



Flomsonekartprosjektet

Flomberegning for Moisåna ved Moi

Turid-Anne Drageset

1
2002

D
O
K
U
M
E
N
T



Flomberegning for Moisåna ved Moi (026.BZ)

Norges vassdrags- og energidirektorat

2002

Dokument nr. 1 - 2002

Flomberegning for Moisåna ved Moi (026.BZ)

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Forfatter: Turid-Anne Drageset

Trykk: NVEs hustrykkeri

Opplag: 25

Forsidefoto: Terskel i Moisåna utenfor kommunehuset i Moi sentrum den 7.mai 2001. Foto: Marianne Skulstad, NVE

ISSN: 1501-2840

Sammendrag: I forbindelse med Flomsonekartprosjektet i NVE er det som grunnlag for vannlinjeberegning og flomsonekartlegging utført flomberegning for Moisåna ved Moi i Rogaland, et sidevassdrag til Sira. Kulminasjonsvannføringer for flommer med forskjellige gjentaksintervall er beregnet i fem punkter i Moisåna.

Emneord: Flomberegning, flomvannføring, Moi, Moisåna

Norges vassdrags- og energidirektorat
Middelthuns gate 29
Postboks 5091 Majorstua
0301 OSLO

Telefon: 22 95 95 95
Telefaks: 22 95 90 00
Internett: www.nve.no

Januar 2002

Innhold

Forord	4
Sammendrag	5
1. Beskrivelse av oppgaven	7
2. Beskrivelse av vassdraget	7
3. Hydrometriske stasjoner	11
3.1 Hydrometriske stasjoner i Moisånas nedbørfelt.....	11
3.2 Hydrometriske stasjoner i nærliggende vassdrag.....	11
3.3 Karakteristiske vannføringsverdier.....	13
4. Beregning av flomverdier	16
4.1 Frekvensanalyse på observerte data i Storåni og i nærliggende vassdrag.....	16
4.2 Beregning av kulminasjonsvannføring.....	19
4.3 Flomruting gjennom Hovsvatn.....	21
4.4 Beregning av flomverdier i Moisåna med sidevassdrag.....	23
4.5 Samløpsproblematikk.....	24
5. Observerte flommer	26
6. Usikkerhet	26
Referanser	28

Forord

Flomsonekartlegging er et viktig hjelpemiddel i arealdisponering langs vassdrag og for beredskapsplanlegging. NVE arbeider med å lage flomsonekart for flomutsatte elvestrekninger i Norge. Som et ledd i utarbeidelse av slike kart må flomvannføringer beregnes. Grunnlaget for flomberegninger er NVEs omfattende database over observerte vannstander og vannføringer, og NVEs hydrologiske analyseprogrammer, for eksempel programmet "Ekstrem" som benyttes for flomfrekvensanalyser.

Denne rapporten gir resultatene av en flomberegning som er utført i forbindelse med flomsonekartlegging av flomutsatt elvestrekning ved Moi i Moisåna, et sidevassdrag til Sira. Rapporten er utarbeidet av Turid-Anne Drageset og kvalitetskontrollert av Lars Evan Pettersson.

Oslo, januar 2002

Kjell Repp
avdelingsdirektør

Sverre Husebye
seksjonssjef

Sammendrag

Flomberegningen ved Moi, et sidevassdrag til Sira, omfatter ett delprosjekt (fs 026_1) i Flomsonekartprosjektet i NVE. Moi er et lite sørlandsvassdrag med hoveddelen av nedbørfeltet i Rogaland fylke. Vassdraget strekker seg i retning nord-sør med utspring i Hamarsmorkvatnet i nord, og utløp i Lundevatnet i sør. Delprosjektet omfatter flomutsatt elvestrekning i Moisåna og i de regulerte sidevassdragene Haukelandsbekken og Brekkebekken.

Flomberegningene er i hovedsak basert på frekvensanalyser av observerte flommer ved en hydrometrisk stasjon i vassdraget et stykke oppstrøms elvestrekningen som skal flomberegnes, frekvensanalyser for målestasjoner i nærliggende vassdrag og flomruting. Flomruting er benyttet for å få et anslag på Hovsvatnets flomdepende effekt rett oppstrøms elvestrekningen. Høst- og vinterflommer er dominerende i vassdraget.

Det er beregnet kulminasjonsvannføring på flommer ved forskjellige gjentaksintervall for tre punkter i Moisåna og i Haukelandsbekken og Brekkebekken rett før disse tilløper Moisåna. Resultatet av beregningene ble:

	Areal	QM l/s*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
Moisåna oppstrøms Haukelandsbekken	190	550	105	124	139	154	174	188	203	233
Haukelandsbekken	12,4	845	10,5	12,8	14,6	16,3	18,4	20,0	21,5	23,8
Moisåna nedstrøms Haukelandsbekken	202	550	111	132	148	164	185	200	216	248
Brekkebekken	5,6	845	4,7	5,8	6,6	7,4	8,3	9,0	9,7	10,8
Moisåna nedstrøms Brekkebekken	208	550	114	135	153	169	190	206	222	255

Oppfatningen er at når det er flom i vassdraget er det mye vann i alle elver, både store og små, men det er ikke gitt at flomstørrelsen har samme gjentaksintervall i de to sideelvene som i hovedelva. Sidevassdragene Haukelandsbekken og Brekkebekken antas å kulminere i forkant av flomtoppen i hovedelva. Dette har betydning for beregning av kombinasjonen av flomvannføring i Moisåna og i sidevassdragene. Beregning av vannføringen i Moisåna under kulminasjonen i sideelvene, og omvendt, ga følgende resultat (beregningene er i hovedsak basert på antagelser):

Sammenhørende vannføring i sideelvene, Haukelandsbekken og Brekkebekken, ved kulminasjon i

Moisåna (Q_T betyr at flomverdiene har gjentaksintervall som angitt øverst i kolonnene).

	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
Moisåna oppstrøms Haukelandsbekken (Q _T)	105	124	139	154	174	188	203	233
Haukelandsbekken	6	8	9	10	11	12	13	15
Moisåna nedstrøms Haukelandsbekken (Q _T)	111	132	148	164	185	200	216	248
Brekkebekken	3	3	5	5	5	6	6	7
Moisåna nedstrøms Brekkebekken (Q _T)	114	135	153	169	190	206	222	255

Sammenhørende vannføring i Moisaåna ved kulminasjon i sideelvene.

	QM m³/s	Q5 m³/s	Q10 m³/s	Q20 m³/s	Q50 m³/s	Q100 m³/s	Q200 m³/s	Q500 m³/s
Moisaåna oppstrøms Haukelandsbekken	78	93	105	116	130	141	152	175
Haukelandsbekken (Q _T)	10,5	12,8	14,6	16,3	18,4	20,0	21,5	23,8
Moisaåna nedstrøms Haukelandsbekken	89	106	119	132	149	161	174	199
Brekkebekken (Q _T)	4,7	5,8	6,6	7,4	8,3	9,0	9,7	10,8
Moisaåna nedstrøms Brekkebekken	94	111	126	139	157	170	183	209

Tross store usikkerhetsmomenter i de beregnede kulminasjonsvannføringene, er disse presentert med en nøyaktighet på 1 m³/s for vannføring større enn 30 m³/s og på 0,1 m³/s for verdier mindre enn 30 m³/s. Dette er gjort av praktiske årsaker.

1. Beskrivelse av oppgaven

Flomsonekart skal konstrueres for flomutsatt elvestrekning i Moisåna ved Moi i Lund kommune i Rogaland. Strekingen omfatter ett delprosjekt i Flomsonekartprosjektet i NVE, med delprosjektnummer fs 026_1. Strekingen er tegnet inn på oversiktskart over Moivassdraget i figur 1. Flomutsatt på strekingen er bl.a. tettbebyggelse, spredt bebyggelse, europaveg 18, fylkesveg og dyrket mark.

Som grunnlag for konstruksjon av flomsonekart for denne strekingen skal midlere flom og flommer med gjentaksintervall 5, 10, 20, 50, 100, 200 og 500 år beregnes.

2. Beskrivelse av vassdraget

Nedbørfelt

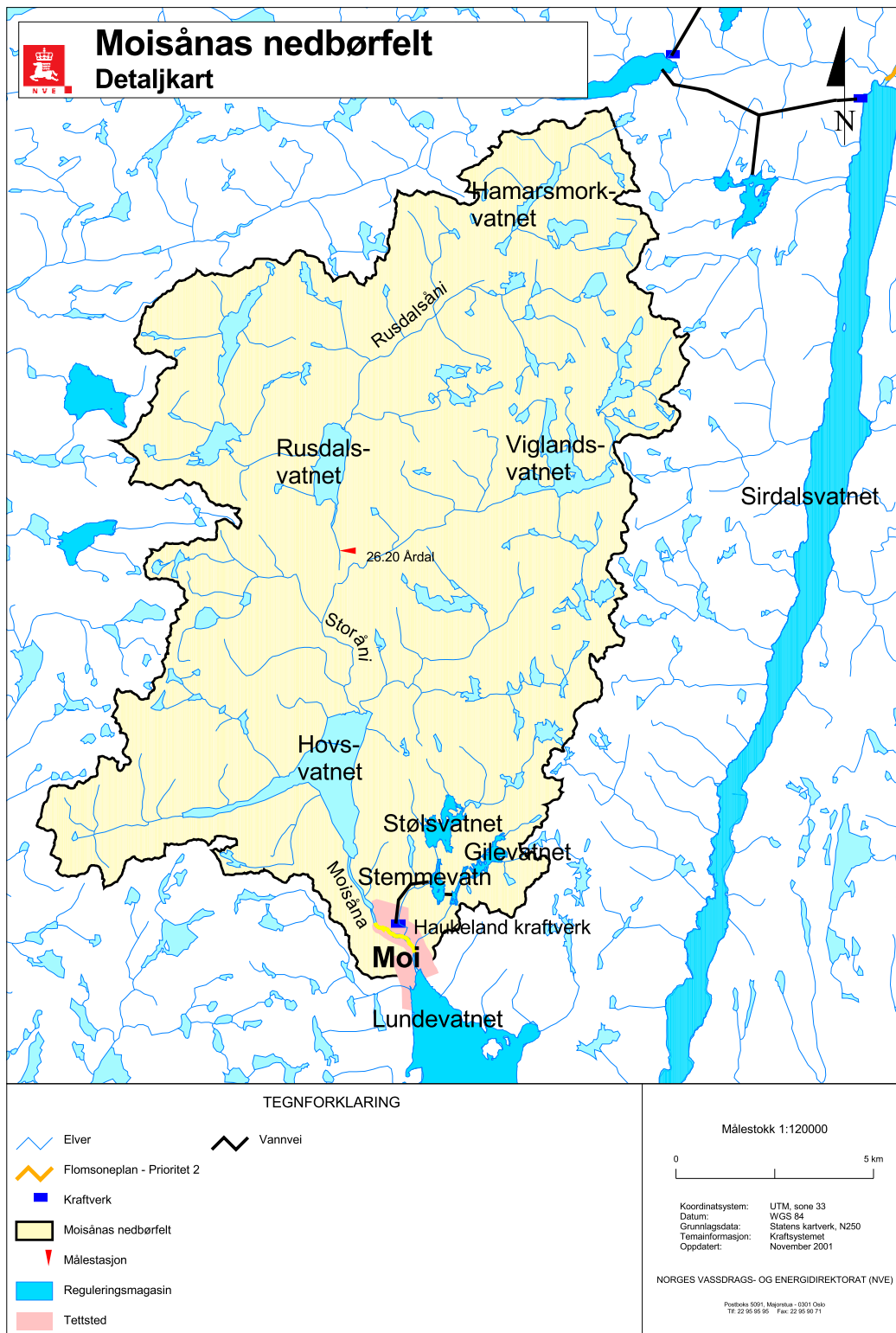
Moisåna er en del av Siravassdraget, og tilløper Sira fra vest via Lundevatnet nederst i Sira. Moisånas nedbørfelt har sitt utspring i Hamarsmorkvatnet i Sirdal kommune i Vest-Agder i nord og ender i Lundevatn i Lund kommune i Rogaland. Størsteparten av nedbørfeltet har beliggenhet i Rogaland fylke. Fra utløpet av Hamarsmorkvatnet (375 moh.) drenerer elva sørover til Rusdalsvatnet der elvestrengen kalles Rusdalsåni, videre fra Rusdalsvatnet til Hovsvatnet kalles den Storåni, og fra utløpet av Hovsvatn til Lundevatn kalles hovedelva Moisåna. Ved utløpet i Lundevatn har Moisåna et samlet nedbørfelt på 209 km². Nedbørfeltet avgrenses i øst av Siravassdraget, i vest av Sokndalsvassdraget og i nord av Hellelandsvassdraget.

Hovedelva i Moisånas nedbørfelt har en lengde på ca. 28 km. Hovedelva drenerer gjennom tre større sjøer, Hamarsmorkvatnet, Rusdalsvatnet og Hovsvatnet. Hovsvatnet er det største (34 km²) og er lokalisert rett oppstrøms Moi. Flere sidevassdrag tilløper på strekingen. Største sidevassdraget er det som drenerer fra Viglandsvatnet og tilløper Storåni ca 2 km nedstrøms Rusdalsvatnet. Moisånas nedbørfelt er uregulert til nedstrøms Hovsvatnet. I Moisåna, på strekingen fra Hovsvatn til Lundevatn, tilløper to sidevassdrag, Haukelandsbekken og Brekkebekken på henholdsvis 12,4 og 5,6 km², som begge er regulerte. Sidevassdragene kan i flom være svært masseførende. At massene forflyttes kan endre strømningsforholdene vesentlig og medføre fare for at elva tar nytt løp.

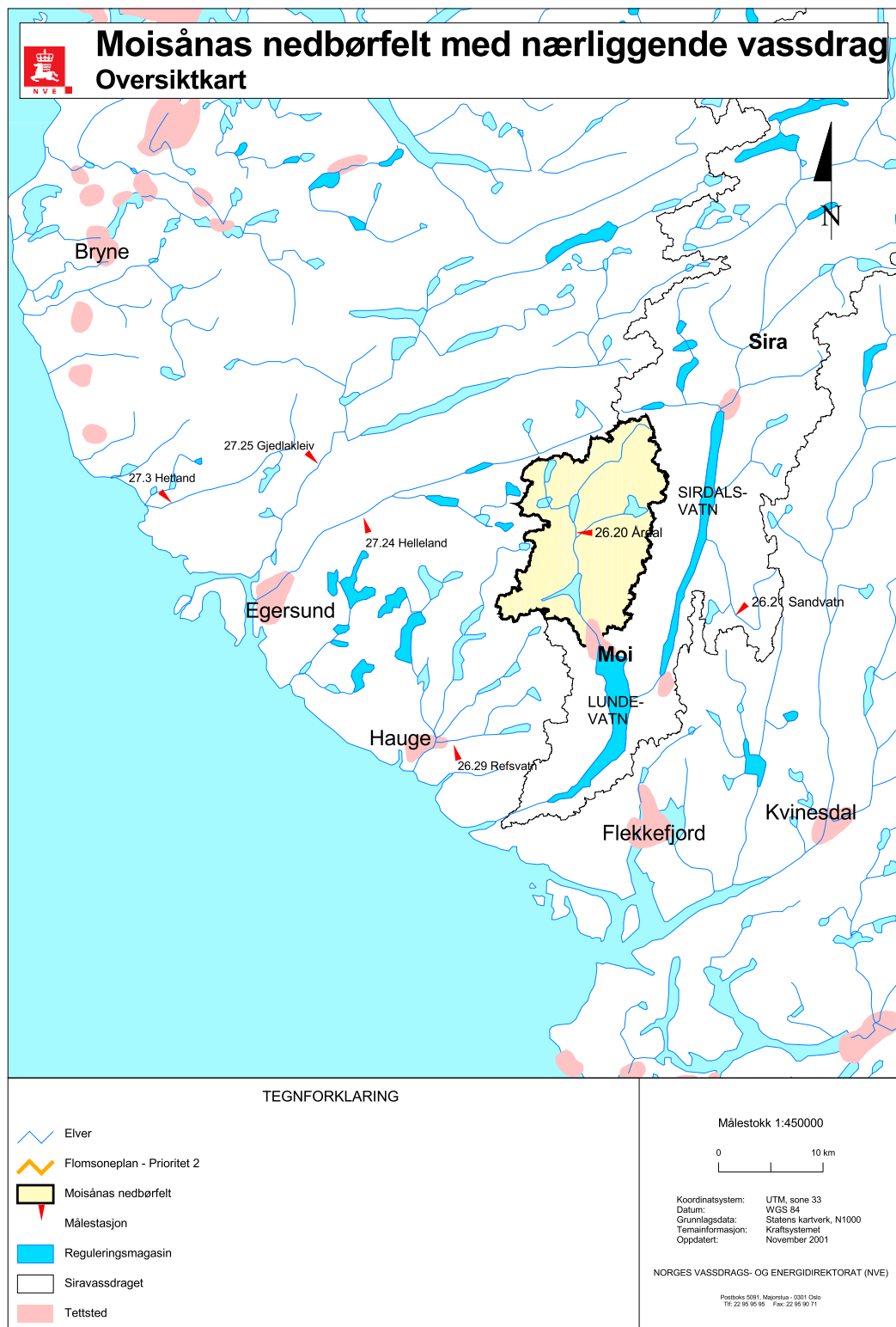
Hypsografisk kurve for hele Moisånas nedbørfelt (figur 3) illustrerer høydeforskjellene i vassdraget med høyeste punkt på 740 moh. Tabell 1 viser feltkarakteristika for ulike delfelt i nedbørfeltet.

NVEs isohydatkart (1987) gir en naturlig spesifikk årlig avrenning for perioden 1930-1960 på 61,2 l/skm² ved målestasjonen 26.20 Årdal, og varierer innenfor vassdraget fra omkring 50 til omkring 80 l/skm². Den spesifikke avrenningen er størst i de høyere områdene langs nedbørfeltgrensa og avtar nedover mot hovedelva.

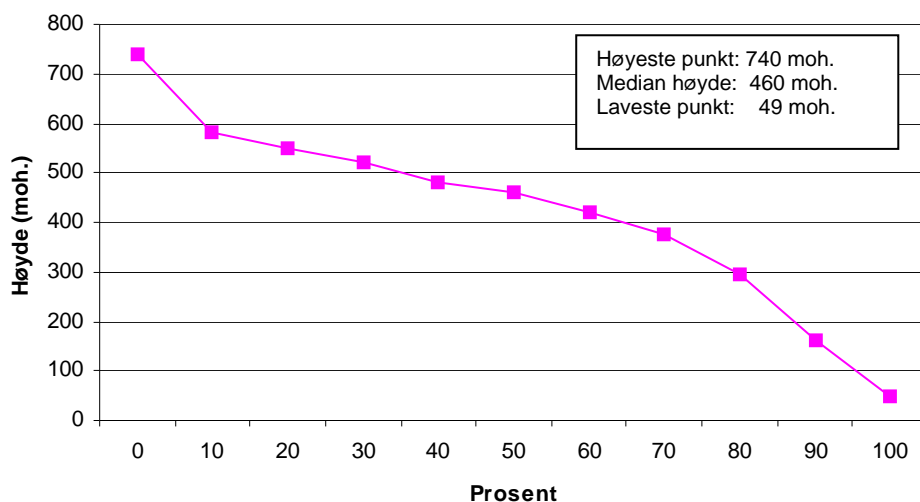
De største flommene i Moisåna oppstår vanligvis om høsten og vinteren i månedene september/oktober til januar/februar i forbindelse med kraftige nedbørhendelser, men flommer kan også forekomme vår og sommer.



Figur 1. Oversiktskart over Moisånas nedbørfelt. Strekningen som skal flomsonekartlegges, og som det er gjort flomberegninger for, er inntegnet med gult.



Figur 2. Oversiktskart over Moisånas nedbørfelt og målestasjoner i nærliggende vassdrag som benyttes i analysene.



Figur 3. Hypsografisk kurve for Moisaåna ved utløpet i Lundevatn. Areal 209 km².

Tabell 1. Feltkarakteristika for delvassdrag i Moisaånas nedbørfelt i henhold til data beregnet av NVE-VG juli 2001.

Feltkarakteristika	26.20	Pkt. 1	Pkt. 2	Pkt. 3	Pkt. 4	Pkt. 5	Pkt. 6
Areal oppstrøms (km ²)	77,3	190	12,4	202	5,61	208	209
Sjøprosent (%)	9,0	9,5	12	9,7	9,8	9,7	9,7
Effektiv sjøprosent (%)	2,16	2,61	5,10	2,33	3,72	2,20	2,18
Snau fjellareal (km ²)	18,6	54	4,2	58	3,4	62	61
Snau fjellprosent (%)	24	29	34	29	60	30	29
Maks. høydeforskjell (m)	425	517	509	506	396	510	517
Hovedelvas gradient (m/km)	27	19	64	19	79	18	18
Feltaksens lengde (km)	13	22	7	22	5	22	22
Midlere feltgradient (m/km)	36	18	14	18	15	18	18
Normalavrenning (l/skm ²)	61,2	62,0	60,7	62,0	62,5	62,0	62,0

26.20: Målestasjon 26.20 Årdal

Pkt. 1: I Moisaåna oppstrøms samløp med Haukelandsbekken

Pkt. 2: I Haukelandsbekken før tilløp til Moisaåna

Pkt. 3: I Moisaåna nedstrøms tilløp fra Haukelandsbekken

Pkt. 4: I Brekkebekken før tilløp til Moisaåna

Pkt. 5: I Moisaåna nedstrøms tilløp fra Brekkebekken

Pkt. 6: I Moisaåna ved utløpet i Lundevatn

Benyttede feltareal er fastlagt ved nye beregninger av Seksjon for geoinformasjon (VG), og kan avvike noe fra de arealer som er oppgitt i Hydrologisk avdelings database, Hydra2.

Reguleringer

Mesteparten av Moisésånas nedbørfelt er uregulert. Nedstrøms Hovsvatnet, i Moisésåna på strekningen mellom Hovsvatnet og Lundevatnet, tilløper Haukelandsbekken og Brekkebekken, som begge er regulert til kraftproduksjon av Dalane Elverk. Regulert nedbørfelt utgjør i underkant av 10 % av Moisésånas totale nedbørfelt.

Haukelandsvassdraget har to grener, i den vestlige største grenen ligger Stølsvatn og Stemmevatn, i den østlige grenen Gilevatn og Skårstemmevatn. Gilevatn og Skårstemmevatn drenerer naturlig via Brekkebekken direkte til Moisésåna, men er ved regulering overført til Stemmevatn som drenerer til Haukelandsbekken og videre til Moisésåna. Stemmevatn er inntaksmagasin til Haukeland kraftstasjon.

Overføringssystemet har en kapasitet på 1,0 m³/s (Pettersson 1995). Ved flom i vassdraget stenges overføringen mellom Haukelandsbekken og Brekkebekken.

Dammen ved Stølsvatn i Haukelandsvassdraget ble i 2000 rehabilitert slik at Stølsvatn nå fungerer som et flomdemningsmagasin. Tidligere beregninger (Pettersson 1995) viser at dimensjonerende tilløpsflom (1000 års tilløpsflom) dempes med omkring 30 % (tilløpsflom 24,3 m³/s, avløpsflom 17,8 m³/s).

I Brekkebekken er det ikke på samme måte opprettet noe flomdemningsmagasin. Gilevatn planlegges ombygd til et flomdemningsmagasin. Dalane Elverk (v/ VTA Rolf Ollestad) opplyser at det i Brekkebekken ved flomepisoder er store vannføringer relativt til størrelsen på nedbørfeltet. Det er ikke uvanlig med nedbørepisoder på 100 mm i løpet av et døgn. Med liten flomdemningsmulighet gir dette stor vannføring. Ved Moi sentrum er Brekkebekken lagt i rør direkte ut i Lundevatn. Ved flom med gjentaksintervall i størrelsesorden 100 år er det observert skader i Moi sentrum som følge av at rørsystemet fylles opp av sedimenter og ikke har kapasitet til å ta unna alt vannet. Dette var tilfellet under flommen i januar 1992.

Reguleringsmagasinene i Haukelandsvassdragets naturlige nedbørfelt har en total lagringskapasitet på 85 mill m³. Dette tilsvarer i overkant av 30 % av midlere årlig tilsig. Reguleringer har vanligvis flomdempende effekt. Flommer som kommer om høsten er som regel de mest kritiske pga. fulle magasiner.

3. Hydrometriske stasjoner

3.1 Hydrometriske stasjoner i Moisésånas nedbørfelt

I Moisésånas nedbørfelt finnes kun én målestasjon for vannføring. Målestasjonen 26.20 Årdal ligger i Storåni et stykke oppstrøms Hovsvatnet. Stasjonen ble opprettet i 1970. Vannføringskurven er god og observerte data ved Årdal antas å være av god kvalitet.

3.2 Hydrometriske stasjoner i nærliggende vassdrag

Siden det kun finnes én målestasjon i vassdraget som skal flomberegnes og denne i tillegg ligger oppstrøms en større innsjø i forhold til den aktuelle strekningen, blir frekvensfordelingen fra denne målestasjonen sammenlignet med analyser fra andre

målestasjoner i nærliggende vassdrag. Målestasjoner det er valgt å sammenligne med er (se figur 2 for lokalisering):

26.21 Sandvatn i Oftedalselv, som drenerer til Sirdalsvatn fra øst. Stasjonen ble opprettet i 1970. Nedbørfeltet er lite og uregulert. Målestasjonen fungerer bra og observerte data antas å ha god kvalitet. Effektiv sjøprosent er 2,6 % og snaufjellprosent er 57 % (Krokli 1988).

26.29 Refsvatn i Litlå, et sidevassdrag til Sokndalselv, som drenerer ut til kysten gjennom Hauge sentrum. Stasjonen ble opprettet i 1978 og er uregulert. Datakvaliteten er god. Sokndal kommune, Teknisk etat, har et kontinuerlig vannuttak fra Guddalsvatn som brukes til drikkevannsforsyning og føres i rør til Hauge sentrum. Vannuttaket er ikke stort, ca. 830 000 m³/år (0,026 m³/s), sammenlignet med vannføringen ved Refsvatn. Vannmengdene som tas ut er avhengig av drikkevannsforbruket, men varierer lite fra døgn til døgn og fra år til år. Effektiv sjøprosent er 1,06 % (Drageset 1999).

27.3 Hetland i Ognavassdraget, som drenerer til kysten et stykke nordvest for Egersund. Målestasjonen ligger nært kysten og ble opprettet i 1915. Vannføringskurven er god og datakvaliteten antas å være bra, men noe usikker på høye vannføringer. Feltet er regulert i øvre deler. Reguleringsprosent er 1,5 %. Feltet har stor snaufjellprosent (93%) og avrenningen skjer hurtig. Effektiv sjøprosent er 0,80 %.

27.24 Helleland i Hellelandselv, som er Moisånas nabovassdrag i nordvest og drenerer til Bjerkreimselv og videre ut i havet ved Egersund. Målestasjonen ble opprettet i 1896 og data er dermed observert i over 100 år. Datakvaliteten er god. Nedbørfeltet er noe regulert. Reguleringsgraden er 5 %. Effektiv sjøprosent er 0,83 %

27.25 Gjedlakteiv i Bjerkreimselv, som drenerer ut i havet ved Egersund. Målinger er foretatt siden 1897. Frem til 1985 het målestasjonen Bjerkreim bru. Det foregikk en gradvis profilendring i førti-, femti- og sekstiåra, og skala og vannmerket er flyttet flere ganger. Vannføringskurven har homogenitetsbrudd i 1975 ved overgang til ny vannføringskurve (Astrup 2000). Nedbørfeltet er noe regulert i øvre deler. Effektiv sjøprosent er 1,60 %

Tabell 2. Stasjonsopplysninger for målestasjoner som er benyttet i videre analyser.

Stasjon	Felt-areal (km ²)	Observ.- periode	QM (m ³ /s)	QM (l/skm ²)	Qmax målt (m ³ /s)	Qmax i % av QM	Eff. sjø %	Snaufj. %
26.20 Årdal	76,0	1970- 1994	45,3	596	32,3	71	2,16	61
26.21 Sandvatn	27,9	1971- 1998	12,9	463	11,8	91	2,60	57
26.29 Refsvatn	51,1	1978- 2001	29,2	571	47,6	163	1,06	-
27.3 Hetland	70,3	1915- 1983	39,5	562	16,2	41	0,80	93
27.24 Helleland	185	1896- 2001	110	594	60,4	55	0,83	63
27.25 Gjedlakleiv	639	1897- 2000	300	470	113	38	1,60	81

QM: Middelflom for hele observasjonsperioden. **Qmax målt:** Største målte vannføringsmåling som inngår i vannføringskurven. **Qmax i % av QM:** Største vannføringsmåling som inngår i vannføringskurven i % av middelflom.

3.3. Karakteristiske vannføringsverdier

Figur 4 viser karakteristiske vannføringsverdier for hver dag i løpet av året for målestasjonen 26.20 Årdal i Storåni rett nedstrøms Rusdalsvatn i perioden 1971-1994. Øverste kurve (maksimum) i diagrammet viser største observerte vannføring og nederste kurve (minimum) viser minste observerte vannføring i løpet av måleperioden. Den midterste kurven er medianvannføringen. Figuren viser at flommer i hovedsak forekommer i høst/vinter-sesongen. Dette fremgår også av figur 6, som viser relativ flomstørrelse og tidspunkt for flommer over en gitt terskelverdi, i dette tilfellet 39 m³/s som tilsvarer omtrent 85 % av middelflom. Om våren og sommeren forekommer sjelden store flommer.

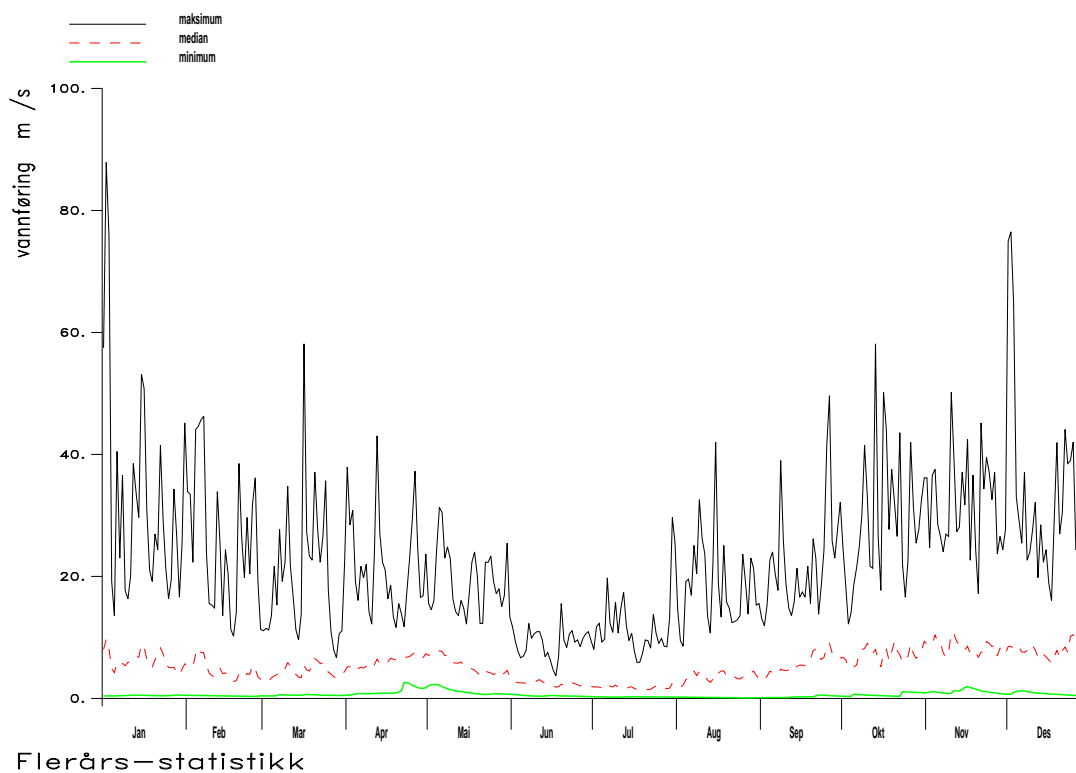
Mediankurven i figur 4 viser midlere vannføringsforhold over en lang årrekke, men illustrerer dårlig hvordan vannføringen faktisk varierer i et enkelt år. I figur 5 er vannføringen i årene 1984 og 1985 vist, som er to år med årsmiddelavrenning omtrent tilsvarende normalavrenningen for perioden 1930-1960 (4,65 m³/s).

I tabell 3 er de største flommene ved målestasjonen 26.20 Årdal i Storåni presentert.

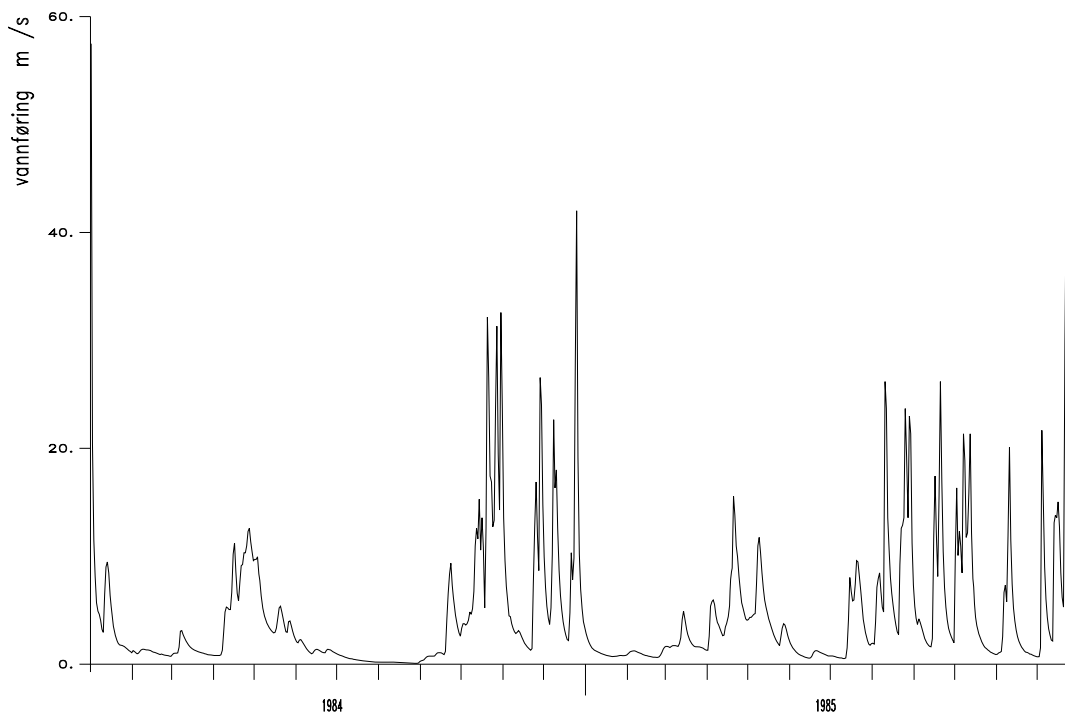
Strekningen som det skal beregnes flomverdier for ligger nedstrøms Hovsvatnet, mens målestasjonen 26.20 Årdal ligger et stykke oppstrøms. Flommer vil dempes gjennom Hovsvatn. De karakteristiske vannføringsforholdene som her er presentert i tabell og figurer vil derfor ikke være representative for Moisåna nedstrøms Hovsvatn.

Tabell 3. De seks største flommene i løpet av observasjonsperioden ved Årdal i Storåni. Hentet fra NVEs dataarkiv Hydra2.

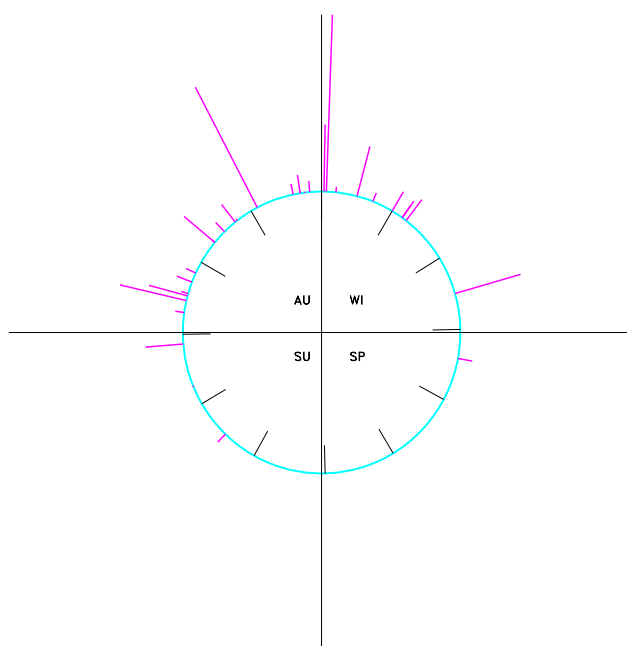
Stasjon	Observasjonsperiode	År	Dato	Døgnmiddel-vannføring, m ³ /s
26.20 Årdal	1971-1994	1992	2/1	87,9
		1992	2/12	76,5
		1990	16/3	58,1
		1976	13/10	58,1
		1984	1/1	57,5
		1989	15/1	53,2



Figur 4. Karakteristiske hydrologiske data i Storåni ved 26.20 Årdal i perioden 1971-1994. Diagrammene viser største, midlere og minste vannføring i angitt periode.



Figur 5. Vannføring i Storåni ved 26.20 Årdal i 1984 og 1985.



Figur 6. Flommer ved Årdal i Storåni i Moivassdraget 1971-1994, fordelt over året. Sirkelen representerer året med start på året loddrett oppover. Flommene er markert med når på året de inntreffer og med relativ størrelse.

4. Beregning av flomverdier

Flomsonkart skal konstrueres for Moisaåna fra utløpet av Hovsvatn til utløpet i Lundeavatn. På strekningen tilløper to regulerte sideelver, Haukelandsbekken og Brekkebekken, og flomverdier må derfor beregnes i fem punkter. Disse er i Moisaåna rett oppstrøms og nedstrøms samløpet med Haukelandsbekken og nedstrøms tilløp fra Brekkebekken, og i Haukelandsbekken og Brekkebekken rett før tilløpet til Moisaåna.

Utgangspunktet for flomberegningen er som tidligere nevnt en 24 år lang observert dataserie for vannføring i Storåni oppstrøms Hovsvatn, og sammenlignbare dataserier i nærliggende vassdrag.

4.1. Frekvensanalyse på observerte data i Storåni og i nærliggende vassdrag

Flommer generert av snøsmelting og flommer som er resultat av nedbørepisoder tilhører to forskjellige populasjoner. Vårflommene er årvisse, har ofte stort volum og lang varighet, og øker moderat mot høyere gjentaksintervall. Høstflommene kan være små eller mangle mange år, har ofte et spissere flomforløp med mindre volum og kortere varighet, og øker ofte raskere mot store gjentaksintervall. Små naturlige sørlandsvassdrag som Moivassdraget er dominert av høst- og vinterflommer som følge av kraftig regnvær, ofte i kombinasjon med snøsmelting. Totalt sett over hele observasjonsperioden ved 26.20 Årdal inntreffer omtrent 75 % av de største årsflommene hvert år i månedene oktober til januar. De resterende 25 % er jevnt fordelt over resten av året, med unntak av månedene mai og juni der det ikke er observert noen store flommer. I de mindre regulerte sidevassdragene, Haukelandsbekken og Brekkebekken, er det også høst- og vinterflommene som dominerer pga. store nedbørmengder ofte i kombinasjon med relativt fulle reguleringsmagasiner.

Til tross for at høst- og vinterflommer er dominerende i vassdraget, er det ikke uvanlig med stor vannføring til alle årstider. I vassdrag med hyppighet av både høst- og vårflommer er det vanlig å utføre separate analyser av vår- og høstflommene, og ekstrapolere hver for seg (Sælthun 1997). I flomberegninger i flomsonkartsammenheng utføres analysene kun på årsflommer (NVE 2000), dvs. at frekvensanalysen er basert på de største observerte døgnmiddelvannføringene hvert år. Bakgrunnen for dette er at en flomepisode, enten den inntreffer vår eller høst, vanligvis har oppstått som en kombinasjon av både snøsmelting og regn, og tilhører derfor nødvendigvis ikke én av to forskjellige populasjoner. Når analysen gjøres kun mhp. årsflommer kan en risikere at andre store flommer i et år kan være større enn den største flommen i et annet år. For eksempel kan det skje at vårflommen ett år ikke kommer med i analysegrunnlaget, fordi denne er lavere enn høstflommen samme år, til tross for at den er større enn største flom i et annet år.

Frekvensanalyse er foretatt på observert dataserie ved målestasjon 26.20 Årdal i Storåni et stykke oppstrøms Hovsvatn. Resultatet er vist i tabell 4, med midlere flom, Q_M , i spesifikke verdier og flommer med forskjellige gjentaksintervall, Q_T , som en faktor i forhold til midlere flom. Flomforholdene i Storåni oppstrøms Hovsvatn er sannsynligvis ikke representative for flomforholdene i Moisaåna nedstrøms Hovsvatn.

Hovsvatn er en relativt stor innsjø, som er lokalisert rett oppstrøms strekningen som skal flomberegnes, og har sannsynligvis betydelig flomdempende effekt. På bakgrunn av dette er det foretatt flomruting av flomforløp fremkommet av beregnede flomverdier ved Årdal, for å få et anslag på flomdempningseffekten i Hovsvatn, se kap. 4.3.

Frekvensanalyse er også foretatt på observerte vannføringsdata i nærliggende sammenlignbare vassdrag. Bakgrunnen for dette er først og fremst for å kunne anslå flomverdier i de to mindre sidevassdragene, Haukelandsbekken og Brekkebekken. I disse sideelvene finnes det ikke observerte vannføringsdata, og flomverdier må estimeres på bakgrunn av data fra nærliggende vassdrag. Siden disse sidevassdragene er regulerte, er det vanskelig å sammenligne flomforholdene med andre vassdrag. I beregningene er det antatt at magasinene i en flomsituasjon er fylt opp og har overløp, slik at vassdragene kan regnes som uregulerte. Dermed kan flomverdier beregnes på bakgrunn av andre uregulerte dataserier i nærheten. Måleserier i nærheten det er valgt å sammenligne med fremgår av tabell 4. I tabell 5 er resultatene presentert i absolutte verdier.

Tabell 4. Flomfrekvensanalyse på årsflommer for målestasjon 26.20 Årdal i Moivassdraget og for målestasjoner i nærliggende vassdrag, Q_T/Q_M

Stasjon	Periode	Ant. år	Varighet døgn	QM l/s*km ²	QM m ³ /s	Q5/QM	Q10/QM	Q20/QM	Q50/QM	Q100/QM	Q200/QM	Q500/QM
Observert i Moivassdraget:												
26.20 Årdal	1970-1994	24	1	596	45	1,18	1,33	1,48	1,66	1,80	1,94	2,23
Nærliggende vassdrag:												
26.21 Sandvatn	1971-1998	28	1	463	13	1,20	1,37	1,52	1,73	1,88	2,03	2,24
26.29 Refsvatn	1978-2001	22	1	571	29	1,17	1,31	1,44	1,61	1,74	1,87	2,03
27.3 Hetland	1915-1983	68	1	562	40	1,22	1,45	1,67	2,00	2,26	2,55	2,96
27.24 Helleland	1896-2001	104	1	594	110	1,26	1,45	1,62	1,83	1,98	2,14	2,33
27.25 Gjedlakleiv	1897-2000	104	1	470	300	1,26	1,44	1,60	1,81	1,96	2,10	2,29

Tabell 5. Flomfrekvensanalyse på årsflommer for målestasjon 26.20 Årdal i Moivassdraget og i nærliggende vassdrag, flomverdier i m³/s (døgnmiddelverdier).

Stasjon	Periode *	Ant. år	Varighet døgn	QM l/s*km ²	QM	Q5	Q10	Q20	Q50	Q100	Q200	Q500
Observert i Moivassdraget:												
26.20 Årdal	1970-1994	24	1	596	45	54	60	67	75	82	88	101
Nærliggende vassdrag:												
26.21 Sandvatn	1971-1998	28	1	463	13	16	18	20	22	24	26	29
26.29 Refsvatn	1978-2001	22	1	571	29	34	38	42	47	51	54	59
27.3 Hetland	1915-1983	68	1	562	40	48	57	66	79	89	101	117
27.24 Helleland	1896-2001	104	1	594	110	138	159	178	201	218	234	256
27.25 Gjedlakteiv	1897-2000	104	1	470	300	377	431	481	543	588	631	688

Frekvensfaktorene i Moisaåna, både oppstrøms og nedstrøms Hovsvatn, er lik frekvensfaktorene beregnet ved målestasjonen 26.20 Årdal. Årsaken til dette er beskrevet i kapittel 4.3. Middelflomverdier og frekvensfaktorer Q_T/Q_M som antas representative i tilløpet til Hovsvatn er presentert i tabell 6. Det antas samme spesifikke middelflom ved innløpet til Hovsvatn som ved 26.20 Årdal. Døgnmiddelvannføring for ulike gjentaksintervall er ikke beregnet i de ulike punktene i Moisaåna nedstrøms Hovsvatn, kun kulminasjonsvannføring, se tabell 11.

Flomvannføringen i de regulerte sideelvene Haukelandsbekken og Brekkebekken er vanskelig å beregne siden det ikke finnes observasjonsserier for vannstand/vannføring. Siden elvene er regulerte er det i utgangspunktet vanskelig å sammenligne avrenningen med andre vassdrag. Dette er imidlertid mulig dersom det antas at magasinene i en flomsituasjon er fulle og dermed kan regnes som uregulerte. Siden det først og fremst er høstflommer som er dominerende i disse vassdragene, er dette en realistisk antagelse, spesielt på store flommer.

Middelflom for et felt uten avløpsobservasjoner kan beregnes på bakgrunn av regionale formler basert på feltparametre. Disse flomformler er utledet i "Regional flomfrekvensanalyse for norske vassdrag" (Sælthun 1997). Formlene gjelder imidlertid kun for nedbørfelt større enn 50 km², og bør brukes med forsiktighet for felt mindre enn 100 km². De kan derfor ikke benyttes for de aktuelle feltene.

Middelflom for Haukelandsbekken og Brekkebekken kan grovt anslås på bakgrunn av beregnet middelflom for nærliggende målestasjoner. For de utvalgte målestasjonene (tabell 4) varierer middelflom fra omkring 500 til 600 l/skm². De aktuelle feltene er noe mindre enn nedbørfeltene det er valgt å sammenligne med (se tabell 2), og middelflom antas derfor å være noe større. Middelflom med varighet ett døgn antas både i Haukelandsbekken og Brekkebekken å være i størrelsesorden 650 l/skm².

Frekvensfaktorene anslås også på bakgrunn av nærliggende målestasjoner. Frekvensfaktorene for de ulike gjentaksintervall er valgt som et middel av

frekvensfaktorene ved målestasjonene Årdal i Storåni lenger oppstrøms i vassdraget, Sandvatn i Oftedalselv rett øst og Helleland og Gjedlackleiv i Bjerkreimsvassdraget lenger vest. Beliggenheten til disse målestasjonene i forhold til Moivassdraget er vist i figur 2. Årdal og Sandvatn er de av målestasjonene i nærheten som har nedbørfelt med feltkarakteristika som stemmer best overens med de aktuelle nedbørfeltene. Effektiv sjøprosent og snaufjellprosent antas å være av stor betydning for avrenningsforholdene. Årdal og Sandvatn har begge noe lavere effektiv sjøprosent (tabell 1 og tabell 2). Andelen snaufjell stemmer bra. Helleland og Gjedlackleiv inngår i midlet serie på bakgrunn av at frekvensanalyser bør utføres på lange dataserier. Frekvensfaktorene for de ulike seriene som inngår i den midlede serien er i utgangspunktet lite varierende. Q_{500}/Q_M varierer fra 2,23 til 2,33.

Middelflomverdier og frekvensfaktorer Q_T/Q_M som antas representative i sidevassdragene Haukelandsbekken og Brekkebekken er presentert i tabell 6. I tabell 7 er resultatene presentert i absolutte verdier.

Tabell 6. Middelflomverdier (Q_M , døgnmiddel) og frekvensfaktorer ved ulike gjentakintervall (Q_T/Q_M) i tilløpet til Hovsvatn og i Haukelandsbekken og Brekkebekken, årsflommer.

	Areal	QM l/s*km ²	QM m ³ /s	Q5/ QM	Q10/ QM	Q20/ QM	Q50/ QM	Q100/ QM	Q200/ QM	Q500/ QM
Tilløp til Hovsvatn	179,1	596	107	1,18	1,33	1,48	1,66	1,80	1,94	2,23
Haukelandsbekken	12,4	650	8,1	1,23	1,40	1,56	1,76	1,91	2,05	2,27
Brekkebekken	5,61	650	3,7	1,23	1,40	1,56	1,76	1,91	2,05	2,27

Tabell 7. Døgnmiddelvannføring ved ulike gjentakintervall i tilløpet til Hovsvatn og i Haukelandsbekken og Brekkebekken, årsflommer.

	Areal	QM l/s*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
Tilløp til Hovsvatn	179,1	596	107	126	142	158	178	192	207	238
Haukelandsbekken	12,4	650	8,1	9,9	11,3	12,5	14,2	15,4	16,6	18,3
Brekkebekken	5,61	650	3,7	4,5	5,1	5,7	6,4	7,0	7,5	8,3

4.2. Beregning av kulminasjonsvannføring

Flomverdiene som hittil er presentert representerer døgnmidler. På bakgrunn av frekvensanalysen ved 26.20 Årdal skal det lages et flomforløp som skal rutes gjennom Hovsvatn. Rutingen er nærmere beskrevet i kapittel 4.3. For å konstruere et slikt flomforløp er det nødvendig å kjenne kulminasjonsvannføringen for den flommen som skal rutes. Frekvensanalysene er foretatt på døgnmiddelvannføring. For å beregne kulminasjonsvannføring er det nødvendig å kjenne forholdet mellom kulminasjonsvannføringen og døgnmiddelvannføringen i de punktene som skal flomberegnes.

Kulminasjonsvannføringen kan være adskillig større enn døgnmiddelvannføringen. Dette er spesielt karakteristisk for små vassdrag med rask flomstigning og spisse flomforløp som i Moisåna. De fleste store observerte flommer i Moisåna har varighet

omkring to døgn. Forholdstallet mellom kulminasjonsvannføring og døgnmiddelvannføring er i slike vassdrag høyt.

Kulminasjonsvannføringen anslås fortrinnsvis ved å analysere de største observerte flommene i vassdraget. Forholdstallet ($Q_{\text{mom}}/Q_{\text{mid}}$) mellom observert kulminasjonsvannføring (momentanvannføringen) og døgnmiddelvannføring beregnes da for én eller flere av de større flommene ved målestasjoner i vassdraget, og/eller eventuelt i nærliggende vassdrag, avhengig av hvor og når det finnes data med fin tidsoppløsning (timesverdier). Grunnlaget for å anslå forholdet mellom kulminasjonsvannføring og døgnmiddelvannføring i Storåni er i utgangspunktet ganske bra. Ved vannmerket 26.20 Årdal finnes data med fin tidsoppløsning siden 1985. Etter 1985 har det vært flere flommer av betydelig størrelse. Forholdstallet $Q_{\text{mom}}/Q_{\text{mid}}$ varierer fra 1,18 til 1,36 for fire av de sju største observerte flommene. Disse fire flomepisodene hadde døgnmiddelvannføring fra 50 til 77 m³/s, som med utgangspunkt i beregnede flomverdier (tabell 5) skulle tilsvare gjentaksintervall fra opp mot 5-årsflom til 50-års flom. Midlere forholdstall $Q_{\text{mom}}/Q_{\text{mid}}$ på ca. 1,3 er benyttet i videre analyse. Dette stemmer bra overens med tilsvarende beregnede eller observerte verdier i nærliggende vassdrag som ved 26.29 Refsvatn i Litlå i Sokndalsvassdraget (observert: $Q_{\text{mom}}/Q_{\text{mid}}=1,3$), 26.21 Sandvatn i Oftedalselv (observert: $Q_{\text{mom}}/Q_{\text{mid}}=1,2$) og 27.24 Helleland i Bjerkreimsvassdraget (beregnet middel: $Q_{\text{mom}}/Q_{\text{mid}}=1,3$) (Forholdstallene er hentet fra NVE-Dokument 19-1999 "Flomberegning for Sokna", fra en analyse av lange dataserier som T. E. Bønsnes og L. A. Roald utførte som grunnlag for NVE-Rapport 14-97 "Regional flomfrekvensanalyse for norske vassdrag", og beregninger utført ved Flomvarslingstjenesten i NVE). Disse vassdragene, spesielt Litlå og Oftedalselv, er nokså like Årdals nedbørfelt mhp. feltkarakteristika (effektiv sjøprosent og snaufjellprosent, tabell 2).

Kulminasjonsvannføringen ved 26.20 Årdal i Storåni og i tilløpet til Hovsvatn ved ulike gjentaksintervall er presentert i tabell 8.

Forholdet $Q_{\text{mom}}/Q_{\text{mid}}$ i Haukelandsbekken og Brekkebekken er beregnet på bakgrunn av sammenligning med nærliggende vassdrag, tilsvarende de som ble benyttet i sammenligning med Årdal, se over. En verdi for $Q_{\text{mom}}/Q_{\text{mid}}$ på 1,3 er anslått på dette grunnlag. I og med at forholdet $Q_{\text{mom}}/Q_{\text{mid}}$ ikke lar seg estimere for store flommer på bakgrunn av observerte data i bekkene, er tilsvarende forholdstall for sammenligning også estimert vha. formler, som uttrykker en sammenheng mellom forholdet $Q_{\text{mom}}/Q_{\text{mid}}$ og feltkarakteristika (feltareal og effektiv sjøprosent) (Sælthun 1997). Resultatet ga høyere verdier (Haukelandsbekken 1,36, Brekkebekken 1,55, beregnet for høstflommer) enn det som er anslått ved sammenligning med andre stasjoner. $Q_{\text{mom}}/Q_{\text{mid}}$ fremkommet etter sammenligning med andre målestasjoner er benyttet i videre analyse, dels fordi disse bygger på observerte data og dels fordi de beregnede $Q_{\text{mom}}/Q_{\text{mid}}$ -verdiene (for høstflom) vil gi for høy kulminasjonsvannføring sammenlignet med tidligere flomberegning for Haukelandsvassdraget (Pettersson 1995).

Kulminasjonsvannføringen i Haukelandsbekken og Brekkebekken ved ulike gjentaksintervall er presentert i tabell 8.

Tabell 8. Kulminasjonsvannføring i m³/s for årsflommer.

	Q _{mom} / Q _{mid}	QM l/skm 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
26.20 Årdal	1,3	775	59	70	79	87	98	106	114	131
Tilløpet til Hovsvatn	1,3	775	139	164	185	205	231	250	269	309
Haukelandsbekken	1,3	845	10,5	12,8	14,6	16,3	18,4	20,0	21,5	23,8
Brekkebekken	1,3	845	4,7	5,8	6,6	7,4	8,3	9,0	9,7	10,8

4.3. Flomruting gjennom Hovsvatn

I Moisåna nedstrøms Hovsvatn finnes ingen observasjoner av vannføring. Flomverdier i Moisåna beregnes ved å rute et flomforløp, beregnet med utgangspunkt i frekvensanalysen ved 26.20 Årdal i Storåni, gjennom Hovsvatn. Rutingen vil gi et anslag på Hovsvatnets flomdempende effekt. Flomforløp med tidsskritt på én time over to døgn er konstruert ved målestasjonen 26.20 Årdal. Flomvolumet er beregnet på bakgrunn av frekvensanalyser på flommer med varighet ett og to døgn ved målestasjonen. For å inkludere avrenningen fra det mellomliggende arealet (delfeltet) mellom målestasjonen 26.20 Årdal og Hovsvatn, er det foretatt en skalering av døgnmiddelvannføringen ved 26.20 Årdal ved hvert gjentakintervall. Skaleringen består i at observerte data er skalert mhp. forskjell i arealforhold etter følgende formel:

Tilløp Hovsvatn = $Q_{26.20 \text{ Årdal}} \times (179,1/76)$, der Hovsvatnets totale nedbørfelt er 179,1 km², og målestasjonen Årdals feltareal er 76 km².

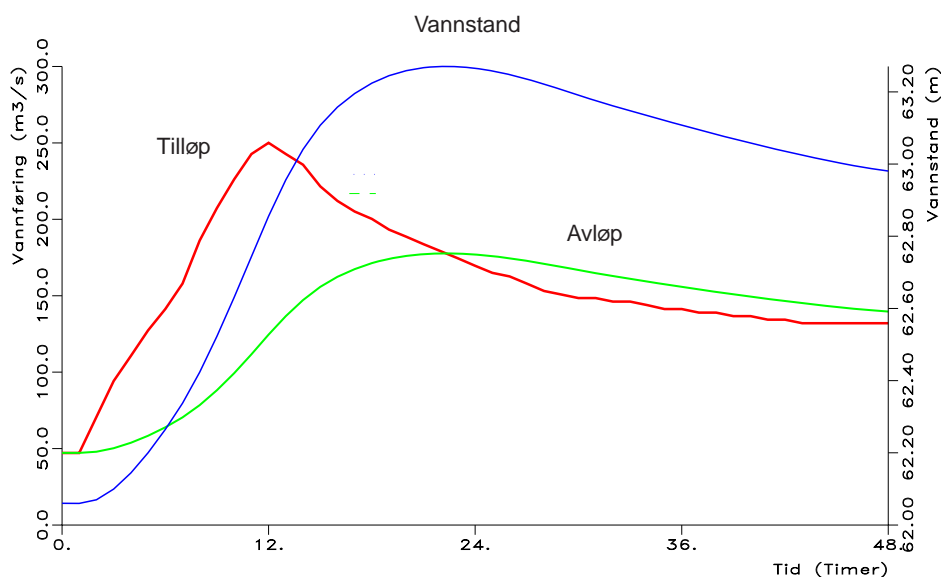
Ved slik arealskalering antas det at spesifikk avrenning er den samme i delfeltene som det skaleres opp for som i nedbørfeltet til målestasjonen. Forholdet mellom kulminasjonsvannføring og døgnmiddelvannføring ved tilløpet til Hovsvatn antas å være lik 1,3 som ved målestasjonen 26.20 Årdal. Flomverdier for tilløpet til Hovsvatn er presentert i tabell 9.

Tabell 9. Flomvannføring for tilløpsflommen til Hovsvatn, døgnmiddel og kulminasjon i m³/s.

	Areal km ²	Varig- het	Q _{mom} / Q _{mid}	QM l/skm 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
Tilløp Hovsvatn (frekv. fakt., Q _T /Q _M)	179,1	1	-	-	-	1,18	1,33	1,48	1,66	1,80	1,94	2,23
Tilløp Hovsvatn (døgnmiddel)	179,1	1	-	596	107	126	142	158	178	192	207	238
Tilløp Hovsvatn (2-døgns middel)	179,1	2	-	514	92	108	121	134	150	162	174	190
Tilløp Hovsvatn (kulminasjon)	179,1	1	1,3	775	139	164	185	205	231	250	269	309

I Flomsonekartprosjektet er det flommer med store gjentaksintervall som er de viktige å få kartlagt. Tilløpsflommen til Hovsvatn, som skal rutes gjennom vatnet, er derfor konstruert med utgangspunkt i 100-årsflommen, for å få et anslag på flomdempningseffekten ved store flommer. Flomforløp med tidsskritt på én time og varighet to døgn er konstruert med et volum tilsvarende høyeste døgnmiddel på 192 m³/s, to-døgnsmiddel på 162 m³/s og kulminasjon på 250 m³/s. Det finnes ingen observasjoner av vannstand/vannføring og ingen magasinkurve i Hovsvatn. En forenklet magasinkurve ble etablert med utgangspunkt i et overflateareal på Hovsvatn på 3,92 km² (NVEs innsjødatabase). En vannføringskurve for utløpet av Hovsvatn er tidligere beregnet i forbindelse med vurdering av konsekvensene ved en eventuell flomsenkning av utløpet (Intern melding, NVE, 08.03.1995, Hild Andreassen). Vannføringskurven er gitt ved $Q=37,7808 * (H-60,93)^{1,8204}$, og er fremstilt på grunnlag av et tverrprofil lokalisert rett nedstrøms Råse bru. Det er antatt normalstrømning i profilet og at det ikke er noe bergrensende profil mellom profilet og utløpet av Hovsvatn. Denne vannføringskurven er benyttet i den videre flomrutingen, til tross for at det er oppgitt at den utgjør et stort usikkerhetsmoment. Med bakgrunn i dette ble 100-årsflommen for tilløpet til Hovsvatn rutet gjennom Hovsvatn ved hjelp av NVEs analyseprogram for flomruting, PQRUT. Resultatet fremgår av figur 7. Figuren viser at Hovsvatn har en betydelig flomdempningseffekt. 100-års tilløpsflom har en kulminasjonsvannføring på 250 m³/s, mens 100-års avløpsflom har en kulminasjonsvannføring på 178 m³/s. Kulminasjonsvannføring for avløpsflommen utgjør dermed 71 % av tilløpsflommen. Avløpsflommen kulminerer 10-11 timer etter tilløpsflommen.

På tilsvarende måte ble også 200-års tilløpsflom rutet gjennom Hovsvatn.



Figur 7. Flomruting av 100-års tilløpsflom gjennom Hovsvatn.

Kulminasjonsvannføring for avløpsflom utgjør også i dette tilfellet 71 % av tilløpsflommen (tilløpsflom 269 m³/s, avløpsflom 191 m³/s). Flomtoppen forsinkes tilsvarende med 11-12 timer.

På bakgrunn av flomruting av 100- og 200-års tilløpsflom gjennom Hovsvatn antas det at kulminasjonsvannføring for avløpsflommen utgjør omtrent 71 % av kulminasjonsvannføringen for tilløpet til Hovsvatn ved hvert gjentaksintervall. Beregnet kulminasjonsvannføring for avløpsflommen fra Hovsvatn ved ulike gjentaksintervall er vist i tabell 10.

Tabell 10. Kulminasjonsvannføring for avløpsflommen fra Hovsvatn i m³/s.

	Areal km ²	QM l/skm 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
Avløp Hovsvatn (frekv. fakt., Q _T /Q _M)	179,1	-	-	1,18	1,33	1,48	1,66	1,80	1,94	2,23
Avløp Hovsvatn (kulminasjon)	179,1	550	99	117	131	146	164	178	191	220

Frekvensfaktorene er identiske for tilløpsflommen og avløpsflommen, fordi flomdemningen antas å være lik ved alle gjentaksintervall.

4.4. Beregning av flomverdier i Moisåna med sidevassdrag

I de tre punktene i Moisåna som skal flomberegnes, oppstrøms og nedstrøms tilløp fra Haukelandsbekken og nedstrøms Brekkebekken, er det antatt at tilsiget fra hvert delfelt har samme spesifikke 100-års flomforløp som ved målestasjonen 26.20 Årdal. Konstruert flomforløp for 100-årsflommen ved Årdal er skalert med arealforskjellen i forhold til delfeltene og tillagt flomvannføringen i Moisåna. Eksempelvis er tilsiget til Moisåna fra delfeltet mellom utløpet av Hovsvatn og punktet rett oppstrøms tilløp fra Haukelandsbekken (10,9 km²) beregnet ved å skalere konstruert 100-års flomforløp ved Årdal med forskjellen i feltareal mellom delfeltet og nedbørfeltet til målestasjonen Årdal (76 km²). Vannføringen i den serien som da fremkommer adderes med avløpsflommen fra Hovsvatn, for å få 100- års flomforløp i Moisåna oppstrøms tilløp fra Haukelandsbekken. I og med at samme flomforløp antas representativt i delfeltene som ved Årdal, vil disse kulminere i forkant av flommen i Moisåna som forsinkes i Hovsvatn. På samme måte er tilsiget fra Haukelandsbekken beregnet ved å skalere 100-års flomforløp ved Årdal med forskjellen i feltareal. Dette flomforløpet er deretter addert med flomforløpet beregnet i Moisåna rett oppstrøms tilløpet fra Haukelandsbekken, som beskrevet over. Dette utgjør da 100-års flomforløpet nedstrøms Haukelandsbekken. Tilsvarende er også tilsiget fra Brekkebekken beregnet, slik at et forløp i Moisåna nedstrøms Brekkebekken er fremkommet.

Beregningene ovenfor er utført på 100-års flomforløp. Tilsvarende flomverdier skal også beregnes for flommer med andre gjentaksintervall. Beregnet 100-års kulminasjonsvannføring i avløpsflommen fra Hovsvatn skalert med forskjellen i feltareal i de ulike punktene nedover i Moisåna gir tilnærmet de samme flomverdier

som ved fremgangsmåten beskrevet ovenfor. Flomvannføring ved de ulike gjentaksintervall kan derfor beregnes på en forenklet måte ved å skalere kulminasjonsvannføringen i avløpsflommen ved hvert gjentaksintervall med forskjellen i feltareal i forhold til de ulike punktene.

Resulterende kulminasjonsvannføring for de fem ulike punktene i Moivassdraget nedstrøms Hovsvatn er presentert i tabell 11.

Tabell 11. Kulminasjonsvannføring i m³/s i Moisåna og sidevassdrag ved ulike gjentaksintervall (Q_T), årsflommer.

	Areal	QM l/s*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
Moisåna oppstrøms Haukelandsbekken	190	550	105	124	139	154	174	188	203	233
Haukelandsbekken	12,4	845	10,5	12,8	14,6	16,3	18,4	20,0	21,5	23,8
Moisåna nedstrøms Haukelandsbekken	202	550	111	132	148	164	185	200	216	248
Brekkebekken	5,6	845	4,7	5,8	6,6	7,4	8,3	9,0	9,7	10,8
Moisåna nedstrøms Brekkebekken	208	550	114	135	153	169	190	206	222	255

I en tidligere flomberegning for Haukelandsvassdraget (Pettersson 1995), ble dimensjonerende avløpsflom (kulminasjon) ut av Stemmevatn beregnet til 20,1 m³/s, og høyeste 24-timers døgnmiddel til 17 m³/s ved ruting av tilløpsflommen gjennom ovenforliggende magasiner. Foreliggende beregning gir Q₁₀₀₀ (døgnmiddel) på 19,4 m³/s for Haukelandsbekken rett oppstrøms samløpet med Moisåna, og kulminasjon på 25,2 m³/s ($Q_{M,døgnmiddel} = 8,1$, $Q_{1000}/Q_M = 2,40$, $Q_{mom}/Q_{mid} = 1,3$). Haukelandsbekken ved samløpet med Moisåna har et nedbørfelt som er 26 % større enn Stemmevatns nedbørfelt. Foreliggende beregning stemmer bra overens med de tidligere beregningene.

4.5. Samløpsproblematikk

Ofte er det tilfellet at det er flom i ei sideelv i et vassdrag uten at det er flomvannføring i selve hovedelva, eller at flommer kulminerer tidligere i sideelver slik at hovedbidraget fra en sideelv under en flomepisode har passert hovedelva før flomvannføringen i selve hovedelva kulminerer. I hydrauliske modeller for vannlinjeberegninger er det nødvendig å beregne vannføringen i hovedelva når flomvannføringen kulminerer i sideelva. Generelt er det i slike tilfeller nødvendig å beregne vannføringen for hver av greinene i samløpet, som regel to elver inn og én ut.

Grunnet sidevassdragenes små nedbørfelt i den nedre delen av vassdraget er det grunn til å anta at flommer i Haukelandsbekken og Brekkebekken stort sett kulminerer tidligere enn kulminasjonen i Moisåna ved samme flomepisode, selv om det ikke finnes observerte data som bekrefter dette. Ruting av 100- og 200-årsflommen gjennom Hovsvatn (kap.4.3, figur 7) viser at flommens kulminasjonstidspunkt forsinkes med 10-11 timer gjennom Hovsvatn. Ruting av 1000-årsflommen gjennom Stemmevatn og ovenforliggende magasiner (Pettersson 1995) viser at flommen forsinkes med 2 - 4 timer. Til tross for at 1000-årsflom gjennom Hovsvatn sannsynligvis vil forsinkes i mindre grad enn 100-årsflom som i dette tilfellet er rutet,

gir dette en klar antydning om at flommer kulminerer tidligere i de små regulerte sidevassdragene. Ved samme flomepisode er det ikke gitt at gjentaksintervallet for flommen i sideelva er det samme som for flommen i hovedelva.

I og med at det ikke finnes noen observasjoner av vannføring, verken døgndata eller findata, i Moisåna nedstrøms Hovsvatn eller i sidevassdragene Haukelandsbekken og Brekkebekken, lar det seg vanskelig gjøre å estimere vannføringen i Moisåna nedstrøms samløpet ved kulminasjonstidpunktet i sideelvene, og omvendt.

Opplysninger fra Dalane Elverk tilsier at når det er stor flom i vassdraget, oppfattes det som om det er mye vann i alle elver, både store og små, samtidig. Når det er flom i Moisåna antas det at flommen kulminerer ved samme gjentaksintervall på hele elvestrekningen. Bidraget fra sideelvene Haukelandsbekken og Brekkebekken beregnes som differansen mellom kulminasjonsvannføringen (tabell 11) i de ulike punktene. Beregnet bidrag fra sidevassdragene når det er flom med gitt gjentaksintervall i Moisåna er presentert i tabell 12.

Tabell 12. Sammenhørende vannføring i sideelvene, Haukelandsbekken og Brekkebekken, ved kulminasjon i Moisåna.

NB! Vannføringer som her er oppført i sideelvene tilsvarer ikke gjentaksintervallet angitt øverst i kolonnen. (Q_T) angir hvilke av vannføringsverdiene i tabellen som tilsvarer gjentaksintervallet øverst i kolonnene.

	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
Moisåna oppstrøms Haukelandsbekken (Q _T)	105	124	139	154	174	188	203	233
Haukelandsbekken	6	8	9	10	11	12	13	15
Moisåna nedstrøms Haukelandsbekken (Q _T)	111	132	148	164	185	200	216	248
Brekkebekken	3	3	5	5	5	6	6	7
Moisåna nedstrøms Brekkebekken (Q _T)	114	135	153	169	190	206	222	255

Ved kulminasjon i Haukelandsbekken er vannføringen i Moisåna stigende.

Vannføringen i Moisåna oppstrøms Haukelandsbekken utgjør 75 % av kulminasjonsvannføringen (i samme punkt i Moisåna) når vannføringen kulminerer i Haukelandsbekken. Dette er beregnet med utgangspunkt i rutet 100-års avløpsflom fra Hovsvatn tillagt tilsiget fra delfeltet mellom Hovsvatn og punktet oppstrøms tilløpet fra Haukelandsbekken, og 100-års flomforløp i Haukelandsbekken, som er konstruert ved skalering av 100-års flomforløp ved 26.20 Årdal (se første avsnitt i kapittel 4.4). Denne prosentandelen antas å gjelde for alle gjentaksintervall i Moisåna oppstrøms Haukelandsbekken. I Moisåna nedstrøms tilløpet fra Haukelandsbekken og nedstrøms tilløpet fra Brekkebekken er vannføringen summert med bidraget fra sideelvene. Det antas at flommen alltid har samme gjentaksintervall i de to sideelvene, og at sideelvene kulminerer til samme tidspunkt. Beregnet vannføring i Moisåna ved kulminasjon i sideelvene er presentert i tabell 13.

Tabell 13. Sammenhørende vannføring i Moisåna ved kulminasjon i sideelvene.

NB! Vannføringer som her er oppført langs Moisåna tilsvarer ikke gjentaksintervallet angitt øverst i kolonnen. (Q_T) angir hvilke av vannføringsverdiene i tabellen som tilsvarer gjentaksintervallet øverst i kolonnene.

	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
Moisåna oppstrøms Haukelandsbekken	78	93	105	116	130	141	152	175
Haukelandsbekken (Q _T)	10,5	12,8	14,6	16,3	18,4	20,0	21,5	23,8
Moisåna nedstrøms Haukelandsbekken	89	106	119	132	149	161	174	199
Brekkebekken (Q _T)	4,7	5,8	6,6	7,4	8,3	9,0	9,7	10,8
Moisåna nedstrøms Brekkebekken	94	111	126	139	157	170	183	209

Dalane Elverk opplyser at Brekkebekken er lagt i rør nede i Moi sentrum, slik at den løper rett ut i Lundevatnet. På store flommer har det oppstått problemer med at elva er svært masseførende og at røret er blitt gjentettet. I disse beregningene er det antatt at Brekkebekken tilløper Moisåna før utløpet i Lundefjorden ved alle gjentaksintervall. Det er dermed antatt at Brekkebekken skifter løp ved flom i vassdraget.

5. Observerte flommer

Det finnes ingen observasjonsserier av vannføring på strekningen som skal flomberegnes. Ved vannmerket 26.20 Årdal oppstrøms Hovsvatn finnes en observasjonsserie i perioden 1970-1994. De seks største flommene ved 26.20 Årdal er listet opp i tabell 3. Største observerte flom i løpet av observasjonsperioden var 2. januar 1992 med en døgnmiddelvannføring på 87,9 m³/s ved Årdal, hvilket tilsvarer en 200-års flom etter de foreliggende beregningene. Kulminasjonsvannføringen for denne flomepisoden er ikke registrert pga. brudd i måleserien. Denne flommen var den største flommen i "manns minne", og hadde en varighet på to døgn. Vann trengte inn i flere bygninger i sentrum av Moi og veier stod under vann. Nest største observerte flom var 2. desember samme år med en døgnmiddelvannføring på 76,5 m³/s og en kulminasjonsvannføring på 102 m³/s ved Årdal. Dette var i overkant av en 50-årsflom både mhp. døgnmiddelvannføring og kulminasjonsvannføring. Tredje største flom var 16. mars 1990 med døgnmiddelvannføring på 58 m³/s (5-10 årsflom) og kulminasjonsvannføring på 72 m³/s (ca. 5-årsflom). Med unntak av sistnevnte flom opptrådte alle de ti største årsflommene ved Årdal i månedene september til januar.

6. Usikkerhet

Datagrunnlaget for flomberegning i Moisåna kan karakteriseres som noe tynt. Det finnes ingen observerte serier av vannstand/vannføring på strekningen som skal flomberegnes. Én hydrometrisk stasjon finnes i Storåni oppstrøms Hovsvatn, men dataserien er ikke spesielt lang. Hovsvatnets flomdempende effekt gjør det usikkert hvor godt analyser på flomforholdene oppstrøms Hovsvatn er representative for

flomforholdene nedstrøms. Ruting er utført for å få et inntrykk av dette. En konstruert vannføringskurve for utløpet og konstruert magasinkurve er benyttet. Dette medfører at rutingen også er usikker. Vannføringskurven er hentet fra tidligere analyser i Moivassdraget, der det er oppgitt at vannføringskurven er et stort usikkerhetsmoment. Videre er det stor usikkerhet i flomverdiene beregnet i de regulerte sideelvene Haukelandsbekken og Brekkebekken. Disse er helt og holdent basert på analyser av observerte data i nærliggende vassdrag, og usikkerheten er stor siden elvene er regulerte og i utgangspunktet vanskelig å sammenligne med andre vassdrag, fordi flomvannføringer og flomvannstander til dels er avhengig av regulantens manøvrering av dammer og drift av kraftverk. Siden det ikke finnes observasjoner av vannføring i de regulerte elvene er det også vanskelig å tallfeste hvilken innvirkning vassdragsreguleringene har på flomforholdene. Sammenfall i kulminasjonstidspunkt i sideelvene og hovedelva er vanskelig å vurdere siden det ikke finnes observasjoner, og igjen er det gjort antagelser som gjør beregningene usikre.

Tross store usikkerhetsmomenter i de beregnede flomverdier er disse presentert med en nøyaktighet på $1 \text{ m}^3/\text{s}$ for vannføring større enn $30 \text{ m}^3/\text{s}$ og på $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$ for verdier mindre enn $30 \text{ m}^3/\text{s}$. Dette er gjort av praktiske årsaker. I og med at flomtall er presentert for flere punkter i vassdraget og for flere gjentaksintervall, vil en utjevning kunne gi uoverensstemmelse i dataene.

I tillegg til usikkerhetene som beskrevet over er det en hel del andre usikkerheter knyttet til slike flomberegninger. Ved hydrometriske målestasjoner foretas vannstandsobservasjoner. Disse omregnes ut fra en vannføringskurve til vannføringsverdier. Vannføringskurven er basert på et antall samtidige observasjoner av vannstand og målinger av vannføring i elva. Men disse direkte målinger er ikke utført på ekstreme flommer. De store flomvannføringene er altså beregnet ut fra et ekstrapolert samband mellom vannstander og vannføringer, dvs. også ”observerte” flomvannføringer kan derfor inneholde en stor grad av usikkerhet.

En annen faktor som fører til usikkerhet i data, er at Hydrologisk avdelings database er basert på døgnmiddelverdier knyttet til kalenderdøgn. I prinsippet er alle flomvannføringer derfor noe underestimerte, fordi største 24-timersmiddel alltid vil være mer eller mindre større enn største kalenderdøgnmiddel.

I tillegg er de eldste dataene i databasen basert på en daglig observasjon av vannstand inntil registrerende utstyr ble tatt i bruk. Disse daglige vannstandsavlesninger betraktes å representere et døgnmiddel, men kan selvfølgelig avvike i større eller mindre grad fra det reelle døgnmidlet.

Dataene med fin tidsopløsning er ikke kontrollerte på samme måte som døgndataene og er ikke kompletterte i tilfelle observasjonsbrudd. Det foreligger heller ikke data med fin tidsopløsning på databasen lenger enn cirka 10 –15 år tilbake. Det er derfor ikke mulig å utføre flomberegninger direkte på kulminasjonsvannføringer.

Det nevnes at forutsetningene ved flomberegning for flomsonekartlegging er forskjellig fra de som legges til grunn for flomberegning for damsikkerhetsformål. Ved beregning av dimensjonerende flom for en dam legges vanligvis de strengeste mulige forutsetningene vedrørende reguleringene til grunn, blant annet at magasinene ligger på HRV ved flommens begynnelse. Ved beregning for flomsonekartlegging legges vanligvis observerte flomvannføringer til grunn, hvor reguleringene ofte har virket dempende på flommer, nedtappede magasin osv. Det kan derfor av og til oppleves som om f.eks. en 500-årsflom beregnet for flomsonekartlegging er uforholdsmessig sett mye mindre enn dimensjonerende flom (1000-årsflom) i samme vassdrag.

Å kvantifisere usikkerhet i hydrologiske data er meget vanskelig. Det er mange faktorer som spiller inn, særlig for å anslå usikkerhet i ekstreme vannføringsdata. Konklusjonen for denne beregning er kun den at datagrunnlaget er noe tynt, og beheftet med usikkerhet mhp. datakvalitet og reguleringenes påvirkning av flomforholdene. Beregningen kan ut fra dette kriterie klassifiseres i klasse 3, i en skala fra 1 til 3 hvor 1 tilsvarer beste klasse.

Referanser

- Astrup, M.2000: Homogenitetstest av hydrologiske data. Rapport nr. 7-2000, NVE.
- Drageset, T.-A. 1999: Flomberegning for Sokna. Oppdragsrapport. Dokument nr. 19-1999, NVE.
- Krokli, B. 1988: Analyse av lavvannføringer. Publikasjon nr. 14 -1988, NVE.
- NVE, Hydrologisk avdeling 1987: Avrenningkart over Norge (1930-1960), 1:500 000.
- Pettersson, L.-E. 1995: Flomberegning Haukelandsvassdraget (026.BA1Z). Rapport nr. 30-1995, NVE.
- NVE 2000: Prosjekthåndbok for Flomsonekartprosjektet. Retningslinjer for flomberegninger. Versjon 1.0, NVE.
- Sælthun, N. R. 1997: Regional flomfrekvensanalyse for norske vassdrag. Rapport nr. 14-97, NVE.

Denne serien utgis av Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)

Utgitt i Dokumentserien i 2002

Nr. 1 Turid-Anne Drageset: Flomberegning for Moisåna ved Moi (026.BZ).
Flomsonekartprosjektet (28 s.)