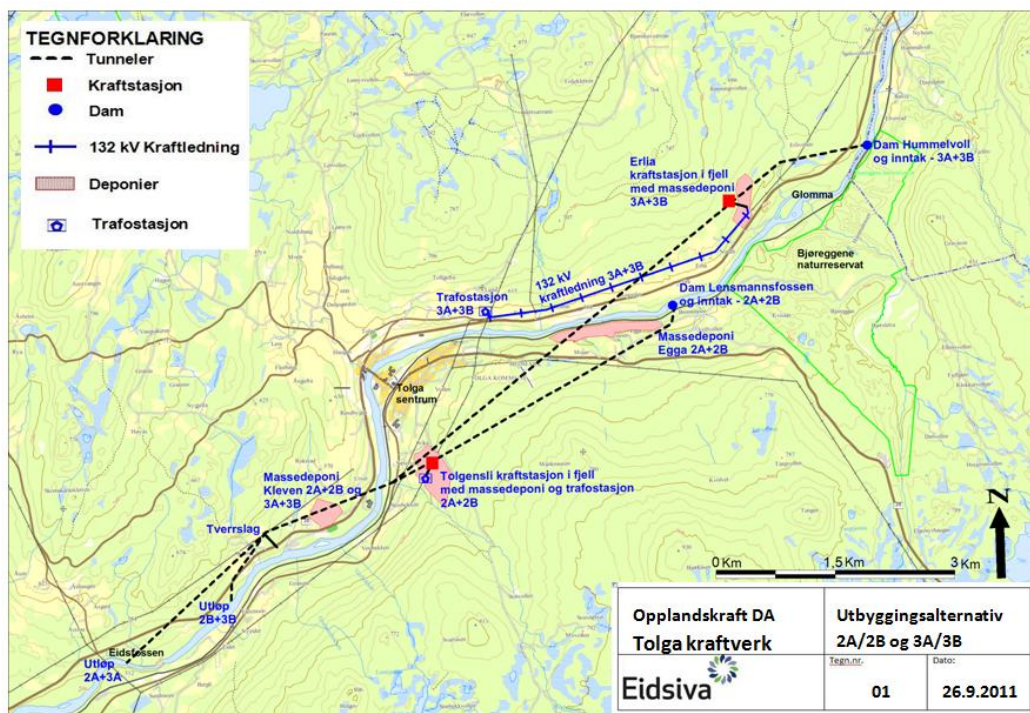


Tolga kraftverk

Hydrologi- og produksjonsutredning



Figur 1. Kart over utbyggingsområdet med tunnelalternativ og berørte elvestrekninger

Sammendrag

Utbygging av kraftverk i Tolga vil redusere middelvannføringen i Glomma nedstrøms kraftverkinntak i årrekken 1980-2009 med 64-71 %. Det er forutsatt en slukeevne på 60-80 m³/s, minstevannføring på 5 m³/s om vinteren, og 12 eller 10 m³/s om sommeren. Minstevannføringen utgjør 14,6-16,4 % av total vannføring, eller 25-37 GWh pr. år.

Beregnet produksjon er 148-200 GWh/år med 52-55 % andel sommerkraft (mai-september). Med årrekken 1962-90 beregnes 11-14 GWh/år lavere produksjon.

Flomvannføringen som i dag representerer en 10-års flom vil etter utbygging tilsvare en 40-års flom nedstrøms kraftverkinntaket.

Lillehammer, april 2012
Hans-Christian Udnæs

Innholdsfortegnelse

Utredninger	3
Alternative utbygginger/kraftverk	3
1 Hydrologisk grunnlag	3
1.1 Tilgjengelige tilsig-/avløpsserier og normalavløp fra delfelt	3
1.2 Tilsigs/avløpsserier som er brukt i beregninger/simuleringer	5
1.3 Usikkerhet i det hydrologiske grunnlaget	5
1.4 Eksisterende magasin	5
2 Grunnlag for beregninger/simuleringer.....	6
3 Grunnlag for manøvreringsreglementet	7
4 Hydrologiske endringer	7
4.1 Vannføringer for typiske år	8
4.2 Vannførings- og vannstandsendringer, restvannføringer	10
4.3 Minstevannføring	12
4.4 Driftsvannføring	15
4.5 Flomforhold og flomdemping.....	16
4.6 Regulert vannføring for periode 1961-1990	18
4.7 Vanntemperatur, isforhold, lokalklima	18
5 Kraftproduksjon.....	18
5.1 Hoveddata for Tolga kraftverk	18
5.2 Produksjonen i Tolga kraftverk.....	19
5.3 Beregnet produksjon uten minstevannføring og for tidligere årrekker	20
6 Vedlegg	21
6.1 Vedlegg A - Statistikk for vannføringen i kurveform	21
6.2 Vedlegg B – Varighetskurver for sommer- og vintersesong	25
6.3 Vedlegg C - Vannføringer før og etter utbygging	28
6.4 Vedlegg D - Gjentakintervall for flommer i Glomma ved Hummelvoll	33
6.5 Vedlegg E - Beregning av regulert vannføring i bestemmende og median år	34

Utredninger

Formålet med konsekvensutredninger er å klargjøre konsekvensene av prosjektet for miljø, naturressurser og samfunn. Utredningsprogrammet skal være beslutningsrelevant for søknadsbehandlingen og for eventuelle vilkår som knyttes til tillatelsen.

Hydrologi- og produksjonsutredningen beskriver overflatehydrologiske forhold og utnyttelsen av vannføringen i ulike kraftverksalternativ der slukeevne og minstevannføringskrav er de mest sentrale.

Utredningen er gjort med egne ressurser i GLB. Turid-Anne Drageset har skrevet kapitlene som omfatter hydrologisk grunnlag og flom- og lavvannsforhold.

Alternative utbygginger/kraftverk

Det utredes virkningene av 4 alternative kraftverk (2A-B og 3A-B) som har fallhøyde mellom 59 og 91 meter. Ett av alternativene har slukeevne på 80 m³/s, de øvrige 60 m³/s. Minstevannføringen er satt til 5 m³/s om vinteren (fra 1.oktober til 30.april eventuelt fra 1.november til 30.april), og alternativene 12 og 10 m³/s om sommeren utredes.

1 Hydrologisk grunnlag

1.1 Tilgjengelige tilsig-/avløpsserier og normalavløp fra delfelt

Som grunnlag for utredning av hydrologiske forhold i Tolgafallene er måleserien 2.269 Hummelvoll svært sentral. Målestasjonen ble etablert i 1962, er fortsatt i drift, og har beliggenhet rett oppstrøms Tolgafallene omtrent ved det planlagte inntakspunktet for kraftverksalternativ 1. Den måler totalt avløp fra et nedbørfelt på 2422 km² i øvre deler av Glomma, der ca tredjeparten av nedbørfeltet (849 km²) er regulert gjennom magasinet 2.111 Aursunden og restfeltet (1573 km²) nedstrøms Aursunden er uregulert tilsig.

Aursundenreguleringen ble etablert på 1920-tallet, og hele avløpsserien ved Hummelvoll er således reguleringspåvirket.

Regulert avløp i øvre Glomma måles også lenger nord, ved Røstefossen elvekraftverk (1734 km²) og ved Kuråfossen elvekraftverk (849 km²) ved utløpet av Aursunden.

I perioden 1935-1963 var det en hydrologisk målestasjon ved Erli bru, 2.226 Erli bru. Denne ble nedlagt omtrent samtidig som 2.269 Hummelvoll ble opprettet. Nedbørfeltet til Erli bru er 2497 km², 75 km² større enn ved Hummelvoll.

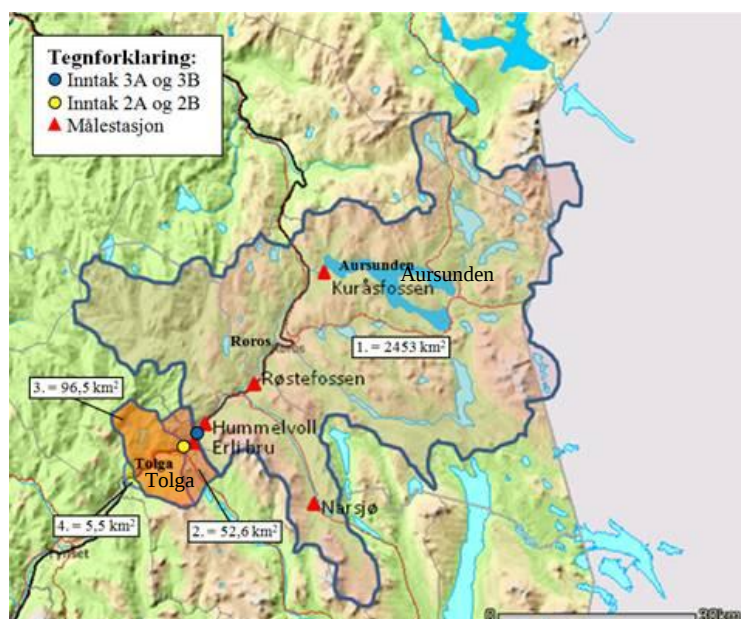
Innenfor nedbørfeltet finnes én hydrologisk målestasjon i drift i uregulert lokalfelt, 2.11 Narsjø i Nøra. Den er opprettet i 1930, har et nedbørfelt på 119 km², og dekker kun en liten del (8 %) av det uregulerte lokalfeltet mellom Aursunden og Hummelvoll. Stasjonenes plassering er vist i figur 2. Middelvannføringer er gitt i tabell 1.

Tabell 1. Observerte middelvannføringer (m³/s) for serier i øvre Glomma for ulike årrekker

	Hummelvoll	Røstefossen	Kuråfossen	Narsjø
1980-09:	47,7	32,9	20,5	2,45
1963-09:	45,7	-	20,1	2,33
1961-90:	45,2 ¹⁾	-	20,0	2,26
1931-60:	47,6 ²⁾	-	20,2	2,38

¹⁾ 14.6.1962-1990, ²⁾ beregnet på grunnlag av målestasjon 2.226 Erli bru (datakilde NVE)

Tallene i tabell 1 viser at avrenningen i siste 30-års periode er større enn i tidligere perioder.



Figur 2. Aktuelle vannmerker/målestasjoner, nedbørfelt og delfelt med alternative inntaksplasseringer. Totalt nedbørfelt for alternativ 3A og 3B er markert med nummer 1 og tykk blå linje. For alternativ 2A og 2B inkluderes i tillegg felt nummer 2 i nedbørfeltet. Lokalfeltet mellom inntak og utløp for alternativ 3A blir summen av feltene angitt som nummer 2, 3 og 4. Tilsvarende blir lokalfeltet for alternativ 3B summen av felt nummer 2 og 3, alternativ 2A felt nummer 3 og 4 og 2B felt nummer 3.

Årlig middelvannføring, basert på observert vannføring ved Hummelvoll (1980-2009) og beregnet lokaltilsig, er gitt i tabell 2.

Tabell 2. Middelvannføring for nedbørfelt og delfelt ved referansepunkter i Glomma ved Tolga. NVE Atlas er brukt for å beregne spesifikk avrenning og areal for delfelt.

Felt	Areal km ²		Spesifikk vannføring l/s/km ²	Middelvannføring (1980-2009)	
	Hovedfelt	Delfelt		m ³ /s	Mill. m ³ /år
Hummelvoll Målestasjon	2422		20	47,7	1505
Hummelvoll Målestasjon - Inntak Hummelvoll		30,6	13	0,4	13
Inntak Hummelvoll (3A + 3B)	2453		20	48,1	1518
Inntak Lensmannsfossen (2A + 2B)	2505		19	48,5	1531
Inntak Lensmannsfossen – Utløp Kleven (2B)		96,5	7	0,7	21
Inntak Lensmannsfossen – Utløp Eidsfoss (2A)		102	7	0,7	23
Inntak Hummelvoll – Utløp Kleven (3B)		149,1	7	1,0	33
Inntak Hummelvoll – Utløp Eidsfoss (3A)		154,6	7	1,1	34

Observasjoner fra Hummelvoll i perioden 1962-90 gir en middelvannføring på 45,2 m³/s, som er 5 % lavere enn det som er observert i perioden 1980-2009. NVEs avrenningskart for perioden 1961-90 gir for Tolga (2522 km²) 1448 mill.m³ pr. år (45,9 m³/s eller 18 l/s·km²), som er 4 % lavere enn det som er observert i perioden 1980-2009.

Observerte vannføringsserier ved Erli/Hummelvoll gir hhv. 1501 (47,6), 1425 (45,2) og 1504 mill.m³ pr. år (47,7 m³/s) for årrekken 1931-60, 1962-90 og 1980-09. Målingene viser at siste 30-års periode har 6 % større årsavrenning enn siste normalperiode (1962-90).

1.2 Tilsigs/avløpsserier som er brukt i beregninger/simuleringer

GLB forutsetter her å ha gode og representative dataserier på døgnbasis. Det gjelder både vannføringsserier som grunnlag for å beskrive regulerte forhold, og magasin vannstander/-volum som grunnlag for tilsigsserier, som beskriver uregulerte forhold og hydrologiske trender. Den valgte serien på 30 år vurderes å være mest representativ for kommende 10-år (tilsig fra breer, klimaendringer, mv.) og være tilstrekkelig lang til at de viktigste hydrologiske episoder/regimer opptrer med variabilitet i form av mye/lite snø, flom/tørke, kulde/varme osv.

For å beskrive de regulerte hydrologiske forholdene i Tolgafallene anses datagrunnlaget som godt, med langvarige direkte målinger av vannstand/vannføring nær kraftverksinntaket. Avløpsserien ved Hummelvoll har en godt oppmålt vannføringskurve der kurven er godt tilpasset vannføringsmålingene som er foretatt over flere år på et stort spenn av vannstander. Om vinteren er Glomma sterkt påvirket av islegging i elveleiet, og vannstanden ved målepunktet på Hummelvoll er som regel isoppstuvet. Vannføringsserien er isreduert på døgnbasis ved sammenligning med serier i nærheten som ikke er påvirket av isoppstuvning, primært driftsvannføringen i Røstefossen kraftverk og avløpet fra det uregulerte lokalfeltet Narsjø.

For å beskrive uregulerte forhold er det laget en naturlig uregulert avløpsserie ved Hummelvoll for perioden 1980-2009. Denne er framkommet på følgende måte; Det er først laget en tilsigsserie for avløpet fra Aursunden (Glåmos) ved at denne er korrigert for magasinendringen i sjøen. Tilsigsserien beskriver imidlertid ikke fullt ut naturlige avløpsforhold, siden sjøers/magasinenes selvregulerende effekt også blir fjernet. For å få med selvreguleringseffekten er det videre, basert på vannstandsendringer i sjøen og avløpet i noen år da Aursunden var uregulert, laget en serie med antatt naturlig avløp fra Aursunden. Denne serien er så tillagt observert lokaltilsig mellom Aursunden og Hummelvoll.

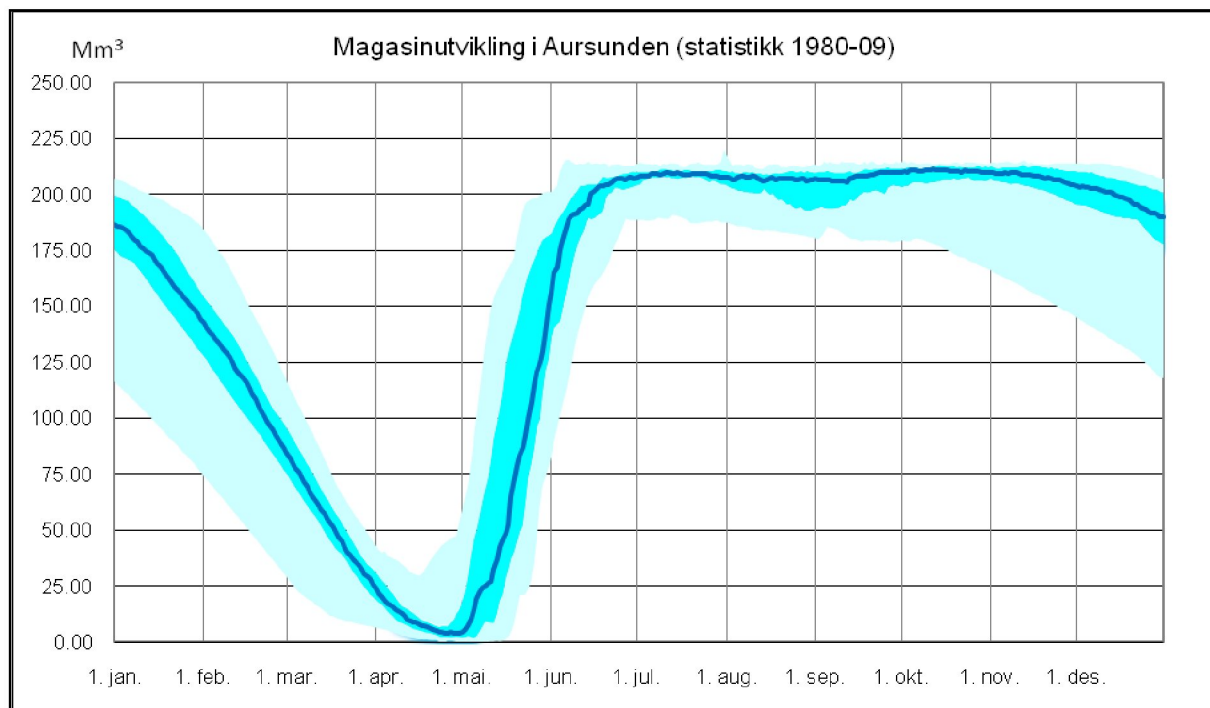
1.3 Usikkerhet i det hydrologiske grunnlaget

Det hydrologiske grunnlaget er godt, med lang observasjonsserie 2.226 Erli bru fra 1935 til 1963, etterfulgt av Hummelvoll i perioden 1962 til dags dato. Målestedene er omtrent sammenfallende med inntakspunktene til planlagte kraftverksinntak.

1.4 Eksisterende magasin

Det er ett stort reguleringsmagasin i tilknytning prosjektet, Aursunden. Dette har kapasitet på 215 mill.m³, og statistisk observert forløp i årrekken 1980-09 framgår av figur 3. Magasinet er nærmere beskrevet i tabell 3.

Reguleringen av Aursunden har bidratt til at median vannføring i avløpet om vinteren har økt fra 8-20 m³/s til 20-35 m³/s.



Figur 3. Statistikk for magasinutvikling gjennom året i Aursunden siste 30 år (årrekken 1980-09).

Tabell 3. Data for eksisterende magasin

Aursunden	
HRV (kote)	691,10
LRV (kote)	685,20
Reguleringshøyde (m)	5,9
Magasinvolum (mill. m ³)	215
Energi (GWh) – Alt 3A - 3B	44 - 39
Alt 2A - 2B	35 - 30

2 Grunnlag for beregninger/simuleringer

Produksjonsgrunnlaget er tilsig/avløp i perioden 1980-2009. GLB mener å ha de beste og mest representative dataserier på døgnbasis for denne årrekken. Serien på 30 år vurderes å være lang nok til at de viktigste hydrologiske episoder opptrer med tilstrekkelig variabilitet.

Beregninger av endringer i vannføringer er utført på døgnbasis med et egenutviklet excel-basert system som fordeler vanntilgangen på driftsvannføring (maksimal/minimum slukeevne) og minstevannføring/forbitapping. Det beregnes og legges til lokale bidrag som gir vannføringen ved de aktuelle interessepunktene oppstrøms og nedstrøms kraftverksinntak og tunnelutløp. Produksjonsberegningene/simuleringene håndterer hydrauliske forhold (falltap i tunnel og oppstuvning i undervannet).

3 Grunnlag for manøvreringsreglementet

Ved manøvreringen skal det has for øye at vassdragets naturlige flomvannføring nedenfor inntaket så vidt mulig ikke økes.

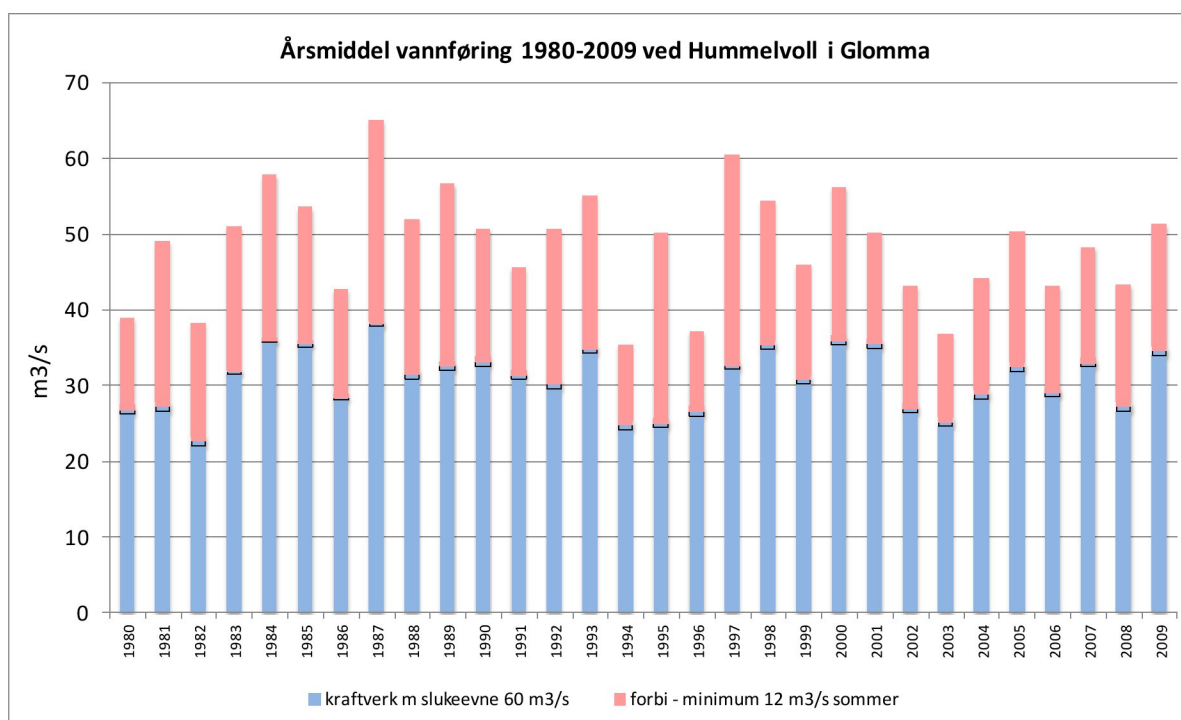
Ved utfall i vinterperioden skal normal drift opprettes snarest mulig, og virkningen kartlegges og eventuelt varsles ved fare for skade ved høy vannstand.

Det skal til enhver tid slippes minst 12 (10) m³/s i Glomma elv forbi Tolga i perioden fra og med mai til og med september (oktober), og for øvrig minimum 5 m³/s.

4 Hydrologiske endringer

Prosjektet omfatter ingen nye reguleringer, men innebærer hydrologiske endringer. For alternativ 3A vil elvestrekningen (ca 12 km) mellom inntaksdammen ved Hummelvoll og Eidsfossen i Glomma få redusert vannføring. For alternativ 3B vil strekningen mellom Hummelvoll og Kleven (ca 10 km) få redusert vannføring. For alternativ 2A blir strekning med redusert vannføring mellom inntak ved Lensmannsfoss og utløp ved Eidsfossen (ca 9 km), og for alternativ 2B blir det redusert vannføring mellom Lensmannsfoss og Kleven (ca 7 km).

Vannføringen varierer mye fra år til år (figur 4). I middel tappes 36 % forbi og 16 % (46 % av forbitappingen) er minstevannføring. Forbitappingens andel av total vannføring varierer fra 27 til 50 % i årrekken. I sommerperioden (1.5.-30.9.) tappes i middel 45 % forbi av total midlere års sommervannføring på 72,4 m³/s og 17 % (36 % av forbitappingen) er minstevannføring. Ved å utvide sommerperioden til 1.5.-31.10. øker forbitappingen gjennomsnittlig med 0,5 m³/s for hele årrekken. 36 % av totalvannføringen tappes da forbi kraftverket.



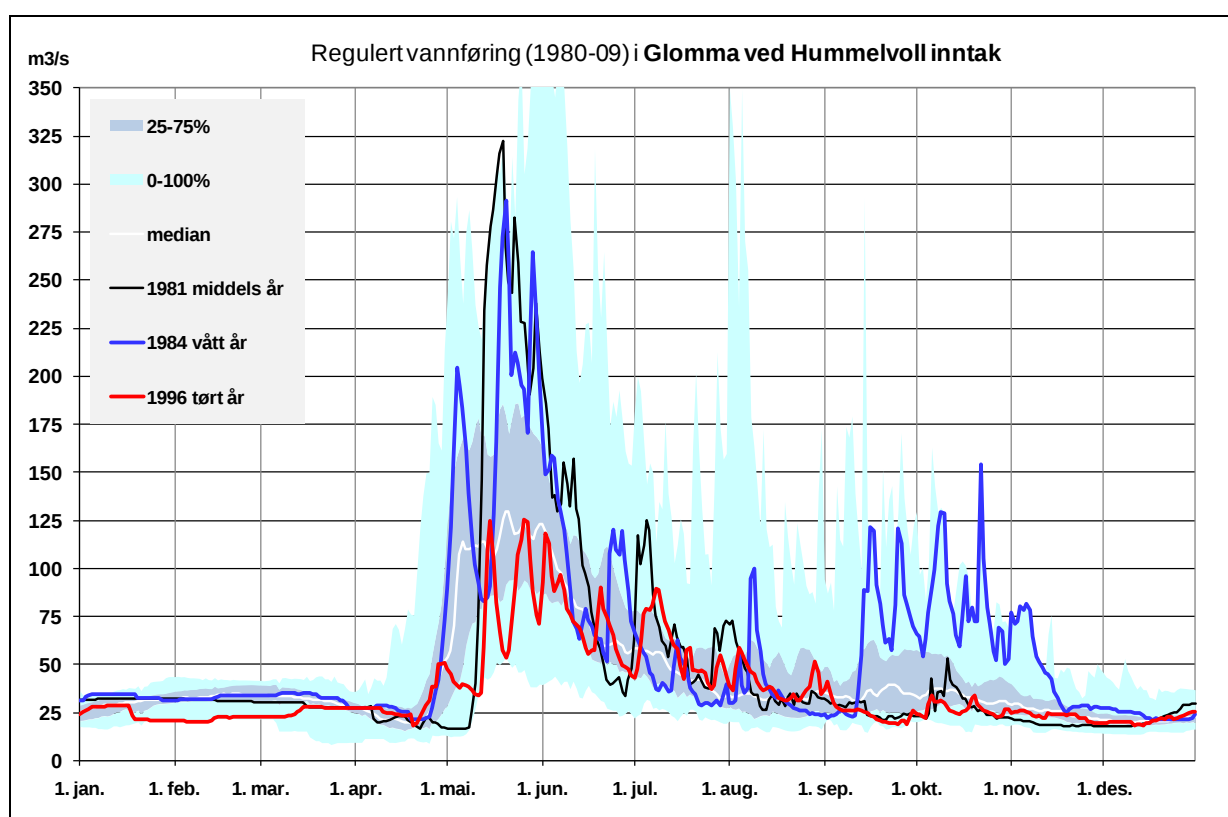
Figur 4. Årlig middelvannføring i Glomma ved Hummelvoll fordelt på kraftverk og forbi - årrekken 1980-2009. Slukeevne 60 m³/s og minimum 12/5 m³/s forbi i sommer-/vinterperioden. Redusert vannføring i kraftverket (økt forbitapping) ved utvidet sommersesong (mai-okt) er markert med sort linje.

4.1 Vannføringer for typiske år

Det er valgt ut et vått år (1984), et tørt år (1996) og et middels år (1981). Det valgte våte og tørre året er hhv. det 3. våteste og 3. tørreste i årrekken med 30 år. Vannføringsdata sammenlignet med middelverdier og persentiler er vist i tabell 4 og figur 5.

Tabell 4. Vannføringsdata for Glomma v/Hummelvoll inntak i typiske år/årrekke

Statistisk	År	m ³ /s	mill.m ³ /år	% av middel
hele serien:	1980-09	48,1	1518	
vått:	1984	57,7	1821	120
mediant:	2005	49,7	1568	103
middels:	1981	48,6	1534	101
tørt:	1996	36,6	1155	76



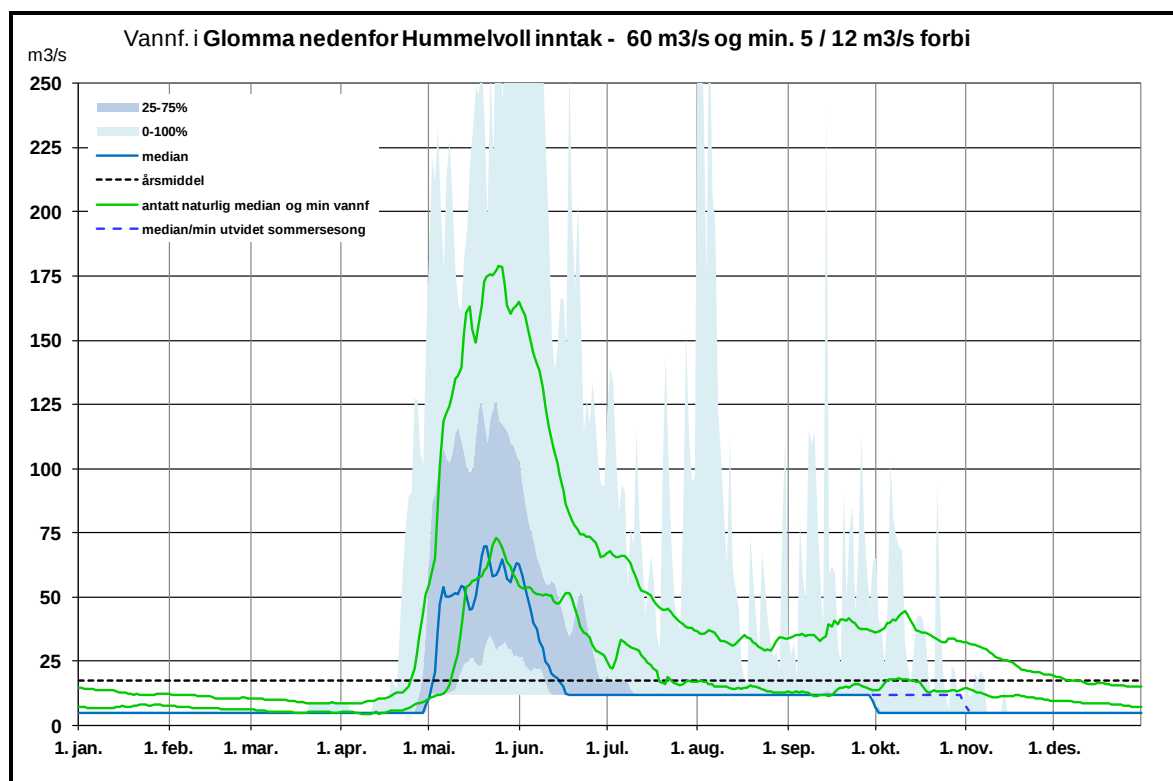
Figur 5. Observert regulert vannføring i Glomma ved Hummelvoll - statistikk for årrekken 1980-09 og typiske år

Inntaksdammen til Tolga kraftverk vil ha et lite volum, og det legges ikke opp til utnyttelse av dette volumet for å regulere vannføringen.

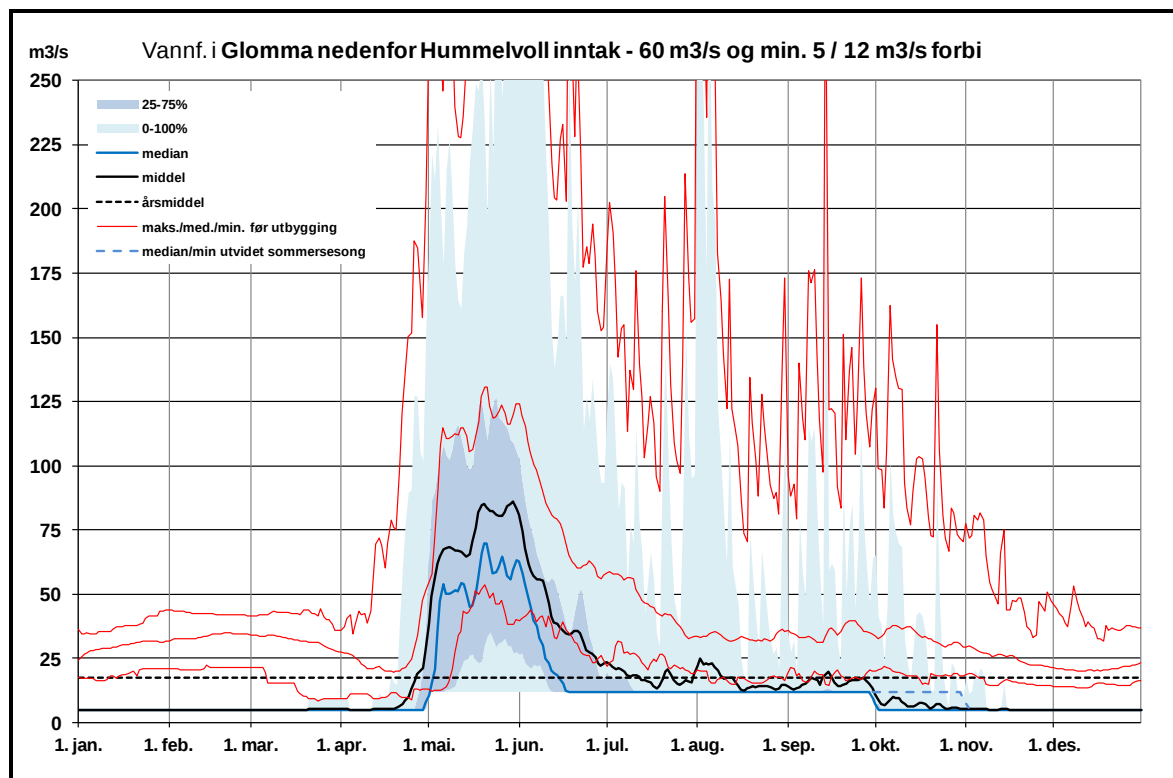
Figur 6 viser statistikk for restvannføringen i Glomma nedenfor inntak, sammenliknet med laveste og median vannføring før regulering av vassdraget. Det er her lagt til grunn en minstevannføring på 12 m³/s i sommer mai-september (eventuelt mai-oktober) og 5 m³/s i vinterperioden, samt slukeevne på 60 m³/s.

Mesteparten av nedbørfeltet er uregulert, og det vil derfor være store variasjoner fra dag til dag og mellom år. Fra slutten av april til slutten av juni vil det normalt være en vesentlig restvannføring i elva. Resten av året vil vannføringen for det meste ligge nær minstevannføringen. Figur 7 viser statistikk for restvannføringen i Glomma nedenfor inntak

etter utbygging sammenliknet med laveste/høyeste og median vannføring før utbygging av Tolga kraftverk.



Figur 6. Restvannføring i Glomma ved Tolga sml. naturlig - statistikk for årrekken 1980-2009.



Figur 7. Statistikk (1980-2009) for beregnet restvannføring i Glomma nedenfor Hummelvoll inntak og observert vannføring før utbygging.

Tilsvarende figurer for andre alternativer/kombinasjoner av slukeevne og minstevannføring om sommeren er vist i vedlegg A (kap 6.1).

4.2 Vannførings- og vannstandsendringer, restvannføringer

I tillegg til figurene innledningsvis i kapittelet, som viser statistikk for tidsforløpet over året, illustreres endringer best med utgangspunkt i varighetskurver.

I tabell 5a er det vist persentiler, eller sannsynlighet for at en gitt vannføring ikke skal overstiges nedstrøms inntaket, basert på slukeevne og minstevannføring (sommer-/vinterperioden) på hhv. 60 (80) og 12/5 m³/s. Sommerperioden er 1.5.-30.9. Effekten av å utvide sommersesongen til og med oktober er vist i figur 8 og 9. Disse viser kurver som dekker hele året for vannføringer opp til 160 m³/s. Varighetskurver for sommer og vintersesongen er vist i vedlegg B (kap 6.2). Fra varighetskurvene finnes antall dager med vannføring over største slukeevne og under minste slukeevne. Dette er vist i tabell 5b, også for utvalgte år.

I vedlegg B vises også varighetskurver for oktober med alternative minstevannføringer for å illustrere virkningen av å utvide sommersesongen.

Tabell 5a. Vannføringspersentiler nedstrøms inntaket i årrekken 1980-09 for helt år, vinter- og sommerperiode, slukeevne 60 m³/s. Vannføring ved slukeevne 80 m³/s (Alt 2B) er angitt i parentes.

Persentil	Helt år (m ³ /s)		Vinter (m ³ /s)		Sommer (m ³ /s)	
	Totalvannf.	Forbi	Totalvannf.	Forbi	Totalvannf.	Forbi
95	139	79 (60)	51	5 (5)	192	132 (114)
90	97	37 (19)	41	5 (5)	148	88 (69)
75	51	12 (12)	34	5 (5)	91	31 (15)
50	33	5 (5)	29	5 (5)	54	12 (12)
25	24	5 (5)	22	5 (5)	33	12 (12)
10	20	5 (5)	19	5 (5)	23	12 (12)
5	18	5 (5)	17	5 (5)	21	12 (12)

Tabell 5b. Antall dager hvor vannføringen ved inntaket er større enn maksimal slukeevne (60/80 m³/s) og mindre enn minste slukeevne (5 alternativt 8 m³/s) tillagt planlagt minstevassføring 12 m³/s i sommerperioden 1. mai – 30. september og 5 m³/s i vinterperioden 1. oktober – 30. april for hele årrekken i gjennomsnitt og for utvalgte år.

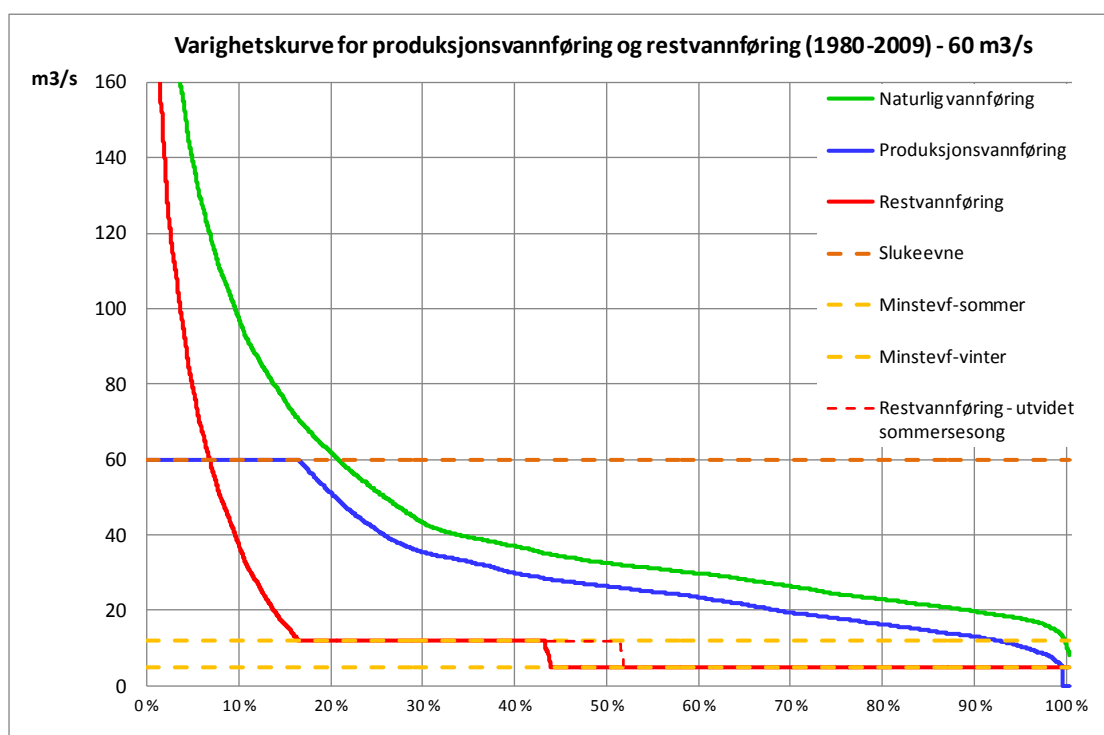
Vannføring større/mindre	Slukeevne m ³ /s	1980-2009		tørt år (1996)		middels år (1981)		vått år (1984)	
		sommer	vinter	sommer	vinter	sommer	vinter	sommer	vinter
>maks.slukeevne (+12/5)	60-5/8	54	6	35	0	46	0	65	31
	80-5/8	38	3	14	0	41	0	48	10
<min.slukeevne (+12/5)	60/80-5	2	1	0	0	6	1	0	0
	60/80-8	6	2	5	0	7	1	0	0

Med slukeevne på 60 m³/s (figur 8) overskrides kraftverkets slukeevne 60 dager i året (16,4 %). Med slukeevne på 80 m³/s (figur 9) overskrides kraftverkets slukeevne 41 dager i året (11,2 %).

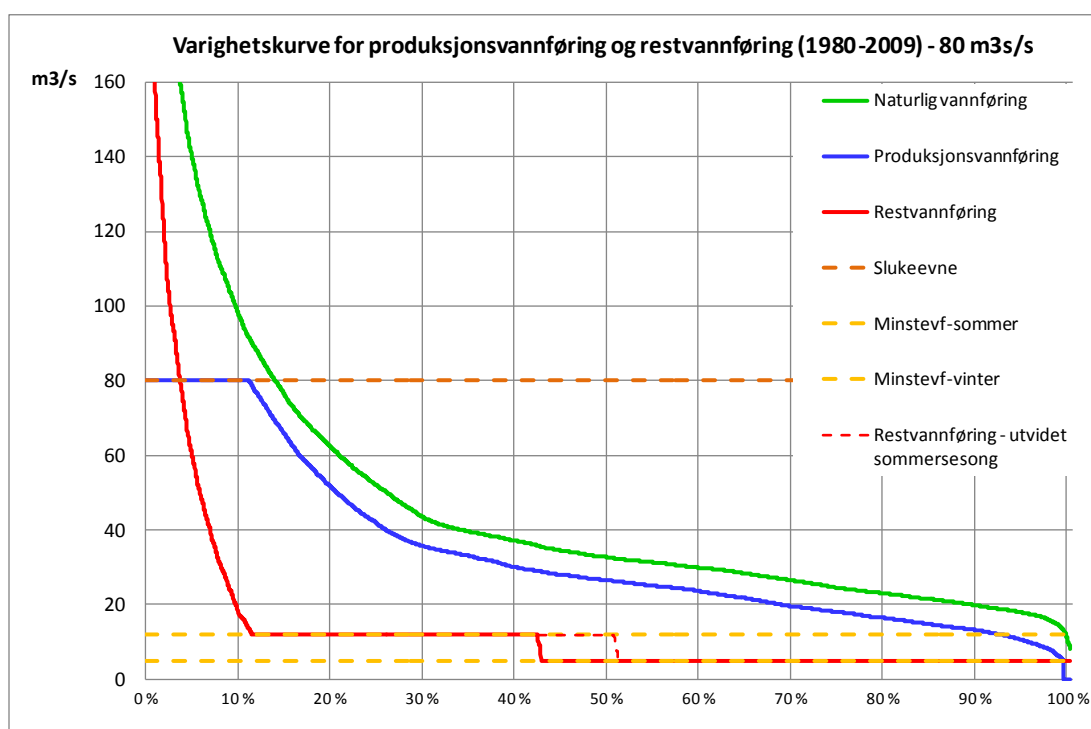
Minste slukeevne ($5 \text{ m}^3/\text{s}$) underskrives 3 dager i året (0,7 %). Alternativt minste slukeevne på $8 \text{ m}^3/\text{s}$ vil underskrives 9 dager i året (2,2 %). Ved å utvide sommerperioden til 1.5.-31.10. overskrives slukeevnen 59 dager i året (16,1 %) ved slukeevne $60 \text{ m}^3/\text{s}$ og 41 dager i året (11,2 %) ved slukeevne $80 \text{ m}^3/\text{s}$. Minste slukeevne ($5 \text{ m}^3/\text{s}$) underskrives 3 dager i året (0,8 %). Alternativt 9 dager i året (2,6 %) ved minste slukeevne på $8 \text{ m}^3/\text{s}$.

Vannføring i oktober er helt avhengig av om denne måneden defineres innenfor sommer- eller vintersesongen. Vannføringen nedstrøms inntaket vil ligge på minstevannføring ca 90 % av tiden i denne måneden ved slukeevne på $60 \text{ m}^3/\text{s}$. Ved slukeevne på $80 \text{ m}^3/\text{s}$ vil vannføringen ligge på minstevannføring i 97 % av tiden. Dette er illustrert ved varighetskurve for oktober i vedlegg B (kap 6.2, fig B5).

Vannføringens forløp over året for ulike alternativ og typiske år på sentralt berørte steder før og etter utbygging, er vist i vedlegg C (kap 6.3). Her vises også tilhørende tabell med middeltall for hvert år (tabell C1).



Figur 8. Varighetskurve (årrekken 1980-09) for produksjons- og restvannføring i Glomma ved Tolga. $60 \text{ m}^3/\text{s}$ i slukeevne og $12 \text{ m}^3/\text{s}$ minstevannføring i sommerperioden (1.5.-30.9.). Produksjonsvannføring med utvidet sommersesong (1.5.-31.10.) er ikke synlig forskjellig fra produksjonsvannføringen i grafen.



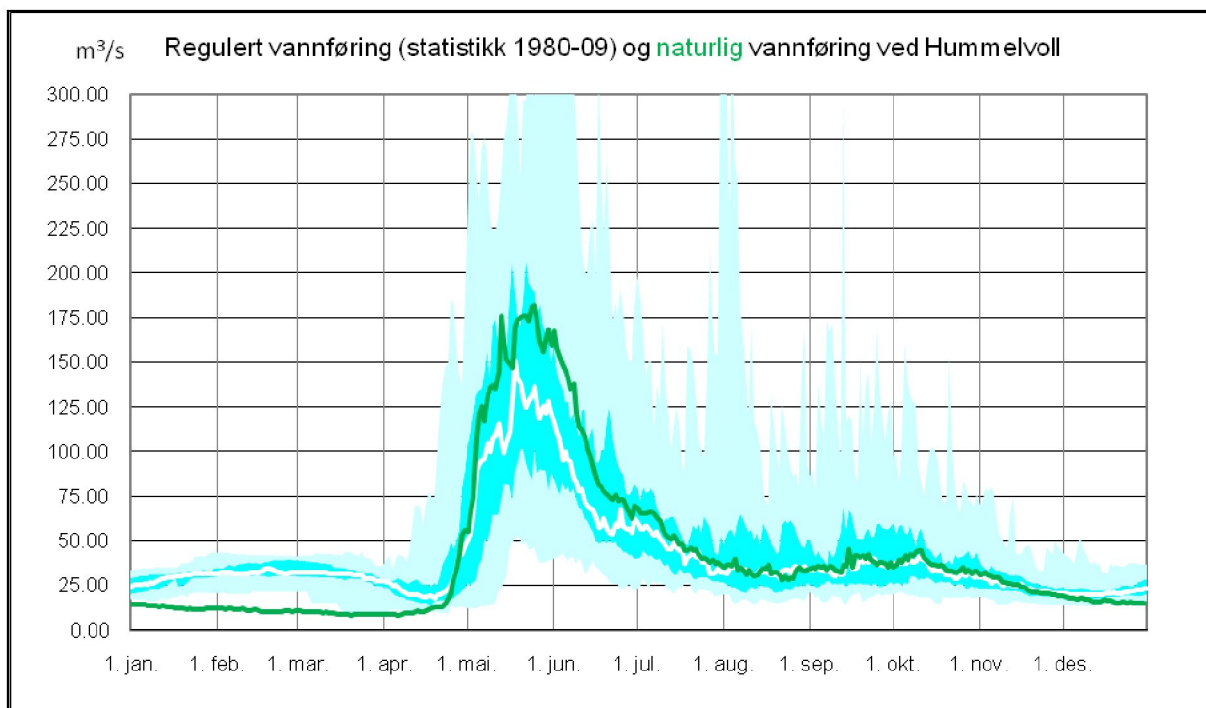
Figur 9. Varighetskurve (årrekken 1980-09) for produksjons- og restvannføring i Glomma ved Tolga. 80 m³/s i slukeevne og 12 m³/s minstevannføring i sommerperioden (1.5.-30.9.). Produksjonsvannføring med utvidet sommersesong (1.5.-31.10.) er ikke synlig forskjellig fra produksjonsvannføringen i grafen.

4.3 Minstevannføring

De ulike kraftverksalternativene i Tolgafallene medfører en elvestrekning på 7-12 km med redusert vannføring mellom inntaksdam og kraftverksutløp. De ulike utbyggingsalternativene har dam og inntak enten ved Hummelvoll eller ved Lensmannsfoss og utløp ved Eidsfoss eller ved Kleven. Planlagt slukeevne (60/80 m³/s) er i alle alternativene større enn normal vannføring i elva i vinterperioden. Det er derfor nødvendig med slipping av minstevannføring. Det vil bli utarbeidet forslag til et minstevannføringsregime som tar hensyn til naturlig avrenningsmønster og berørte interesser. I konsekvensutredningen gjøres det rede for aktuelle strategier for slipping av minstevannføring, og beregnes hva dette vil koste i form av tapt produksjon.

Berørt elvestrekning har vært påvirket av regulering de siste 80-90 år. Regulert vannføringsregime kan illustreres av vannføringen målt ved Hummelvoll (figur 10). Det fremgår her av statistikkgrunnlaget at regulert vannføring i vinterperioden varierer innenfor 10-40 m³/s. Sommeren er flomsesong.

Et sentralt grunnlag for fastsettelse av minstevannføring er alminnelig lavvannføring, som er et lavvannsmål for uregulert tilstand. Den beregnede naturlige avløpsserien (beskrevet i kapittel 1.2) bør ligge til grunn for beregning av alminnelig lavvannføring, men siden elvestrekningen har vært påvirket av reguleringer i mange tiår, er det gjort tilsvarende beregning også på regulert tilstand de siste 30 årene.



Figur 10. Naturlig median (grønn) og regulert vannføring i Glomma ved Hummelvoll-statstikk for årrekken 1980-2009.

Alminnelig lavvannføring for naturlig avløp /regulert avløp ved Hummelvoll i perioden 1980-2009 er beregnet til 8,0/17,0 m³/s (3,3 / 7,0 l/s·km²). Dette utgjør 17 og 36 % av middel i seriene (47,7 m³/s). Selv for det naturlige avløpet er denne prosentandelen stor, men tilsvarende stor lavvannføring er observert i andre norske vassdrag med stor selvreguleringsevne (Hisdal & Væringstad 2005: Estimering av alminnelig lavvannføring i umålte felt, NVE-rapport nr 6-2005). Aursunden er en stor innsjø med naturlig stort avløp vinterstid.

Alminnelig lavvannføring kan også beregnes alternativt, ved hjelp av regresjon mot feltegenskaper (NVEs program LAVVANN, med tilhørighet til region 1 og følgende feltparametre: feltbredde 34,5 km, maksimal høydeforskjell 1000 m, effektiv sjøandel 0,83 %, snaufjellprosent 27,4, spesifikt naturlig avløp 19,8 l/s·km²) og resultatet er 1,8 l/s·km² (4,3 m³/s). Dette resultatet er vesentlig lavere enn alminnelig lavvannføring beregnet fra den naturlige avløpsserien.

Det framgår at naturlig alminnelig lavvannføring i øvre Glomma er vesentlig lavere enn dagens regulerte lave vannføring på 10-40 m³/s gjennom store deler av vinteren, og utbygging vil føre til at vannføringen om vinteren vil bli mer lik naturlige forhold (mediant 8-20 m³/s).

I mai, juni og juli vil vannføringen i mye av tiden overstige slukeevnen i kraftverket, men det må påregnes vesentlig redusert vannføring om sommeren, med behov for slipping av minstevannføring. I hydrologiske regimer med typisk innlandspreg (lavvannssesong om vinteren, og flomsesong om våren/sommeren) som i Glomma, er alminnelig lavvannføring (som beregnes for hele året under ett) ikke egnet som grunnlag for å foreslå minstevannføringen om sommeren. Beregningen for et slikt regime vil legge stor vekt på lave vintervannføringer, og den alminnelige lavvannføringen blir derfor ualminnelig lav som et lavvannsmål om sommeren.

En vanlig metodikk for beregning av lavvannsindeks for sesonger er persentiler fra varighetskurven. 95 % persentilen fra varighetskurven beregnet for sommersesongen er egnet som en sesongbasert lavvannsindeks (Engeland, Hisdal, Orthe, Petersen-Øverleir, Voksø: Lavvannskart for Norge, NVE-Oppdragsrapport nr 5-2008). For den naturlige avløpsserien ved Hummelvoll i perioden 1980-2009 er det beregnet varighetskurve for sommersesongen 1.mai-30.september alternativt 1.mai-31.oktober (figur 11) og for vintersesongen 1.oktober-30.april alternativt 1.november-30.april (figur 12). Vannføringen som naturlig overskrides 95 % av tida er ca 18 m³/s om sommeren og ca 7 m³/s om vinteren for begge sesonginndelingene.

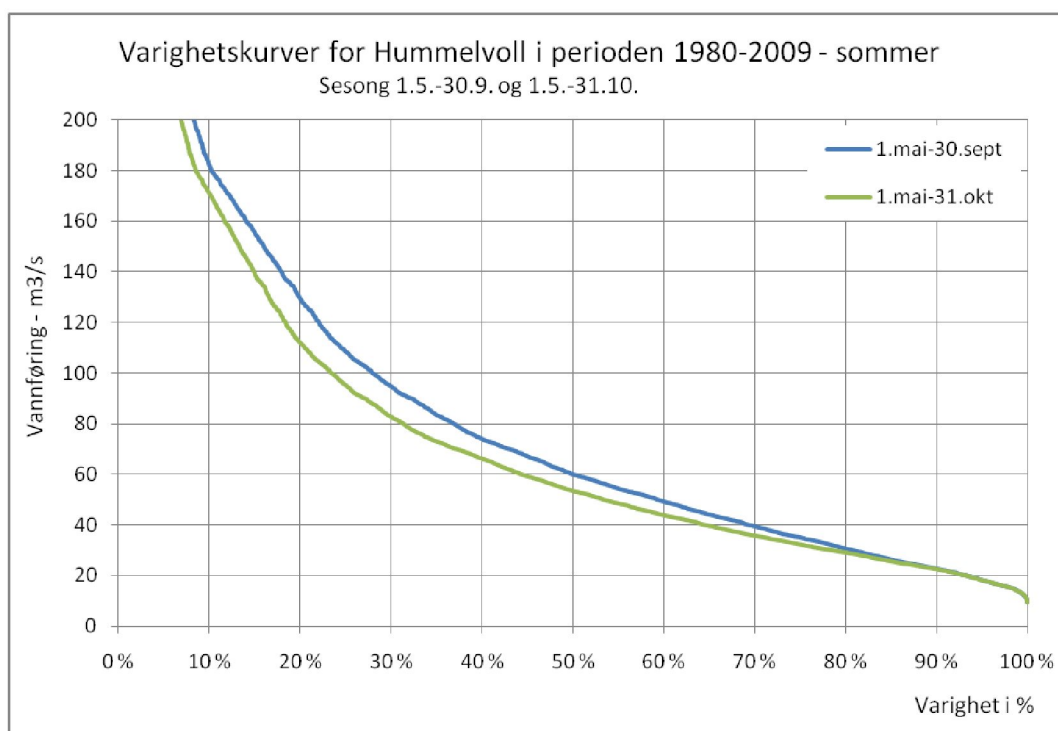
Varighetskurven for sommersesongen viser at vannføringen for kraftverk med slukeevne på 60 m³/s overskrides i ca 50 % av tiden for perioden 1.mai-30.september og 45 % av tiden for perioden 1.mai-31.oktober, som innebærer forbitapping i store deler av sommerperioden og i de fleste år.

Varighetskurven for vintersesongen viser at vannføringen for kraftverk med slukeevne på 60 m³/s overskrides i ca 4 % av tiden for perioden 1.oktober-30.april og ca 2 % av tiden for perioden 1.november-30.april.

Med bakgrunn i beregningene kunne det vært grunnlag for å foreslå minstetapping på 8 og 18 m³/s i vinter- og sommerperioden. Minstevannføringen må imidlertid alltid vurderes ut fra behov, og her mest knyttet til landskapsmessig inntrykk og levevilkår for fisk.

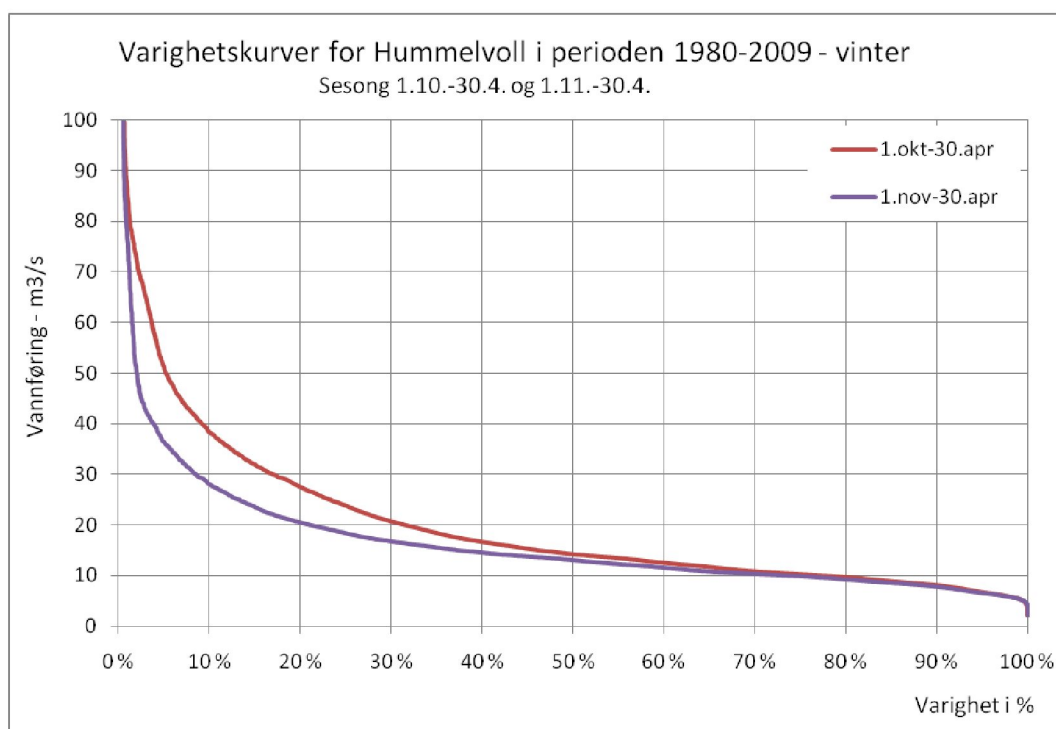
Det vil bli foretatt fotografering av elvestrekningen på vannføring ned mot 11 m³/s. Utbygger har vurdert at 5 m³/s kan være egnet for å sikre stabile isforhold i vinterperioden, i tillegg til at dette er tilstrekkelig for å ivareta fiskebestanden. Alternativer med 10-12 m³/s er lagt til grunn i sommerperioden, på bakgrunn av inntrykk fra bildemateriell, og fordi man kan påregne forbitapping ut fra oversteget slukeevne i perioder.

Kostnadene ved slipp av minstevannføring er beregnet til 25-37 GWh pr. år (jfr. kapittel 5.3).



Figur 11. Varighetskurver for naturlig (uregulert) avløp i sommersesongen ved Hummelvoll i perioden 1980-2009. Årsmiddel 47,7 m³/s.

Middelverdi mai-sept 85,8 m³/s. Middelverdi mai-okt 78,2 m³/s.



Figur 12. Varighetskurver for naturlig (uregulert) avløp i vintersesongen ved Hummelvoll i perioden 1980-2009. Årsmiddel 47,7 m³/s. Middelverdi okt-apr 20,3 m³/s. Middelverdi nov-apr 16,8 m³/s.

4.4 Driftsvannføring

Tilløpet til Tolga kraftverk (inntak Hummelvoll) er 48,1 m³/s eller 1518 mill. m³/år og ca 65 % kan utnyttes. Ca 35 % kan følgelig ikke utnyttes, på grunn av slipping av minstevannføring, flomtap og fordi vannføringen i perioder er for lav til å drive kraftverket. Fordeling av vannføringer er vist i tabell 6 for slukeevne 60 og 80 m³/s med 10 og 12 m³/s som minstevannføring i sommerperioden. Minstevannføringen utgjør 14,7 og 16,4 % av tilløpet (ved 60 m³/s slukeevne) for hhv. alternativet med 10 og 12 m³/s i sommerperioden (5 m³/s i vinterperioden).

Tabell 6. Fordelingen av tilløpet på driftsvannføring, minstevannføringslipp og flomtap. For slukeevne 60 m³/s er beregningen gjort for alternativene 3A og 3B med middelvannføring på 48,1 m³/s og minste vannføring for produksjon på 5 m³/s. Alternativ 2A har noe større middelvannføring, 48,5 m³/s. Fordeling mellom driftsvannføring og forbitapping blir imidlertid tilnærmet lik som for de ovennevnte alternativene. For slukeevne 80 m³/s er beregningen gjort for alternativ 2B med minste vannføring for produksjon på 5 m³/s. Sommerperioden er 1.5.-30.9. (1.5.-31.10 i parentes).

Pålagt minstevf. m ³ /s sommer/vinter: år	10 / 5: 7,1 (7,5)		12 / 5: 7,9 (8,5)	
	60	80	60	80
slukeevne m ³ /s	60	80	60	80
driftsvannf. m ³ /s	31,5 (31,0)	34,5 (34,1)	30,9 (30,2)	33,8 (33,3)
flomtap m ³ /s	9,6 (9,6)	7,0 (7,0)	9,3 (9,4)	6,8 (6,8)
driftsvannf.	65,4 % (64,4 %)	71,0 % (70,2 %)	64,2 % (62,9 %)	69,7 % (68,5 %)
minstevannf.	14,8 % (15,6 %)	14,6 % (15,5 %)	16,4 % (17,7 %)	16,3 % (17,5 %)
flomtap	19,8 % (20,0 %)	14,4 % (14,4 %)	19,4 % (19,5 %)	14,0 % (14,0 %)

Vannutnyttelsen i kraftverket er simulert for tre typiske år og viser at det hvert år kan regnes med perioder med overløp (se vedlegg C, kap 6.3). Både i tørt år (1996) og middels år (1981) varte perioden med overløp fra medio mai til medio juni i tillegg til noen dager i juli, selv om totalvolumet var langt større i 1981 enn i 1996. I vått år (1984) varte den fra ultimo april til medio juni. I tillegg var det overløp noen dager i slutten av juni og i over halvparten av dagene i perioden medio september - primo november. Spesielt i tørre år kan det være perioder med vannføring betydelig over minstevannføring i forbitappingsstrekningen fordi vannføringen er for liten til å drifte kraftverket. Et eksempel er september 1996 (se vedlegg C, kap 6.3).

4.5 Flomforhold og flomdemping

De største flommene i øvre Glomma i perioden 1963-2009 har vært om sommeren i mai og juni, med størst andel (77 %) i mai. De fem største årsflommene som er observert ved Hummelvoll er vist i tabell 7. Etter analyseperioden (16.8.2011) har det i tillegg vært en flom på 359 m³/s.

Den berørte elvestrekningen er lite utsatt for flomskader. Selv under 1995-flommen ble det ikke rapportert om vesentlige skader.

Tabell 7. De fem største observerte flommer ved Hummelvoll i perioden 1963-2009.

Observerte flommer (døgnmiddel) ved Hummelvoll (m ³ /s)	
1.6.1995	463
19.5.1966	381
29.5.1985	379
24.5.1992	358
1.8.1989	353

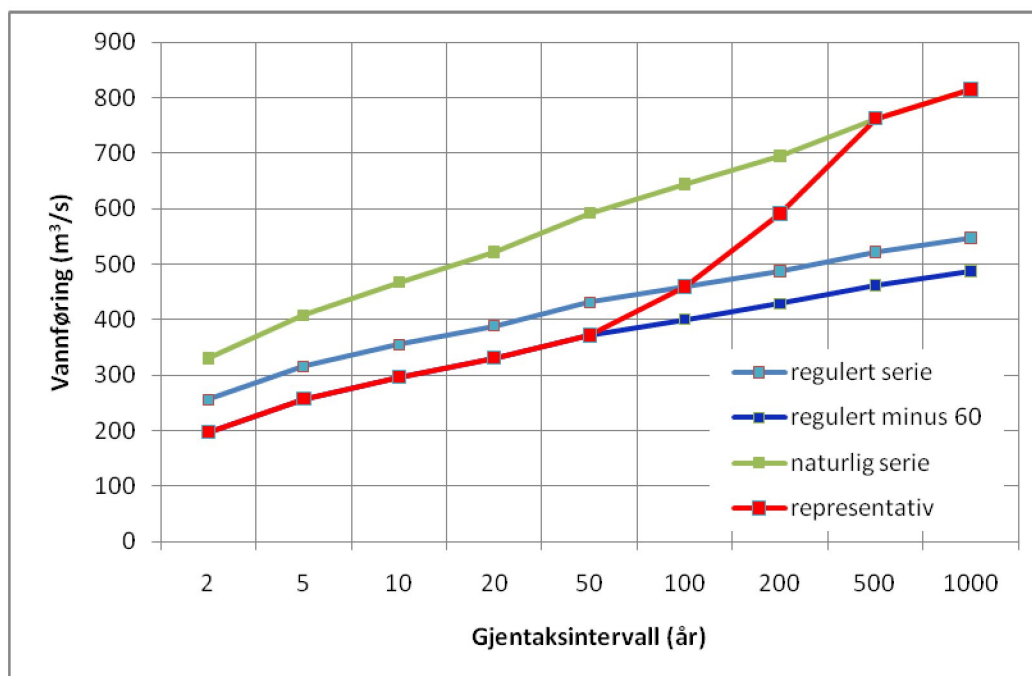
Det er utført flomfrekvensanalyse på årsflommer (døgnmidler) i Glomma ved Hummelvoll for observert regulert vannføringsserie i årrekken 1963-2009, og for beregnet naturlig vannføringsserie i årrekken 1980-2009. Resultatene er vist grafisk og tabellarisk i vedlegg D (kap 6.4).

Flomfrekvensanalysen er utført ved hjelp av NVEs program Ekstrem i Start-systemet. I frekvensanalysen er årsflommene tilpasset sju ulike fordelingsfunksjoner som alle er plottet grafisk i samme diagram. Den fordelingsfunksjonen som visuelt synes best tilpasset de observerte flommene er valgt som representativ. Plotteposisjonsformelen som benyttes i frekvensanalysen gjør at outliere, verdier som har et annet gjentaksintervall enn hva observasjonsperiodens lengde tilsier, plottes med for lite gjentaksintervall. Dette kan være tilfellet for 1995-flommen, spesielt i den beregnede naturlige avløpsserien, og valgte fordelingsfunksjon tar hensyn til dette. Et annet usikkerhetsmoment i flomberegningene er at vannføringskurven ved Hummelvoll er ekstrapolert for vannføringer større enn flommer middelflommen (256 m³/s), største målte vannføring som inngår i gjeldende vannføringskurve er 248 m³/s.

Flomfrekvensanalysen på den observerte regulerte serien er godt representativ for flomforholdene som kan ventes i framtida på lave og middels store gjentaksintervall, der det antas at reguleringen av Aursunden har god flomdempende effekt. Ved store gjentaksintervall derimot er det i flomfrekvensanalyser vanlig å anta at reguleringsmagasiner er fulle og ikke lenger har samme flomdempende effekt, og at avrenningen i vassdraget er av tilnærmet naturlig og uregulert karakter. Flomfrekvensanalysen på den beregnede naturlige serien (som tar hensyn

til selvregulering) regnes derfor å være representativ for flomforholdene som kan ventes i framtida på store gjentaksintervall. Den største observerte flommen ved Hummelvoll, 1995-flommen, er ca $460 \text{ m}^3/\text{s}$, mens denne flommen ved naturlige uregulerte forhold er beregnet til ca $695 \text{ m}^3/\text{s}$. Dette indikerer at 1995-flommen ble godt dempet. 1995-flommen er plottet med 100-års gjentaksintervall. Det antas dermed at Aursunden har god flomdempende effekt på flommer opp til og med 100 års gjentaksintervall. Videre antas at magasinets flomdempende effekt avtar fra 200-års gjentaksintervall, og at flommer større enn dette forløper uregulert slik at flomstørrelsene beregnes med frekvensanalyse på den naturlige serien. Ved små og middels store flommer antas det at kraftverket er i drift med slukeevne $60 \text{ m}^3/\text{s}$, mens ved større flommer (antatt fra 100 år gjentaksintervall) er det sannsynlig med utfall av kraftverket.

Figurene i vedlegg D (kap 6.4) viser som beskrevet flomfrekvensanalyse for dagens regulerte forhold, for dagens regulerte forhold fratrukket kraftverkets produksjonskapasitet på $60 \text{ m}^3/\text{s}$ og for naturlig serie der effekten av reguleringene er fjernet. Som tidligere beskrevet er frekvensanalyse på observert regulert serie antatt å være representativ for flommer med gjentaksintervall opp til og med 100-årsflom, med en jevn overgang til flommer med 500-års gjentaksintervall og større, der frekvensanalyse på naturlige forhold er mest representative. Figur 13 viser plott av valgt frekvensfordeling for tre ulike serier, observert regulert serie (mellomblå), observert regulert serie fratrukket kraftverkets slukeevne på $60 \text{ m}^3/\text{s}$ (mørk blå), og beregnet naturlig serie (grønn), samt den representative fordelingen (rød) som utgjør en kombinasjon av disse. I tabell 8 er de representative flomstørrelsene (rødt) oppgitt. Vannføring ved dagens middelflom ($256 \text{ m}^3/\text{s}$) vil tilsvare en 5-års flom ved Tolga sentrum etter utbygging av kraftverk med $60 \text{ m}^3/\text{s}$ i slukeevne. Vannføring ved dagens 10-års flom ($355 \text{ m}^3/\text{s}$) forventes å tilsvare en 40-års flom etter utbygging. Vannstand ved flommer større enn middelflom vil senkes med ca 30 cm i forhold til dagens situasjon når $60 \text{ m}^3/\text{s}$ går gjennom kraftverket.



Figur 13. Representative flomstørrelser (rødt) på berørt elvestrekning, basert på frekvensanalyse på årsflommer (døgnmidler) på observerte regulerte og beregnede naturlige flomstørrelser.

Tabell 8. Representative flomstørrelser på berørt elvestrekning, basert på frekvensanalyse på årsflommer (døgnmidler) og beregnede naturlige flomstørrelser.

Gj.int.vall (år)	Regulert serie	Regulert minus 60 m ³ /s	Naturlig serie	Representative flomstørrelser
Middelflom	256	196	330	196
5	315	255	408	255
10	355	295	467	295
20	390	330	522	330
50	430	370	592	370
100	459	399	644	460
200	487	427	695	591
500	521	461	763	763
1000	547	487	815	815

4.6 Regulert vannføring for perioden 1961-1990

Som et grunnlag for bestemmelse av konsesjonsavgifter og konsesjonskraft er det beregnet regulert vannføring i bestemmende år og i median år for Tolga kraftverk. Beregningene er gjort ved bruk av reguleringskurve fra Aursunden og vannføringsdata for perioden 1961-1990. Regulert vannføring er beregnet til 17,1 m³/s i bestemmende år og 21,7 m³/s i median år. Beregningen med og uten fratrekk for minstevannføring er vist i vedlegg E (kap 6.5). Alminnelig lavvannføring for perioden 1961-1990 er beregnet til 5,7 m³/s.

4.7 Vanntemperatur, isforhold, lokalklima

Mulige endringer i temperatur- og isforhold på berørt strekning skal utredes i egne rapporter spesielt med tanke på isgang og fare for oversvømmelse av bebyggelse i Tolga sentrum som resultat. Det skal derfor legges vekt på å utrede om en utbygging kan bedre forholdene relatert til isgang. Andre lokalklimatiske forhold, som endringer i forekomst av frostrøyk og nattefrost, skal også utredes.

5 Kraftproduksjon

Produksjonsberegningene/simuleringene er utført på døgnbasis med et egenutviklet excelbasert system som også håndterer hydrauliske forhold (falltap i tunnel og oppstuvning i undervannet).

5.1 Hoveddata for Tolga kraftverk

For alternativene 3A og 3B vil tunnelinntak være nedenfor Hummelvoll. For alternativene 2A og 2B vil tunnelinntak være ved Lensmannsfoss. Tunnelene er planlagt med tverrsnitt på ca. 40 m² (46 m² for alt 2B) og får lengder mellom 7,2 og 11,5 km avhengig av hvilket alternativ som velges. Utløpene er planlagt hhv. ved Kleven og Eidsfossen. Se forøvrig kart over

utbyggingsområdet med tunnelalternativ og berørte elvestrekninger på forsiden av rapporten (figur 1).

For alle alternativene planlegges det to eller tre turbiner av typen Francis eller Kaplan. Installert effekt varierer på grunn av ulik fallhøyde. Hoveddata for kraftverkene er ellers vist i tabell 9.

Tabell 9. Hoveddata for kraftverkene/alternativene.

Tolga kraftverk:		Alt 3A	Alt 3B	Alt 2A	Alt 2B
Nedbørfelt	km ²	2453	2453	2505	2505
Middelvannføring (1980-2009)	m ³ /s	48,1	48,1	48,5	48,5
Overvann, kote	moh	587,25	587,25	568,0	568,0
Undervann, kote	moh	497,50	507,50	497,5	507,5
Brutto fallhøyde	m	89,75	79,75	70,5	60,5
Maksimal slukeevne	m ³ /s	60	60	60	80
Minimal slukeevne	m ³ /s	5	5	5	5
Maks effekt	MW	41	36	33	36
Antall aggregat	stk	2-3	2-3	2-3	2-3
Produksjon, sommer*	GWh	103,7	92,0	82,3	80,8
Produksjon, vinter	GWh	96,5	85,8	76,5	67,0
Produksjon, årlig	GWh	200,2	177,8	158,8	147,8
Utbyggingskostnad	mill. kr	776	717	647	662
Utbyggingspris	kr/kWh	3,88	4,03	4,07	4,48

* minstevannføring på 12 m³/s (5 m³/s om vinteren). Sommersesong 1.5.-30.9.

5.2 Produksjonen i Tolga kraftverk

Mest aktuelle slukeevne for Tolga kraftverk er 60 m³/s, men også alternativ 80 m³/s er utredet (Alt 2B). Det er også gjort en sammenligning mellom sommervannføring på 12 og 10 m³/s og mellom alternative perioder for sommervannføring (1.5. - 30.9. og 1.4. - 31.10.) i tabell 10.

Tabell 10. Simulert produksjon for Tolga kraftverk. Minstevannføring sommer(1.5.-30.9) er 12 eller 10 m³/s. Minstevannføring vinter er 5 m³/s. I parentes i kolonnen GWh/år vises også produksjon for lengre perioder med sommervannføring (1.5.-31.10 og 1.4.-31.10). Beregningen er gjort med minste slukeevne på 5 m³/s. Minste slukeevne på 8 m³/s ville gitt ca 0,5 GWh mindre i årsproduksjon.

Alternativ	Slukeevne m ³ /s	min.vannf. m ³ /s	GWh/år	GWh/sommer 1.5. - 30.9.	Sommer-prod. Andel
3A	60	12	200,2 (196,8-193,0)	103,7	51,8 %
3A	60	10	203,7 (201,2-198,6)	107,1	52,6 %
3B	60	12	177,8 (174,8-171,4)	92,0	51,7 %
3B	60	10	180,9 (178,7-176,4)	95,1	52,6 %
2A	60	12	158,8 (156,1-153,1)	82,3	51,9 %
2A	60	10	161,5 (159,6-157,5)	85,0	52,7 %
2B	80	12	147,8 (145,3-142,7)	80,8	54,6 %
2B	80	10	150,5 (148,7-146,8)	83,5	55,5 %

Ved å redusere sommervannføringen fra 12 til 10 m³/s økes årsproduksjonen med ca 3 GWh. Ved å utvide sommerperioden til 1.5.-31.10. reduseres årsproduksjonen med 1,8-3,4 GWh avhengig av hvilket alternativ som velges.

Ved å utvide sommerperioden ytterligere til 1.4.-31.10. reduseres årsproduksjonen med 3,7-7,2 GWh (i forhold til 1.5.-30.9.) avhengig av hvilket alternativ som velges.

5.3 Beregnet produksjon uten minstevannføring og for tidligere årrekker

I tabell 11 er det sammenstilt beregnet produksjon i Tolga kraftverk uten slipping av minstevannføring for slukeevner på 60 (Alt 3A) og 80 m³/s (Alt 2B).

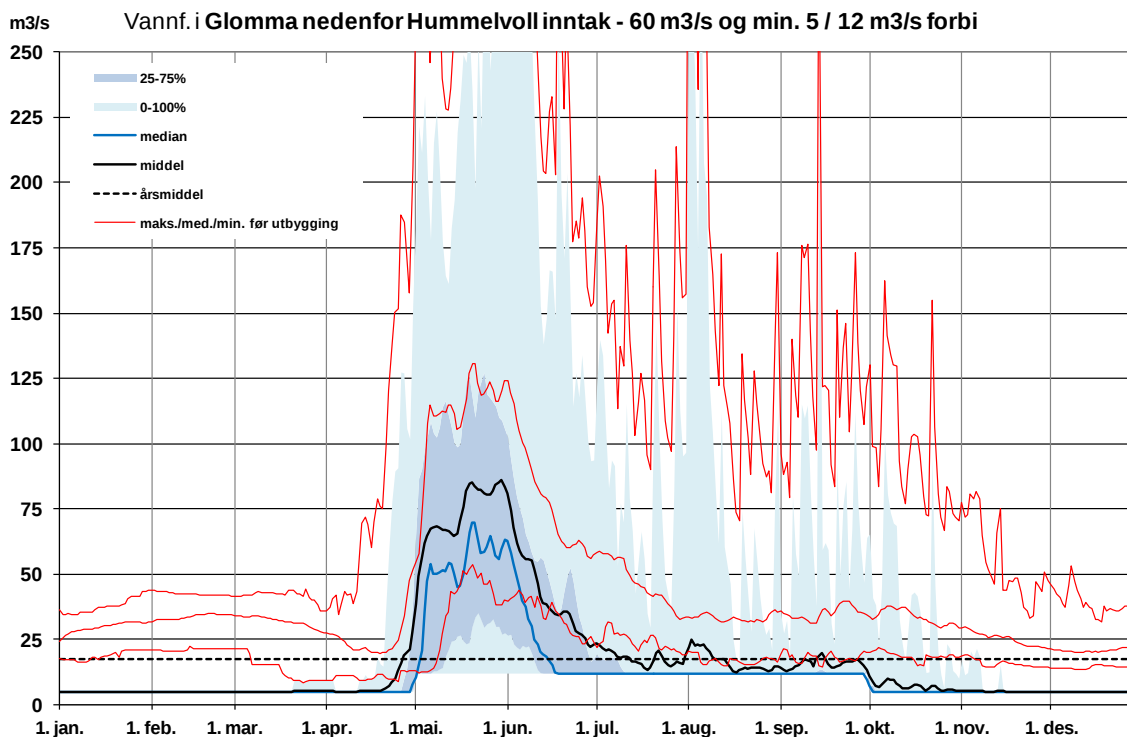
I tabellen er det også sammenstilt beregnet produksjon i årrekken 1961-90 for tilsvarende slukeevner og minstevannføring på 10 og 12 m³/s i sommerperioden. Reduksjonen utgjør ca 11-14 GWh/år (ca 7 %) og er noe større enn reduksjonen i midlere vannføring, som er 5 %.

Tabell 11. Beregnet produksjon uten slipp av minstevannføring og reduksjon for årrekken 1961-90. Produksjon for årrekken 1980-2009 med utvidet sommersesong (1.5.-31.10.) er vist i parentes.

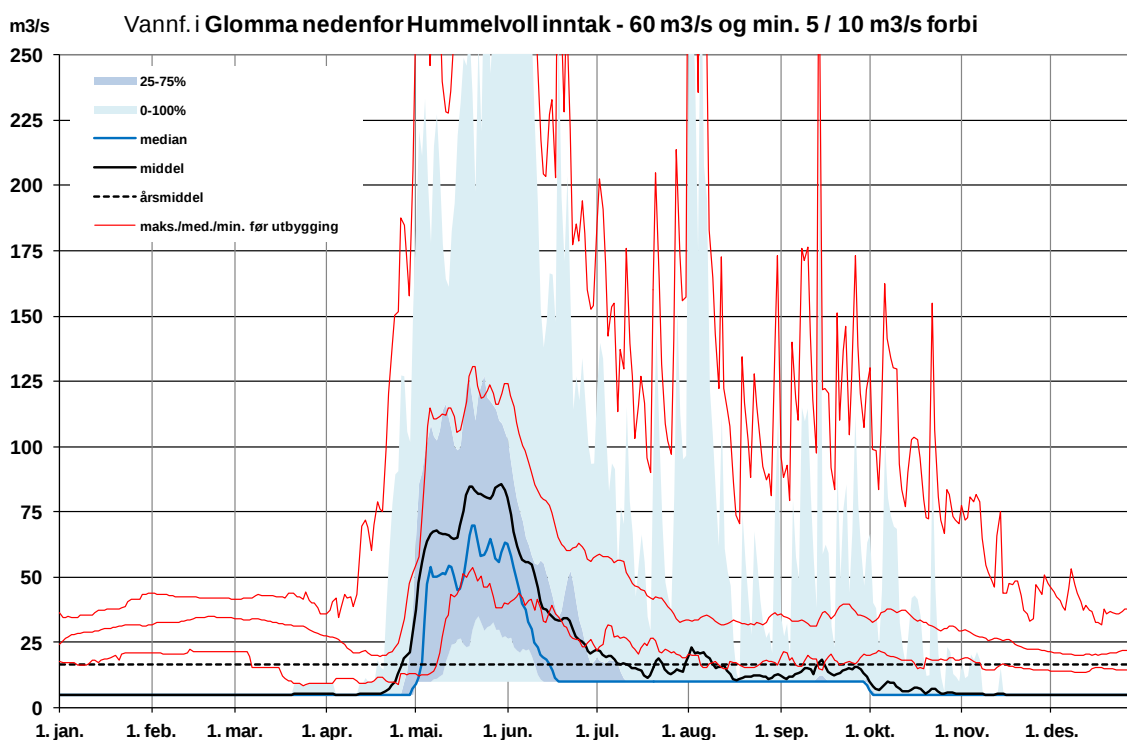
Tolga krv slukeevne	uten minstevannf.		Tolga 1980-09		1961-90 (i ft. 1980-09)	
	GWh/ år	Økning	min.vannf. sommer	GWh/år	GWh/år	Reduksjon
3A - 60 m ³ /s	236,9	33,2	10 m ³ /s	203,7 (201,2)	190,1	6,7 %
3A - 60 m ³ /s	236,9	36,7	12 m ³ /s	200,2 (196,8)	186,6	6,8 %
3B - 60 m ³ /s	210,4	29,5	10 m ³ /s	180,9 (178,7)	168,8	6,7 %
3B - 60 m ³ /s	210,4	32,6	12 m ³ /s	177,8 (174,8)	165,7	6,8 %
2A - 60 m ³ /s	187,7	26,2	10 m ³ /s	161,5 (159,6)	149,9	7,2 %
2A - 60 m ³ /s	187,7	28,9	12 m ³ /s	158,8 (156,1)	147,2	7,3 %
2B - 80 m ³ /s	175,5	25,0	10 m ³ /s	150,5 (148,7)	139,8	7,1 %
2B - 80 m ³ /s	175,5	27,7	12 m ³ /s	147,8 (145,3)	137,1	7,2 %
					gj.sn.:	7,0 %

6 Vedlegg

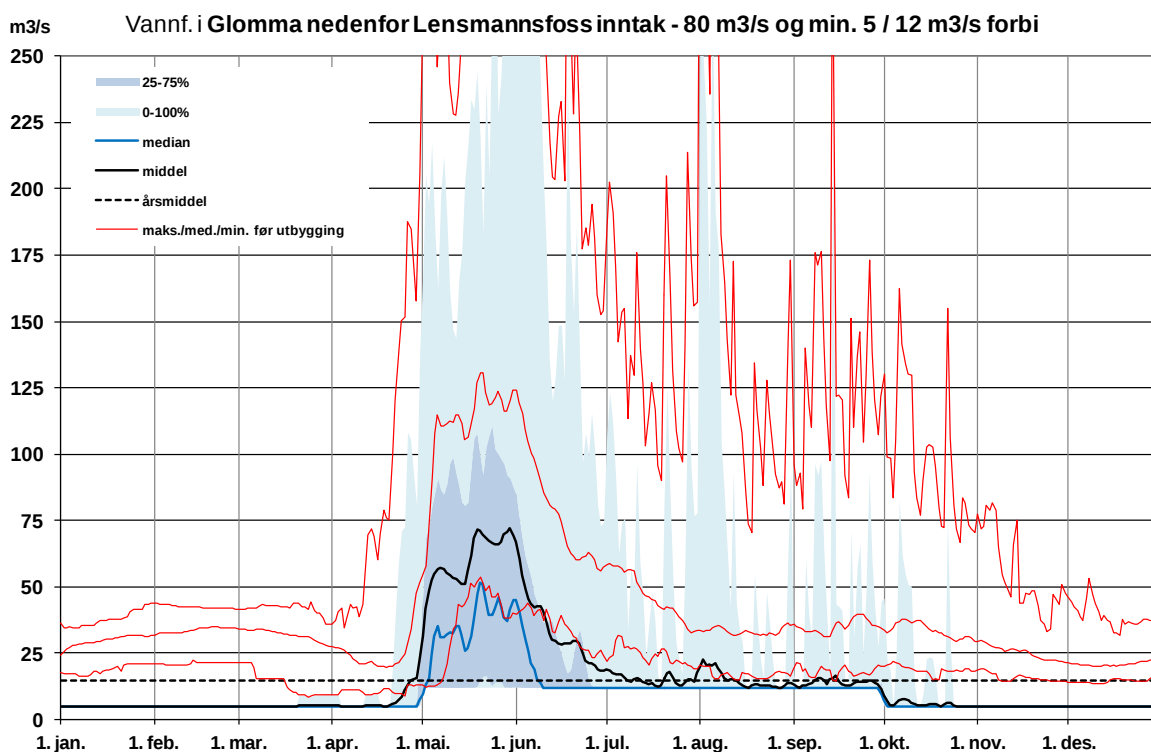
6.1 Vedlegg A - Statistikk for vannføringen i kurveform



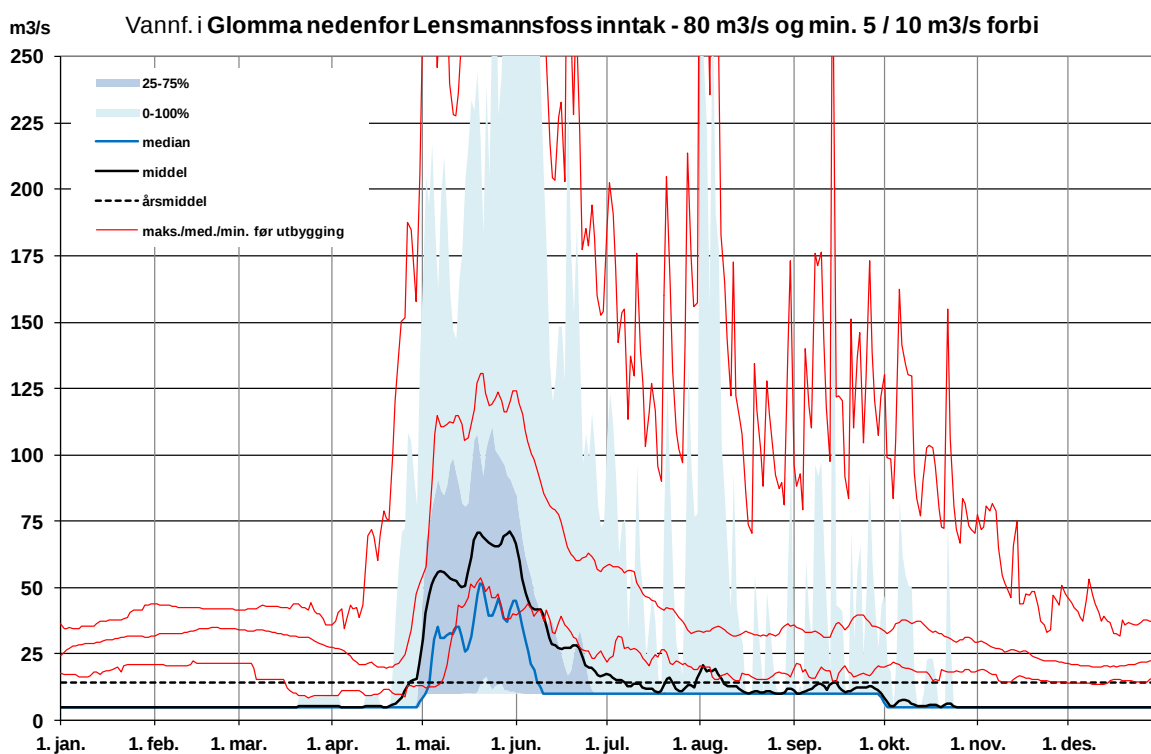
Figur A1. Vannføring i Glomma nedstrøms kraftverksinntak. Alternativ med slukeevne 60 m³/s og minstevannføring på 12/5 m³/s om sommeren/vinteren.



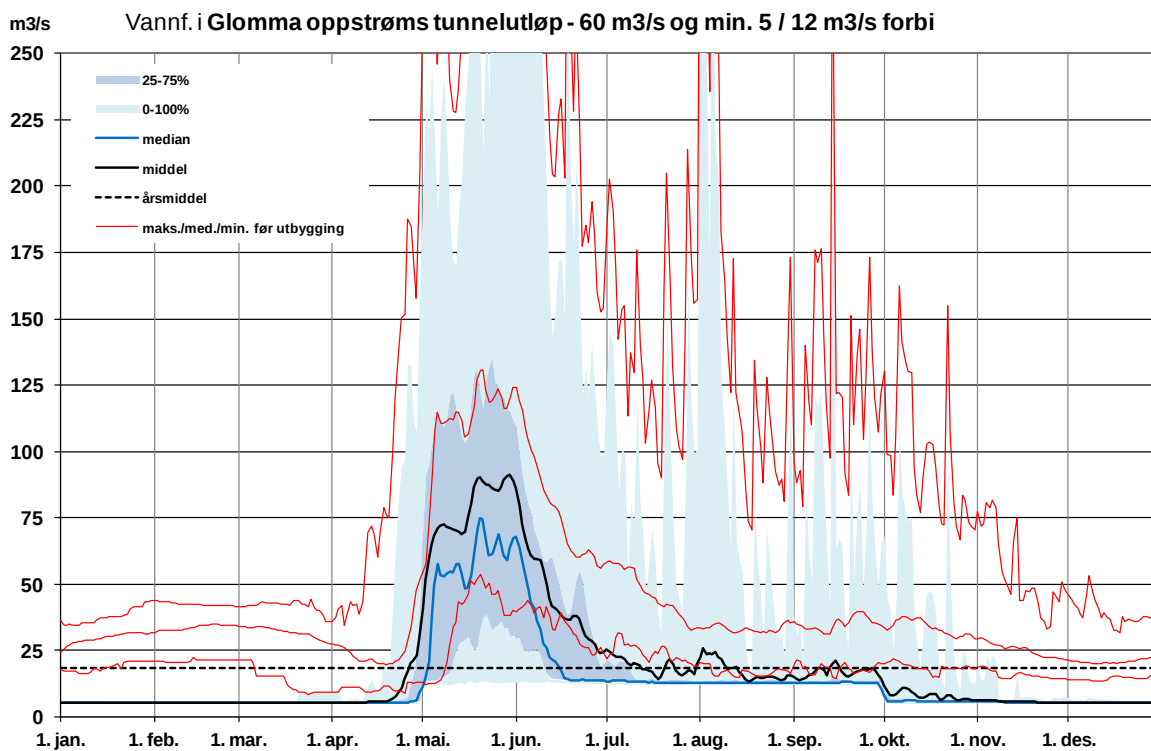
Figur A2. Vannføring i Glomma nedstrøms kraftverksinntak. Alternativ med slukeevne 60 m³/s og minstevannføring på 10/5 m³/s om sommeren/vinteren.



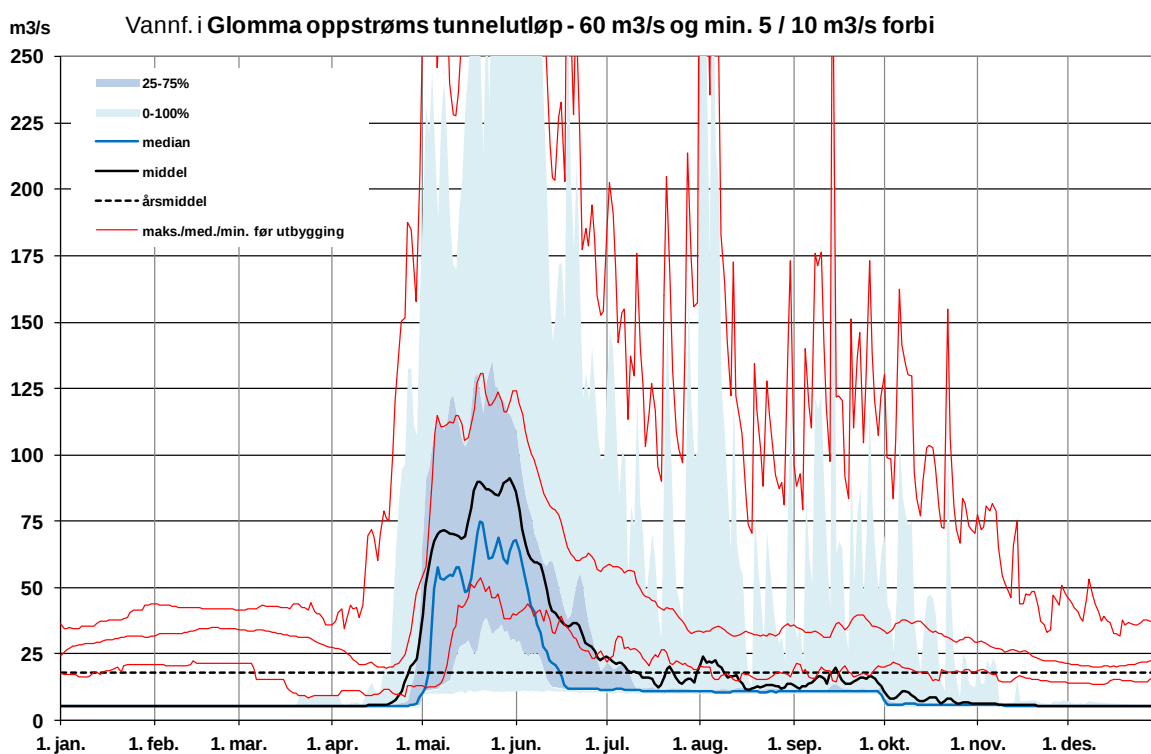
Figur A3. Vannføring i Glomma nedstrøms kraftverksinntak. Alternativ med slukeevne 80 m³/s og minstevannføring på 12/5 m³/s om sommeren/vinteren.



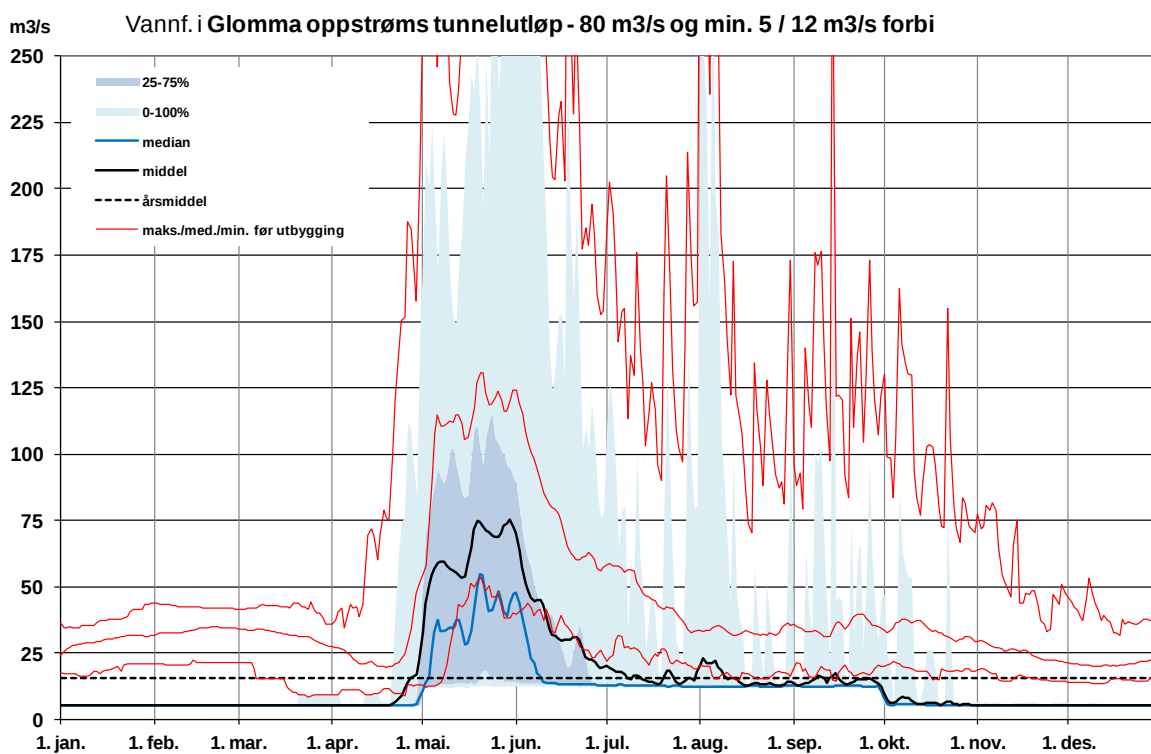
Figur A4. Vannføring i Glomma nedstrøms kraftverksinntak. Alternativ med slukeevne 80 m³/s og minstevannføring på 10/5 m³/s om sommeren/vinteren.



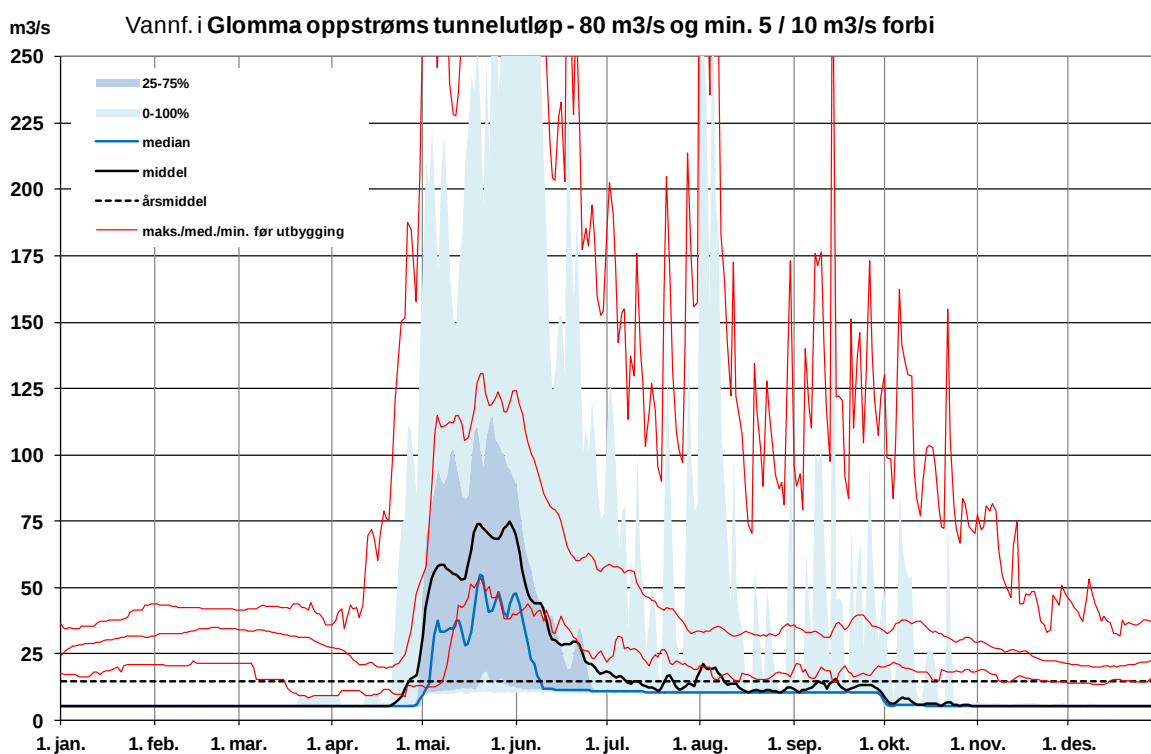
Figur A5. Vannføring i Glomma oppstrøms tunnelutløp. Alternativ med slukeevne 60 m³/s og minstevannføring på 12/5 m³/s om sommeren/vinteren.



Figur A6. Vannføring i Glomma oppstrøms tunnelutløp. Alternativ med slukeevne 60 m³/s og minstevannføring på 10/5 m³/s om sommeren/vinteren.

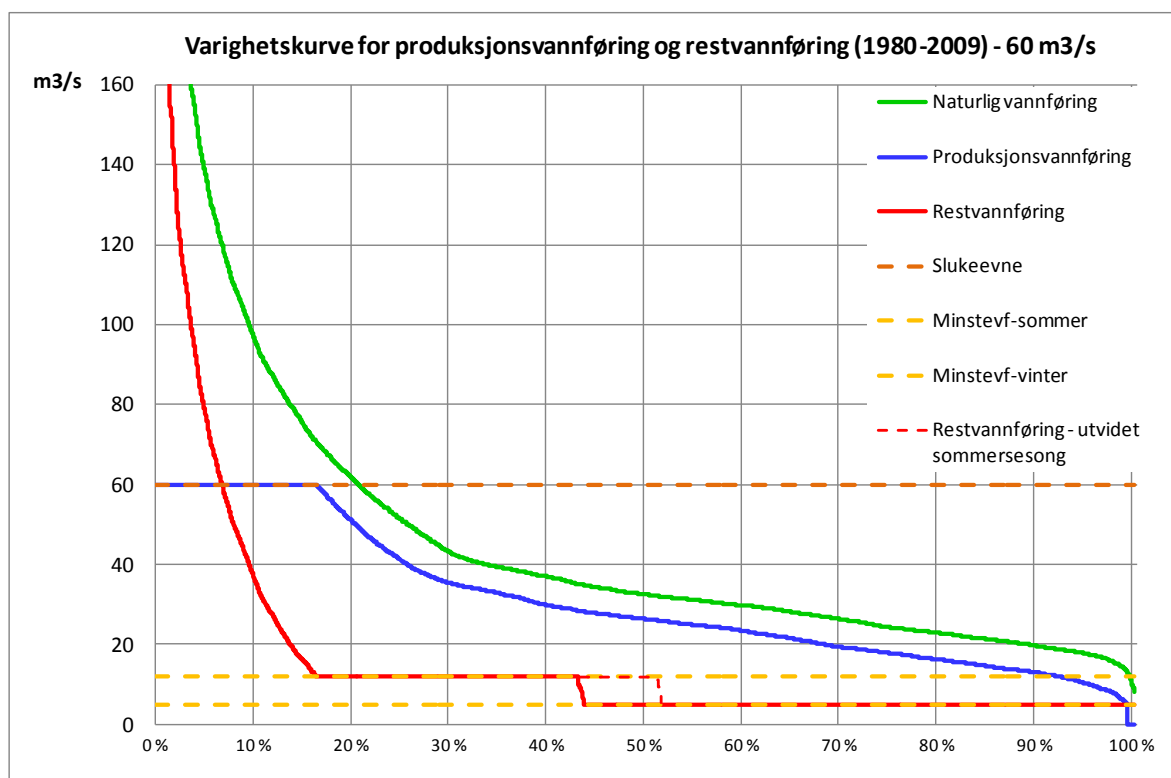


Figur A7. Vannføring i Glomma oppstrøms tunnelutløp. Alternativ med slukeevne 80 m³/s og minstevannføring på 12/5 m³/s om sommeren/vinteren.

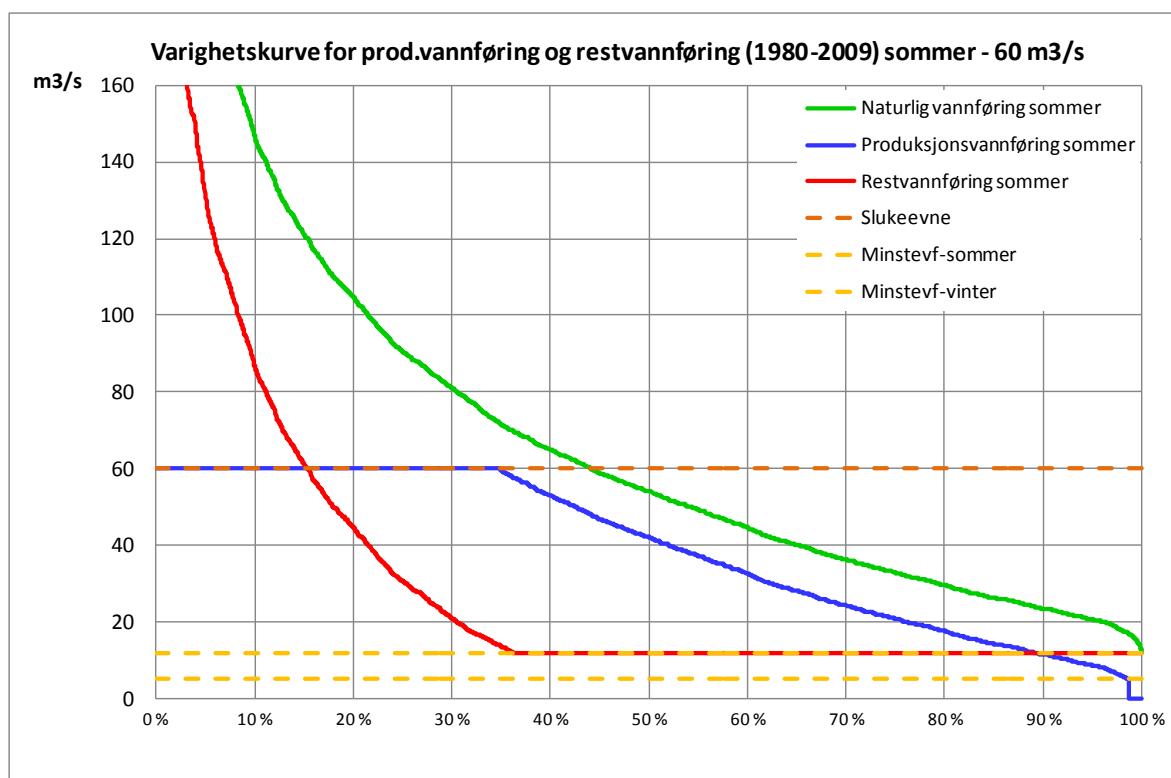


Figur A8. Vannføring i Glomma oppstrøms tunnelutløp. Alternativ med slukeevne 80 m³/s og minstevannføring på 10/5 m³/s om sommeren/vinteren.

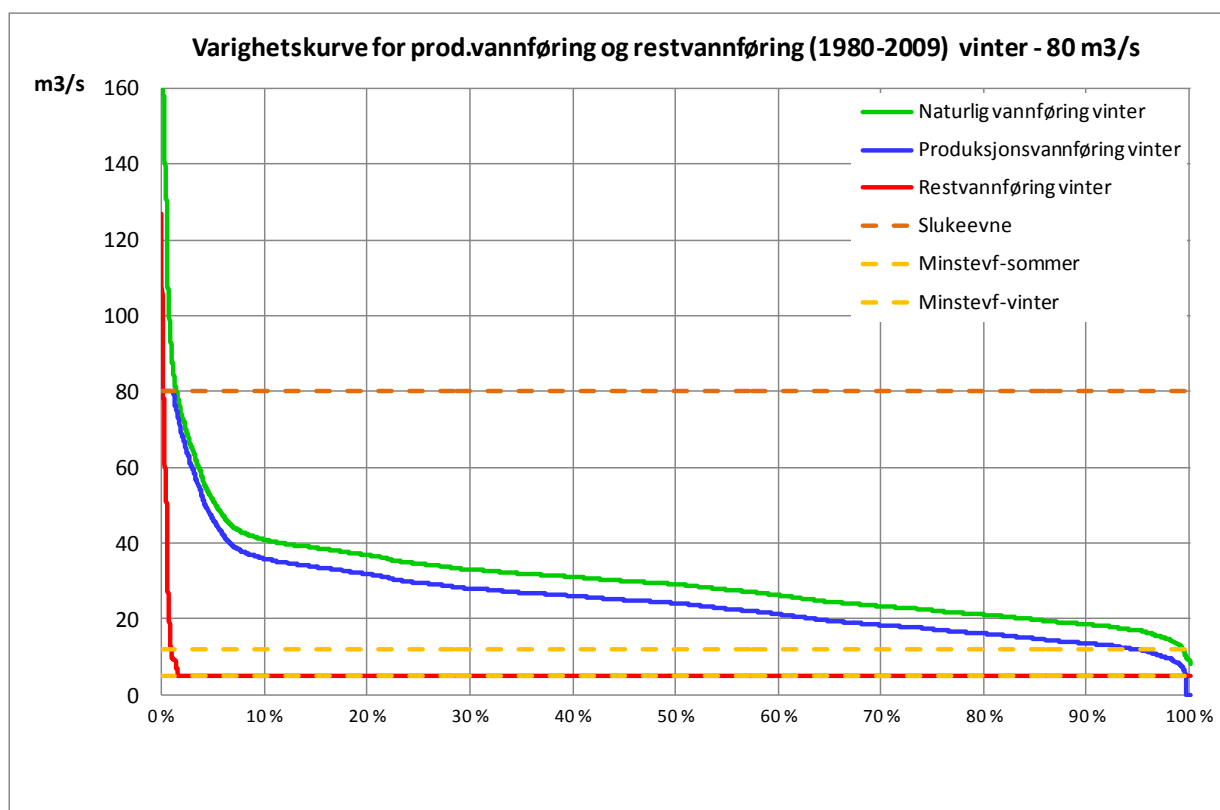
6.2 Vedlegg B – Varighetskurver for sommer- og vintersesong



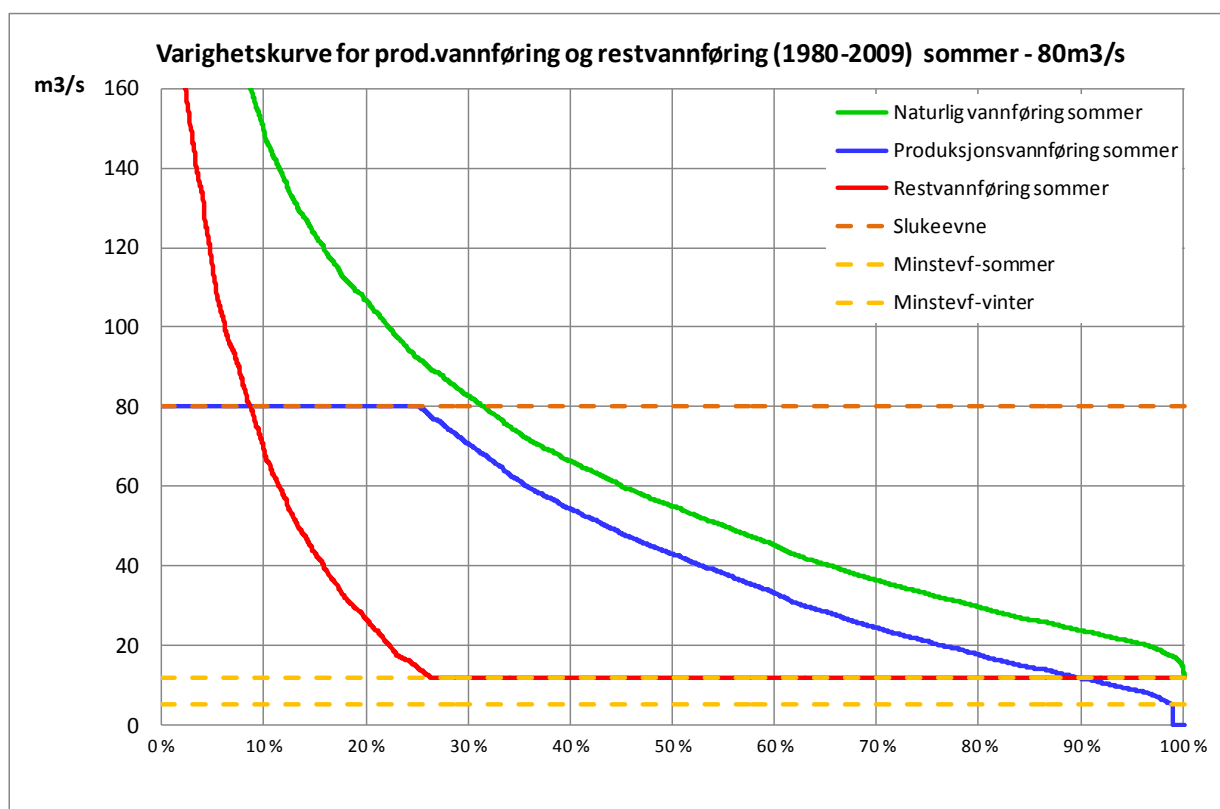
Figur B1. Varighetskurve vinter (årrekken 1980-09) for produksjons- og restvannføringene i Glomma ved Tolga 60 m³/s i slukeevne og 12 m³/s minstevannføring i sommerperioden (1.5.-30.9.).



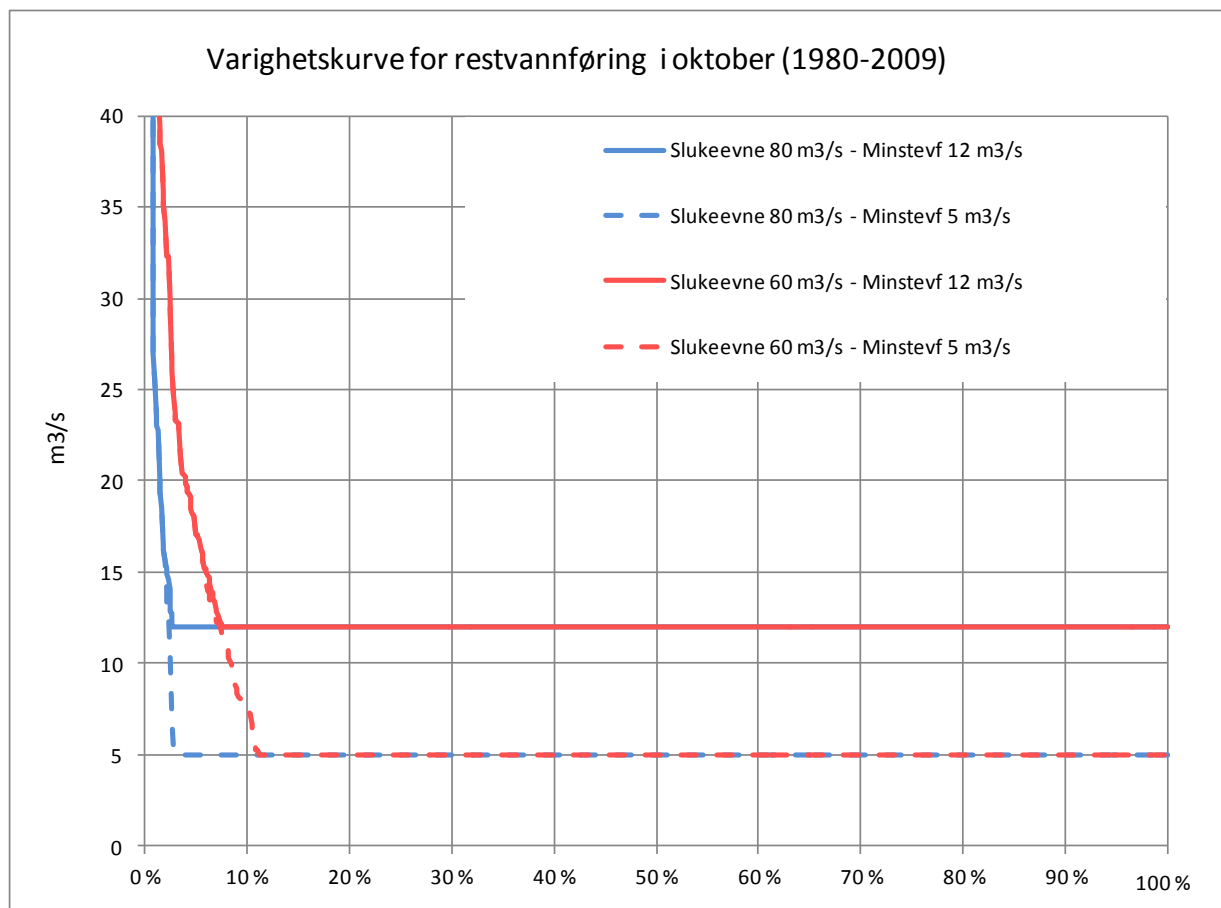
Figur B2. Varighetskurve sommer (årrekken 1980-09) for produksjons- og restvannføringene i Glomma ved Tolga 60 m³/s i slukeevne og 12 m³/s minstevannføring i sommerperioden (1.5.-30.9.).



Figur B3. Varighetskurve vinter (årrekken 1980-09) for produksjons- og restvannføringene i Glomma ved Tolga 80 m³/s i slukeevne og 12 m³/s minstevannføring i sommerperioden (1.5.-30.9.).

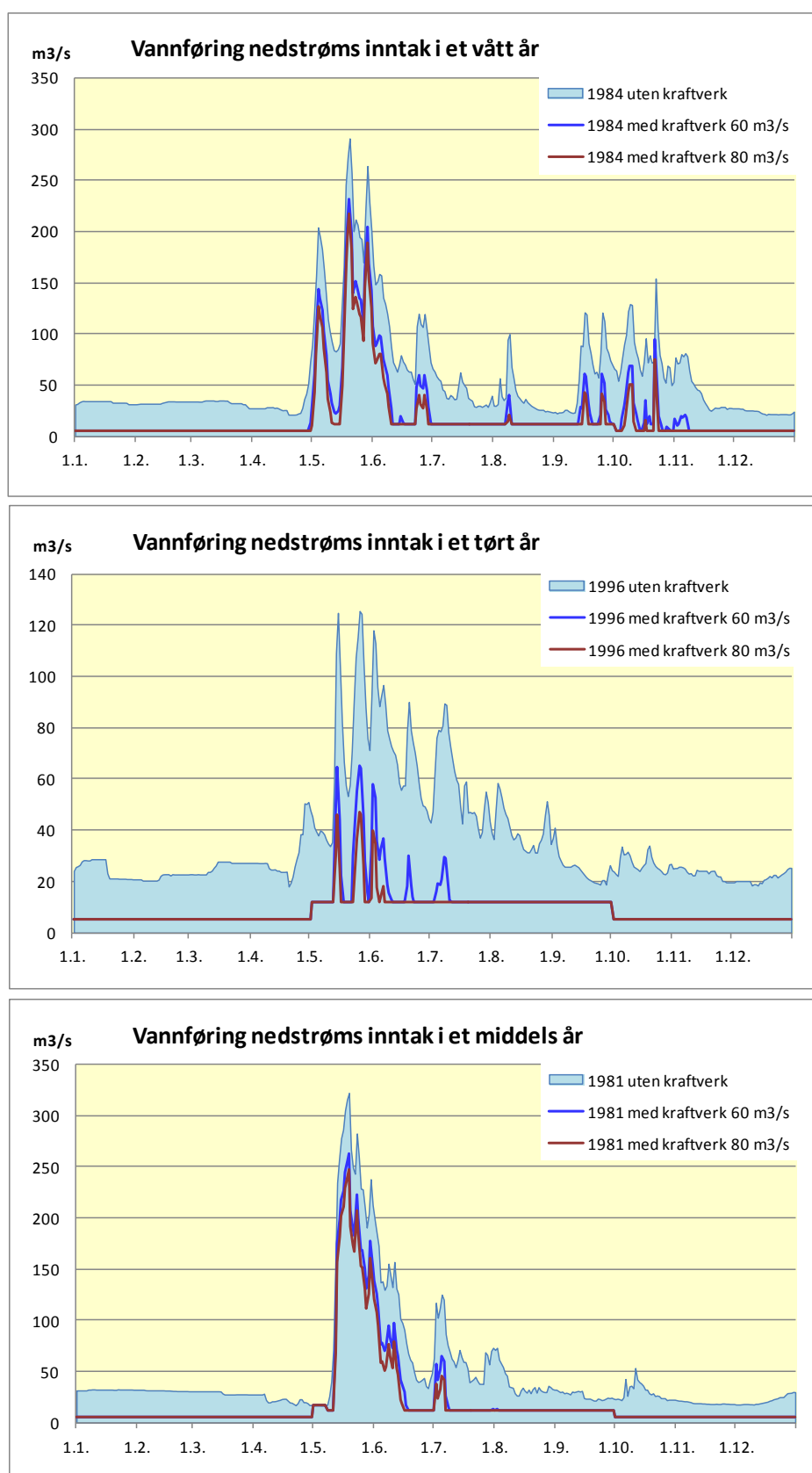


Figur B4. Varighetskurve sommer (årrekken 1980-09) for produksjons- og restvannføringene i Glomma ved Tolga 80 m³/s i slukeevne og 12 m³/s minstevannføring i sommerperioden (1.5.-30.9.).

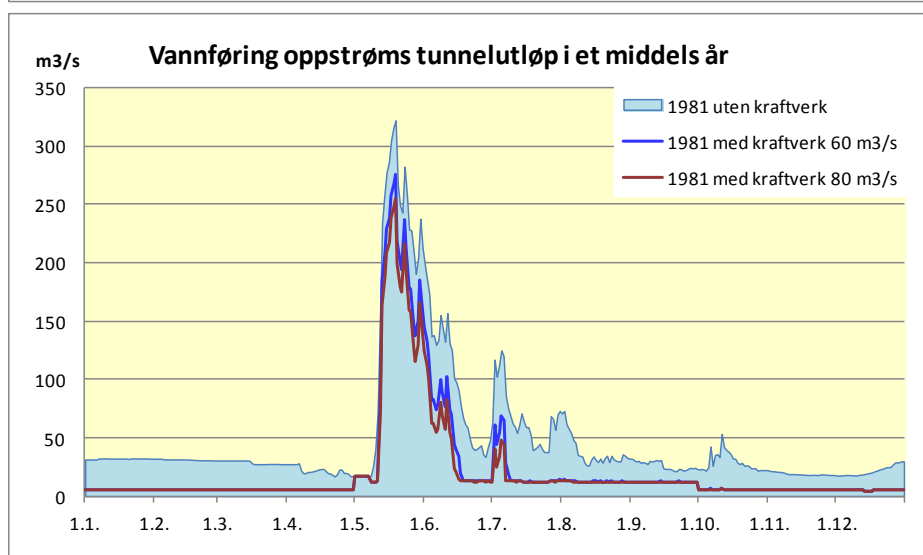
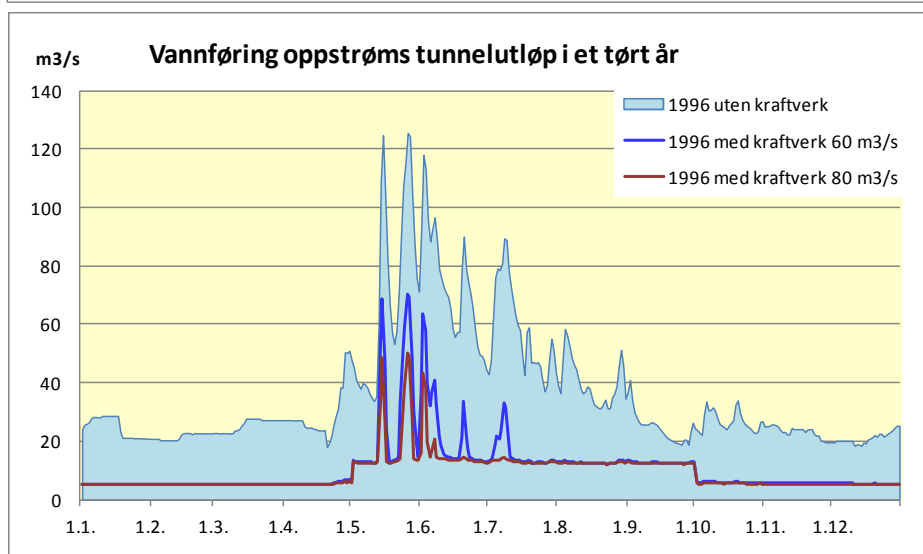
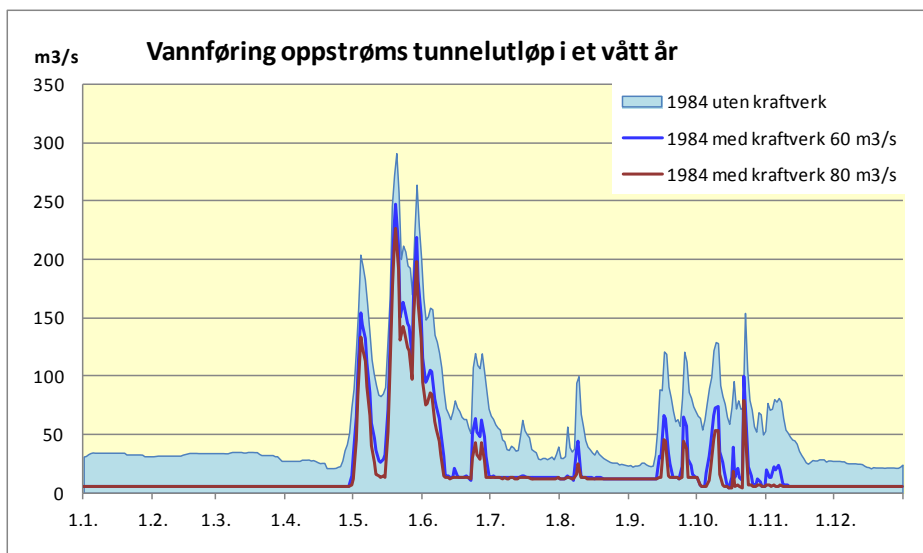


Figur B5. Varighetskurve for restvannføring i oktober (1980-09) i Glomma nedstrøms kraftverksinntak. Ved å definere oktober innenfor sommersesongen vil kurver med minstevannføring på $12 \text{ m}^3/\text{s}$ være gjeldende. Kurver med minstevannføring på $5 \text{ m}^3/\text{s}$ gjelder når oktober defineres innenfor vintersesongen. Minste slukeevne for kraftverket er satt til $5 \text{ m}^3/\text{s}$.

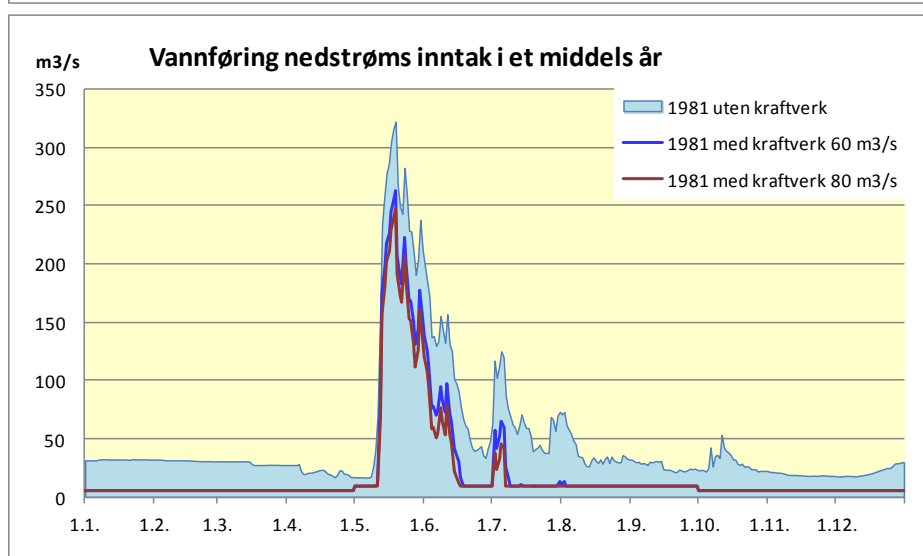
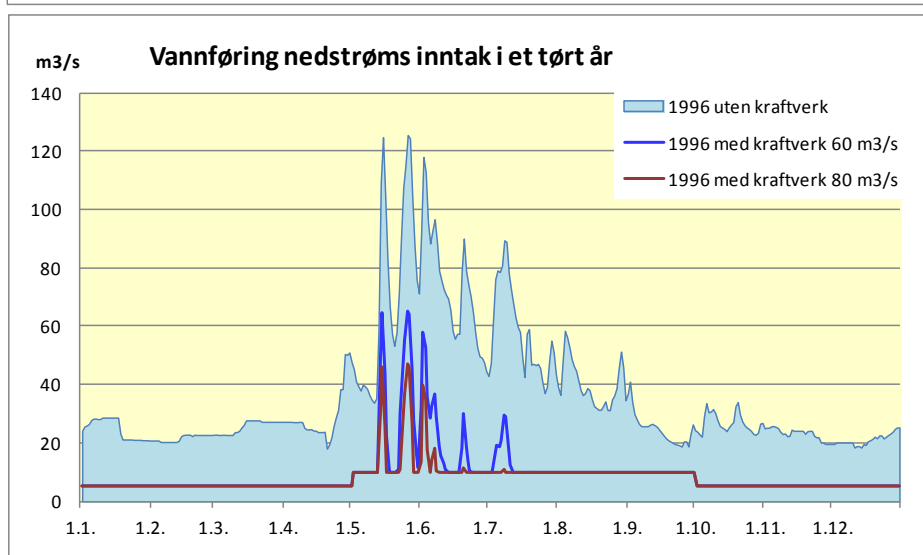
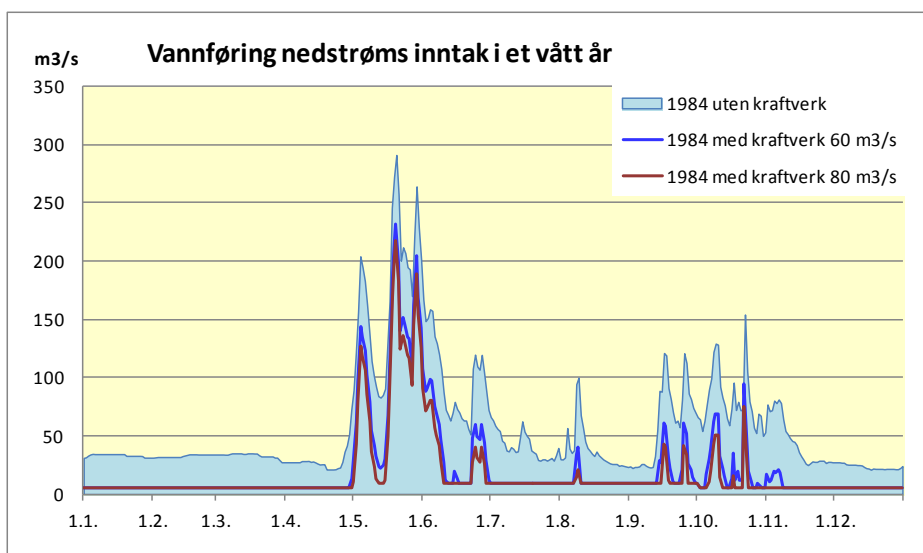
6.3 Vedlegg C - Vannføringer før og etter utbygging



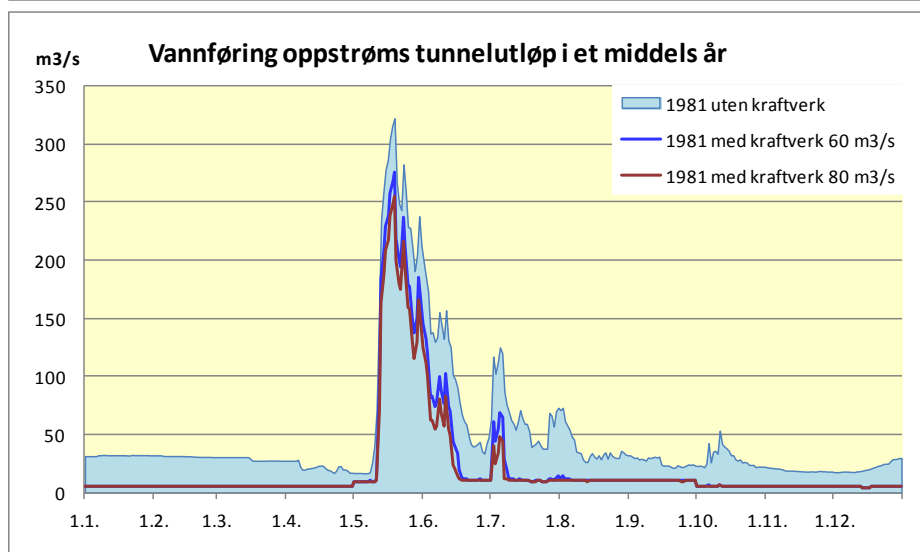
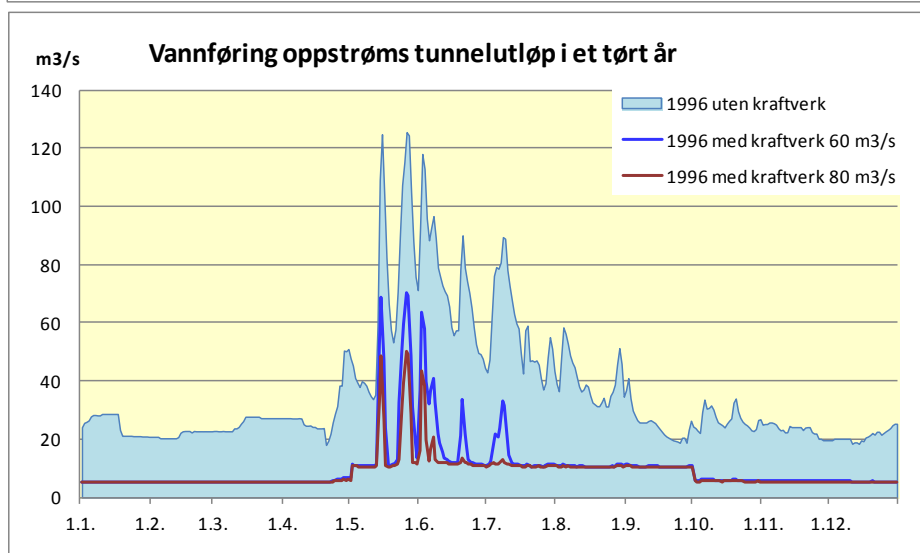
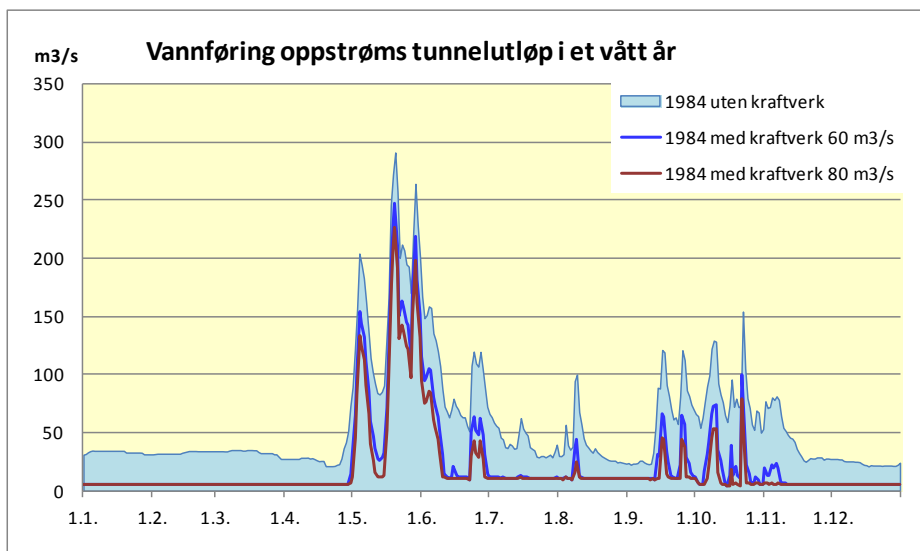
Figur C1. Vannføring i Glomma nedstrøms kraftverksinntak i et vått (1984), tørt (1996) og normalt (1981) år. Alternativt 60 eller 80 m³/s slukeevne og minstevannføring på 12/5 m³/s om sommeren/vinteren.



Figur C2. Vannføring i Glomma oppstrøms tunnelutløp i et vått (1984), tørt(1996) og normalt(1981) år. Alternativt 60 eller 80 m³/s slukeevne og minstevannføring på 12/5 m³/s om sommeren/vinteren.



Figur C3. Vannføring i Glomma nedstrøms inntak i et vått (1984), tørt(1996) og normalt(1981) år. Alternativt 60 eller 80 m³/s slukeevne og minstevannføring på 10/5 m³/s om sommeren/vinteren.

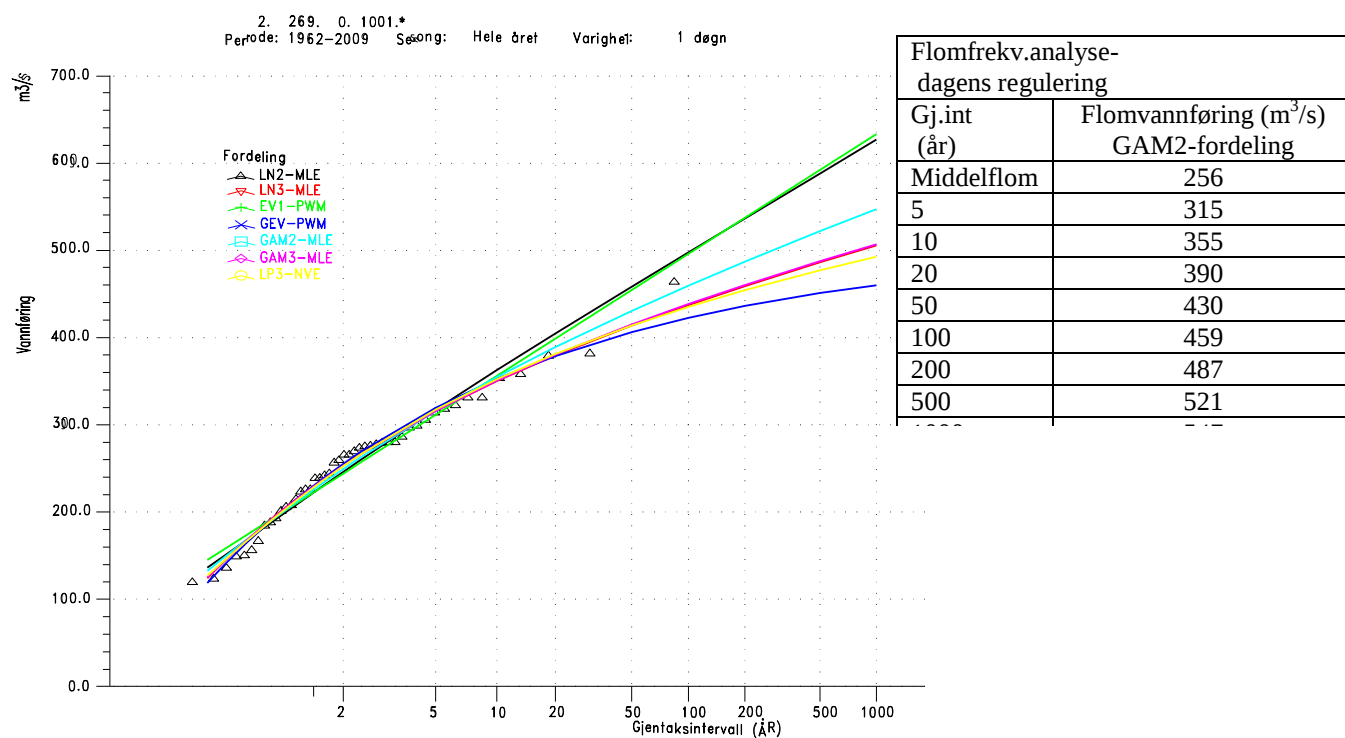


Figur C4. Vannføring i Glomma oppstrøms tunnelutløp i et vått (1984), tørt(1996) og normalt(1981) år. Alternativt 60 eller 80 m³/s slukeevne og minstevannføring på 10/5 m³/s om sommeren/vinteren.

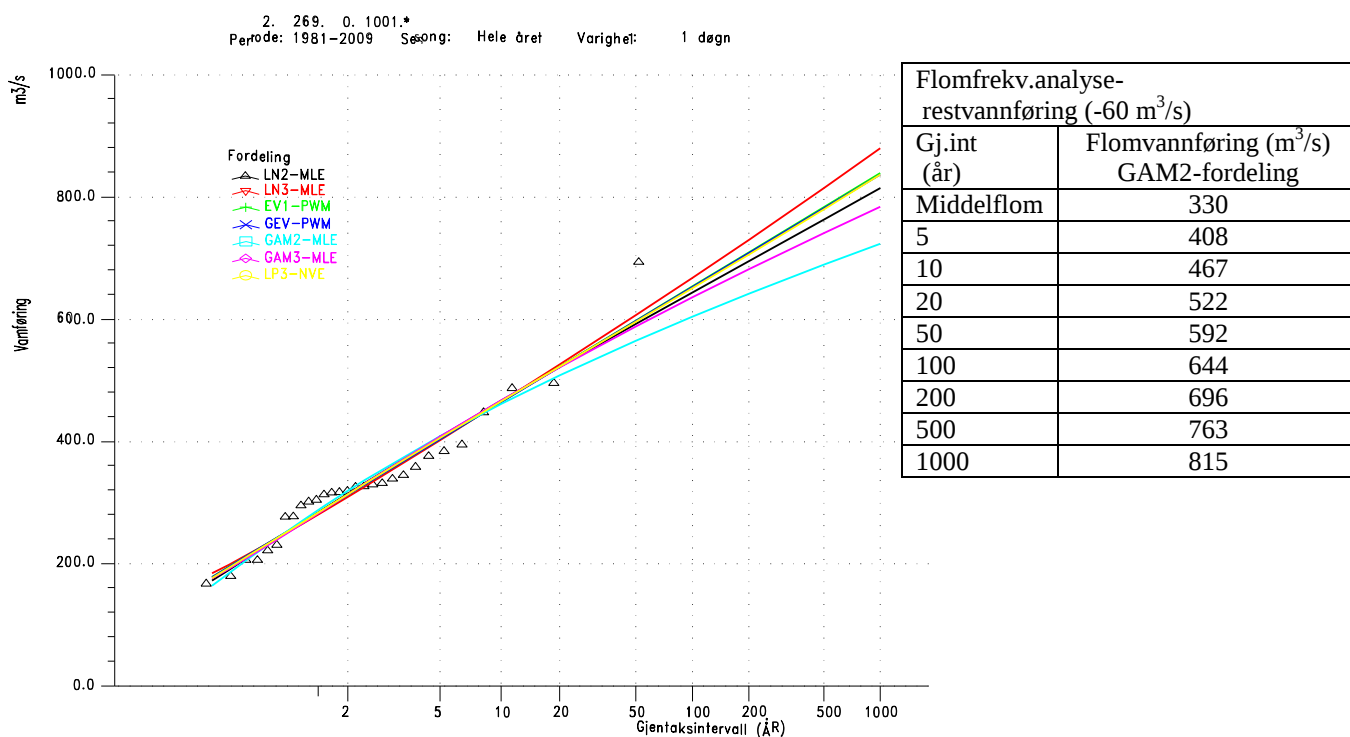
Tabell C1. Vannføringer i vått, tørt og normalt år i Glomma ved Tolga med og uten kraftverk ved ulike alternativer og lokaliteter. Figurer for de ulike alternativene finnes i vedlegg A og C. Det er ikke laget figurer for mer enn en lokalitet når forskjellen mellom ulike lokaliteter ikke er synlig på figurform. Vannføringer ved utvidet sommersesong (1.5.-31.10.) er angitt i parentes.

Lokalitet Alternativ	Referanse til figurer	vått år 1984		tørt år 1996		normalt år 1981		middel 1980-2009	
		med	uten	med	uten	med	uten	med	uten
Nedstrøms inntak Alternativ 3A og 3B 12 m ³ /s sommervannf.	A1, C1	21,7 (21,9)	57,7	9,9 (10,5)	36,6	21,3 (21,9)	48,6	17,2 (17,8)	48,1
Nedstrøms inntak Alternativ 2A 12 m ³ /s sommervannf.	A1, C1	22,1 (22,3)	58,4	10,0 (10,6)	36,9	21,6 (22,2)	49,0	17,5 (18,0)	48,5
Nedstrøms inntak Alternativ 2B 12 m ³ /s sommervannf.	A3, C1	17,8 (18,2)	58,4	8,6 (9,2)	36,9	19,3 (19,8)	49,0	14,7 (15,3)	48,5
Oppstr. utløp krv.tunnel Alt. 3A, 3B og 2A 12 m ³ /s sommervannf.	A5, C2	23,3 (23,5)	59,4	10,7 (11,3)	37,4	22,4 (23,0)	49,7	18,4 (18,9)	49,3
Oppstr. utløp krv.tunnel Alternativ 2B 12 m ³ /s sommervannf.	A7, C2	18,9 (19,3)	59,4	9,2 (9,8)	37,4	20,0 (20,6)	49,7	15,4 (16,0)	49,3
Nedstrøms inntak Alternativ 3A og 3B 10 m ³ /s sommervannf.	A2, C3	21,2 (21,3)	57,7	9,2 (9,7)	36,6	20,6 (21,0)	48,6	16,7 (17,1)	48,1
Nedstrøms inntak Alternativ 2A 10 m ³ /s sommervannf.	A2, C3	21,7 (21,8)	58,4	9,4 (9,8)	36,9	20,9 (21,3)	49,0	16,9 (17,3)	48,5
Nedstrøms inntak Alternativ 2B 10 m ³ /s sommervannf.	A4, C3	17,3 (17,6)	58,4	7,9 (8,3)	36,9	18,5 (19,0)	49,0	14,1 (14,5)	48,5
Oppstr. utløp krv.tunnel Alt. 3A, 3B og 2A 10 m ³ /s sommervannf.	A6, C4	22,9 (23,0)	59,4	10,1 (10,5)	37,4	21,8 (22,2)	49,7	17,8 (18,2)	49,3
Oppstr. utløp krv.tunnel Alternativ 2B 10 m ³ /s sommervannf.	A8, C4	18,3 (18,6)	59,4	8,4 (8,8)	37,4	19,3 (19,7)	49,7	14,8 (15,2)	49,3

6.4 Vedlegg D - Gjentakintervall for flommer i Glomma ved Hummelvoll



Figur D1. Flomfrekvensanalyse ved Hummelvoll på årsflommer (døgnmidler) for dagens regulerede vannføringsserie 1963-2009.



Figur D2. Flomfrekvensanalyse ved Hummelvoll på årsflommer (døgnmidler) for beregnet naturlig vannføringsserie 1981-2009.

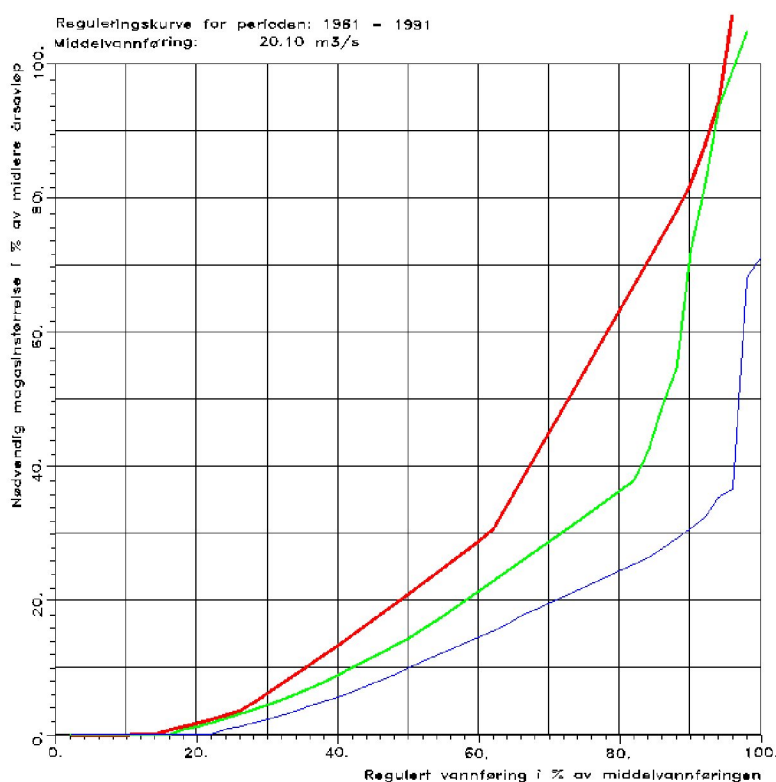
6.5 Vedlegg E - Beregning av regulert vannføring i bestemmende og median år

Beregnet tilsig til Aursunden (Kuråsfossen kraftverk) og uregulert lokaltilsig til Hummelvoll, mellom Aursunden og Hummelvoll, er lagt til grunn i beregningen. Dataperiode er 1.9.1960-31.8.1990.

Forbitapping (minstetapping) ved Tolga kraftverk er planlagt til $12 \text{ m}^3/\text{s}$ mai-sept (evt mai-okt) og $5 \text{ m}^3/\text{s}$ resten av året. Dette gir et årsmiddel på $7,9$ evt $8,5 \text{ m}^3/\text{s}$.

Middelvannføring for Aursundens lokaltilsig er på $20,1 \text{ m}^3/\text{s}$ tilsvarende $634,3 \text{ Mm}^3/\text{år}$. Reguleringsmagasinet er på 215 Mm^3 . Magasinprosenten for Aursunden blir $33,9$.

Bestemmende og median års vannføring for Aursunden er funnet ved bruk av NVE-programmet REGKURV. Resultatet er vist i figuren under.



Med nødvendig magasin størrelse på $33,9$ % av midlere avløp finnes bestemmende års vannføring for Aursunden (grønn kurve) som 77 % av middelvannføringen, $15,5 \text{ m}^3/\text{s}$, og median års vannføring (blå kurve) blir $18,7 \text{ m}^3/\text{s}$ (93 % av middelvannføringen).

For det uregulerte tilsiget mellom Aursunden og Hummelvoll er det benyttet NVE-programmet ETABELL til beregning av alminnelig lavvannføring. I dette uregulerte feltet er bestemmende års regulert vannføring lik alminnelig lavvannføring, som er beregnet til $1,6 \text{ m}^3/\text{s}$. I median år er regulert vannføring lik median lavvannføring i 350 dager, som er beregnet til $3,0 \text{ m}^3/\text{s}$.

Minstevannføring til fratrekk korrigeres med reguleringsgraden ved kraftverket. Med middelvannføring på $45,2 \text{ m}^3/\text{s}$ blir fratrekket i bestemmende år $(15,5+1,6)/45,2 * 7,9 \text{ m}^3/\text{s} = 3,0 \text{ m}^3/\text{s}$. I median år blir fratrekket $(18,7+3,0)/45,2 * 7,9 \text{ m}^3/\text{s} = 3,8 \text{ m}^3/\text{s}$.

For Hummelvoll blir resultatet (sommersesong mai-sept);

Bestemmende års vannføring: $15,5 + 1,6 - 3,0 = 14,1 \text{ m}^3/\text{s}$

Median års vannføring: $18,7 + 3,0 - 3,8 = 17,9 \text{ m}^3/\text{s}$

Ved å utvide sommersesong til mai-okt blir bestemmende års vannføring $13,8 \text{ m}^3/\text{s}$ og median års vannføring $17,6 \text{ m}^3/\text{s}$.