



Flomsonekartprosjektet  
**Flomberegning  
for Mandalselva (022.Z)**

*Erik Holmqvist*

19  
2003



D  
O  
K  
U  
M  
E  
N  
T

# **Flomberegning for Mandalselva**

Norges vassdrags- og energidirektorat

2004

**Dokument nr. 19 – 2003.**

**Flomberegning for Mandalselva, 022.Z**

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Forfatter: Erik Holmqvist

Trykk: NVEs hustrykkeri

Opplag: 30

Forsidefoto: Mandalselva ved Skjævesland nær Øyslebø, desember 1992.  
Jakob Gjerde, NVE-VV.

ISSN: 1501-2840

Sammendrag: Det er utført flomberegninger for Mandalselva som grunnlag for vannlinjeberegning og flomsonekartlegging.

Emneord: Flomberegning, flomvannføring, flomsonekartprosjektet.

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](http://www.nve.no)

Januar 2004

# Innhold

<b>Forord</b>	<b>4</b>
<b>Sammendrag</b>	<b>5</b>
<b>1. Beskrivelse av oppgaven</b>	<b>6</b>
<b>2. Beskrivelse av vassdraget</b>	<b>6</b>
<b>3. Hydrometriske stasjoner</b>	<b>11</b>
<b>4. Flomanalyser</b>	<b>14</b>
4.1 Observerte flommer .....	14
4.2 Midlere flom .....	15
4.3 5- 500 års flom.....	19
4.4 Kulminasjonsverdier .....	23
<b>5. Forholdet til tidligere flomberegninger</b>	<b>25</b>
<b>6. Usikkerhet</b>	<b>26</b>
<b>Referanser</b>	<b>27</b>
<b>Vedlegg: Vannføringstabell for 22.4.0.1001.1 Kjølemo.</b>	<b>28</b>

## Forord

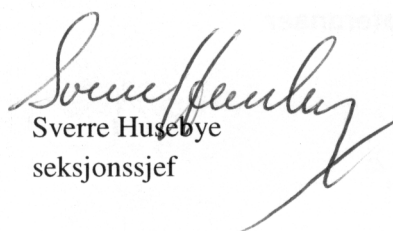
Flomsonekart er et viktig hjelpemiddel for arealdisponering langs vassdrag og for beredskapsplanlegging. NVE arbeider med å lage flomsonekart for flomutsatte elvestrekninger i Norge. Som et ledd i utarbeidelse av slike kart må flomvannføringer beregnes. Grunnlaget for flomberegninger er NVEs omfattende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

Denne rapporten gir resultatene av en flomberegning som er utført i forbindelse med flomsonekartlegging for Mandalselva i Vest-Agder. Rapporten er utarbeidet av Erik Holmvist og kvalitetskontrollert av Lars-Evan Pettersson.

Oslo, januar 2004



Kjell Repp  
avdelingsdirektør



Sverre Husebye  
seksjonssjef

# Sammendrag

Flomberegningene er utført som en del av NVEs flomsonekartprosjekt fs 022\_1 Mandal og 022\_2 Øyslebø. Det er høstflommer som dominerer i vassdraget, men flommer kan forekomme til alle årstider. Resultatene av analysene er sammenfattet i tabell 1.

Vassdraget har vært regulert siden 1930-tallet og reguleringsgraden er nå på 15 %. Store flommer har forekommet både før og etter kraftutbyggingene i vassdraget.

Ved stasjonen 22.4 Kjølemo er vannstand/ vannføring registrert siden 1896, men en har også opplysninger fra en svært stor høstflom i 1892. Den har et beregnet gjentakintervall på 200 – 500 år. I nyere tid er det høstflommen i 1987 som er størst, med et gjentakintervall på snaut 50 år.

Dataene ved Kjølemo regnes å ha rimelig god kvalitet. Imidlertid ble vannføringskurven for Kjølemo endret i 2002 med virkning tilbake til målingene startet. Beregnede vannføringer i denne rapporten avviker derfor en del fra tidligere flomberegninger som er utført i vassdraget for blant annet vurdering av damsikkerhet.

For Mandalselva er det antatt et forholdstall på 1,04 mellom kulminasjonsvannføring og døgnmiddelvannføring.

**Tabell 1**

**Kulminasjonsvannføringer med gjentakintervall opp til 500 år i Mandalselva. For Høyeåna er det vannføring ved kulminasjon i hovedvassdraget som er gitt. Maksimal vannføring i Høyeåna vil være større.**

	Areal	QM	Q5	Q10	Q20	Q50	Q100	Q200	Q500
	km <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s
Mandalselva ved Øyslebø	1635	414	503	562	613	671	711	808	866
Høyeåna	101	42	51	57	62	68	72	82	88
Sum Mandalselva oppstrøms innsnevring	1746	456	554	619	675	739	783	890	953
Mandalselva nedstrøms innsnevring	1746	445	541	604	659	722	765	869	931
Kjølemo	1757	447	544	607	662	726	769	874	936
Mandalselva ved utløp	1817	463	563	629	686	752	796	904	969

I en klassifisering fra 1 til 3, hvor 1 tilsvarer beste klasse, vil disse beregningene gis klasse 2.

## 1. Beskrivelse av oppgaven

Flomsonekart skal konstrueres for nedre del av Mandalselva gjennom Mandal og for Mandalselva ved Øyslebø. Delprosjektene nummer og navn i NVEs flomsonekart-prosjekt er fs 022\_1 Mandal og fs 022\_2 Øyslebø. Som grunnlag for denne konstruksjon skal midlere flom og flommer med gjentaksintervall 5, 10, 20, 50, 100, 200 og 500 år beregnes.

I tabell 2 er det gitt en oversikt over hvilke punkter i vassdraget det er gjennomført beregninger for.

**Tabell 2**

### Nedbørfelt.

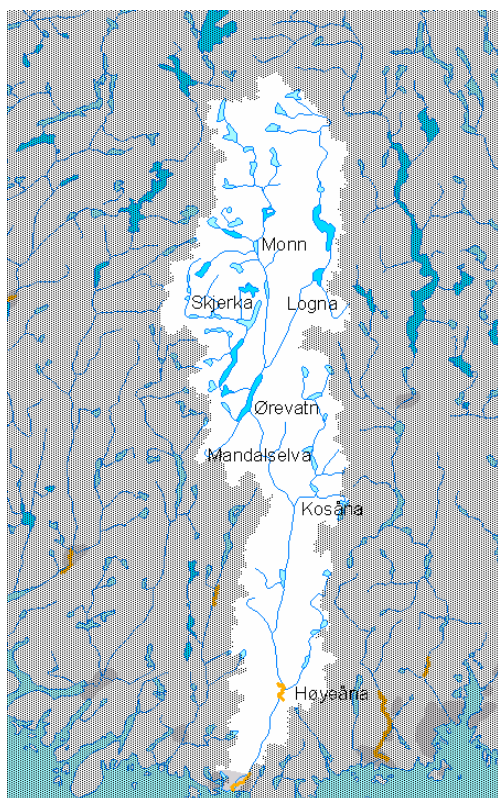
	Areal (km <sup>2</sup> )
Mandalselva ved Øyslebø, oppstrøms Høyeåna	1635
Høyeåna	101
Mandalselva nedstrøms Nomevatn	1746
Kjølemo	1757
Mandalselva ved utløp	1817

Vest Agder Energiverk har tidligere laget kart som viser oversvømte arealer ved blant annet Øyslebø for flommene i Mandalsvassdraget i 1892 og 1987 (Larsen, 1998). Kartene viser at en rekke veier og bygninger vil bli berørt med en flom som den i 1892.

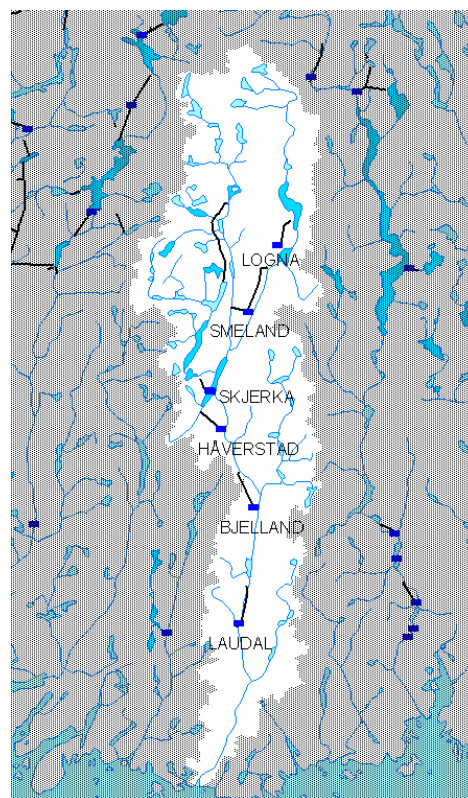
## 2. Beskrivelse av vassdraget

Mandalselva har en utstrekning nord-sør på 115 km og øst-vest på omkring 20 km (figur 1). Nedbørfeltet er drøyt 1800 km<sup>2</sup>. Øvre del av feltet ligger sør i Setesdalsheiene og er dominert av skogsterreng i høydenivået 300 – 900 moh (figur 2 og 3).

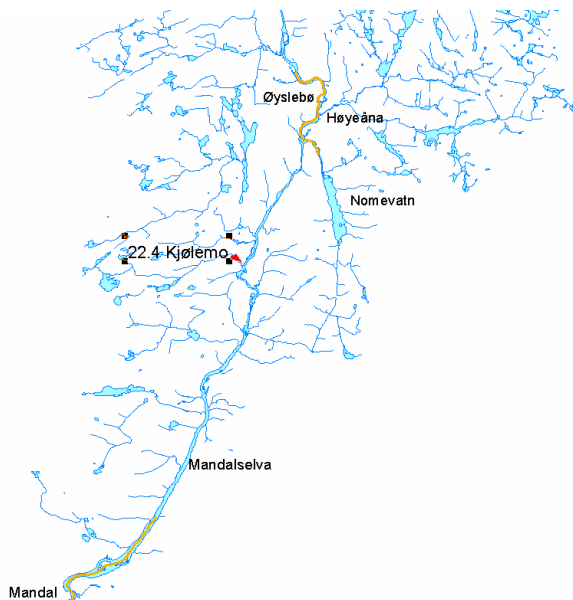
Det er ingen store innsjøer i vassdraget, men den nordlige delen er preget av flere mindre vann. Den øvre del av vassdraget består av tre hovedgrener, Skjerka, Monn og Logna (figur 1 a). Disse samles i Ørevatn, herifra heter vassdraget Mandalselva. Nedstrøms Ørevatn kommer det tilløp fra to store sidefelt. Kosåna (220 km<sup>2</sup>) renner inn fra øst mellom Ørevatn og Øyslebø, mens Høyeåna (101 km<sup>2</sup>) renner inn fra øst ved Øyslebø.



**Figur 1a**  
**Oversiktskart over Mandalsvassdraget.**  
**Strekningene som skal flomsone-**  
**kartlegges er markert med oransje.**

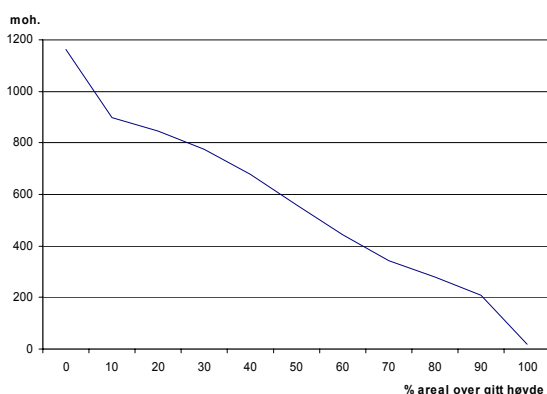


**Figur 1b**  
**Reguleringene i Mandalsvassdraget.**  
**Kraftverk er markert med blå firkanter**  
**og tunneler/ overføringer som svarte**  
**linjer.**



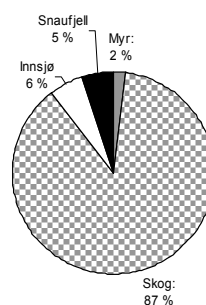
**Figur 1 c**  
**Nedre del av Mandalsvassdraget.**





**Figur 2**

**Hypsografisk kurve, Mandalselva ved Kjølemo.**



**Figur 3**

**Arealfordeling, Mandalselva ved Kjølemo.**

Ca. 1 km sør for Øyslebø kommer vann fra Nomevatn ut i Mandalselva (figur 1c). Her er det et trangt gjel som stuer opp Mandalselva, under flom kan vannstanden stige flere meter, slik at vann renner fra Mandalselva og inn i Nomevatn.

Årsmiddelavrenningen øker fra ca. 25 l/s km<sup>2</sup> nær kysten til 70–75 l/s km<sup>2</sup> i de nordvestlige delene av feltet. Midlere spesifikt årsavløp for Mandalselva er 47 l/s km<sup>2</sup> eller omkring 84 m<sup>3</sup>/s.

Med unntak av noen mindre gårds- og bygdeverk for produksjon av elektrisitet og Tungefoss kraftstasjon, som ble bygd i 1918 i forbindelse med Undals Molybdæn-gruber, var vassdraget uregulert frem til 1930-tallet. Tungefoss var et elvekraftverk, og det utnyttet et mindre fall i Mandalselva der Bjelland kraftverk ligger i dag. Første større kraftverk i vassdraget var Skjerka, hvor første aggregat ble satt i drift i 1932. Senere har flere kraftverk kommet til (tabell 3), med bygging av et nytt Skjerka kraftverk i 1997 som det hittil siste. Skjerka kraftverk utnytter et fall på drøyt 340 m mellom Skjerkavatn og Ørevatn. Rett oppstrøms Skjerkavatn ligger Nåvatn, som har en reguleringshøyde på 36,5 m og et magasinivolum på 124 mill m<sup>3</sup> (tabell 4). Nåvatn er det nest største magasinet i Mandalsvassdraget.

Det største magasinet er Juvatn nordøst i vassdraget. Det er inntaksmagasin for Logna kraftverk. Reguleringshøyden i Juvatn er 24 m, og magasinivolumet er 143 mill m<sup>3</sup>. Total magasin kapasitet i vassdraget er 384 mill m<sup>3</sup>, som tilsvarer en reguleringsgrad på 15 %.

**Tabell 3**

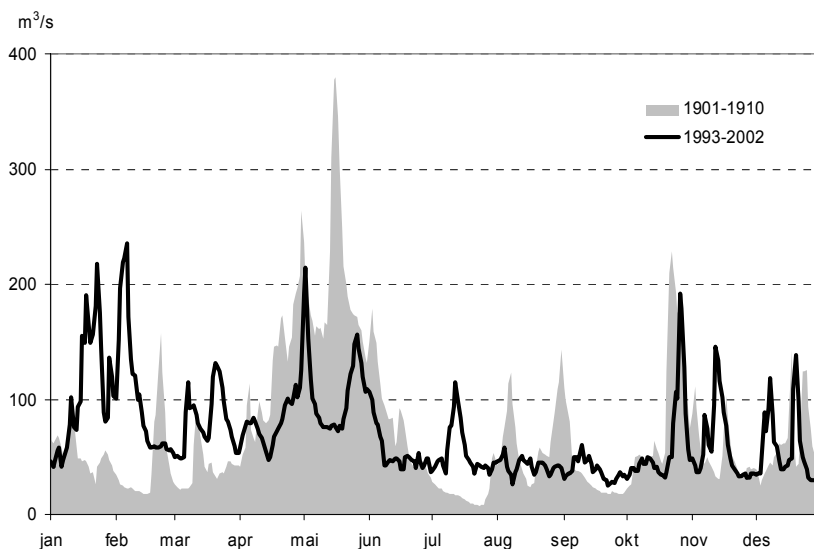
**Kraftverk i Mandalsvassdraget (Haugerud 1994). For nytt Skjerka kraftverk er verdier hentet fra NVEs database.**

Kraftverk	Fallhøyde	Midlere årsproduksjon	Byggeår
Skjerka	344	(490 GWh)	1930-56
Nytt Skjerka *)	340.29	623 GWh	1997
Håverstad	82	245 GWh	1952-55
Logna	154	100 GWh	1958-61
Bjelland	87	294 GWh	1972-75
Laudal	36	144 GWh	1977-81
Smeland	97	120 GWh	1982-85
Sum		1526 GWh	

**Tabell 4**

**Magasiner i Mandalsvassdraget (Brox,1995)**

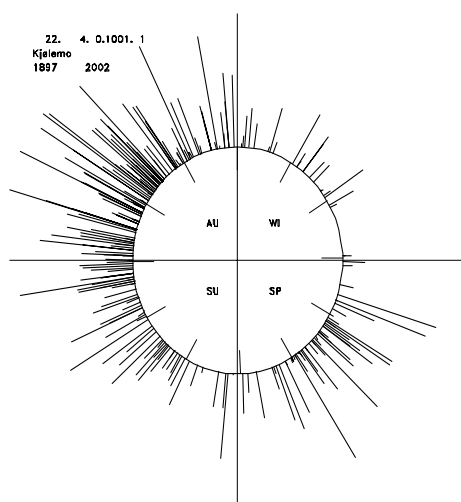
Magasin	HRV (moh)	LRV (moh)	Volum (mill m <sup>3</sup> )
Langevatn	683,6	667,6	22
Kværnevatn	771,0	745,2	38
Storevatn	860	854	11
Stegilvatn	762	754	11
Nåvatn	627,7	591,2	124
Skjerkavatn	604,7	590,7	20
Juvatn	513	489	142
Lognavatn	357,7	357,0	1,4
Ørevatn	259,2	256,1	11
Tungesjø	166	155	2,2
Mannflåvatn (sommer/ vinter)	68,3/ 68,8	67,8	2/ 1
Sum			383



**Figur 4**  
**Vannføring i Mandalselva ved Kjølemo midlet over 10 år før og etter regulering.**

Figur 4 viser at reguleringene i vassdraget har endret vannføringen i Mandalselva gjennom året. Hovedendringene er en reduksjon av vannføringen på våren og forsommeren, som følge av magasinering av smeltevann, mens vintervannføringen er økt. Også lavvannføringen om sommeren er økt i forhold til det en i tørkeperioder kunne få før utbygging.

Etter kraftutbyggingene på 1950- og 60-tallet, er det høstflommer som har gitt de største vannføringene i vassdraget. Men fortsatt kan flomvannføringer forekomme til alle årstider (figur 5). Største høstflom etter regulering var i 1987 med 675 m<sup>3</sup>/s. Den er av samme størrelsesorden som de største registrerte flommene fra før vassdraget ble regulert.



**Figur 5**  
**Flommer i Mandalselva ved Kjølemo fra 1896 til 2002. Sirkelen representerer året med start rett opp. Vannføringer større enn 300 m<sup>3</sup>/s er markert når på året de opptrer og med relativ størrelse.**

### 3. Hydrometriske stasjoner

I figur 6 er det gitt en oversikt over avløpsstasjoner i og i nærheten av Mandalselva. Noen sentrale feltparametere for stasjonene er gitt i tabell 5. En kort kommentar til de enkelte stasjonene er gitt nedenfor.



Figur 6

Målestasjoner i nærheten av Mandalselva.

Tabell 5

Feltparametere for undersøkte stasjoner.

Stasjon	Periode	Areal (km <sup>2</sup> )	Normalavløp (l/s km <sup>2</sup> )	Sjøprosent (%)	Effektiv sjøprosent (%)
18.10 Gjerstad	1980-01	237	25	2,6	1,64
20.2 Austenå	1924-01	286	37	8,4	2,0
20.3 Flaksvatn	1899-2002	1771	34	5,1	0,54
22.4 Kjølemo	1896-2002	1757	47	5,5	0,57
22.5 Austerhus	1922-85	410	44	4,9	1,8
22.16 Myglevatn ndf.	1951-01	182	45	3,4	1,9
22.22 Søgne	1974-01	206	30	4,7	0,07
22.23 Laudal	1982-93	1565			
24.8 Møska	1978-01	121	50	7,8	1,43
24.9 Tingvatn	1922-01	272	61	6,8	3,3

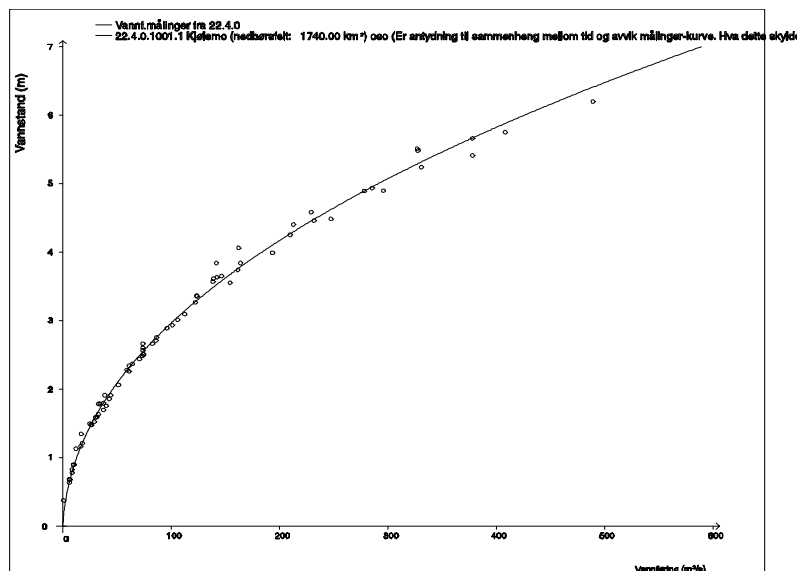
**18.10 Gjerstad** ligger i Gjerstadelv som drenerer grenseområdene mellom Aust Agder og Telemark. Det er ingen reguleringer i feltet som er drøyt 200 km<sup>2</sup>. Det er utført vannføringsmålinger for vannføringer opp til ca. 85 m<sup>3</sup>/s, mens midlere flom er 90 m<sup>3</sup>/s. Det er godt samsvar mellom vannføringsmålinger og vannføringskurve.

**20.2 Austenå** ligger ca. 70 km inn i landet i øvre del av Tovdalselv i Aust Agder. Stasjonen har vært i drift siden 1924. Nedbørfeltet er 286 km<sup>2</sup>. Det er flere innsjøer i nedbørfeltet som har en flomdempende virkning. Nedbørfeltet består av 55% snauffjell og midlere høyde er ca. 770 moh.

**20.3 Flaksvatn** ligger i nedre del av Tovdalsvassdraget. Nedbørfeltet er på 1777 km<sup>2</sup>. Observasjonene startet i 1899, fra 1960-tallet har vassdraget vært noe regulert. Reguleringsgraden er på 9 %. Det er antatt at reguleringene har hatt liten innvirkning på flomforholdene i vassdraget, se også ”Flomberegning for Flaksvatn i Tovdalselva” (Drageset, 2003). Det er utført vannføringsmålinger for vannføringer opp til 669 m<sup>3</sup>/s, som tilsvarer ca. 160 % av midlere flom. Vannføringskurven antas å være god.

Tovdalsvassdraget er noe mindre eksponert for lavtrykk fra vest enn Mandalsvassdraget. Midlere spesifikt årsavløp er derfor noe lavere her enn i Mandalsvassdraget.

**22.4 Kjølemo** ligger i Mandalselva 12-13 km før utløpet i havet. Stasjonen har vært i drift siden 1896, og har vært påvirket av reguleringer siden 1930-tallet. Nedbørfeltet er 1757 km<sup>2</sup> og dekker dermed 97 % av Mandalsvassdraget.



**Figur 7**

**Vannføringskurve for 22.4 Kjølemo.**

Det er utført vannføringsmålinger opp til 490 m<sup>3</sup>/s, som er godt over midlere flom (430 m<sup>3</sup>/s). Nyere målinger med blant annet ADCP, har medført at vannføringskurven ved stasjonen ble endret i 2002 med virkning tilbake til 1896. Endringen medførte at vannføringene ved store flommer ble redusert i forhold til tidligere beregninger. Det er et stabilt fjellprofil ved stasjonen, og vannføringskurven regnes å være rimelig god. Det er likevel anbefalt å følge opp kurven med flere målinger for eventuelt å revurdere/ bekrefte nåværende kurve (Oddmund Solheim, NVE-HH).

**22.5 Austerhus** lå i Logna i Mandalsvassdraget, omkring 65 km fra kysten. Stasjonen var i drift i perioden 1922-85, og ble påvirket av regulering i 1958. Nedbørfeltet er 410 km<sup>2</sup>, av dette er 75 % fjellområder.

Det er laget en tilsigsserie for denne stasjonen som er benyttet i flomanalysene. En enkel visuell kontroll av tilsigsserien viser at den kan inneholde noe ”støy”. Slike serier vil ofte underestimere flomvannføringer.

**22.16 Myglevatn ndf** ligger i Kosåna, en sidegren til Mandalselva omkring 45 km inn i landet. Stasjonen har vært i drift siden 1951, og er ikke påvirket av reguleringene i Mandalsvassdraget. Det er utført vannføringsmålinger for vannføringer opp mot 25 m<sup>3</sup>/s, midlere flom er nærmere 70 m<sup>3</sup>/s. Flomverdiene ved stasjonen er derfor relativt usikre.

**22.23 Laudal** ligger i Mandalselva noen kilometer oppstrøms for Øyslebø. Stasjonen ble opprettet for å kontrollere pålagt minstevannføring nedstrøms Laudal kraftverk. Flomdata fra stasjonen antas å være usikre og bør benyttes med forsiktighet (Oddmund Solheim, NVE, HH).

**22.22 Søgne** ligger i Søgneelva et par kilometer før utløpet i fjorden. Stasjonen ble opprettet i 1973 i forbindelse med vannkvalitetsundersøkelser. På tross av mange år (1985-2000) med foreløpige data ved stasjonen, antas flomverdiene å være pålitelige. Stasjonen er nærmere omtalt i forbindelse med flomberegninger for Søgneelva (Holmqvist, 2002).

**24.8 Møska** ligger i Møska som løper sammen med Lygna rett før denne renner ut i Lyngdalsfjorden. Stasjonen ble opprettet i 1978. Midlere spesifikt årsavløp er omtrent som for Mandalselva.

Vannføringsmålinger er gjennomført for vannføringer opp mot 100 m<sup>3</sup>/s, mens midlere flom ikke er større enn 55 m<sup>3</sup>/s. Det er relativt godt samsvar mellom vannføringsmålinger og vannføringskurve. Flomverdiene ved stasjonen antas derfor å være pålitelige.

**24.9 Tingvatn** ligger i Lygna omkring 45 km inn i landet. Stasjonen har data fra 1922. Vannføringskurven for stasjonen gir drøyt 10 % større vannføring enn de største vannføringsmålingene skulle tilsi. Det kan bety at flomverdiene ved stasjonen er noe overestimert. Største vannføringsmåling er ved ca. 85 m<sup>3</sup>/s, mens midlere flom er beregnet til 120 m<sup>3</sup>/s.

## 4. Flomanalyser

### 4.1 Observerte flommer

De senere årene er alle flommer i Mandalselva over 500 m<sup>3</sup>/s registrert i månedene september til desember. Før vassdraget ble regulert forekom slike flomvannføringer også om våren (april – mai). Siden 1896 har årlig maksimal vannføring forekommet i alle måneder.

I tabell 6 er de ti største observerte flommene i vassdraget gitt. Bortsett fra flommen i mai 1925 er alle disse høstflommer. To av flommene på ”ti på topp lista” er fra de siste 20 år, med flommen i oktober 1987 som den største (675 m<sup>3</sup>/s). I desember 1992 var det igjen stor vannføring i vassdraget, med ca. 630 m<sup>3</sup>/s ved Kjølemo. Ved disse to flommene steg vannstanden nedstrøms Øyslebø med omkring 7 m og 6 m (pers. med. Jakob Gjerde, NVE – VV).

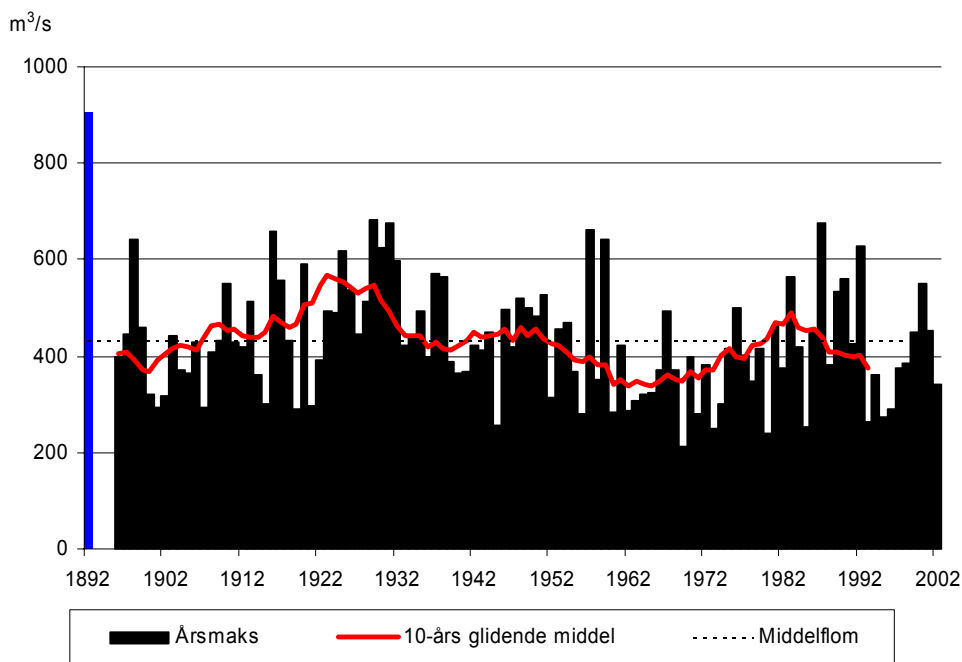
**Tabell 6**

**De ti største flommene ved 22.4 Kjølemo i perioden 1896- 2002.**

Dato	Døgnmiddel m <sup>3</sup> /s	Dato	Døgnmiddel m <sup>3</sup> /s
26 okt. 1929	682	3 nov. 1898	641
17 okt. 1987	675	16 nov. 1959	641
5 nov. 1931	675	3 des. 1992	628
6 nov. 1957	661	22 sep. 1930	626
1 nov. 1916	659	29 mai 1925	617

Men den største kjente flommen i vassdraget er fra 4 år før registreringene ved Kjølemo startet. 3. oktober 1892 var det stor flom i vassdraget. Under denne flommen ble en rekke vannstander markert (Brox 1995), ved hjelp av slike flommerker er maksimal vannføring ved Kjølemo beregnet til 1075 m<sup>3</sup>/s. Denne vannføringen er imidlertid basert på en nå foreldet vannføringskurve (se forrige side), bruk av ny kurve for Kjølemo gir drøyt 900 m<sup>3</sup>/s. Også i 1864 skal det ha vært stor flom i vassdraget, men denne var mindre enn flommen i 1892 (Brox 1995).

Figur 8 viser største flom hvert år og en kurve for 10-års glidende middelflom. Også denne figuren viser at store flommer har forekommet både før og etter at vassdraget ble regulert.



**Figur 8**

**Flommer i Mandalselva ved Kjølemo fra 1892 - 2002. Flommen i 1892 er basert på flommerker i vassdraget fra før målingene startet ved Kjølemo.**

## 4.2 Midlere flom

Selv om vannføringen om våren er betydelig redusert som følge av reguleringene i vassdraget (figur 4), er ikke midlere flom vesentlig endret (tabell 7). Det skyldes at det ofte er flom om høsten når magasinene har god fylling.

Midlere flom i Mandalselva har variert fra omkring 390 til 450 m³/s i ulike perioder (tabell 7). Det har vært perioder, uavhengige av reguleringene i vassdraget, med både store og små flommer (figur 8). For eksempel var det både på 1960-tallet og omkring forrige århundreskifte mange år med små flommer, mens det i perioden 1983-1992 var flere store flommer.

For Mandalselva ved Kjølemo er det derfor valgt å benytte hele observasjonsperioden til bestemmelse av midlere flom. Det gir 430 m³/s eller 245 l/s km².

Det er også konstruert en tilsigsserie for Kjølemo. Ved beregning av tilsig blir observert vannføring korrigert for vannstandsendringer i oppstrøms magasiner. Det medfører at for magasiner som tidligere har vært innsjøer, blir også naturlig flondempning fjernet. På den annen side er sentrerte differanser benyttet i beregningene, det vil si at magasinendringene er beregnet som midlere differanse over to dager. Det gir mindre ”støy” i tilsigsserien, men kan føre til underestimering



av enkelte flommer. Det er derfor en del usikkerhet knyttet til flomverdier fra tilsigsserier. Midlere flom for tilsigsserien er 480 m<sup>3</sup>/s eller ca. 270 l/s km<sup>2</sup>.

**Tabell 7**

**Midlere flom i Mandalselva ved Kjølemo i ulike perioder.**

Periode	Midlere flom (m <sup>3</sup> /s)	Midlere flom (l/s km <sup>2</sup> )	Kommentar
1896-1930	452	257	Naturlig, før regulering
1931-60	453	258	Under utbygging (Skjerka, Håverstad og Logna kraftverk)
1961-2002	394	224	Etter Logna-utbyggingen
1986-2002	436	248	Etter Smeland-utbyggingen
1896-2002	430	245	Hele perioden

**Tabell 8**

**Midlere flom, det er årsflommer som er analysert.**

Stasjon	Periode	Antall år	Areal (km <sup>2</sup> )	Midlere flom (m <sup>3</sup> /s)	Midlere flom (l/s·km <sup>2</sup> )
18.10 Gjerstad	1980-01	21	237	90.2	381
20.2 Austenå	1924-01	77	286	74.3	260
20.3 Flaksvatn	1900-2002	103	1777	413	233
20.3 Flaksvatn, tilsig	1900-2002	103	1777	419	236
22.4 Kjølemo	1896-2002	106	1757	430	245
22.4 Kjølemo, tilsig	1896-1999	102	1757	480	273
22.5 Austerhus, tilsig	1922-85	63	410	144	352
22.16 Myglevatn ndf.	1952-01	50	182	69.2	380
22.22 Søgne	1974-01	23	206	82.1	399
22.23 Laudal	1982-93	12	1565	432	276
24.8 Møska	1978-01	21	121	55.4	457
24.9 Tingvatn	1922-01	79	272	120	440

I tabell 8 er midlere flom for flere målestasjoner i nærheten listet opp. I Mandalsvassdraget er det en variasjon fra 245 – 380 l/s km<sup>2</sup>. Lavest spesifikk flom har Kjølemo nederst i vassdraget, mens det uregulerte feltet Myglevatn har høyest verdi. For Myglevatn er det imidlertid grunn til å tro at flomverdiene er usikre. De øvrige undersøkte stasjonene varierer fra ca. 230 – 460 l/s km<sup>2</sup>.

For Laudal, som ligger i Mandalselva oppstrøms innsnevringen ved Nomevatn, er midlere flom 276 l/s km<sup>2</sup>. Det er imidlertid kun 12 år med data fra denne stasjonen. For samme periode er midlere flom ved Kjølemo 265 l/s km<sup>2</sup>, eller 4 % mindre. Det kan tyde på at innsnevringen har en viss flomdempende effekt. Men dataene ved Laudal er usikre og bør benyttes med forsiktighet (se kapittel 3).

Eventuell flomdempning som følge av innsnevringen i Mandalselva er også vurdert ved å konstruere en tilløpsserie for Mandalselva. Tilløpsserien er konstruert ved å fjerne effekten av det 0,9 km<sup>2</sup> naturlige ”magasinet” (Nomevatn + vannareal i elva), hvor vann stues opp under flom, fra den observerte avløpsserien ved Kjølemo. For Mandalselva ved innsnevringen er følgende vannføringskurve benyttet:

$$Q = 6,7 \cdot (H-15,68)^{2,14}$$

hvor H er lokal vannstand i elva i meter og Q vannføring i m<sup>3</sup>/s. Både magasin- og vannføringskurve ved innsnevringen er basert på vannlinjeberegninger utført av Jakob Gjerde (NVE, VV) i forbindelse med en vurdering av flomsenkning i Mandalselva (Gjerde, 2000). Når avløp, magasin- og vannføringskurve i utløpet av et område er kjent kan tilløpet beregnes ved en ”omvendt” routing.

Det er et areal på 10 km<sup>2</sup> mellom innsnevringen og målestasjonen Kjølemo. Ved midlere flom i Mandalselva antas et tilsig fra dette arealet på ca. 2 m<sup>3</sup>/s. Midlere flom for tilløpsserien er derfor justert ned 2 m<sup>3</sup>/s. Den blir da 438 m<sup>3</sup>/s eller ca. 2 % større enn observert ved Kjølemo.

For Mandalselva regnes da med følgende midlere flomvannføringer. Ved målestasjonen 22.4 Kjølemo 430 m<sup>3</sup>/s, 10 km<sup>2</sup> lenger opp nedstrøms innsnevringen 428 m<sup>3</sup>/s, og oppstrøms innsnevringen 438 m<sup>3</sup>/s.

Tilløpet oppstrøms innsnevringen kommer fra tre grener; Høyeåna, Nomevatn og hovedvassdraget. Av disse har tilløpet fra Nomevatn, som utgjør under 1 % av nedbørfeltet til Mandalselva, marginal betydning. For enkelthets skyld antas derfor ikke noe tilsig fra denne grenen.

Videre antas at avrenningen fra Høyeåna, som ligger rett vest for Søgneelva, beskrives godt av observasjonene fra målestasjonen 22.22 Søgne. Observasjoner fra de to vassdragene viser at det ofte er samtidige flommer her. Avrenningen er imidlertid mer intens i Søgneelva enn i Mandalselva, hvor midlere spesifikk flom er beregnet til ca. 400 l/s km<sup>2</sup>. Det antas at dette også er en representativ verdi for Høyeåna. Ved midlere flom gir det et bidrag på 40 m<sup>3</sup>/s fra Høyeåna og 398 m<sup>3</sup>/s fra Mandalselva. Bidraget fra Mandalselva kan synes lavt sammenlignet med observasjonene ved Laudal lenger opp i vassdraget. Flomverdiene ved Laudal er imidlertid svært usikre og omfatter også kun noen få år.

Det gir følgende midlere flom i Mandalselva (tabell 9).

**Tabell 9**

**Midlere flom i Mandalsvassdraget. Bidrag fra Nomevatn og lokalfelt til Mandalselva mellom innsnevring i elva og målstasjonen Kjølemo er neglisjert.**

	Areal (km <sup>2</sup> )	Midlere flom (l/s km <sup>2</sup> )	Midlere flom (m <sup>3</sup> /s)
Mandalselva ved Øyslebø, oppstrøms Høyeåna	1635	243	398
Høyeåna	101	400	40
Sum Mandalselva oppstrøms innsnevring	1746	251	438
Mandalselva nedstrøms innsnevring	1746	245	428
Kjølemo	1757	245	430
Mandalselva ved utløp	1817	245	445

Innsnevringen fører altså til en gjennomsnittlig dempning av flommen i Mandalselva med 10 m<sup>3</sup>/s. Flommen i november 1931, som var svært krapp, har størst beregnet dempning med ca. 50 m<sup>3</sup>/s. For denne flommen er beregnet tilløp 726 m<sup>3</sup>/s, mens observert vannføring ved Kjølemo er 675 m<sup>3</sup>/s. For høstflommene i oktober 1987 og desember 1992, som var på 6-700 m<sup>3</sup>/s, er dempningen mindre, kun 15 og 9 m<sup>3</sup>/s. Det skyldes at disse flommene ikke var like krappe som flommen i 1931.

Beregningene viser også at vannstanden oppstrøms innsnevringen blir 6-7 m høyere enn midlere sommervannstand ved stor flom. Det er av samme størrelsesorden som observert under flommene i 1987 og 1992.

### 4.3 5- 500 års flom

For bestemmelse av flommer med gjentaksintervall opp til 500 år er det utført frekvensanalyser av flomdata fra både Mandalsvassdraget og nabovassdrag. I tillegg er regionale flomfrekvenskurver benyttet.

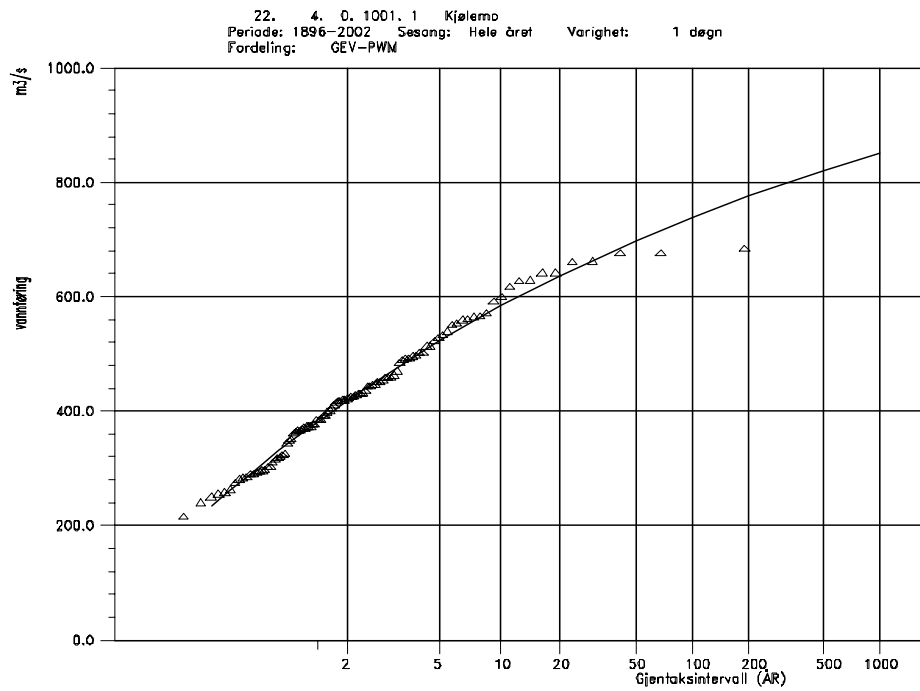
Frekvensanalysen for Mandalselva ved Kjølemo er vist i figur 9. Denne serien består av hele 106 år med data. En ser av tabell 10 at frekvensfaktorene for Kjølemo stort sett er lavere enn de en finner i nabovassdragene. Men også den lange (77 år) uregulerte serien fra stasjonen Austenå i Tovdalsvassdraget har faktorer av samme størrelse.

Om og i hvor stor grad reguleringene i Mandalsvassdraget påvirker frekvensanalysene for Kjølemo er usikkert. Ledig magasinkapasitet og aktiv regulering har bidratt til kraftig reduksjon av vårflokker, men noen høstflokker er sannsynligvis også blitt redusert. Det indikeres blant annet ved at frekvensanalysen av tilsigsserien for Kjølemo gir en litt brattere kurve enn kurven basert på observerte verdier (tabell 10 og figur 10).

Det er også gjennomført en følsomhetsanalyse for den frekvensfordelingen (General Extreme Value) som synes best tilpasset de observerte flommer ved Kjølemo. Med et konfidensintervall på 5 % er frekvensfaktoren mellom 500-års og middelflom beregnet til å ligge mellom ca. 1,7 og 2,1 (tabell 10). Dette viser at selv med en lang dataserie, er det betydelig usikkerhet i de beregnede faktorene.

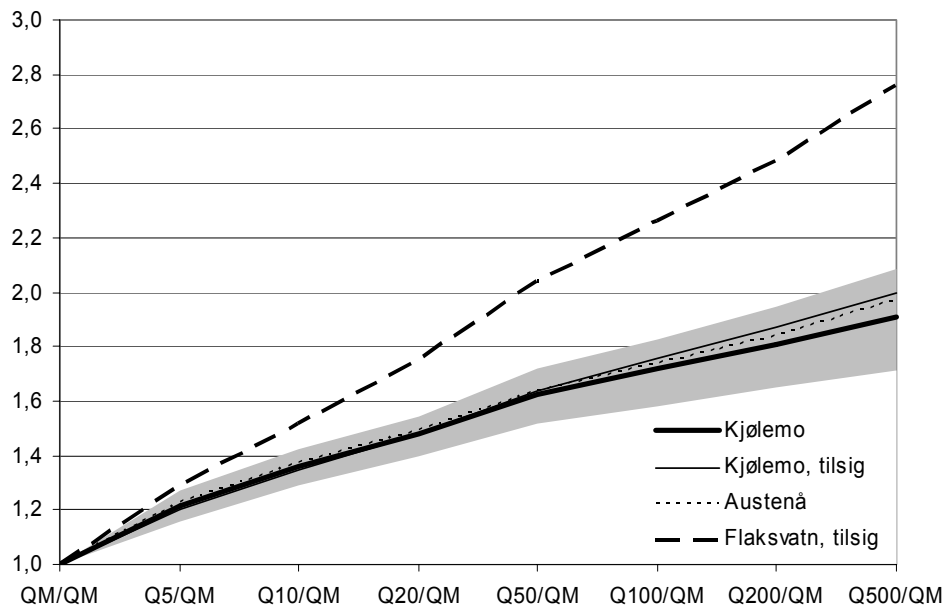
I de videre analysene legges beregningen basert på observerte flommer ved Kjølemo til grunn for gjentaksintervall opp til 100 år. For 200 og 500 års gjentaksintervall tas det høyde for at reguleringene i vassdraget har påvirket flomforholdene noe, men at reguleringene kanskje ikke vil virke like flomdempende ved enda sjeldnere flommer. For disse to flomstørrelsene legges derfor maksimalverdiene fra følsomhetsanalysen for Kjølemo til grunn. Disse ligger omtrent midt mellom resultatene fra tilsigsserien og den observerte serien ved Kjølemo (tabell 10 og 11).

Det antas samme relative fordeling av flommene mellom de ulike punktene i vassdraget som ved middelflom. Resulterende flommer i m<sup>3</sup>/s er gitt i tabell 12, mens flomverdier i l/s km<sup>2</sup> for de ulike punktene i Mandalsvassdraget er gitt i tabell 13.



**Figur 9**

**Mandalselva, flomfrekvensanalyse for årene 1897-2002.**



**Figur 10**

**Flomfrekvenskurver.** Kurven for Kjølemo, som er basert på 106 år med data, er vist med fet svart. Det skraverte arealet angir konfidensintervallet (5 % og 95 %) for denne kurven.

**Tabell 10**

**Flomfrekvensfaktorer. For Kjølemo er også største og minste beregnede faktorer fra en følsomhetsanalyse oppgitt. Valgte faktorer er i fet skrift.**

	Ant. år	Q5/QM	Q10/QM	Q20/QM	Q50/QM	Q100/QM	Q200/QM	Q500/QM
18.10 Gjerstad	21	1,30	1,54	1,78	2,15	2,46	2,79	3,30
20.2 Austenå	77	1,23	1,37	1,49	1,64	1,74	1,84	1,97
20.3 Flaksvatn, tilsig	102	1,27	1,52	1,76	2,09	2,34	2,61	2,97
20.3 Flaksvatn	103	1,29	1,52	1,75	2,04	2,26	2,48	2,76
22.4 Kjølemo (min - maks)	106	<b>1,22</b> 1,2-1,3	<b>1,36</b> 1,3-1,4	<b>1,48</b> 1,4-1,5	<b>1,62</b> 1,5-1,7	<b>1,72</b> 1,6-1,8	1,81 <b>1,7-1,9</b>	1,91 <b>1,7-2,1</b>
22.4 Kjølemo tilsig	102	1,20	1,35	1,48	1,64	1,76	1,87	2,00
22.5 Auster-hus, tilsig	63	1,20	1,35	1,48	1,65	1,77	1,89	2,04
22.16 Myglevatn ndf.	50	1,22	1,38	1,54	1,74	1,89	2,04	2,23
22.22 Søgne	23	1,26	1,45	1,63	1,86	2,03	2,22	2,45
24.8 Møska	21	1,22	1,38	1,54	1,74	1,9	2,05	2,25
24.9 Tingvatn	79	1,31	1,51	1,71	1,98	2,18	2,38	2,66
Regionale verdier:								
Å1-1978						2,15	2,45	2,82
K1-1997		1,24	1,45	1,62	1,93	2,16	2,42	2,72
K2-1997		1,24	1,44	1,59	1,187	2,05	2,27	2,49

**Tabell 11**

**Beregnete flomvannføringer for Mandalselva ved Kjølemo. Verdier fra følsomhetsanalysen er avrundet til nærmeste 10 m<sup>3</sup>/s. Verdiene som benyttes videre i analysene er i fet skrift.**

	QM	Q5	Q10	Q20	Q50	Q100	Q200	Q500
	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s
Tilsig Kjølemo	480	576	646	710	788	843	896	962
Kjølemo	<b>430</b>	<b>523</b>	<b>584</b>	<b>637</b>	<b>698</b>	<b>739</b>	776	820
Kjølemo, maks	430	550	610	660	740	790	<b>840</b>	<b>900</b>
Kjølemo, min	430	500	550	600	650	680	710	740
<b>Valgt</b>	<b>430</b>	<b>523</b>	<b>584</b>	<b>637</b>	<b>698</b>	<b>739</b>	<b>840</b>	<b>900</b>

**Tabell 12****Flomvannføringer i Mandalselva (døgnmidler).**

	Areal	QM	Q5	Q10	Q20	Q50	Q100	Q200	Q500
	km <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s
Mandalselva ved Øyslebø	1635	398	484	540	589	645	683	777	832
Høyeåna	101	40	49	55	60	66	69	79	85
Sum Mandalselva oppstrøms innsnevring	1746	438	533	595	649	711	753	856	917
Mandalselva nedstrøms innsnevring	1746	428	520	581	634	694	735	836	895
Kjølemo	1757	430	523	584	637	698	739	840	900
Mandalselva ved utløp	1817	445	541	605	659	723	765	870	932

**Tabell 13****Spesifikke flomverdier for Mandalselva (døgnmidler).**

	Areal	qM	q5	q10	q20	q50	q100	q200	q500
	km <sup>2</sup>	l/s·km <sup>2</sup>	l/s·km <sup>2</sup>	l/s·km <sup>2</sup>	l/s·km <sup>2</sup>	l/s·km <sup>2</sup>	l/s·km <sup>2</sup>	l/s·km <sup>2</sup>	l/s·km <sup>2</sup>
Mandalselva ved Øyslebø	1635	243	296	330	360	395	418	475	509
Høyeåna	101	400	487	543	593	649	687	781	837
Sum Mandalselva oppstrøms innsnevring	1746	251	305	341	372	407	431	490	525
Mandalselva nedstrøms innsnevring	1746	245	298	333	363	398	421	479	513
Kjølemo	1757	245	298	332	363	397	421	478	512
Mandalselva ved utløp	1817	245	298	333	363	398	421	479	513

#### 4.4 Kulminasjonsverdier

I Mandalselva er ikke forskjellen mellom kulminasjonsvannføring og døgnmidler svært stor. Dette skyldes blant annet at i et nokså langstrakt og stort vassdrag, vil avrenningen i nedre del av vassdraget ofte kulminere før en når maksimal intensitet i de øvre delene av vassdraget. I tillegg er det flere innsjøer/ magasiner i vassdraget som har en viss dempende effekt.

For Kjølemo har en data med fin tidsopløsning fra 1985. I tabell 14 er det gitt en oversikt over flommer etter 1985 med kulminasjonsvannføringer større enn 400 m<sup>3</sup>/s. For disse varierer forholdstallet mellom døgnmiddel og kulminasjon fra 1,01 til 1,12.

**Tabell 14**

**Flommer i perioden 1985 til 2002 ved Kjølemo med kulminasjonsvannføringer større enn 400 m<sup>3</sup>/s.**

År	Dato	Døgnmiddel	Kulminasjon	Forholdstall
		m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	
1986	06.des	457	462	1,01
1987	17.okt	675	701	1,04
1988	31.jul	383	407	1,06
1989	11.nov	533	546	1,03
1990	07.jun	524	545	1,04
1990	30.okt	560	595	1,06
1991	04.nov	427	443	1,04
1992	03.des	628	648	1,03
1994	02.apr	362	407	1,12
1998	26.okt	384	403	1,05
1999	10.jun	450	460	1,02
2000	01.nov	551	563	1,02
2001	10.okt	452	467	1,03
Gj.snitt		491	511	1,04

For 1987-flommen, som er den største, er det et forholdstall på 1,04, som også tilsvarer gjennomsnittet for de 13 undersøkte episodene.

Slike forholdstall kan også beregnes ved hjelp av empiriske ligninger basert på feltparametere. Følgende formler er gitt (NVE 2000):

$$\text{Vårflom: } Q_{\text{momentan}}/Q_{\text{døgn}} = 1.72 - 0.17 \log A - 0.125 A_{SE}^{0.5}$$

$$\text{Høstflom: } Q_{\text{momentan}}/Q_{\text{døgn}} = 2.29 - 0.29 \log A - 0.270 A_{SE}^{0.5}$$



hvor A er feltareal og  $A_{SE}$  er effektiv sjøprosent.

For Mandalselva ved Kjølemo gir disse formlene et forholdstall på 1,07 for vårflommer og 1,15 for høstflommer. Observasjonene i vassdraget tyder imidlertid på at formlene gir for høye forholdstall. Som representativ verdi benyttes 1,04. Dette brukes for alle punktene i vassdraget, også Høyeåna.

Kulminasjonsvannføringen i Høyeåna vil kunne være høyere, men vannføringen vil mest sannsynlig være på retur her når vannføringen i hovedvassdraget kulminerer. For Søgneelva, som er sammenlignbar med Høyeåna, er det tidligere benyttet et forholdstall på 1,3 (Holmqvist, 2002).

Det gir følgende kulminasjonsverdier i Mandalselva (tabell 15).

**Tabell 15**

**Kulminasjonsvannføringer i Mandalselva. For Høyeåna er det vannføring ved kulminasjon i hovedvassdraget som er gitt. Maksimal vannføring i Høyeåna vil være større.**

	Areal	QM	Q5	Q10	Q20	Q50	Q100	Q200	Q500
	km <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s
Mandalselva ved Øyslebø	1635	414	503	562	613	671	711	808	866
Høyeåna	101	42	51	57	62	68	72	82	88
Sum Mandalselva oppstrøms innsnevring	1746	456	554	619	675	739	783	890	953
Mandalselva nedstrøms innsnevring	1746	445	541	604	659	722	765	869	931
Kjølemo	1757	447	544	607	662	726	769	874	936
Mandalselva ved utløp	1817	463	563	629	686	752	796	904	969

Dette betyr at vannføringen i Mandalselva ved utløp i sjøen øker fra ca. 460 m<sup>3</sup>/s ved middelflom til snaut 1000 m<sup>3</sup>/s ved 500-års flom. Mens dempningen av flommen på grunn av innsnevringen av elveløpet nedstrøms Nomevatn er omkring 10 – 20 m<sup>3</sup>/s.

Vannføringen under flommen i 1892, som er den størst kjente i vassdraget, er basert på innmålte flommer. Sannsynligvis var det kulminasjonsvannstand som ble markert. Vannføringen ved Kjølemo i 1892 er beregnet til ca. 900 m<sup>3</sup>/s, ut fra tabell 15 gir det et gjentaksintervall for den flommen på 200 - 500 år. Fra nyere tid er det flommen i 1987 som er den største med ca. 700 m<sup>3</sup>/s som kulminasjonsverdi, som betyr at den var i underkant av en 50-års flom.

## 5. Forholdet til tidligere flomberegninger

I 1991 ble det gjennomført flomberegninger for diverse dammer i Mandalsvassdraget (Traae og Ødegård, 1991). I disse beregningene er det også oppgitt flomtall for Mandalselva ved Kjølemo.

Beregnet 1000-års høstflom (døgnmiddel) ved Kjølemo er i henhold til tidligere beregninger ca. 1350 m<sup>3</sup>/s. Anslått ut fra figurer i tidligere flomrapport er 500-års høstflom (døgnmiddel) ved Kjølemo beregnet til ca. 1250 m<sup>3</sup>/s, mens beregningene i denne rapporten gir 900 m<sup>3</sup>/s. Avviket er betydelig. Årsakene til dette er kommentert nedenfor.

Som omtalt i kapittel 3 ble vannføringskurven for Kjølemo endret i 2002 med virkning tilbake til målingene startet i 1896. Det medførte at de beregnede vannføringsverdiene ved store flommer er redusert i forhold til tidligere, de største vannføringene er endret mest. En sammenligning av noen flomtall fra Traae og Ødegård (1991) med tilsvarende verdier beregnet nå viser dette (tabell 16). I tidligere flomrapport er også data for en flom i 1892 gitt, vannføringen ved den flommen er basert på flere flommerer fra denne hendelsen i vassdraget (Brox 1995).

Tabell 16

**De største flommene i Mandalselva fra 1892 til 1940. Vannføring med ”gammel” og ”ny” vannføringskurve (se tekst).**

Dato	Gammel kurve m <sup>3</sup> /s	Ny kurve m <sup>3</sup> /s	Endring m <sup>3</sup> /s
3.10.1892	1075	907	-168
26.10.1929	788	682	-106
5.11.1931	778	675	-103
1.11.1916	752	659	-100
3.11.1898	736	641	-95
22.9.1930	717	626	-91

Videre er det i de tidligere beregningene utført høstflomanalyser (15/7- 31/12) for Kjølemo for kun årene 1896 – 1940. Benyttes samme analysegrunnlag, blir midlere høstflom 404 m<sup>3</sup>/s, mens den tidligere var beregnet til 446 m<sup>3</sup>/s. I denne rapporten er hele perioden 1896-2002 benyttet, og analysene er utført på årsflommer.

Endring av vannføringskurven, påvirker også frekvensanalysene. Nye data for Kjølemo gir slakere frekvenskurver enn tidligere. For eksempel endres forholdstallet Q1000/QM beregnet fra Gumbel-fordelingen fra ca. 3,1 til 2,8. I tidligere beregning ble et forholdstall på ca. 3,0 lagt til grunn. Nå synes det imidlertid ikke å være Gumbel, men andre fordelingsfunksjoner, som har forholdstall mellom 1000-års flom og middelflom på ca. 2,2, som er best tilpasset observasjonene ved Kjølemo. Nye beregninger basert på data fra 1896-1940 gir en 1000-års høstflom på snaut 900 m<sup>3</sup>/s, eller av samme størrelsesorden som beregnet 500-års flom i denne rapporten.

## 6. Usikkerhet

Usikkerheten i de beregnede flomverdiene skyldes flere forhold. For det første er det usikkerhet knyttet til ”observert vannføring”. Vannstander observeres, deretter omregnes disse ut fra en vannføringskurve til vannføring. Vannføringskurven er basert på et antall samtidige observasjoner av vannstand og fysiske målinger av vannføring ute i elven.

De største flomvannføringene er beregnet ut fra et ekstrapolert samband mellom vannstander og vannføringer. For eksempel er største registrerte vannføring ved målestasjonen 22.4 Kjølamo nesten 800 m<sup>3</sup>/s, mens største vannføringsmåling er på snaut 500 m<sup>3</sup>/s. En revisjon av kurven for Kjølamo i 2002 medførte at alle tidligere flomverdier ble redusert. Nye vannføringsmålinger kan føre til ny revisjon av kurven (se vedlegg).

Hydrologisk avdelings database er basert på døgnmiddelverdier knyttet til kalenderdøgn. I prinsippet er derfor alle flomvannføringer noe underestimert, fordi største 24-timersmiddel alltid vil være mer eller mindre større enn største kalenderdøgnmiddel.

En annen faktor som fører til usikkerhet i data, er at de eldste dataene i databasen er basert på en daglig observasjon av vannstand inntil registrerende utstyr ble tatt i bruk. Disse daglige vannstandsavlesningene betraktes å representere et døgnmiddel, men kan avvike i større eller mindre grad fra det reelle døgnmidlet.

I tillegg er dataene med fin tidsoppløsning ikke kontrollert på samme måte som døgndataene og er ikke komplett i tilfelle observasjonsbrudd. For Kjølamo foreligger det heller ikke data med fin tidsoppløsning lenger tilbake enn til 1985/86. Det gir derfor lite mening i å utføre frekvensanalyser direkte på kulminasjonsvannføringer. Ved omregning fra døgnmidler til kulminasjonsvannføringer er det derfor også usikkerhet.

I Mandalsvassdraget er en så heldig å ha over 100 år med observasjoner til flomanalyser. Men selv med så lange tidsserier, er det knyttet usikkerhet til frekvensanalysene og tilpasning av de statistiske fordelingsfunksjonene til de observerte flomverdiene.

Videre er det usikkerhet knyttet til hvilken virkning kraftutbyggingene i vassdraget har hatt på flomforholdene. Særlig gjelder det de mest sjeldne flommene. Det er åpenbart at reguleringene har endret flomforholdene om våren i forhold til naturlig tilstand. Men observasjoner tyder på at høstflommene er mindre/ lite influert av reguleringsinngrepene. Mange av de største flommene i vassdraget var høstflommer også før regulering.

Å kvantifisere usikkerhet i hydrologiske data er vanskelig. Det er mange faktorer som spiller inn. Hvis disse flomberegningene skal klassifiseres i en skala fra 1 til 3, hvor 1 tilsvarer beste klasse, vil disse gis klasse 2.

## Referanser

Astrup M. 2000: Avløpsnormaler. Normalperioden 1961-90. Rapport 2-2001, NVE.

Brox G. 1995: Analyse for unormale vassdragssituasjoner i Mandalsvassdraget. Innsatsplaner til beredskapsplanen. Vest Agder Energiverk.

Drageset T.-A. 2003: Flomberegning for Flaksvatn i Tovdalselv. Flomsonekartprosjektet. Dokument 14-2003, NVE.

Gjerde, J. 2000: Tiltak i vassdrag. Flomsenking av Mandalselva ved Øyslebø. Planbeskrivelse 22.02.2000, NVE.

Haugerud, L. 1994: Flerbruksplan Mandalsvassdraget. Sluttrapport fra styringsgruppen.

Holmqvist, E. 2002: Flomberegning for Søgneelva. Flomsonekartprosjektet. Dokument 16-2002, NVE.

Larsen, P.G. 1998. Innsatsplan for unormale situasjoner i Mandalsvassdraget. Vest Agder Enregiverk, 1998.

NVE 2000: Prosjekthåndbok – flomsonekartprosjektet. 5 B: Retningslinjer for flomberegninger.

Traae, E. og Ødegård, N. 1991. Vest Agder Energiverk, Mandalselven. Flomberegning 1000 års flom. Grøner Anlegg Miljø AS, 1991.

Sælthun, N.R. 1997: Regional flomfrekvensanalyse for norske vassdrag. Rapport 14-97, NVE.

Wingård B. 1978: Regional flomfrekvensanalyse for norske vassdrag. Rapport 2-78, NVE.

## Vedlegg: Vannføringstabell for 22.4.0.1001.1 Kjøleemo.

Kommentar fra NVEs stasjonsbibliotek:

Er antydning til sammenheng mellom tid og avvik målinger kurve. Hva dette skyldes er vanskelig og si noe om. Det kan være metodikk, siden alle ADCP målingene ligger under kurven. Kurven bør følges opp med flere målinger for å eventuelt revurdere/bekreftre nåværende kurve. (Oddmund Solheim, NVE –HH)

Gen:0, Periode:1 01/08/1896 -

Segment nr. 1:  $Q = 7.38332 (h + 0.3087) ** 2.20228$

Gjelder for  $-0.309 \leq \text{høyde} < 10.630$

### Vannføring i kubikkmeter pr. sekund

Vannføring i kubikkmeter pr. sekund

Vannstand(m)	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0
-0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
-0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2
0	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6
Vannstand(m)	0,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0
0,0	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	0,9	1,0
0,1	1,0	1,1	1,1	1,2	1,3	1,3	1,4	1,5	1,5	1,6
0,2	1,7	1,7	1,8	1,9	2,0	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4
0,3	2,5	2,6	2,7	2,8	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,4
0,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9	4,0	4,1	4,3	4,4	4,5
0,5	4,6	4,8	4,9	5,0	5,1	5,3	5,4	5,6	5,7	5,8
0,6	6,0	6,1	6,3	6,4	6,6	6,7	6,9	7,0	7,2	7,4
0,7	7,5	7,7	7,9	8,0	8,2	8,4	8,5	8,7	8,9	9,1
0,8	9,3	9,5	9,6	9,8	10,0	10,2	10,4	10,6	10,8	11,0
0,9	11	11	12	12	12	12	12	13	13	13
1,0	13	14	14	14	14	15	15	15	15	15
1,1	16	16	16	16	17	17	17	17	18	18
1,2	18	19	19	19	19	20	20	20	20	21
1,3	21	21	22	22	22	23	23	23	23	24
1,4	24	24	25	25	25	26	26	26	27	27
1,5	27	28	28	28	29	29	29	30	30	30
1,6	31	31	31	32	32	32	33	33	34	34
1,7	34	35	35	35	36	36	37	37	37	38
1,8	38	39	39	39	40	40	41	41	41	42
1,9	42	43	43	44	44	44	45	45	46	46
2,0	47	47	48	48	48	49	49	50	50	51
2,1	51	52	52	53	53	54	54	55	55	55
2,2	56	56	57	57	58	58	59	59	60	60
2,3	61	62	62	63	63	64	64	65	65	66
2,4	66	67	67	68	68	69	70	70	71	71

2,5	72	72	73	73	74	75	75	76	76	77
2,6	78	78	79	79	80	80	81	82	82	83
2,7	84	84	85	85	86	87	87	88	88	89
2,8	90	90	91	92	92	93	94	94	95	96
2,9	96	97	98	98	99	100	100	101	102	102
3,0	103	104	104	105	106	106	107	108	109	109
3,1	110	111	111	112	113	114	114	115	116	116
3,2	117	118	119	119	120	121	122	122	123	124
3,3	125	125	126	127	128	129	129	130	131	132
3,4	132	133	134	135	136	136	137	138	139	140
3,5	140	141	142	143	144	145	145	146	147	148
3,6	149	150	150	151	152	153	154	155	155	156
3,7	157	158	159	160	161	162	162	163	164	165
3,8	166	167	168	169	170	170	171	172	173	174
3,9	175	176	177	178	179	180	180	181	182	183
4,0	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193
4,1	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203
4,2	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213
4,3	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223
4,4	224	225	226	227	228	229	230	231	232	234
4,5	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244
4,6	245	247	248	249	250	251	252	253	254	256
4,7	257	258	259	260	261	262	263	265	266	267
4,8	268	269	270	272	273	274	275	276	277	279
4,9	280	281	282	283	285	286	287	288	289	291
5,0	292	293	294	295	297	298	299	300	301	303
5,1	304	305	306	308	309	310	311	313	314	315
5,2	316	318	319	320	322	323	324	325	327	328
5,3	329	331	332	333	334	336	337	338	340	341
5,4	342	344	345	346	348	349	350	352	353	354
5,5	356	357	358	360	361	362	364	365	367	368
5,6	369	371	372	373	375	376	378	379	380	382
5,7	383	385	386	387	389	390	392	393	395	396
5,8	397	399	400	402	403	405	406	407	409	410
5,9	412	413	415	416	418	419	421	422	424	425
6,0	427	428	430	431	433	434	436	437	439	440
6,1	442	443	445	446	448	449	451	452	454	455
6,2	457	458	460	462	463	465	466	468	469	471
6,3	473	474	476	477	479	480	482	484	485	487
6,4	488	490	492	493	495	496	498	500	501	503
6,5	505	506	508	509	511	513	514	516	518	519
6,6	521	523	524	526	528	529	531	533	534	536
6,7	538	539	541	543	545	546	548	550	551	553
6,8	555	557	558	560	562	563	565	567	569	570
6,9	572	574	576	577	579	581	583	584	586	588
7,0	590	592	593	595	597	599	601	602	604	606
7,1	608	610	611	613	615	617	619	620	622	624
7,2	626	628	630	631	633	635	637	639	641	643
7,3	644	646	648	650	652	654	656	658	659	661
7,4	663	665	667	669	671	673	675	677	678	680
7,5	682	684	686	688	690	692	694	696	698	700
7,6	702	704	706	708	710	712	713	715	717	719
7,7	721	723	725	727	729	731	733	735	737	739
7,8	741	743	745	747	749	751	754	756	758	760
7,9	762	764	766	768	770	772	774	776	778	780

8,0	782	784	786	788	791	793	795	797	799	801
8,1	803	805	807	809	812	814	816	818	820	822
8,2	824	826	829	831	833	835	837	839	841	844
8,3	846	848	850	852	854	857	859	861	863	865
8,4	868	870	872	874	876	879	881	883	885	887
8,5	890	892	894	896	899	901	903	905	908	910
8,6	912	914	917	919	921	923	926	928	930	932
8,7	935	937	939	942	944	946	949	951	953	955
8,8	958	960	962	965	967	969	972	974	976	979
8,9	981	983	986	988	990	993	995	998	1000	1002
9,0	1005	1007	1009	1012	1014	1017	1019	1021	1024	1026
9,1	1029	1031	1033	1036	1038	1041	1043	1045	1048	1050
9,2	1053	1055	1058	1060	1063	1065	1067	1070	1072	1075
9,3	1077	1080	1082	1085	1087	1090	1092	1095	1097	1100
9,4	1102	1105	1107	1110	1112	1115	1117	1120	1122	1125
9,5	1127	1130	1132	1135	1137	1140	1143	1145	1148	1150
9,6	1153	1155	1158	1161	1163	1166	1168	1171	1173	1176
9,7	1179	1181	1184	1186	1189	1192	1194	1197	1199	1202
9,8	1205	1207	1210	1213	1215	1218	1220	1223	1226	1228
9,9	1231	1234	1236	1239	1242	1244	1247	1250	1252	1255
10,0	1258	1260	1263	1266	1269	1271	1274	1277	1279	1282
10,1	1285	1288	1290	1293	1296	1298	1301	1304	1307	1309
10,2	1312	1315	1318	1320	1323	1326	1329	1331	1334	1337
10,3	1340	1343	1345	1348	1351	1354	1357	1359	1362	1365
10,4	1368	1371	1373	1376	1379	1382	1385	1388	1390	1393
10,5	1396	1399	1402	1405	1407	1410	1413	1416	1419	1422
10,6	1425	1428	1430	1433	1436	1439	1442	1445	1448	1451

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

### Utgitt i Dokumentserien i 2003

- Nr. 1 Erik Holmqvist: Flomberegninger i Vosso (062.Z) Flomsonekartprosjektet. (37 s.)
- Nr. 2 Lars-Evan Pettersson: Flomberegninger for Lakselva i Misvær. Flomsonekartprosjektet (16 s.)
- Nr. 3 Eirik Traae, Anette Werkland: Program for økt sikkerhet mot leirskred. Risiko for kvikkleireskred i Skienselva – forslag til tiltak (18 s.)
- Nr. 4 Inger Sætrang: Statistikk over tariffer i distribusjonsnettet 2003 (39 s.)
- Nr. 5 Turid-Anne Drageset: Flomberegning for Batnfjordelva (108.3Z). Flomsonekartprosjektet (22 s.)
- Nr. 6 Turid-Anne Drageset: Flomberegning for Sogndalselvi (077.3Z). Flomsonekartprosjektet (25 s.)
- Nr. 7 Inger Sætrang: Oversikt over vedtak og utvalgte saker. Tariffer og vilkår for overføring av kraft 2002 (16 s.)
- Nr. 8 Thomas Væringstad: Flomberegning for Sandvikselva (008.Z)Flomsonekartprosjektet. (21 s.)
- Nr. 9 Turid-Anne Drageset: Flomberegning for Gaula i Sogn og Fjordane (083.B) Flomsonekartprosjektet (25 s.)
- Nr. 10 Tharan Fergus og Jan Henning L'Abée-Lund (red.): Vannforvaltning i Østerrike Fagtur for Seksjon for plan og miljø, 2003 (26 s.)
- Nr. 11 Arne T. Hamarsland, Knut Aune Hoseth, Jan Henning L'Abée-Lund: Program for miljøtiltak i vassdrag (33 s.)
- Nr. 12 Flomsonekartplan. Prioriterte strekninger for kartlegging i flomsonekartprosjektet. 25. september 2003
- Nr. 13 Lars-Evan Pettersson. Flomberegning for Stjørdalselva. Flomsonekartprosjektet.(17 s.)
- Nr. 14 Turid-Anne Drageset: Flomberegning for Flaksvatn i Tovdalselva (020.A8). Flomsonekartprosjektet. (17 s.)
- Nr. 15 Lars-Evan Pettersson: Flomberegning for Figgjo. Flomsonekartprosjektet. (12 s.)
- Nr. 16 Roger Sværd: Flomberegning for Altavassdraget. Flomsonekartprosjektet. (57 s.)
- Nr. 17 Thomas Væringstad: Flomberegning for Moldeelva. Flomsonekartprosjektet. ( s.)
- Nr. 18 Thomas Væringstad: Flomberegning for Bondalselva. Flomsonekartprosjektet. ( s.)
- Nr. 19 Erik Holmqvist: Flomberegning for Mandalselva (022.Z). Flomsonekartprosjektet. ( s.)