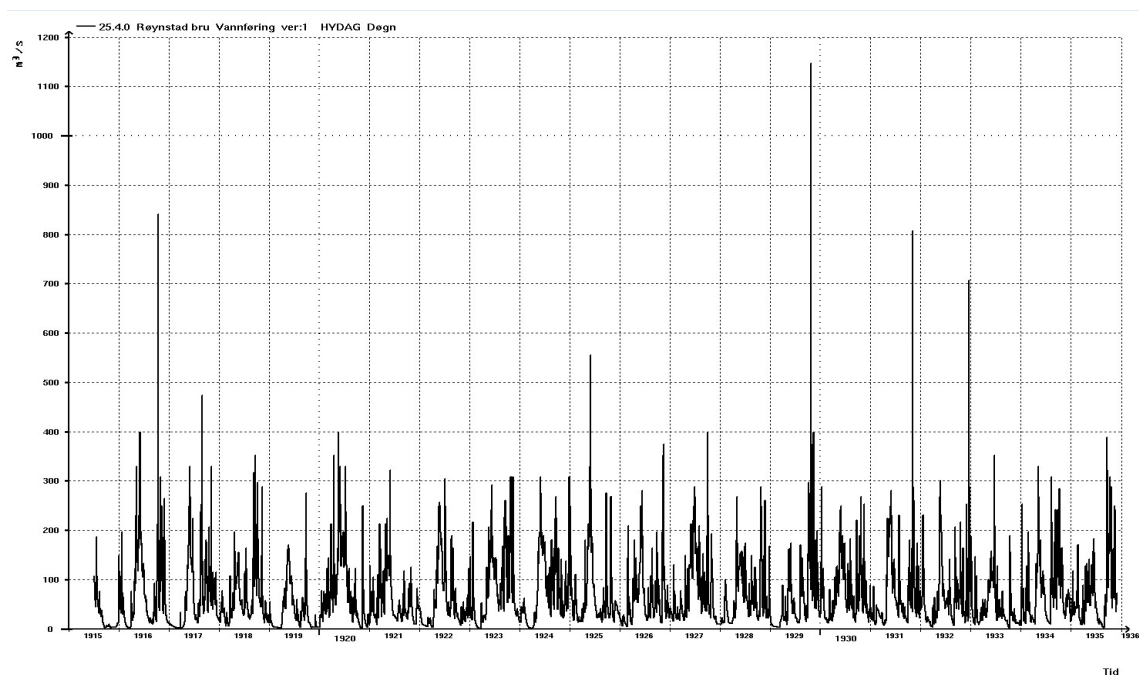


Fig 4 25.4 Røynestad bru 1915 - 1936

25.4 Røynestad bru registrerte de fire største flommene i hele perioden (Fig 3 og 4), og data herifra ble benyttet direkte som ifyll i flomfrekvensanalysen fra 2002.

Ser vi tidligere i fellesperioden overgår 25.4 Røynestad 25.10 Rafoss ved flere situasjoner med høye vannføringer; da særlig i 1916 med 841,3 m³/s mot 424,7 m³/s på Rafoss.

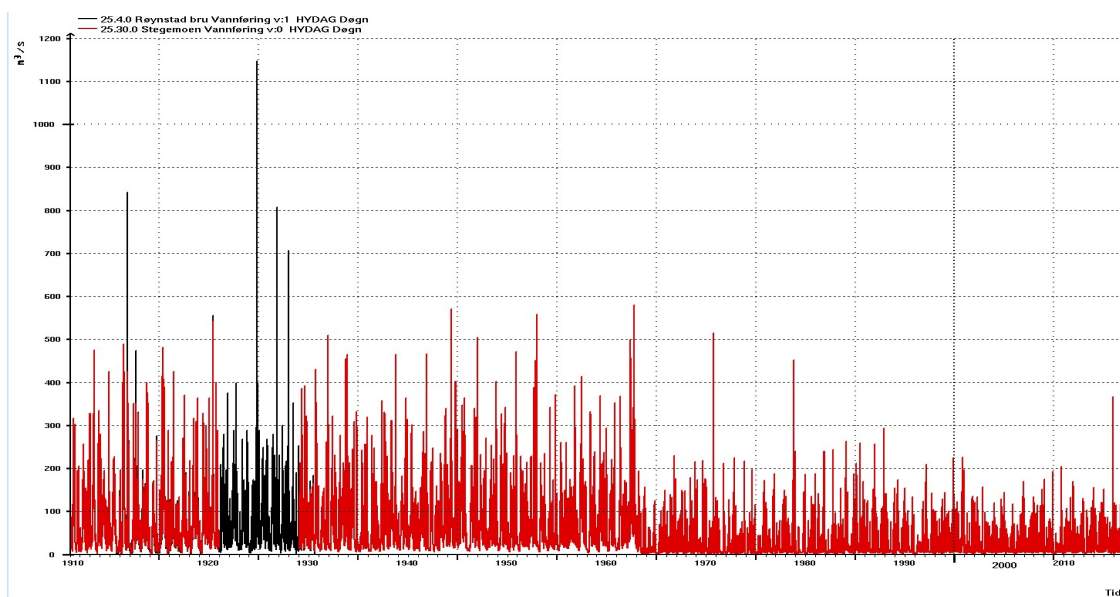


Fig.5 25.30 Stegemoen 1910 – 2016 med data fra 25.4 Røynestad bru (svart linje)

Tid

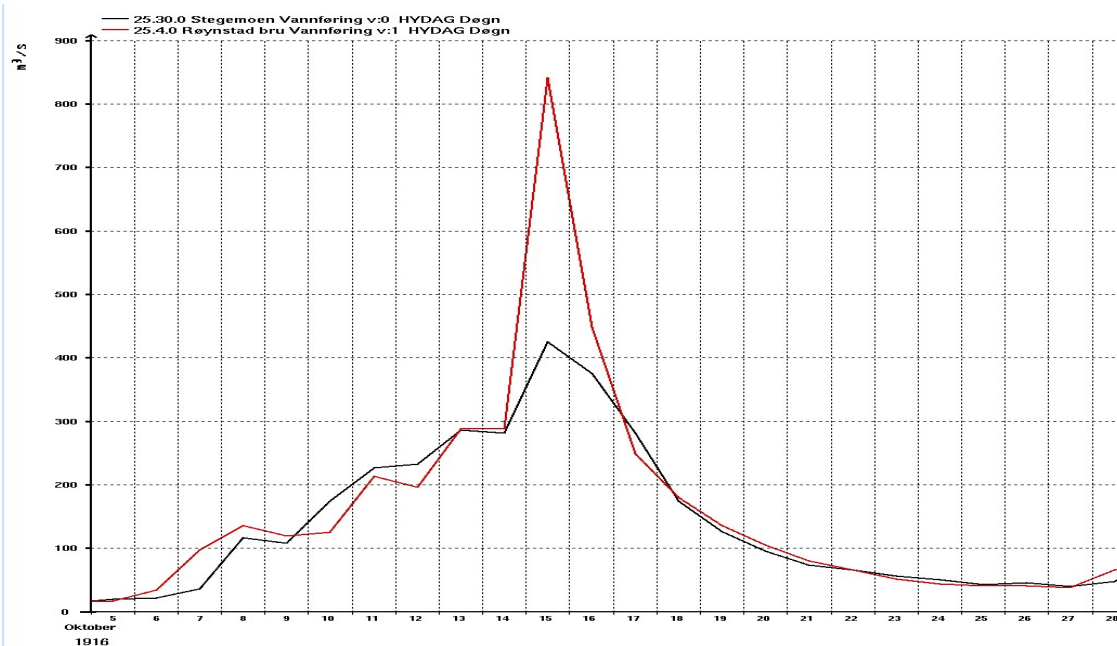


Fig 6 841,3 m³/s ved Røynestad bru (rød linje) mot 424,7 m³/s på Rafoss/Stegemoen 15. oktober 1916.

I Litleåna er det data fra 2008 – 2016 ved 25.51 Krågehølen,

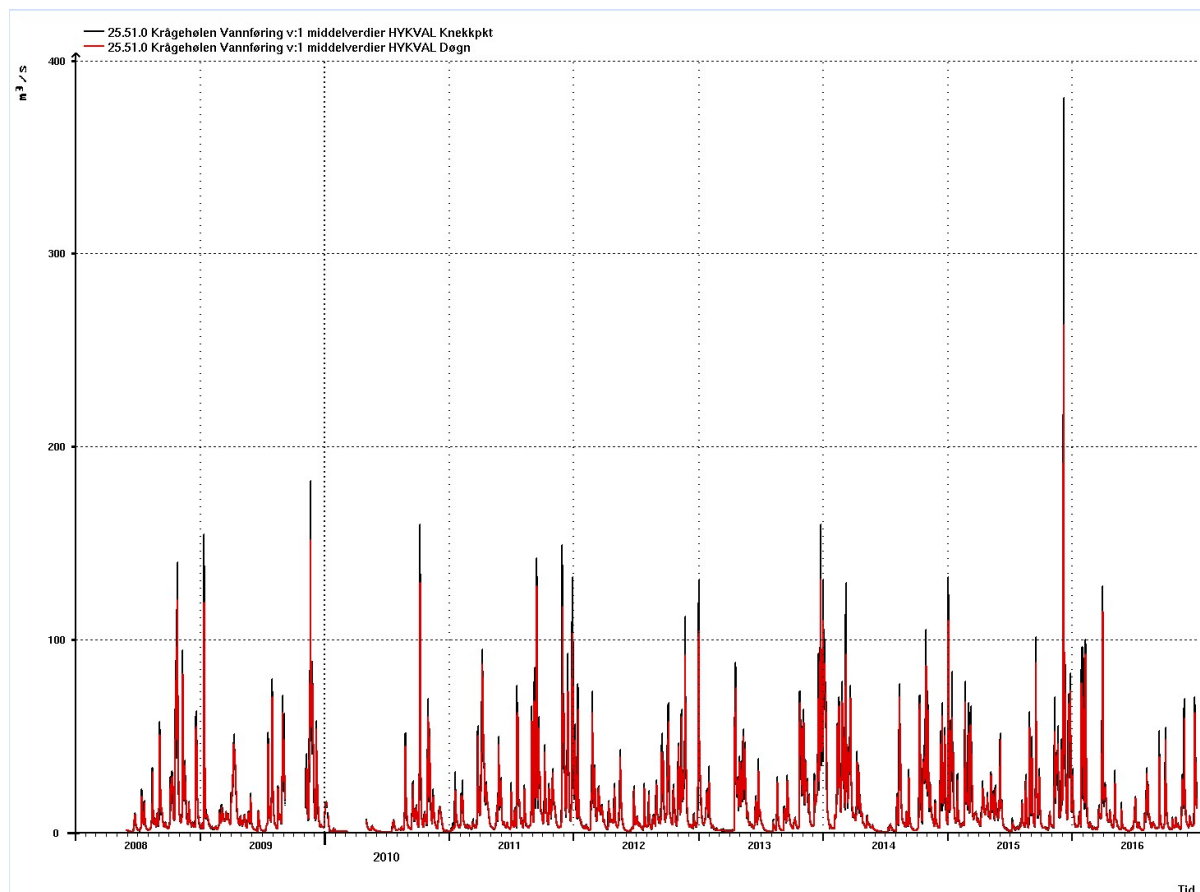


Fig.7 Døgnmiddelværdier og findata fra 25.51 Krågehølen

I løpet av ekstremværet Synne 06.12.2015 var høyeste observerte vannføring 380,75 m³/s ved 25.51 Krågehølen. Døgnmiddelværdien var 263,24 m³/s.

Reguleringen

Sira-Kvina kraftselskap har ansvaret for reguleringen og overføringen til Tonstad. Ofte er det flom i både Kvina og Sira samtidig. Det skal manøvreres slik at flommer i Sira ikke forøkes utover naturlig flomvannføring. Ved flom må derfor overføringen fra Kvina til Sira strupes i økende grad avhengig av flommens størrelse. Tonstad kraftverk har maksimal kapasitet på 250 m³/s. Kraftselskapet opplyser at det som en tommelfingerregel kan antas at 50-60 % av driftsvannføringen i Tonstad er overført fra Kvina, dvs. at når kraftverket kjøres maksimalt er 125-145 m³/s overført fra Kvina. Ved middelflom kan det antas at 50 % overføres fra Kvina, og at prosentandelen avtar lineært t.o.m. 50-årsflom. Fra 100-årsflom og oppover kan det antas at overføringen til Kvina strupes helt iflg. regulanten.

For perioden med uregulerte vannføringer for perioden 1912 – 1967 er flomfrekvensanalyse (GEV) benyttet. For perioden med regulerte vannføringer er flomverdiene for Stegemoen basert på flomfrekvensanalyse av perioden 1968 – 2016

| | Q ^M | | Q ⁵ | Q ¹⁰ | Q ²⁰ | Q ⁵⁰ | Q ¹⁰⁰ | Q ²⁰⁰ |
|------------------------------------------------|-------------------|-------------------------------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|
| | m ³ /s | l/(s ² km ²) | | | | | | |
| Flomfrekvensfaktorer | - | - | 1,22 | 1,43 | 1,65 | 1,98 | 2,27 | 2,60 |
| 95% intervall øvre grense (m ³ /s) | 247,4 | 1073,6 | 309,5 | 369,6 | 436,1 | 540,3 | 635,0 | 727,2 |
| Flomverdier (m ³ /s) | 139,8 | 607 | 171,0 | 199,8 | 230,7 | 277,1 | 317,5 | 363,6 |
| 95% intervall nedre grense (m ³ /s) | 79,0 | 343 | 94,5 | 108,0 | 122,1 | 142,1 | 158,8 | 181,8 |
| Flommer med klimapåslag (m ³ /s) | 195,7 | 849,2 | | 279,7 | 323,0 | 387,9 | 444,5 | 509,1 |

Tab. 3 Flomfrekvensfaktorer (kulminasjonsverdier regionale flomformler) benyttet for Litleåni

| døgn | Areal km ² | QM m ³ /s | Q5 m ³ /s | Q10 m ³ /s | Q20 m ³ /s | Q50 m ³ /s | Q100 m ³ /s | Q200 m ³ /s | Q500 m ³ /s | Q1000 m ³ /s |
|------------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|
| Stegemoen | 1147 | 200 | 230 | 280 | 350 | 610 | 650 | 680 | 710 | 740 |
| Kvina oppstr. Litleåna | 1173 | 205 | 235 | 286 | 358 | 624 | 665 | 696 | 726 | 757 |
| Litleåna* | 230 | 140 | 170 | 200 | 230 | 280 | 320 | 365 | 425 | 443 |

*Litleåna har kulminasjonsverdier

Tab. 4 Flomverdier uten klimapåslag

Med 10 år observasjoner i Litleåna ved 25.51 Krågehølen er dette for tynt til å gjøre en fullverdig flomfrekvensanalyse (Fig. 8). Det gir likevel en relativt god indikasjon på middelflommens størrelse. Flomfrekvensfaktorene som er beregnet ved regionale flomformler avviker ikke vesentlig fra flomfrekvensanalysene 2001/02 For Litleåna.

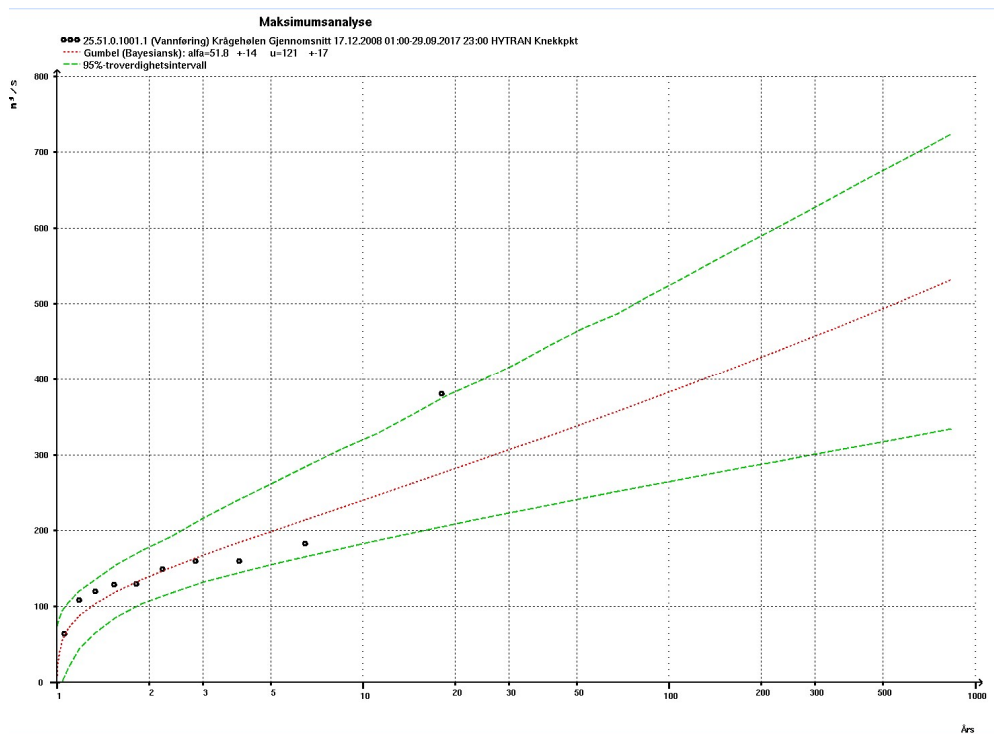


Fig 8 Fordeling av flomverdier 25.51 Krågehølen

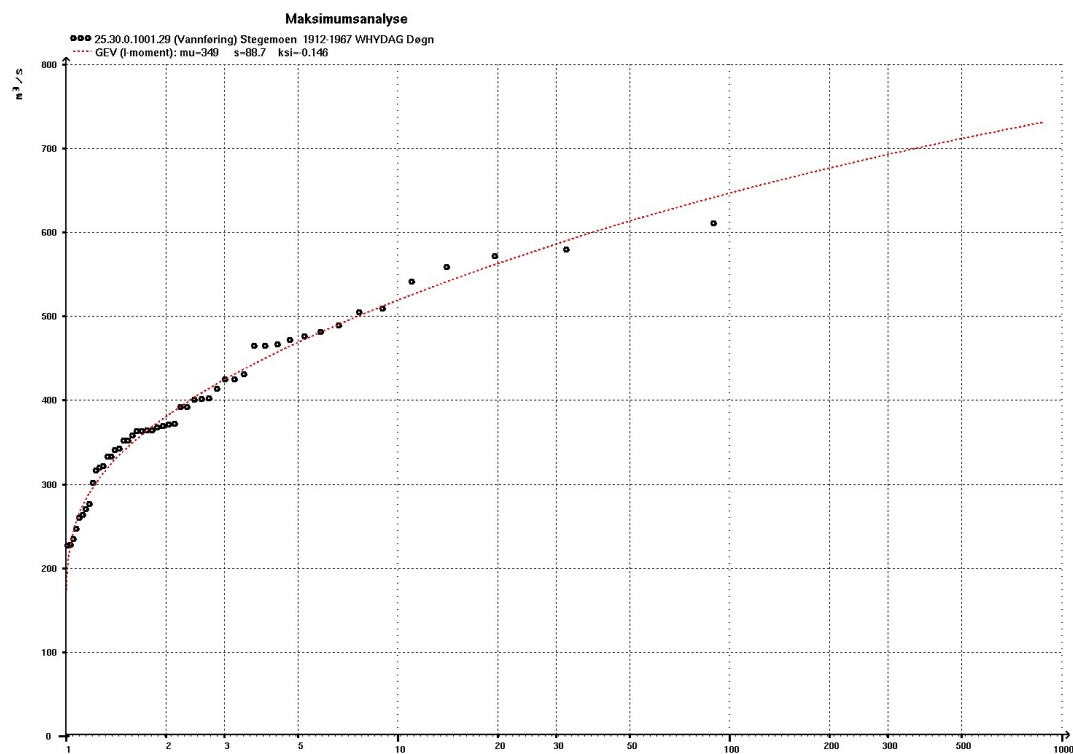


Fig.9 Fordeling av døgnmiddel-flomverdier 25.30 Stegemoen

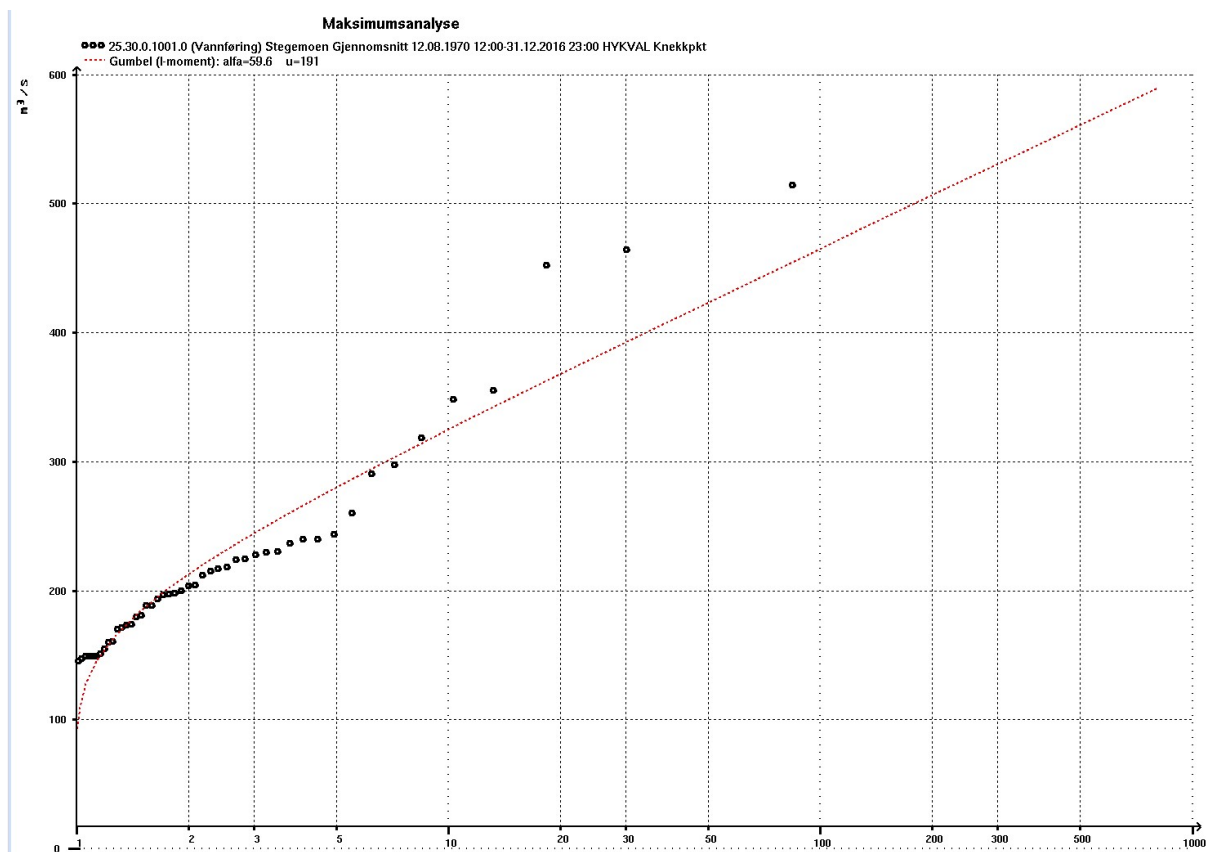


Fig 10 Fordeling av kulminasjon-flomverdier 25.30 Stegemoen



| | |
|-----------------|-----------------------------------|
| Objekttype | Nedbørfelt |
| Vassdragsnummer | 025.AZ |
| Navn | LITLEÅNI |
| Areal | 230,27 km ² |
| Elvelengde | 50,84 km |
| Tilsig | 393,12 mill.m ³ pr. år |

| | |
|--------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Oppstrøms areal | 1173,29 km ² |
| Elvehierarki | KVINA |
| Tilsig | 1,71 million m ³ pr. år |
| Tilsig oppstøms areal | 2345,91 million m ³ pr. år |
| Overordnet nedbørfelt nr | 025.Z |
| Overordnet nedbørfelt | KVINA |
| Nedbørfelt til hav nr | 025.Z |
| Nedbørfelt til hav | KVINA |
| Strekning fra | SAMLØP KVINA LITLEÅNI SAMLØP KVINA BEKK-ST. SAGEBEKKEN |
| Strekning til | |
| Avrenning 6190 | 42,05 liter/sekund km ² |
| Avrenning 3060 | 50,22 liter/sekund km ² |
| Vassdragsområde | 025 |



Fig 11 Kart nedbørfelt Kvina, Litleåna og etter samløp.

Oversikt over maksimalverdi-data fra HYDAG_POINT for: 0025.00030.00
 Periode: 01.01.1912 12:00 - 31.12.1967 12:00 Døgn middelværdier
 Total 20454 punkter, 17502 punkter med data (85.6%)
 OK grunnlag for statistikk
 Års-oppløsning på ekstrem-verdiene

| Nr | Kronologisk | Sortert |
|----|-------------------------|-------------------------|
| 1 | 13.12.1912 12:00 315.91 | 04.10.1967 12:00 579.12 |
| 2 | 10.06.1913 12:00 475.51 | 19.05.1949 12:00 571.34 |
| 3 | 01.12.1914 12:00 424.72 | 21.12.1957 12:00 558.51 |
| 4 | 10.06.1915 12:00 226.35 | 29.05.1925 12:00 540.91 |
| 5 | 05.06.1916 12:00 488.42 | 21.12.1936 12:00 508.86 |
| 6 | 03.06.1917 12:00 351.29 | 25.12.1951 12:00 504.04 |
| 7 | 23.09.1918 12:00 399.86 | 05.06.1916 12:00 488.42 |
| 8 | 27.09.1919 12:00 263.52 | 19.05.1920 12:00 480.66 |
| 9 | 19.05.1920 12:00 480.66 | 10.06.1913 12:00 475.51 |
| 10 | 31.05.1921 12:00 424.72 | 12.11.1955 12:00 471.03 |
| 11 | 07.07.1922 12:00 370.53 | 25.11.1946 12:00 466.42 |
| 12 | 14.11.1923 12:00 363.29 | 07.10.1943 12:00 464.12 |
| 13 | 28.12.1924 12:00 363.29 | 14.11.1938 12:00 464.12 |
| 14 | 29.05.1925 12:00 540.91 | 20.09.1935 12:00 430.46 |
| 15 | 01.01.1926 12:00 35.99 | 31.05.1921 12:00 424.72 |
| 16 | 12.08.1934 12:00 391.96 | 01.12.1914 12:00 424.72 |
| 17 | 20.09.1935 12:00 430.46 | 21.06.1962 12:00 413.09 |
| 18 | 21.12.1936 12:00 508.86 | 08.11.1953 12:00 402.45 |
| 19 | 28.05.1937 12:00 321.09 | 23.09.1918 12:00 399.86 |
| 20 | 14.11.1938 12:00 464.12 | 11.10.1961 12:00 391.96 |
| 21 | 10.11.1939 12:00 332.34 | 12.08.1934 12:00 391.96 |
| 22 | 27.11.1940 12:00 319.23 | 28.10.1959 12:00 371.46 |
| 23 | 28.05.1941 12:00 276.57 | 07.07.1922 12:00 370.53 |
| 24 | 29.05.1942 12:00 357.49 | 09.05.1964 12:00 369.45 |
| 25 | 07.10.1943 12:00 464.12 | 23.05.1966 12:00 367.44 |
| 26 | 19.10.1944 12:00 363.44 | 19.09.1950 12:00 363.44 |
| 27 | 05.06.1945 12:00 301.03 | 19.10.1944 12:00 363.44 |
| 28 | 25.11.1946 12:00 466.42 | 28.12.1924 12:00 363.29 |
| 29 | 09.07.1947 12:00 246.85 | 14.11.1923 12:00 363.29 |
| 30 | 19.10.1948 12:00 339.97 | 29.05.1942 12:00 357.49 |
| 31 | 19.05.1949 12:00 571.34 | 02.11.1965 12:00 351.59 |
| 32 | 19.09.1950 12:00 363.44 | 03.06.1917 12:00 351.29 |
| 33 | 25.12.1951 12:00 504.04 | 25.10.1954 12:00 341.89 |
| 34 | 30.10.1952 12:00 269.80 | 19.10.1948 12:00 339.97 |
| 35 | 08.11.1953 12:00 402.45 | 14.05.1963 12:00 332.34 |
| 36 | 25.10.1954 12:00 341.89 | 10.11.1939 12:00 332.34 |
| 37 | 12.11.1955 12:00 471.03 | 28.05.1937 12:00 321.09 |
| 38 | 12.05.1956 12:00 227.65 | 27.11.1940 12:00 319.23 |
| 39 | 21.12.1957 12:00 558.51 | 13.12.1912 12:00 315.91 |
| 40 | 09.10.1958 12:00 234.25 | 05.06.1945 12:00 301.03 |
| 41 | 28.10.1959 12:00 371.46 | 28.05.1941 12:00 276.57 |
| 42 | 25.05.1960 12:00 259.82 | 30.10.1952 12:00 269.80 |
| 43 | 11.10.1961 12:00 391.96 | 27.09.1919 12:00 263.52 |
| 44 | 21.06.1962 12:00 413.09 | 25.05.1960 12:00 259.82 |
| 45 | 14.05.1963 12:00 332.34 | 09.07.1947 12:00 246.85 |
| 46 | 09.05.1964 12:00 369.45 | 09.10.1958 12:00 234.25 |
| 47 | 02.11.1965 12:00 351.59 | 12.05.1956 12:00 227.65 |
| 48 | 23.05.1966 12:00 367.44 | 10.06.1915 12:00 226.35 |

Tab.5 Døgnmiddel flomverdier 25.30 Stegemoen uregulert periode 1912 – 1966

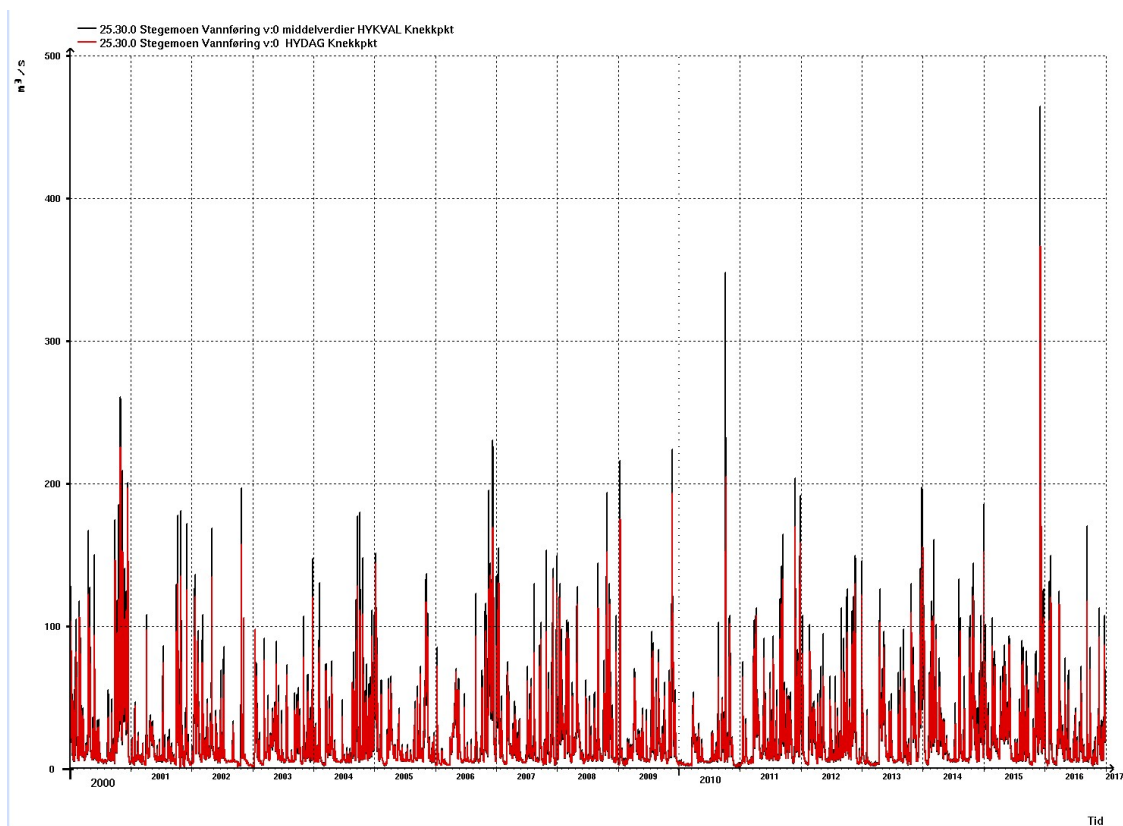


Fig.12 Findata vs døgndata 25.30 Stegemoen 2000 - 2016

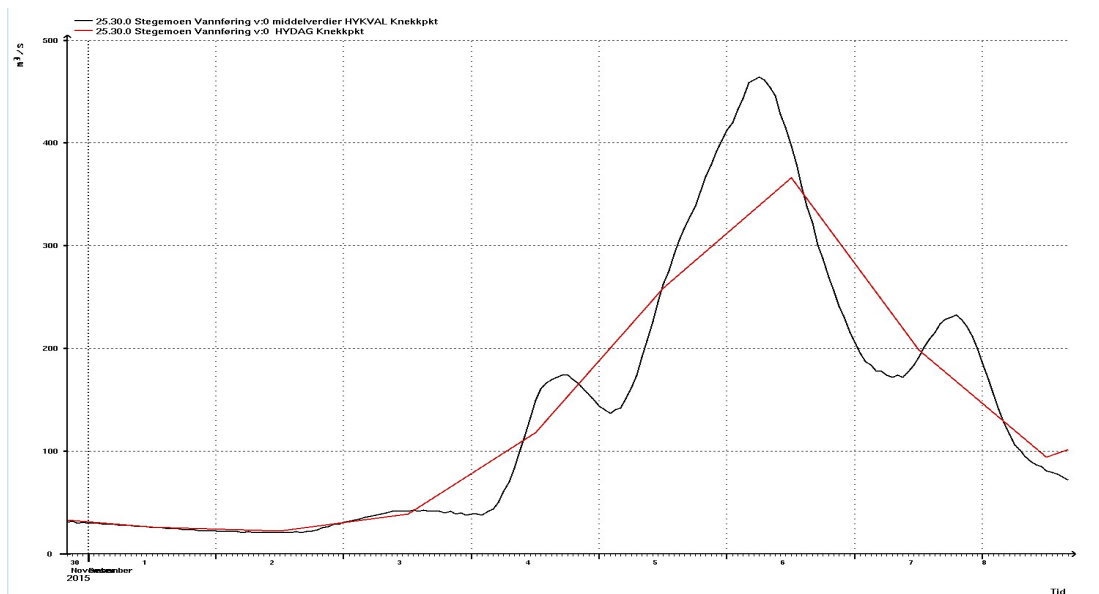


Fig. 13 Findata vs døgndata 25.30 Stegemoen 1. – 9. oktober 2015

Findata for 25.30 Stegemoen eksisterer kun i perioden etter regulering av Kvina. Forholdet kulminasjon/døgnmiddel er sannsynligvis noe større i denne perioden enn for den uregulerte, da det nå er en overføring ut av nedbørfeltet. Forholdet kulminasjon-døgnmiddelflom varierer fra ca. 1.1 til 1,7 for flommen 07. 10. 2010 ($347,84 \text{ m}^3/\text{s} / 204,37 \text{ m}^3/\text{s}$). Under ekstremværet Synne var kulminasjonen ved 25.30 Stegemoen $464,22 \text{ m}^3/\text{s}$, mens døgnmiddelverdien var på $366,11 \text{ m}^3/\text{s}$. dette gir et forhold på 1,27.

For Litleåna ved 25.52 Krågehølen var forholdet kulminasjon/døgnmiddel 1,45 ($380,75 \text{ m}^3/\text{s}$ til $263,24 \text{ m}^3/\text{s}$). I flomberegningen er det imidlertid benyttet flomfrekvensfaktorer, hvor beregnet middelflom kulminasjonsverdi er på $140 \text{ m}^3/\text{s}$ er utgangspunkt for flomverdiene med gitte gjentakintervall, bortsett fra for Q1000 hvor flomfrekvensanalyse for Stegemoen i uregulert periode er lagt til grunn for beregningen.

Et fast forhold for beregning av kulminasjonsverdi for flommene med gitte gjentakintervall for Stegemoen er da satt til 1,3. GEV er valgt som fordelingsfunksjon i flomfrekvensanalysen av de uregulerte dataene, da den ser ut til å gi den riktige fordelingen av de observerte flommene. For flommene i den regulerte perioden fra 1968 er Gumbel fordelingsfunksjonen som gir best tilpasning, med utgangspunkt i kulminasjonsverdier inntil ca. $300 \text{ m}^3/\text{s}$.

| kulminasjon | Areal | QM | Q5 | Q10 | Q20 | Q50 | Q100 | Q200 | Q500 | Q1000 |
|-------------------------------|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | km ² | m ³ /s | m ³ /s | m ³ /s | m ³ /s | m ³ /s | m ³ /s | m ³ /s | m ³ /s | m ³ /s |
| Stegemoen | 1147 | 260 | 299 | 364 | 455 | 793 | 845 | 884 | 923 | 962 |
| Kvina oppstr. Litleåna | 1173 | 266 | 306 | 372 | 465 | 811 | 864 | 904 | 944 | 984 |
| Litleåna | 230 | 140 | 170 | 200 | 230 | 280 | 320 | 365 | 425 | 443 |
| Kvina nedstr.. Litleåna | 1403 | 406 | 476 | 572 | 695 | 1091 | 1184 | 1269 | 1369 | 1427 |

Tab.6 Flomverdier (kulminasjon) uten klimapåslag

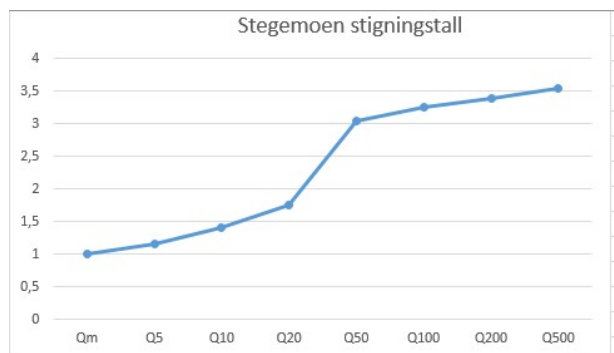


Fig. 14 Flomforholdstall Q_t/Q_m Stegemoen

Klimapåslag

I NVE-rapport 81 2016 Klimaendringer og framtidige flommer i Norge av Deborah Lawrence er det gitt anbefalinger om prosentvist påslag på flomverdiene for ulike regioner i landet.

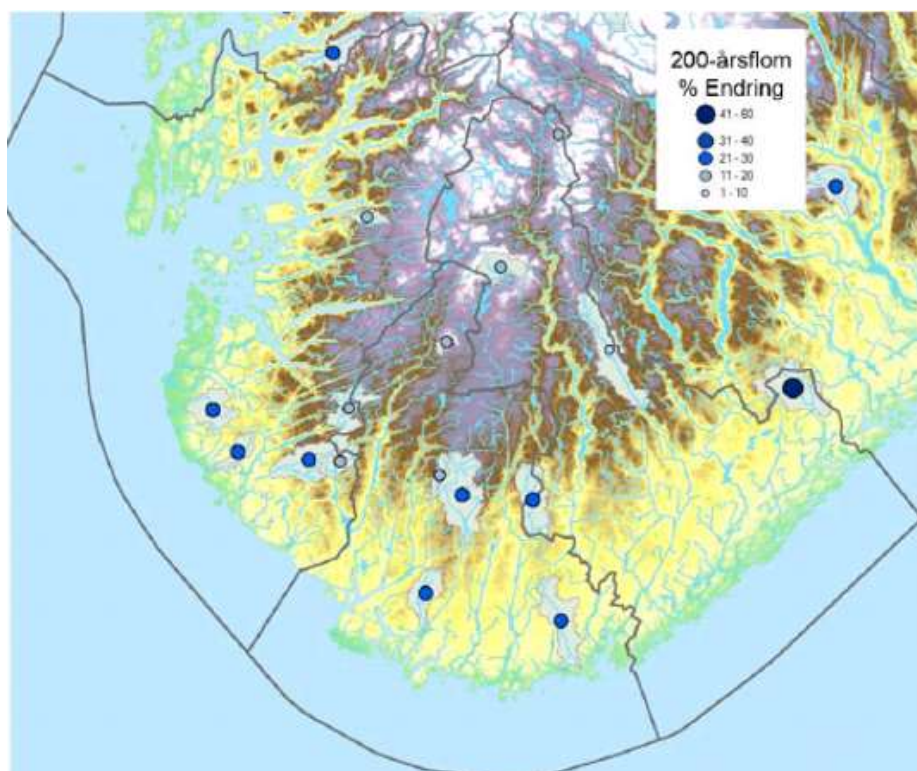


Fig. 15 Anbefalte klimapåslag for flomsonekart i regionen Agder-Rogaland, hvor Kvina inngår er ifølge NVE-rapport 81-2016 20 % for alle gjentakintervall innenfor scenario 2031 – 2100.

| kulminasjon | QM m ³ /s | Q5 m ³ /s | Q10 m ³ /s | Q20 m ³ /s | Q50 m ³ /s | Q100 m ³ /s | Q200 m ³ /s | Q500 m ³ /s | Q1000 m ³ /s |
|----------------------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|
| 25.30 Stegemoen | 312 | 359 | 437 | 546 | 952 | 1014 | 1061 | 1108 | 1155 |
| Kvina oppstr. Litleåna | 319 | 367 | 446 | 558 | 973 | 1037 | 1085 | 1133 | 1181 |
| Litleåna | 168 | 204 | 240 | 276 | 336 | 384 | 438 | 510 | 532 |
| Kvina nedstr.. Litleåna | 487 | 571 | 686 | 834 | 1309 | 1421 | 1523 | 1643 | 1713 |

Tab. 7 Flomverdier (kulminasjon) med 20% klimapåslag

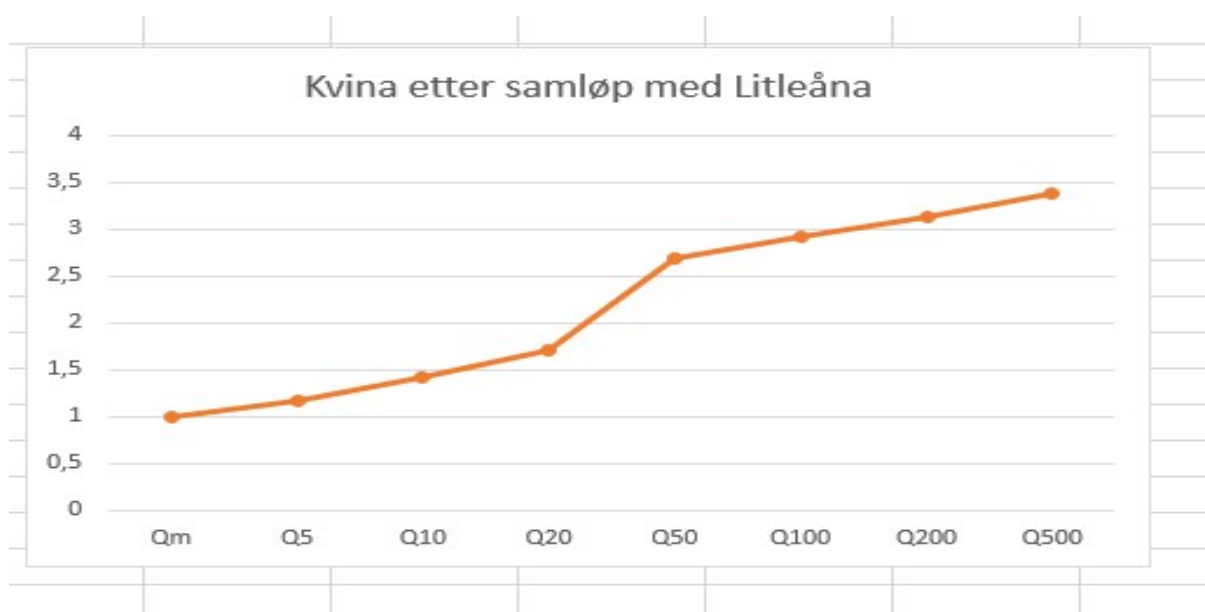


Fig 16 Flomforholdstall Qt/Qm Kvina etter samløp med Litleåna