

**Analyse av klimaendringane si påverking på produksjonen frå uregulerte småkraftverk i Noreg**

Master i energi  
ENERGI399



Universitetet i Bergen  
Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet  
Geofysisk institutt

Knut H. Nedkvitne  
16.06.2020

## Forord

Denne oppgåva er mi avsluttande masteroppgåve ved studiet «master i energi» ved Universitetet i Bergen. Oppgåva tilsvarar 60 studiepoeng og har gått over to semester. Oppgåveformuleringa har vore eit samarbeid mellom Småkraft og Universitetet i Bergen.

Eg ynskjer å rette ei takk til min rettleiar ved UiB, Asgeir Sorteberg, for god rettleiing og hjelp gjennom heile skuleåret. Takk til Småkraft for at eg har fått jobbe med denne oppgåva, og for at de har stilt nødvendig data til disposisjon. Takk også til Hordaland Fylkeskommune for økonomisk støtte som ein del av deira satsing på masteroppgåver om klimaendringar.

Eg må òg rette ein stor takk til heile familien som har vore til stor hjelp gjennom masterinnspurten. Til mammo og pappen som har lest korrektur og bidrege med kosthold og ski i innspurten, til Tuva og Asumani som har vore gode oppmuntrarar og til Solveig som sikkert ville ha hjelpt om ho ikkje var korona-fast i Skottland.

Til sist, men ikkje minst, vil eg takke Kristine som har vore til fantastisk god hjelp, ikkje berre gjennom masteren, men gjennom heile studiet. Tusen takk for all hjelp, mat, godt humør og generell støtte gjennom gode og vonde heimekontordagar. Masteren hadde ikkje vore den same utan deg!

## Samandrag

I denne oppgåva har eg undersøkt klimaendringane si påverking på produksjonen ved åtte uregulerte småkraftvek i Noreg. Problemstillinga er «Korleis vil klimaendringane påverke straumproduksjonen ved uregulerte småkraftverk i Noreg frå i dag og fram til år 2100». Merk at funna som vert gjort i studien omhandlar desse åtte kraftverka, og kan ikkje nødvendigvis overførast til andre kraftverk. Resultata kan like vel være ein indikasjon på generelle endringar ved uregulerte småkraftverk i Noreg i åra framover. Metoden som vert nytta for å berekne framtidsproduksjonen ved kraftverka er å bruke klimamodellar med estimert vassføring fram til år 2100 og biaskorrigere desse mot observert vassføring ved kraftverka. Den korrigererte modellen med vassføring vert så nytta til å berekne produksjonen ved kraftverka. To ulike klimascenario vert undersøkt i studien: RCP4.5 og RCP8.5.

Eg bruker to metodar å berekne dagens og historisk vassføring ved kraftverka: ein som tek utgangspunkt i vassmerker og ein som tek utgangspunkt i kraftverka si produksjonsdata. Dette utgjør dataseriane som klimadataa vert biaskorrigert mot. Biaskorrigeringa vert gjort med to ulike metodar; Empirical Quantile Mapping og Parametric Quantile Mapping. Begge metodane viser seg å gje svært samanfallande resultat dersom den observerte dataserien er lang nok og samanhengande. Men Parametric Quantile Mapping ser ut til å gje noko dårlegare resultat dersom dataseriane er for korte og usamanhengande, noko som er tilfelle ved seriane basert på produksjonsdataa.

Når modelldataa er biaskorrigert, vert resultata delt inn i tre kategoriar etter korleis avrenningsmønsteret er i dag og korleis den endrar seg fram mot år 2100. Kategoriane har eg vald å kalle «Forskyving av vår- og sommaravrenninga», «U-kurva» og «Utjamning». Kraftverka i kategorien «Forskyving av vår- og sommaravrenninga» har i dag eit avrenningsmønster med høgast avrenning på sommaren, og lite på vinteren. I åra framover vil den høge avrenninga kome tidlegare og tidlegare på året. Kraftverka ved denne kategorien vil ha ei auke i produksjonen framover i tid, og den vil være størst ved klimascenario RCP8.5

Kraftverka i kategorien «U-kurva» har i dag høgast avrenning på vinteren og mindre på sommaren. Slik avrenninga er i dag, kan ein sjå ein liten auke i vassføring på våren, men denne vil forsvinne i tida framover. Utanom det er endringa i avrenning svært liten. Dette vil føre til ein nedgang i både årleg middelvassføring og produksjon ved kraftverka framover i tid.

Kraftverka i kategorien «Utjamning» har i dag eit relativt likt avrenningsmønster som dei i kategorien «Forskyving av vår- og sommaravrenninga». Det som skil dei frå kvarandre er korleis endringa vil være framover i tid. I tida framover vil avrenninga fordele seg meir utover året i staden for å være høg på sommaren og låg på vinteren. Dette gjer at flaumtapet ved desse kraftverka vert mindre i åra framover, og produksjonen vil stige sjølv om det i nokre tilfelle vil være ei nedgang i middelvassføringa.

# Innhald

<b>Forord</b> .....	<b>2</b>
<b>Samandrag</b> .....	<b>3</b>
<i>Figuroversikt</i> .....	5
<i>Tabelloversikt</i> .....	9
<i>Formeloversikt</i> .....	11
<b>1 Introduksjon</b> .....	<b>1</b>
<b>2 Teoretisk bakgrunn</b> .....	<b>2</b>
2.1 <i>Vasskraft</i> .....	2
2.2 <i>Komponentane i eit vasskraftverk</i> .....	3
2.3 <i>Nedbørsfelt</i> .....	3
2.4 <i>NEVINA</i> .....	4
2.5 <i>Representative Concentration Pathways (RCP)</i> .....	5
2.5.1 <i>RCP4.5</i> .....	5
2.5.2 <i>RCP8.5</i> .....	5
2.6 <i>Varigheitskurve</i> .....	5
2.7 <i>Definisjonar</i> .....	6
<b>3 Metode</b> .....	<b>7</b>
3.1 <i>Datagrunnlag</i> .....	7
3.1.1 <i>Klimamodellar</i> .....	7
3.2 <i>Val av kraftverk</i> .....	7
3.3 <i>Berekne vassføring ved kraftverket</i> .....	9
3.3.1 <i>Vassføring frå NVE sine vassmerker</i> .....	9
3.3.2 <i>Vassføring frå produksjonsdata</i> .....	10
3.4 <i>Hente modellert data for vassføring</i> .....	12
3.5 <i>Biaskorrigering av modelldataa</i> .....	13
3.5.1 <i>Empirical Quantile Mapping (eQM)</i> .....	14
3.5.2 <i>Parametric Quantile Mapping (gQM)</i> .....	14
3.6 <i>Produksjonsberekning</i> .....	15
3.7 <i>Berekne forandring i vassføring, produksjon og flaumtap</i> .....	16
<b>4 Resultat</b> .....	<b>17</b>
4.1 <i>Nedbørsfelt generert med NEVINA</i> .....	17
4.2 <i>Samanlikning av vassføring frå vassmerke og vassføring frå produksjonsdata</i> .....	17
4.3 <i>Samanlikning av klimasignalet for ulike biaskorrigeringsmetodar</i> .....	21
4.4 <i>Val av dataserie å sjå nærmare på og jobbe vidare med</i> .....	26
4.5 <i>Vassføring ved ulike klimamodellar</i> .....	27
4.6 <i>Framtidig vassføring</i> .....	28
4.6.1 <i>Forskyving av vår- og sommaravrenninga</i> .....	32
4.6.2 <i>U-kurve</i> .....	38

4.6.3	Utjamning .....	45
4.7	<i>Dagens og framtidig produksjon</i> .....	57
4.7.1	Forskyving av vår- og sommaravrenninga .....	58
4.7.2	U-kurva .....	62
4.7.3	Utjamning .....	67
4.8	<i>Endring i flaumtap</i> .....	75
4.8.1	Forskyving av vår- og sommaravrenninga .....	76
4.8.2	U-kurva .....	78
4.8.3	Utjamning .....	80
<b>5</b>	<b>Konklusjon</b> .....	<b>85</b>
<b>6</b>	<b>Bibliografi</b> .....	<b>87</b>
<b>7</b>	<b>Appendix</b> .....	<b>90</b>
<b>8</b>	<b>Vedlegg</b> .....	<b>91</b>
8.1	<i>NEVINA rapportar</i> .....	91
8.2	<i>Tabellar med avvik i klimasignalet frå observert data til biaskorrigert data</i> .....	95
8.3	<i>Kvantil-Kvantil-plot med observert, modellert og biaskorrigert data</i> .....	112
8.4	<i>Varigheitskurver for historisk data med</i> .....	115

## Figuroversikt

Figur 1:	Hovedkomponentane i eit vasskraftverk (Kjølle, 2007) .....	3
Figur 2:	Døme på NEVINA-rapport generert for innløpet til Kaldsåni kraftverk. ....	4
Figur 3:	Døme på varigheitskurve med vassføring i m <sup>3</sup> /s i y-aksen og varigheit i prosent i x-aksen .....	5
Figur 4:	Kart over kraftverk brukt i studien .....	8
Figur 5:	Forklaring på formel for overløp .....	11
Figur 6:	Skarpt overløp med breidd og overløpshøgde .....	12
Figur 7:	Kart over Bykle kommune (raudt) med avrenningsfeltet til Kaldsåni kraftverk (grønt) .....	12
Figur 8:	Korrigering av den kumulative fordelingsfunksjonen til modelldata (blå) etter den kumulative fordelingsfunksjonen til observert data (svart). Endringa er vist i raud (Maraun, 2016). .....	13
Figur 9:	Q-Q-plot med historisk modelldata mot observert data (blå) og biaskorrigert historisk modelldata mot observert data (raud) .....	14
Figur 10:	Vassføring ved Kaldsåni berekna frå vassmerke (vist i oransje) og frå produksjonsdata (vist i blått). Vassføring i m <sup>3</sup> /s i y-aksen, og tid i x-aksen .....	18
Figur 11:	Spreiingsplot for vassføring berekna frå vassmerke (y-aksen) og vassføring berekna frå produksjonsdata (y-aksen). Vassføringa er gjeven i m <sup>3</sup> /s og gjeld for Kaldsåni kraftverk i perioden 25.08.16-25.02.18 .....	18
Figur 12:	Vassføring ved Kaldsåni berekna frå produksjonsdata. Vassføring som har gått til produksjon vist i blått, overløp i grønt og minstevassføringa er vist i oransjet. Vassføringa er vist i m <sup>3</sup> /s .....	19
Figur 13:	Varigheitskurver var Modellert, observert og biaskorrigert data for referanseperioden ved Kaldsåni kraftverk. Vassføring i m <sup>3</sup> /s i y-aksen og varigheit i prosent i x-aksen .....	25

Figur 14: Kvantil-Kvantil-plot for modelldata mot observert data vist i blått og biaskorrigert mot observert data i raut. Eininga i begge aksane er m <sup>3</sup> /s.....	26
Figur 15: Avrenningskurve for Kaldsåni i referanseperioden med alle ti klimamodellar. Biaskorrigeringsmetoden er eQM basert på vassføring frå vassmerke .....	28
Figur 16: Avrenningskurve for Kaldsåni med vassføring i m <sup>3</sup> /s i y-aksen, og tid i x-aksen. Klimascenarioet er RCP4.5.....	33
Figur 17: Varigheitskurver for avrenning vinter og sommar ved Kaldsåni - RCP4.5 .....	34
Figur 18: Avrenningskurve for Kaldsåni med vassføring i m <sup>3</sup> /s i y-aksen, og tid i x-aksen. Klimascenarioet er RCP8.5.....	35
Figur 19: Varigheitskurver for avrenning vinter og sommar ved Kaldsåni - RCP8.5 .....	35
Figur 20: Avrenningskurve for Valåe med vassføring i m <sup>3</sup> /s i y-aksen, og tid i x-aksen. Klimascenarioet er RCP4.5.....	36
Figur 21: Varigheitskurver for avrenning vinter og sommar ved Valåe - RCP4.5.....	36
Figur 22: Avrenningskurve for Valåe med vassføring i m <sup>3</sup> /s i y-aksen, og tid i x-aksen. Klimascenarioet er RCP8.5.....	37
Figur 23: Varigheitskurver for avrenning vinter og sommar ved Valåe - RCP8.5.....	38
Figur 24: Avrenningskurve for Tysseelva med vassføring i m <sup>3</sup> /s i y-aksen, og tid i x-aksen. Klimascenarioet er RCP4.5.....	40
Figur 25: Varigheitskurver for avrenning vinter og sommar ved Tysseelva - RCP4.5.....	40
Figur 26: Avrenningskurve for Tysseelva med vassføring i m <sup>3</sup> /s i y-aksen, og tid i x-aksen. Klimascenarioet er RCP8.5.....	41
Figur 27: Varigheitskurver for avrenning vinter og sommar ved Tysseelva - RCP8.5.....	41
Figur 28: Avrenningskurve for Ytre Alsåker med vassføring i m <sup>3</sup> /s i y-aksen, og tid i x-aksen. Klimascenarioet er RCP4.5.....	43
Figur 29: Varigheitskurver for avrenning vinter og sommar ved Ytre Alsåker - RCP4.5 .....	43
Figur 30: Avrenningskurve for Ytre Alsåker med vassføring i m <sup>3</sup> /s i y-aksen, og tid i x-aksen. Klimascenarioet er RCP8.5.....	44
Figur 31: Varigheitskurver for avrenning vinter og sommar ved Ytre Alsåker - RCP8.5 .....	44
Figur 32: Avrenningskurve for Mouidejohka med vassføring i m <sup>3</sup> /s i y-aksen, og tid i x-aksen. Klimascenarioet er RCP4.5.....	46
Figur 33: Varigheitskurver for avrenning vinter og sommar ved Mouidejohka - RCP4.5 .....	47
Figur 34: Avrenningskurve for Mouidejohka med vassføring i m <sup>3</sup> /s i y-aksen, og tid i x-aksen. Klimascenarioet er RCP8.5.....	48
Figur 35: Varigheitskurver for avrenning vinter og sommar ved Mouidejohka - RCP8.5 .....	48
Figur 36: Avrenningskurve for Stublielva med vassføring i m <sup>3</sup> /s i y-aksen, og tid i x-aksen. Klimascenarioet er RCP8.5.....	49
Figur 37: Varigheitskurver for avrenning vinter og sommar ved Stublielva - RCP4.5 .....	49
Figur 38: Avrenningskurve for Stublielva med vassføring i m <sup>3</sup> /s i y-aksen, og tid i x-aksen. Klimascenarioet er RCP4.5.....	50
Figur 39: Varigheitskurver for avrenning vinter og sommar ved Stublielva - RCP8.5 .....	51
Figur 40: Avrenningskurve for Tyttbærelva med vassføring i m <sup>3</sup> /s i y-aksen, og tid i x-aksen. Klimascenarioet er RCP4.5.....	52
Figur 41: Varigheitskurver for avrenning vinter og sommar ved Tyttbærelva - RCP4.5 .....	52
Figur 42: Avrenningskurve for Tyttbærelva med vassføring i m <sup>3</sup> /s i y-aksen, og tid i x-aksen. Klimascenarioet er RCP8.5.....	53
Figur 43: Varigheitskurver for avrenning vinter og sommar ved Tyttbærelva - RCP8.5 .....	53

Figur 44: Avrenningskurve for Vanndøla med vassføring i m <sup>3</sup> /s i y-aksen, og tid i x-aksen. Klimascenarioet er RCP4.5.....	55
Figur 45: Varigheitskurver for avrenning vinter og sommar ved Vanndøla - RCP4.5.....	55
Figur 46: Avrenningskurve for Vanndøla med vassføring i m <sup>3</sup> /s i y-aksen, og tid i x-aksen. Klimascenarioet er RCP8.5.....	56
Figur 47: Varigheitskurver for avrenning vinter og sommar ved Vanndøla - RCP8.5.....	56
Figur 48: Gjennomsnittleg månadleg produksjon ved Kaldsåni i dei tre periodane. Produksjonen er vist i GWh. Klimascenarioet er RCP4.5 .....	59
Figur 49: Varigheitskurve for vinter- og sommarproduksjon ved Kaldsåni i dei tre periodane. Produksjonen er vist i GWh og varigheita i år. Klimascenarioet er RCP4.5 .....	59
Figur 50: Gjennomsnittleg månadleg produksjon ved Kaldsåni i dei tre periodane. Produksjonen er vist i GWh. Klimascenarioet er RCP8.5 .....	60
Figur 51: Varigheitskurve for vinter- og sommarproduksjon ved Kaldsåni i dei tre periodane. Produksjonen er vist i GWh og varigheita i år. Klimascenarioet er RCP8.5 .....	60
Figur 52: Gjennomsnittleg månadleg produksjon ved Valåe i dei tre periodane. Produksjonen er vist i GWh. Klimascenarioet er RCP4.5 .....	61
Figur 53: Varigheitskurve for vinter- og sommarproduksjon ved Valåe i dei tre periodane. Produksjonen er vist i GWh og varigheita i år. Klimascenarioet er RCP4.5 .....	61
Figur 54: Gjennomsnittleg månadleg produksjon ved Kaldsåni i dei tre periodane. Produksjonen er vist i GWh. Klimascenarioet er RCP8.5 .....	62
Figur 55: Varigheitskurve for vinter- og sommarproduksjon ved Valåe i dei tre periodane. Produksjonen er vist i GWh og varigheita i år. Klimascenarioet er RCP8.5 .....	62
Figur 56: Gjennomsnittleg månadleg produksjon ved Tysseelva i dei tre periodane. Produksjonen er vist i GWh. Klimascenarioet er RCP4.5 .....	63
Figur 57: Varigheitskurve for vinter- og sommarproduksjon ved Tysseelva i dei tre periodane. Produksjonen er vist i GWh og varigheita i år. Klimascenarioet er RCP4.5 .....	63
Figur 58: Gjennomsnittleg månadleg produksjon ved Tysseelva i dei tre periodane. Produksjonen er vist i GWh. Klimascenarioet er RCP8.5 .....	64
Figur 59: Varigheitskurve for vinter- og sommarproduksjon ved Tysseelva i dei tre periodane. Produksjonen er vist i GWh og varigheita i år. Klimascenarioet er RCP8.5 .....	64
Figur 60: Gjennomsnittleg månadleg produksjon ved Ytre Alsåker i dei tre periodane. Produksjonen er vist i GWh. Klimascenarioet er RCP4.5 .....	65
Figur 61: Varigheitskurve for vinter- og sommarproduksjon ved Ytre Alsåker i dei tre periodane. Produksjonen er vist i GWh og varigheita i år. Klimascenarioet er RCP4.5 .....	65
Figur 62: Gjennomsnittleg månadleg produksjon ved Ytre Alsåker i dei tre periodane. Produksjonen er vist i GWh. Klimascenarioet er RCP8.5 .....	66
Figur 63: Varigheitskurve for vinter- og sommarproduksjon ved Ytre Alsåker i dei tre periodane. Produksjonen er vist i GWh og varigheita i år. Klimascenarioet er RCP8.5 .....	66
Figur 64: Gjennomsnittleg månadleg produksjon ved Mouidejohka i dei tre periodane. Produksjonen er vist i GWh. Klimascenarioet er RCP4.5 .....	67
Figur 65: Varigheitskurve for vinter- og sommarproduksjon ved Mouidejohka i dei tre periodane. Produksjonen er vist i GWh og varigheita i år. Klimascenarioet er RCP4.5 .....	68
Figur 66: Gjennomsnittleg månadleg produksjon ved Mouidejohka i dei tre periodane. Produksjonen er vist i GWh. Klimascenarioet er RCP8.5 .....	68
Figur 67: Varigheitskurve for vinter- og sommarproduksjon ved Mouidejohka i dei tre periodane. Produksjonen er vist i GWh og varigheita i år. Klimascenarioet er RCP8.5 .....	69

Figur 68: Gjennomsnittleg månedleg produksjon ved Stublielva i dei tre periodane. Produksjonen er vist i GWh. Klimascenarioet er RCP4.5 .....	70
Figur 69: Varigheitskurve for vinter- og sommarproduksjon ved Stublielva i dei tre periodane. Produksjonen er vist i GWh og varigheita i år. Klimascenarioet er RCP4.5 .....	70
Figur 70: Gjennomsnittleg månedleg produksjon ved Stublielva i dei tre periodane. Produksjonen er vist i GWh. Klimascenarioet er RCP8.5 .....	71
Figur 71: Varigheitskurve for vinter- og sommarproduksjon ved Stublielva i dei tre periodane. Produksjonen er vist i GWh og varigheita i år. Klimascenarioet er RCP8.5 .....	71
Figur 72: Gjennomsnittleg månedleg produksjon ved Tyttebærelva i dei tre periodane. Produksjonen er vist i GWh. Klimascenarioet er RCP4.5 .....	72
Figur 73: Varigheitskurve for vinter- og sommarproduksjon ved Tyttebærelva i dei tre periodane. Produksjonen er vist i GWh og varigheita i år. Klimascenarioet er RCP4.5 .....	72
Figur 74: Gjennomsnittleg månedleg produksjon ved Tyttebærelva i dei tre periodane. Produksjonen er vist i GWh. Klimascenarioet er RCP8.5 .....	73
Figur 75: Varigheitskurve for vinter- og sommarproduksjon ved Tyttebærelva i dei tre periodane. Produksjonen er vist i GWh og varigheita i år. Klimascenarioet er RCP8.5 .....	73
Figur 76: Gjennomsnittleg månedleg produksjon ved Vanndøla i dei tre periodane. Produksjonen er vist i GWh. Klimascenarioet er RCP4.5 .....	74
Figur 77: Varigheitskurve for vinter- og sommarproduksjon ved Vanndøla i dei tre periodane. Produksjonen er vist i GWh og varigheita i år. Klimascenarioet er RCP4.5 .....	74
Figur 78: Gjennomsnittleg månedleg produksjon ved Vanndøla i dei tre periodane. Produksjonen er vist i GWh. Klimascenarioet er RCP8.5 .....	75
Figur 79: Varigheitskurve for vinter- og sommarproduksjon ved Vanndøla i dei tre periodane. Produksjonen er vist i GWh og varigheita i år. Klimascenarioet er RCP8.5 .....	75
Figur 80: Søylediagram med årleg produksjon og flaumtap ved Kaldsåni kraftverk ved klimascenario RCP4.5 og dei tre periodane. Produksjonen og flaumtapet er vist i GWh.....	77
Figur 81: Søylediagram med årleg produksjon og flaumtap ved Kaldsåni kraftverk ved klimascenario RCP8.5 og dei tre periodane. Produksjonen og flaumtapet er vist i GWh.....	77
Figur 82: Søylediagram med årleg produksjon og flaumtap ved Valåe kraftverk ved klimascenario RCP4.5 og dei tre periodane. Produksjonen og flaumtapet er vist i GWh.....	78
Figur 83: Søylediagram med årleg produksjon og flaumtap ved Valåe kraftverk ved klimascenario RCP8.5 og dei tre periodane. Produksjonen og flaumtapet er vist i GWh.....	78
Figur 84: Søylediagram med årleg produksjon og flaumtap ved Tysseelva kraftverk ved klimascenario RCP4.5 og dei tre periodane. Produksjonen og flaumtapet er vist i GWh.....	79
Figur 85: Søylediagram med årleg produksjon og flaumtap ved Tysseelva kraftverk ved klimascenario RCP8.5 og dei tre periodane. Produksjonen og flaumtapet er vist i GWh.....	79
Figur 86: Søylediagram med årleg produksjon og flaumtap ved Ytre Alsåker kraftverk ved klimascenario RCP4.5 og dei tre periodane. Produksjonen og flaumtapet er vist i GWh.....	80
Figur 87: Søylediagram med årleg produksjon og flaumtap ved Ytre Alsåker kraftverk ved klimascenario RCP8.5 og dei tre periodane. Produksjonen og flaumtapet er vist i GWh.....	80
Figur 88: Søylediagram med årleg produksjon og flaumtap ved Mouidejohka kraftverk ved klimascenario RCP4.5 og dei tre periodane. Produksjonen og flaumtapet er vist i GWh.....	81
Figur 89: Søylediagram med årleg produksjon og flaumtap ved Mouidejohka kraftverk ved klimascenario RCP8.5 og dei tre periodane. Produksjonen og flaumtapet er vist i GWh.....	81
Figur 90: Søylediagram med årleg produksjon og flaumtap ved Stublielva kraftverk ved klimascenario RCP4.5 og dei tre periodane. Produksjonen og flaumtapet er vist i GWh.....	82



Figur 91: Søylediagram med årleg produksjon og flaumtap ved Stublielva kraftverk ved klimascenario RCP8.5 og dei tre periodane. Produksjonen og flaumtapet er vist i GWh.....	82
Figur 92: Søylediagram med årleg produksjon og flaumtap ved Tyttebærelva kraftverk ved klimascenario RCP4.5 og dei tre periodane. Produksjonen og flaumtapet er vist i GWh.....	83
Figur 93: Søylediagram med årleg produksjon og flaumtap ved Tyttebærelva kraftverk ved klimascenario RCP8.5 og dei tre periodane. Produksjonen og flaumtapet er vist i GWh.....	83
Figur 94: Søylediagram med årleg produksjon og flaumtap ved Vanndøla kraftverk ved klimascenario RCP4.5 og dei tre periodane. Produksjonen og flaumtapet er vist i GWh.....	84
Figur 95: Søylediagram med årleg produksjon og flaumtap ved Vanndøla kraftverk ved klimascenario RCP8.5 og dei tre periodane. Produksjonen og flaumtapet er vist i GWh.....	84

## Tabelloversikt

Tabell 1: Oversikt over kombinasjonane av globale og regionale klimamodellar som er brukt i studien samt tidsperiodar for tabellane og kva for institusjon dei er utvikla ved .....	7
Tabell 2: Teknisk informasjon om kraftverka brukt i studien .....	9
Tabell 3: Overløpskoeffisientar for skarpt overløp .....	11
Tabell 4: Tabell for verknadsgrader for ulike pådrag .....	16
Tabell 5: Informasjon om nedbørsfelt til alle kraftverka brukt i studien .....	17
Tabell 6: Varigheitskurver – Vassmerkedata mot berekna vassføring frå produksjonsdata Varigheit vist i x-aksen og vassføring i y-akse. Data berekna frå vassmerke er vist i oransje og frå produksjon i blå .....	20
Tabell 7: Avvik i klimasignalet til observert og korrigert data – Kaldsåni – RCP4.5 – Vassføring basert på vassmerke .....	22
Tabell 8: Avvik i klimasignalet til observert og korrigert data - Kaldsåni – RCP4.5 – Vassføring basert på produksjonsdata .....	22
Tabell 9: Avvik i klimasignalet til observert og korrigert data - Kaldsåni – RCP8.5 – Vassføring basert på vassmerke .....	23
Tabell 10: Avvik i klimasignalet til observert og korrigert data - Kaldsåni – RCP8.5 – Vassføring basert på produksjonsdata .....	23
Tabell 11: Liste over dataserie brukt til kvart kraftverk .....	27
Tabell 12: Kart med relativ endring i middelvassføring frå referanseperioden til begge framtidsperiodane og begge klimascenarioa. Endringa er gjeven i prosent, og fargeskalaen er forklart til høgre i tabellen .....	29
Tabell 13: Prosentvis endring i låg, middels og høg vassføring (henhaldsvis 25. persentil, gjennomsnitt og 75. persentil) for alle kraftverka frå referanseperiode til nær framtidsperiode. Vist for år, vinter og sommar og begge klimascenarioa.....	30
Tabell 14: Prosentvis endring i låg, middels og høg vassføring (henhaldsvis 25. persentil, gjennomsnitt og 75. persentil) for alle kraftverka frå referanseperiode til fjern framtidsperiode. Vist for år, vinter og sommar og begge klimascenarioa.....	31
Tabell 15: Samla relativ endring i vassføring ved kraftverka i kategorien «forskyving av vår- og sommaravrenninga». Tabellen viser endring til begge framtidsperiodane ved begge klimascenarioa. ....	32
Tabell 16: Middelvassføring i m <sup>3</sup> /s ved Kaldsåni kraftverk for år, vinter og sommar i alle periodane ved klimascenario RCP4.5.....	33
Tabell 17: Middelvassføring i m <sup>3</sup> /s ved Kaldsåni kraftverk for år, vinter og sommar i alle periodane ved klimascenario RCP8.5.....	34

Tabell 18: Middelvassføring i m <sup>3</sup> /s ved Valåe kraftverk for år, vinter og sommar i alle periodane ved klimascenario RCP4.5.....	36
Tabell 19: Middelvassføring i m <sup>3</sup> /s ved Valåe kraftverk for år, vinter og sommar i alle periodane ved klimascenario RCP8.5.....	37
Tabell 20: Samla relativ endring i vassføring ved kraftverka i kategorien «U-kurva». Tabellen viser endring til begge framtidsperiodane ved begge klimascenarioa. ....	38
Tabell 21: Middelvassføring i m <sup>3</sup> /s ved Tysseelva for år, vinter og sommar i alle periodane ved klimascenario RCP4.5.....	39
Tabell 22: Middelvassføring i m <sup>3</sup> /s ved Tysseelva for år, vinter og sommar i alle periodane ved klimascenario RCP8.5.....	41
Tabell 23: Middelvassføring i m <sup>3</sup> /s ved Ytre Alsåker for år, vinter og sommar i alle periodane ved klimascenario RCP4.5.....	42
Tabell 24: Middelvassføring i m <sup>3</sup> /s ved Ytre Alsåker for år, vinter og sommar i alle periodane ved klimascenario RCP8.5.....	44
Tabell 25: Samla relativ endring i vassføring ved kraftverka i kategorien «Utjamning». Tabellen viser endring til begge framtidsperiodane ved begge klimascenarioa.....	45
Tabell 26: Middelvassføring i m <sup>3</sup> /s ved Mouidejohka for år, vinter og sommar i alle periodane ved klimascenario RCP4.5.....	46
Tabell 27: Middelvassføring i m <sup>3</sup> /s ved Mouidejohka for år, vinter og sommar i alle periodane ved klimascenario RCP8.5.....	47
Tabell 28: Middelvassføring i m <sup>3</sup> /s ved Stublielva for år, vinter og sommar i alle periodane ved klimascenario RCP4.5.....	49
Tabell 29: Middelvassføring i m <sup>3</sup> /s ved Stublielva for år, vinter og sommar i alle periodane ved klimascenario RCP8.5.....	50
Tabell 30: Middelvassføring i m <sup>3</sup> /s ved Tyttebærelva for år, vinter og sommar i alle periodane ved klimascenario RCP4.5.....	51
Tabell 31: Middelvassføring i m <sup>3</sup> /s ved Tyttebærelva for år, vinter og sommar i alle periodane ved klimascenario RCP8.5.....	53
Tabell 32: Middelvassføring i m <sup>3</sup> /s ved Vanndøla for år, vinter og sommar i alle periodane ved klimascenario RCP4.5.....	54
Tabell 33: Middelvassføring i m <sup>3</sup> /s ved Vanndøla for år, vinter og sommar i alle periodane ved klimascenario RCP8.5.....	56
Tabell 34: Prosentvis endring frå referanseperioden 1981-2010 til begge referanseperiodane og ved begge klimascenario. Tabellen viser den relative endringa frå referanseperioden vist i prosent og er fargekoda frå grønt til raud, der grønt er det største auke og raud er den største nedgangen .....	57
Tabell 35: Produksjon i GWh ved Kaldsåni kraftverk årleg og for vinter og sommar. Tabellen viser resultat for alle tre periodane ved klimascenario RCP4.5.....	58
Tabell 36: Produksjon i GWh ved Kaldsåni kraftverk årleg og for vinter og sommar. Tabellen viser resultat for alle tre periodane ved klimascenario RCP8.5.....	59
Tabell 37: Produksjon i GWh ved Valåe kraftverk årleg og for vinter og sommar. Tabellen viser resultat for alle tre periodane ved klimascenario RCP4.5.....	61
Tabell 38: Produksjon i GWh ved Valåe kraftverk årleg og for vinter og sommar. Tabellen viser resultat for alle tre periodane ved klimascenario RCP8.5.....	62
Tabell 39: Produksjon i GWh ved Tysseelva kraftverk årleg og for vinter og sommar. Tabellen viser resultat for alle tre periodane ved klimascenario RCP4.5.....	63

Tabell 40: Produksjon i GWh ved Valåe kraftverk årleg og for vinter og sommar. Tabellen viser resultat for alle tre periodane ved klimascenario RCP8.5 .....	64
Tabell 41: Produksjon i GWh ved Ytre Alsåker kraftverk årleg og for vinter og sommar. Tabellen viser resultat for alle tre periodane ved klimascenario RCP4.5 .....	65
Tabell 42: Produksjon i GWh ved Ytre Alsåker kraftverk årleg og for vinter og sommar. Tabellen viser resultat for alle tre periodane ved klimascenario RCP8.5 .....	66
Tabell 43: Produksjon i GWh ved Mouidejohka kraftverk årleg og for vinter og sommar. Tabellen viser resultat for alle tre periodane ved klimascenario RCP4.5 .....	67
Tabell 44: Produksjon i GWh ved Mouidejohka kraftverk årleg og for vinter og sommar. Tabellen viser resultat for alle tre periodane ved klimascenario RCP8.5 .....	68
Tabell 45: Produksjon i GWh ved Stublielva kraftverk årleg og for vinter og sommar. Tabellen viser resultat for alle tre periodane ved klimascenario RCP4.5 .....	69
Tabell 46: Produksjon i GWh ved Stublielva kraftverk årleg og for vinter og sommar. Tabellen viser resultat for alle tre periodane ved klimascenario RCP8.5 .....	70
Tabell 47: Produksjon i GWh ved Tyttebærelva kraftverk årleg og for vinter og sommar. Tabellen viser resultat for alle tre periodane ved klimascenario RCP4.5 .....	71
Tabell 48: Produksjon i GWh ved Tyttebærelva kraftverk årleg og for vinter og sommar. Tabellen viser resultat for alle tre periodane ved klimascenario RCP8.5 .....	72
Tabell 49: Produksjon i GWh ved Vanndøla kraftverk årleg og for vinter og sommar. Tabellen viser resultat for alle tre periodane ved klimascenario RCP4.5 .....	74
Tabell 50: Produksjon i GWh ved Vanndøla kraftverk årleg og for vinter og sommar. Tabellen viser resultat for alle tre periodane ved klimascenario RCP8.5 .....	75
Tabell 51: Flaumtap ved alle kraftverka i alle tidsperiodane og begge klimascenarioa. Alle verdiane er gjevne i prosent, og er fargemerka frå grønt til raudt, der grønt er dei lågaste verdiane, og raudt dei høgaste.....	76

## Formeloversikt

Formel 1: Potensiell energi .....	2
Formel 2: Kinetisk energi .....	2
Formel 3: Energi frå vasskraft .....	2
Formel 4: Effekten frå vasskraft.....	2
Formel 5: Skaleringsfaktor .....	10
Formel 6: Effektformel løyst for slukeevna.....	10
Formel 7: Overløp .....	11
Formel 8: Darcy-Weisbachs likning.....	15

# 1 Introduksjon

Me har ein lang tradisjon for produksjon av vasskraft i Noreg, og dei første vassdrivne kvernene i landet kan sporast så langt tilbake som til 1200-talet. Naturgitte føresetnader som høgdeskilnader i landskapet, mykje nedbør og iseroderte innsjøar som har fungert som naturlege vassmagasin, har lagt grunnlaget for ei etter kvart storstilt kraftutbygging. I følgje International Energy Agency kjem rundt 95% av straumproduksjonen i Noreg pr. i dag frå vasskraft (International Energy Agency, n.d.) og heile 25% av vasskraftproduksjonen i Europa kjem frå Noreg (Miljødirektoratet, 2019).

Sjølv om andre energikjelder vil gjere seg gjeldande i stadig større grad framover, er det høgst sannsynleg at vasskraft vil fortsette å vere særskilt viktig for Noreg. Men framtida vil med stort sannsyn ha eit anna klima og nedbørsmønster enn det me kjenner frå før. Det rår svært liten tvil om at me no står overfor klimaendringar forårsaka av klimagassutslepp. Temperaturen stig, isbreane smeltar og været er meir ustabil (Pachauri et al., 2015). Dette kjem til å påverke vasskraftproduksjonen i Noreg.

Kanskje vil klimaendringane spesielt påverke dei små og uregulerte kraftverka, som til ei kvar tid er avhengig av at det er nok vatn i elvane for å kunne produsere straum. Det er dette eg ønsker å sjå nærmare på i denne oppgåva. Eg vil ta for meg problemstillinga «*Korleis vil klimaendringane påverke straumproduksjonen ved uregulerte småkraftverk i Noreg frå i dag og fram til år 2100*».

For å svare på problemstillinga vil eg bruke globale og regionale klimamodellar, og korrigere desse mot observert vassføring i åtte kraftverk. Dette vil gje eit meir realistisk bilete av endring i vassføringa. Då vassføringa ikkje er målt direkte ved kraftverka eg undersøker, testar eg ut fleire måtar å berekne denne ut ifrå andre målingar som er gjort. I tillegg bruker eg to typar biaskorrigering for å korrigere klimamodellane mot den berekna vassføringa. Når eg har gjort gode estimat på dagens vassføring og har korrigert klimamodellane med ein metode som ser ut til å fungere, kan eg berekne produksjonen ved kraftverka framover i tid ut ifrå den nye, korrigerte klimamodellen. Klimamodellane eg bruker er basert på to ulike utsleppsscenario, som vil gje ulike endringar i klimaet.

Oppgåva helt no fram med teoretisk bakgrunn, der eg ser nærare på vasskraftproduksjon og avklarar sentrale omgrep eg vil nytta. Deretter gjer eg greie for metodebruk, før det kjem eit kapittel der eg presenterer resultatata av studiet og funna eg har gjort. Konklusjon kjem til slutt.

## 2 Teoretisk bakgrunn

I dette kapittelet tek eg for meg konsept og omgrep som vil være nyttige for å kunne forstå resten av oppgåva.

### 2.1 Vasskraft

Vasskraft handlar om å utnytte forandringa i den potensielle energien i vatn. Potensiell energi kallast gjerne stillingsenergi, då energien er gjeven av den stillinga (eller høgda) ein masse har, og er gjeven ved formelen

*Formel 1: Potensiell energi*

$$E_p = mgh$$

der  $m$  er masse,  $g$  er gravitasjonskonstanten og  $h$  er høgda, som i dette tilfelle er fallhøgda til vatnet. Når vatnet strøymer nedover vert den potensielle energien omdanna til kinetisk energi gjeven ved formelen

*Formel 2: Kinetisk energi*

$$E_K = \frac{1}{2}mv^2$$

der  $v$  er farten til massen. I og med at massen alltid vil være vatn, kan me bytte ut  $m$  i formlane med  $\rho$ , tettleiken til vatn, multiplisert med volumet,  $V$ . I kraftstasjonen vert energien i vatnet omdanna til elektrisk energi ved at det driv ein turbin, som igjen driv en generator. I denne prosessen vil ein tape noko energi, og ein kan derfor legge på ein verknadsgrad  $\eta$ . Verknadsgraden avheng av turbinen og generatoren, og vil variere med pådraget, men er for vasskraft ofte rundt 90%. Alt dette gjev oss til slutt energiformelen for vasskraft:

*Formel 3: Energi frå vasskraft*

$$E_{vasskraft} = \rho Vgh\eta$$

som ein igjen kan dele på tid for å få effekten frå vasskraft:

*Formel 4: Effekten frå vasskraft*

$$P_{vasskraft} = \rho g Q h \eta$$

(Jaffe & Taylor, 2018)

$P$  = Effekt [W]

$E$  = Energi [J] / [Wh]

$\rho$  = Tettleik [kg/m<sup>3</sup>] (1000 kg/m<sup>3</sup> for ferskvatn)

$g$  = Tyngdeakselerasjonen = 9.81 m/s<sup>2</sup>

$Q$  = Volumstram / slukeevne [m<sup>3</sup>/s]

$h$  = Fallhøgd [m]

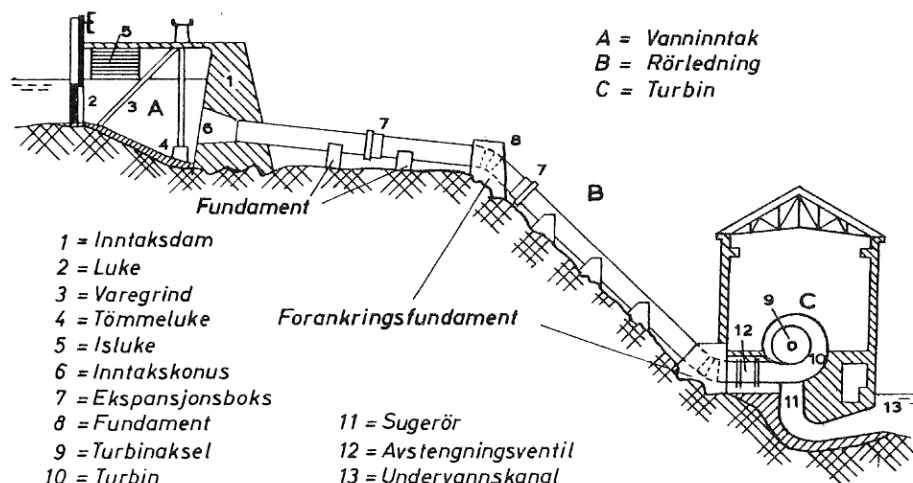
$\eta$  = Verknadsgrad

## 2.2 Komponentane i eit vasskraftverk

Eit vasskraftverk kan delast inn i mange delar, men kan som vist i Figur 1 delast inn i tre hovuddelar; vassinntak, røyr og turbin (Kjølle, 2007). Ved inntaket renn vatnet gjennom ei varegrind for å filtrere ut større objekt i vatnet, og det er installert luker for å kunne stoppe vassføring ved vedlikehald og liknande.

Vatnet vert så ført ned til turbinen gjennom røret. Turbinen si oppgåve er å omdanne den kinetiske energien i det strøymande vatnet til rotasjonsenergi. Typen turbin avheng av vatnet si fallhøgd og volumstraum. I norske kraftverk er det i hovudsak tre typar turbinar som vert nytta; Kaplan-, Pelton-, og Francisturbinar (Rosvold, 2019c). Kaplanturbinar vert nytta dersom det er ei låg fallhøgd, men høg volumstraum, Peltonturbinar krev ei stor fallhøgd, men treng mindre vassføring og Francisturbinar vert nytta ved midlare fallhøgd og volumstraum. Alle kraftverka i denne oppgåva nyttar ein Peltonturbin.

Turbinen driv ein generator der rotasjonsenergien vert omdanna til elektrisk energi. Elektrisiteten går så gjennom ein transformator for å transformere spenninga opp, avhengig av kva den skal brukast til, men frå småkraftverk vert den gjerne transformert opp til 22 kV for å gå rett ut på distribusjonsnett (BKK, 2019).



Figur 1: Hovedkomponentane i eit vasskraftverk (Kjølle, 2007)

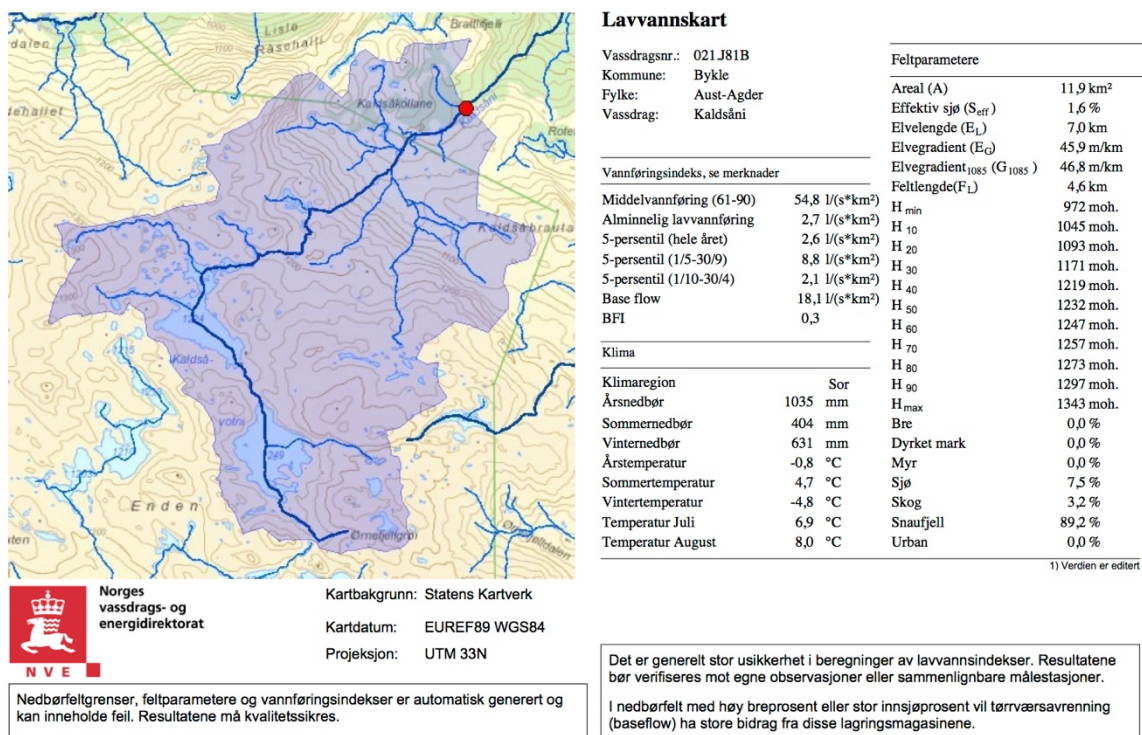
## 2.3 Nedbørsfelt

Eit nedbørsfelt er det området som har avrenning ned til eit bestemt punkt eller kystfelt. Dette punktet kan være ei elv, hav, bekk eller innløpet til eit vasskraftverk. Grensa mellom

nedbørsfeltet kallast vasskiljer. Vasskilja går typisk langs toppar og fjellryggar, men kan være meir skjulte i flate områder. Nedbørsfeltet vert òg kalla avrenningsområde, avrenningsfelt, tilsigsområde eller nedslagsfelt (Heggstad & Rosvolg, 2019). Noreg er delt opp i om lag 20 000 nedbørsfelt som ein kan finne i Norges Vassdrags- og Energidirektorat (NVE) si nedbørsfeltdatabase REGINE (REGIster over NEdbørsfelt). Her er nedbørsfeltet gjevne eit unikt nummer avhengig av kva vassdrag dei tilhøyrar (Norges vassdrags- og energidirektorat, 2015a).

## 2.4 NEVINA

NEVINA står for Nedbørsfelt-Vannføring-INdeks-Analyse, og er NVE si kartteneste for å generere nedbørsfelt, feltparametrar og vassføringsindeksar for eit vald punkt på noregskartet. NEVINA generer automatisk form og areal på nedbørsfeltet, vassføringsindeksar som middelvassføring og alminneleg lågvassføring, samt feltparametrar som effektiv sjøprosent, snaufjellprosent med meir. I NEVINA er det også mogleg å generere ei shape-fil med all informasjon frå rapporten til vidare bruk i til dømes Matlab. I denne oppgåva er NEVINA brukt for å generere nedbørsfelt ved innløpet til kraftverka. Døme på ein NEVINA-rapport er vist nedanfor i Figur 2.



Figur 2: Døme på NEVINA-rapport generert for innløpet til Kaldsåni kraftverk.

## 2.5 Representative Concentration Pathways (RCP)

Representative Concentration Pathways er FNs klimapanel sine framtidsscenario for klimagassutslepp fram mot år 2100. Klimagassutsleppa reknast som hovudårsaka til den globale oppvarminga frå 1950 og fram til i dag i følge FNs klimapanel (Pachauri et al., 2015), og dei ulike RCPane vert derfor nytta til å sjå på korleis temperaturen og klima generelt vil kunne endre seg frå i dag og fram til år 2100. Det er lagt fram fire scenario; RCP2.6, RCP4.5, RCP6 og RCP8.5. Tala referer til varmetilførselen som jord-atmosfæresystemet vil være tilført fram mot 2100 i  $W/m^2$ . I denne oppgåva vil eg ta utgangspunkt i RCP4.5 og RCP8.5.

### 2.5.1 RCP4.5

RCP4.5 er eit moderat scenario der klimagassutsleppa fortsett å auke slik som i dag, men avtek rundt 2040. Dette fører til at klimagasskonsentrasjonen i atmosfæren vil stabilisere seg rundt 2060. Den globale temperaturaukinga ved dette scenarioet vil være på om lag  $2.5^{\circ}C$  frå før-industriell tid til år 2100.

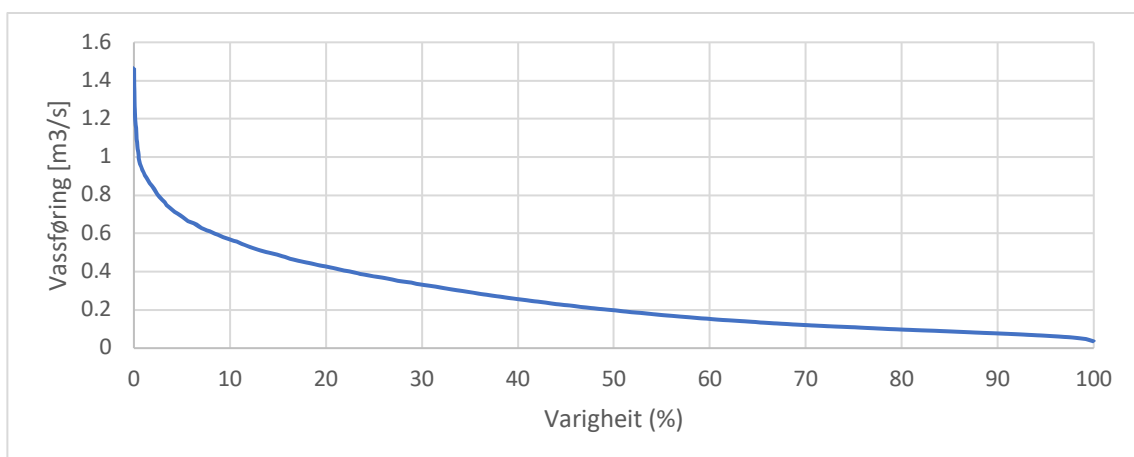
### 2.5.2 RCP8.5

RCP8.5 er det scenarioet med høgast utslepp. Dette scenarioet tek utgangspunkt i at utsleppa kjem til å fortsette å auke i dagens tempo, og vert ofte kalla «business as usual»-scenarioet. Med dette scenarioet vil temperaturen auke med om lag  $4.5^{\circ}C$  frå før-industriell tid til år 2100 (Hanssen-Bauer et al., 2015).

## 2.6 Varigheitskurve

Varigheitskurver verkt brukt for å vise frekvensen for ulike vassføringar ved eit kraftverk. Det er ei kumulativ frekvenskurve, som viser kor stor del av vassføringa som overskrider ulike volumstraumar (Cheremisinoff, 1997). y-aksen viser ulike vassføringar, og x-aksen viser varigheit, altså kor stor del av tida vassføringa overskrider den gjevne volumstraumen, og er som regel gjeven i prosent. Døme på ei varigheitskurve er vist under i Figur 1.

Varigheitskurver vert i hovudsak nytta til vassføring, men kan òg vise andre variablar som til dømes produksjon.



Figur 3: Døme på varigheitskurve med vassføring i  $m^3/s$  i y-aksen og varigheit i prosent i x-aksen



## 2.7 Definisjonar

Anleggsverknadsgrad	Anleggsverknadsgraden til eit vasskraftverk er den totale verknadsgraden til kraftverket. Her er verknadsgraden til turbinen, generatoren, transformatoren og verknadsgraden grunna falltap teke med.
Fallhøgda	Fallhøgda er den vassrette avstanden mellom inntaket og turbinen i eit vasskraftverk (Rosvold, 2020).
Minstevassføring	Minstevassføring er den minste tillate vassføringa pålagt frå NVE nedstraums frå inntaket til eit vasskraftverk. Dette vert pålagt for å oppretthalde plante- og dyreliv med meir i elva. Det vert ofte lagt eit krav til minstevassføring om vinteren og eit anna om sommaren (Norges vassdrags- og energidirektorat, 2009; Rosvold, 2019a).
Pådrag	Pådrag er kor mykje vatn som vert ført gjennom turbinen og går gjerne frå 0 til 1 eller 0 til 100%, der 100% tilsvarar turbinen si maksimale slukeevne.
Småkraftverk	Småkraftverk er definert som vasskraftverk med installert effekt på mellom 1 og 10 MW (Rosvold, 2018).
Spesifikk vassføring	Spesifikk vassføring er vassføringa dividert på arealet til nedbørsfeltet. Den spesifikke vassføringa vert mellom anna brukt for å samanlikne vassføringa ved fleire nedbørsfelt utan å måtte rekne med arealet. Den spesifikke vassføringa er som regel gjeven i l/sKm <sup>2</sup> (Midttømme et al., 2011).
Uregulert vasskraft	Uregulert vasskraft er vasskraft utan reguleringsmagasin, altså er det inga moglegheit til å tilpasse vassføringa og produksjonen til behovet, men produksjonen følger vassføringa i elva (Norges vassdrags- og energidirektorat, 2015b).
Vassføring	Vassføring er volumstraumen av vatn i til dømes eit vassdrag eller eit røyrløp (Rosvold, 2019b).
Vassmerke	Vassmerke er målingar av vassføring ved ein målestasjon i eit vassdrag

## 3 Metode

### 3.1 Datagrunnlag

Datagrunnlaget for denne oppgåva er ti klimamodellar, NVE sine vassmerker, produksjonsdata frå Småkraft og rapportar generert med NEVINA.

#### 3.1.1 Klimamodellar

I denne studien har eg brukt klimamodellar når eg ser på modellert data for vassføring. Modellane starter enten i 1961 eller 1971 og varer fram til 2100 (sjå Tabell 1). Dei ti modellane er ein kombinasjon av ein global og ein regional klimamodell. Dei globale klimamodellane er modellar som beskriv prosessar og endringar i det globale klimaet ved hjelp av matematiske likningar. Gridrutene for desse modellane er typisk på 100x100 km (Hanssen-Bauer et al., 2015). Sjølv om desse klimamodellane beskriv klimaendringane globalt vil det være ein del lokale variasjonar som ikkje vert oppfatta grunna dei store gridrutene. Derfor er det i tillegg nytta lokale klimamodellar som er bygd opp på same måte som dei globale modellane, men med mindre gridruter. Ved hjelp av nedskalering og biaskorrigering, kan ein legge dei lokale klimamodellane oppå dei globale for å få eit betre bilete av klimaendringane for eit mindre område. Nedskaleringa er utført av ulike institusjonar vist i Tabell 1. Alle kombinasjonane av globale og regionale klimamodellar er brukt for både RCP8.5 og RCP4.5 som er beskrive i kapittel 2.5.

Tabell 1: Oversikt over kombinasjonane av globale og regionale klimamodellar som er brukt i studien samt tidsperiodar for tabellane og kva for institusjon dei er utvikla ved

Global klimamodell	Regional klimamodell	Tidsperiode	Institusjon
CNRM	CCLM	1961-2100	Climate Limited-area Modelling Community
CNRM	RCA	1971-2100	Swedish Meteorological and Hydrological Institute
EC-EARTH	CCLM	1961-2100	Climate Limited-area Modelling Community
EC-EARTH	HIRHAM	1961-2100	Danish Meteorological Institute
EC-EARTH	RACMO	1961-2100	Royal Netherlands Meteorological Institute
EC-EARTH	RCA	1971-2100	Swedish Meteorological and Hydrological Institute
HADGEM	RCA	1971-2100	Swedish Meteorological and Hydrological Institute
IPSL	RCA	1971-2100	Swedish Meteorological and Hydrological Institute
MPI	CCLM	1961-2100	Climate Limited-area Modelling Community
MPI	RCA	1971-2100	Swedish Meteorological and Hydrological Institute

### 3.2 Val av kraftverk

Val av kraftverk var ei svært viktig oppgåve, då dette la grunnlaget for resten av oppgåva. Eg hadde eit ønske om å finne kraftverk fordelt utover heile Noreg for å få ei god oversikt over korleis klimaforandringar vil påvirke vasskraftproduksjonen i heile landet. Det viktigaste kriteriet for val av kraftvert var at kraftverket er uregulert. Dei fleste kraftverka Småkraft er

involverte i er uregulerte, men med nokre unntak. Grunnen til at dette var så viktig er at ved eit uregulert kraftverk er samanhengen mellom vassføring og kraftproduksjon svært tydeleg. Dersom ein tek bort minstevassføring og flaumtap vil vassføring og produksjon være tilnærma proporsjonale storleikar med ei lita endring i anleggsverknadsgrad som er ulik ved ulike slukeevner. I tillegg til ei jamn fordeling utover Noreg ønska eg å finne kraftverk både nær og eit stykke frå kysten, og høgt og mindre høgt over havet. Årsaken til det er at eg ønska å finne kraftverk med klimatisk ulike avrenningsområder. Avrenninga vil då være påverka av ulik nedbørmengd, snøsmelting og fordamping. Det siste kravet eg hadde til kraftveka var at det var mogleg å få tak i gode produksjonsdata frå kraftverket. Det skal være målte døgnverdiar for produksjonen ved alle kraftverka, men ikkje alle kraftverka har like lange dataseriar, og nokre av dataseriane er mangelfulle. Det har derfor vore ønskeleg å finne kraftverk med mist tre år med samhengane produksjonsdata med så lite feil som mogleg. Dei åtte kraftverka eg har brukt i denne studien er vist på kartet i Figur 4 , og teknisk informasjon om kraftverka er vist i Tabell 2. Då eg arbeider med åtte ulike kraftverk med ulike avrenningsområder er det ikkje gjeve at funna som vert gjort for desse kan overførast til andre kraftverk då det ikkje er eit representativt utval av kraftverk i Noreg. Likevel kan samanfallande resultat for kraftverk med like eigenskapar som høgde over havet og liknande avrenningsfelt være ein indikasjon på korleis endringa vert fleire stader.



Figur 4: Kart over kraftverk brukt i studien

Tabell 2: Teknisk informasjon om kraftverka brukt i studien

Teknisk informasjon om kraftverka						
Kraftverk	Installert effekt (MW)	Forventa årleg produksjon (GWh)	Inntaks kote (m)	Stasjons kote (m)	Slukeevne (m <sup>3</sup> /s)	Turbin
Kaldsåni	2.8	6.3	969	763	1.66	Pelton
Mouidejohka	5.5	18.5	621.5	140.55	1.5	Pelton
Stublielva	2.9	8.4	290	60	1.6	Pelton
Tysseelva	5.44	16.9	420	80	1.93	Pelton
Tyttebærelva	1.4	4.3	115	8	1.6	Pelton
Valåe	1.7	5.5	875.69	627.37	0.9	Pelton
Vanndøla	3.9	12	703.7	194.3	0.9	Pelton
Ytre Alsåker	4.9	19.4	222	5.5	2.99	Pelton

### 3.3 Berekne vassføring ved kraftverket

Vassføringa ved kraftverka er ikkje målt direkte, men kan bereknast ved hjelp av ulike metodar. Eg har brukt to metodar for å berekne vassføringa ved dei ulike kraftverka. I den første metoden brukte eg NVE sine vassmerker som grunnlag, og i den andre har eg brukt produksjonsdata og målingar frå dei aktuelle kraftverka.

#### 3.3.1 Vassføring frå NVE sine vassmerker

I den første metoden har eg brukt vassmerker for å berekne vassføringa ved kraftverket. Alle kraftverka eg har brukt i oppgåva er i nærleiken av eit eller fleire av NVE sine vassmerker med lange tidsseriar med målt vassføring, og det er desse eg har brukt for å berekne vassføringa ved kraftverket. Avrenningsfeltet ved dei aktuelle vassmerka er samanlikna med avrenningsfeltet ved kraftverket, og skalert med ein faktor for å passe kraftverket. Felta er samanlikna med tanke på blant anna storleik, effektiv sjøprosent, breprosent, og ikkje minst er ein liten avstand mellom felta viktig for at vassmerket kan brukast. Her har eg latt meg inspirere av Småkraft sine hydrologirapportar som er laga i planleggingsfasen av kvart kraftverk. Her er desse samanlikningane gjort allereie, og eg har difor tatt utgangspunkt i dei same vassmerka. Vassmerkedataa er henta frå NVE sin hydrologiske database HYDRA II.

Skaleringsfaktoren som vert brukt for å tilpasse vassmerkedataa til kraftverket er berekna ved hjelp av arealet på avrenningsfelta, og modellert middelvassføring ved avrenningsfeltet til kraftverket og middelvassføring ved vassmerket. Medan middelvassføringa ved vassmerket er målt, er vassføringa ved kraftverket sitt avrenningsfelt modellert med avrenningskartet 1961-1990. Formelen for skaleringsfaktoren er

$$f_s = \frac{Q_k}{Q_v} \cdot \frac{A_k}{A_v}$$

der  $f_s$  er skaleringsfaktoren,  $Q_k$  er middelvassføringa ved kraftverket,  $Q_v$  er middelvassføringa ved vassmerket,  $A_k$  er arealet til avrenningsfeltet til kraftverket og  $A_v$  er arealet til avrenningsfeltet til vassmerket.

### 3.3.2 Vassføring frå produksjonsdata

Sjølv om vassføringa ikkje vert målt direkte ved kraftverket, kan den estimerast ved hjelp av produksjonsdata og andre målingar gjort ved kraftstasjonen. Den totale vassføringa kan delast inn i tre delar: det vatnet som går til produksjon, det som går til minstevassføring og eventuelt det som går i overløp.

#### 3.3.2.1 Vassføring til produksjon

Vassføringa som går til produksjon vert berekna ved hjelp av produksjonsdata frå kraftverket og effektformelen for vasskraft (Formel 4) løyst for slukeevna, slik at formelen vert

$$Q = \frac{\rho g h \eta}{P}$$

Merk at anleggsverknadsgraden vil variere med pådraget. Anleggsverknadsgraden for kraftverket er gjeven av Småkraft for ulike pådrag som er loggført saman med produksjonsdata. Anleggsverknadsgraden er gjeve for kvar tiande prosent av pådraget frå 0 til 100, og eg har difor antekke konstant verknadsgrad i intervallet mellom 0 og 10, 10 og 20 og så vidare opp til mellom 90 og 100. Dette kan gjerast endå meir nøyaktig ved at ein antek at verknadsgraden til dømes endras lineært mellom dei gjevne verknadsgradane, men då forskjellane mellom verknadsgradene er så små spelar dette liten rolle. Pådraget er heller ikkje gjeve direkte i målingane, så her har eg antekke at pådraget vil være det same som  $P/P_0$ , altså effekt delt på maks effekt som går frå 0 til 1 på same måte som pådraget, då det i hovudsak er pådraget som endrar effekten til kraftverket.

#### 3.3.2.2 Minstevassføring

Minstevassføringa skal være loggført ved kraftverket. Dersom minstevassføringa i periodar likevel ikkje er målt, har eg antekke at krava for minstevassføring pålagt frå NVE i kraftverket sin konsesjon er fylgt. I konsesjonen er det som regel gjeve eit krav til minstevassføringa på vinteren og ei anna på sommaren, men den kan òg ha fleire inndelingar eller berre ei konstant minstevassføring gjennom heile året. Eit unntak frå denne antakinga er dersom det kjem tydelig fram at det har vore ein periode med tørke utan noko produksjon der den totale vassføringa er under kravet til minstevassføring.

### 3.3.2.3 Overløp

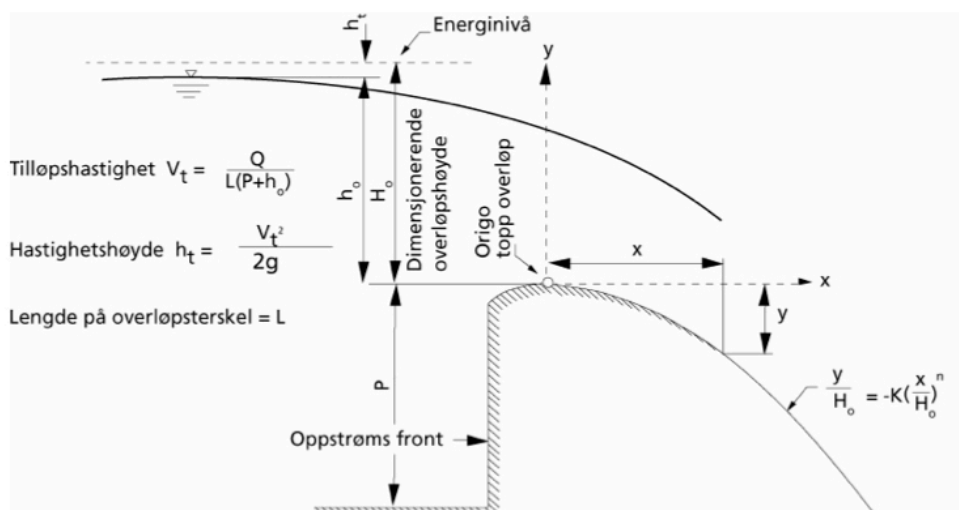
Den siste delen av den totale vassføringa er det som går i overløp. For å berekne dette har eg brukt trykkmålingane gjort ved inntaket samt informasjon om dammen. Ved inntaka er det trykksensorar som til ei kvar tid måler vasstanden i dammen. I dei periodane der vasstanden er høgare enn dammen er det overløp. Høgda på vatnet over dammen, breidda på dammen og overløpskoeffisienten er så brukt for å berekne overløpet.

Overløpskoeffisienten er basert på forma på demningen. Overløpsberekninga er henta frå NVE sin «Retningslinjer for flomløp» (Norges vassdrags- og energidirektorat, 2005), der formelen for overløpet er

Formel 7: Overløp

$$Q = C \cdot L_{eff} \cdot H_0^{3/2}$$

der Q er volumstraumen til overløpet, C er overløpskoeffisienten, L er lengda på overløpet og  $H_0$  er høgda på overløpet.  $H_0$  er vist i Figur 5.

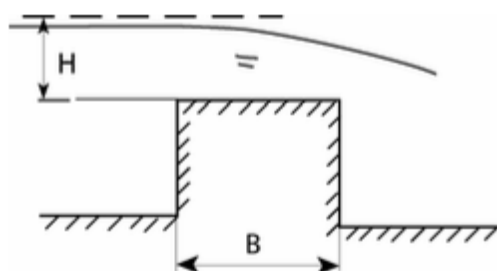


Figur 5: Forklaring på formel for overløp

Kraftverka eg har brukt i oppgåva har dammar med skarpkanta overløp, og eg har derfor teke utgangspunkt i overløpskoeffisientar henta frå ein tabell i «Retningslinjer for flomløp» vist under (Tabell 3), der koeffisienten er vald basert på breidda på dammen og høgda på overløpet. Dette er også vist i Figur 6. Måla på dammane er henta frå arbeidsteikningar frå Småkraft.

Tabell 3: Overløpskoeffisientar for skarpt overløp

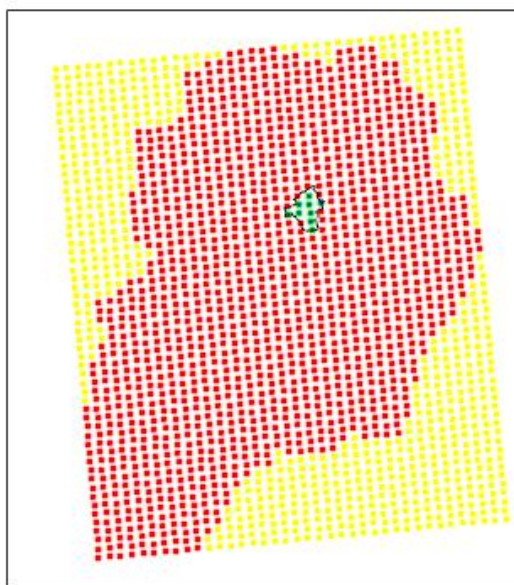
H/B	0.1	0.2	0.5	1.0	2.0
C	1.4	1.45	1.5	1.55	1.8



Figur 6: Skarpt overløp med breidd og overløpshøgde

### 3.4 Hente modellert data for vassføring

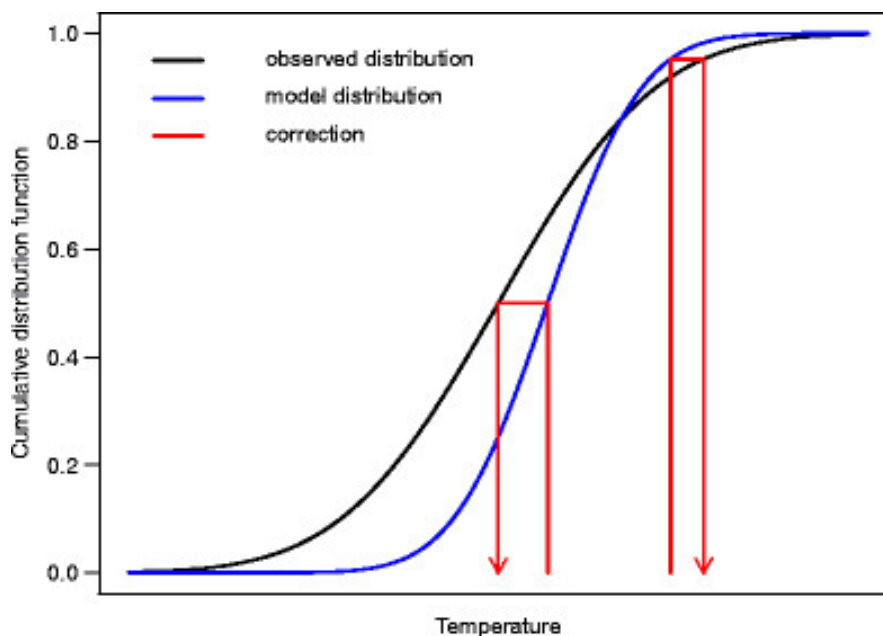
For å få tak i den modellerte vassføringa for kvart kraftverk måtte eg starte med å berekne avrenningsfelta. Til dette brukte eg NEVINA, og genererte eit felt frå inntaket til kvart kraftverk. Avrenningsfelta lasta eg så ned som ei shape-fil med lengdegrader og breiddegrader. Sjølv modelldataa er henta frå Norsk Klimaservicesenter (KSS) der modellert avrenningsdata finnes for heile Noreg i grid på 1x1 km. Herifrå henta eg avrenningsdataa frå 1971-2100 for alle ti klimamodellar og begge utslepps-/klimascenarioa. For å hente ut avrenningsdataa for dei felta eg allereie hadde generert i NEVINA lasta eg ned avrenninga for dei kommunane kraftverka ligg i, og i nokre tilfelle lasta eg ned dei nærliggande kommunane dersom avrenningsfeltet strakk seg over fleire kommunar. Når eg hadde lasta ned både avrenningsfeltet frå NEVINA og modelldata frå Norsk Klimaservicesenter, brukte eg Matlab til å plukke ut avrenningsdataa for avrenningsfelta. Eit eksempel på dette er vist i Figur 7. Her er modellert avrenningsdata for Bykle kommune henta frå KSS, medan avrenningsfeltet for Kaldsåni kraftverk er generert med NEVINA. Bykle kommune er vist i raudt, medan avrenningsfeltet er vist i grønt. Det eg står igjen med etter denne prosessen er avrenningsdata for kraftverket frå 1971-2100 for to klimascenario som begge er berekna med ti klimamodellar.



Figur 7: Kart over Bykle kommune (raudt) med avrenningsfeltet til Kaldsåni kraftverk (grønt)

### 3.5 Biaskorrigering av modelldataa

Sjølv om modelldataa allereie er biaskorrigert då dei vart nedskalert frå global til regional klimamodell, og er henta ut akkurat for dei aktuelle avrenningsfelta, tyder ikkje det nødvendigvis at dei er korrekte. Ingen klimamodellar vil være heilt nøyaktige, og vil derfor ha eit bias i forhold til realiteten. For å gjere modelldataa så nøyaktige som mogleg har eg korrigert dei mot observert data (frå vassmerke og produksjonsdata) gjennom biaskorreksjon. Biaskorreksjon er ein metode for å forbetre modelldata (ofte klimamodellar) ved å korrigere det mot observert data, altså målingar av det modellen skal simulere. Ved at ein deler modelldataa opp i historisk og framtidig data, kan ein samanlikne dei historiske modelldataa med observert data for den same perioden, og rette opp i biasen som ein då finn i modellen. Denne endringa vert så lagt på den framtidige modelldataen for å få ein betre modell. Det er mange metodar for å gjere dette, men eg har vald å sjå på to av dei i denne oppgåva: Empirical Quantile Mapping og Parametric Quantile Mapping. Begge metodane er variantar av quantile mapping, som er ein måte å korrigere biasen i modelldataa ved å endre den kumulative fordelingsfunksjonen til modelldatasettet etter den kumulative fordelingsfunksjonen til det observerte datasettet (Heo, Ahn, Shin, Kjeldsen, & Jeong, 2019). Dette er vist i Figur 8 henta frå Bias Correcting Climate Change Simulations – A Critical Review (Maraun, 2016) der den kumulative fordelingsfunksjonen til både observert og modellert data er vist, og korleis fordelinga til modelldataa endrar seg.



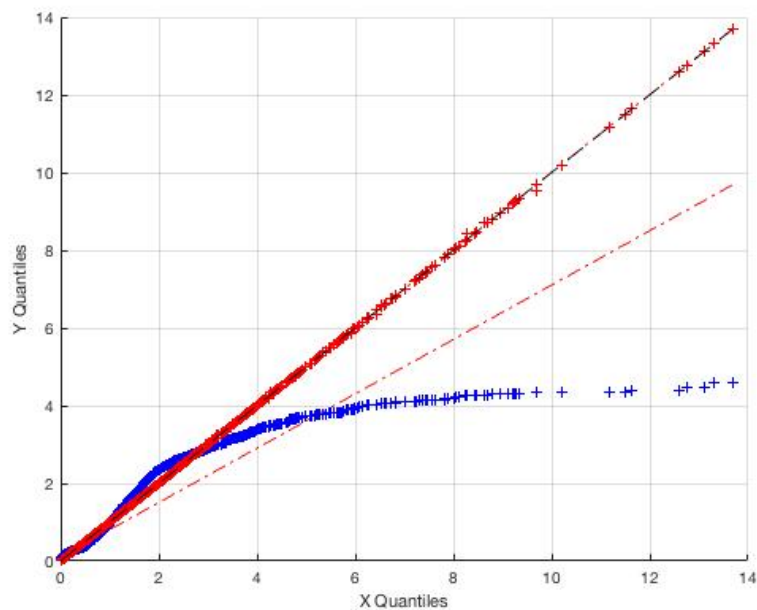
Figur 8: Korrigering av den kumulative fordelingsfunksjonen til modelldata (blå) etter den kumulative fordelingsfunksjonen til observert data (svart). Endringa er vist i raud (Maraun, 2016).

Eg har brukt ein toolbox til Matlab kalla Meteolab for å gjere biaskorrigeringane. Toolboxen er mellom anna omtala i kapittelet «Usefull resources» i boka Statistical Downscaling and Bias Correction for Climate Research utgjeidd av Cambridge University Press (Maraun & Widmann, 2018).



### 3.5.1 Empirical Quantile Mapping (eQM)

Empirical Quantile Mapping er ein metode for biaskorleksjon som endrar modelldataa si kumulative distribusjonsfunksjon ved å legge til både den gjennomsnittlege delta-endringa, og den individuelle delta-endringa for dei observerte kvantilane. Dette er vist eit døme på i kvantil-kvantil-plottet (Q-Q-plottet) i Figur 9 under, der kvantilane til dei historiske modelldataa for Kaldsåni er plotta mot kvantilane til dei observerte dataa for det same kraftverket (vist i blå). Deretter er kvantilane til dei historiske biaskorrigerte modelldataa plotta mot kvantilane til dei observerte dataa (vist i raud). Dersom biaskorrigeringa er korrekt, har kvantilane til modelldataa endra seg til å stemme overeins med dei observerte dataa, og derfor legge seg langs den svarte referanselinja.



Figur 9: Q-Q-plot med historisk modelldata mot observert data (blå) og biaskorrigert historisk modelldata mot observert data (raud)

Meteolab bruker (Déqué, 2007) sin metode for å gjere Empirical Quantile Mapping der det er dei 99 persentilane det vert utført ein korreksjonsfunksjon på, og det vert interpolert lineært mellom persentilane for dataa som er mellom to persentilar. Denne metoden er ein empirisk medtode for quantile mapping som ikkje antek type fordeling på modellert eller observert data.

### 3.5.2 Parametric Quantile Mapping (gQM)

Parametric Quantile Mapping er ein metode for biaskorrigering som tek utgangspunkt i at både modellert og observert data omtrentleg følger ein gamma-distribusjon. Det er difor ein metode som i hovudsak vert brukt for å biaskorrigere nedbørsdata, som ofte følger i gamma-fordeling (Piani, Haerter, & Coppola, 2010). Meteolab tek utgangspunkt i (Piani et al., 2010) for å utføre biaskorrigeringa, som beskriv at sjølv om begge dataseriane har ei gamma-fordeling, vil form- og skalaparametrane være ulike, og det er desse som må endrast i

modelldataa. Disse to parametrane vert då endra med ein overføringsfunksjon som vert framstilt grafisk.

Det at metoden tek utgangspunkt i ein type fordeling av dataseriane kan være både positivt og negativt avhengig av i kor stor grad dataseriane faktisk følger den denne fordelinga. Sjølv om ein antek at vassføring, som nedbør, ofte følger er gamma-fordeling er det ikkje sikkert at denne fordelinga kjem tydeleg nok fram for ein kort dataserie. Noko som er tilfelle for den observerte dataserien berekna frå å produksjonsdataa. Her er seriane berre mellom to og tre år, noko som ikkje alltid er nok til å få fram den reelle fordelinga.

### 3.6 Produksjonsberekning

Produksjonen ved dei ulike kraftverka, både dagens og framtidig produksjon, er berekna ved hjelp av Småkraft sin produksjonsmal. Småkraft bruker eit Excel-ark der ein kan legge inn all teknisk informasjon om kraftverket i tillegg til dagleg avrenning for å rekne ut dagleg produksjon frå kraftverket. Malen tek utgangspunkt i Formel 4, effektformelen for vasskraft der anleggsverknadsgraden,  $\eta$ , er produktet av verknadsgraden til turbinen, generatoren, aggregatet, og ein verknadsgrad grunna falltap. Falltapet vert berekna frå Darcy-Weisbachs likning:

*Formel 8: Darcy-Weisbachs likning*

$$h_f = f_d \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

der  $h_f$  er falltapet i meter,  $f_d$  er ein friksjonskoeffisient som er anteke på grunnlag av materialet røret er laga av (GRP og PE-røyr har ein  $f_d$  på 0.012),  $L$  er lengda på røret  $D$  er den indre diameteren,  $g$  er gravitasjonsakselerasjonen og  $V$  er farten til vatnet som er volumstraumen til vatnet dividert på tversnitsarealet til røret (Brown, 2002).

Verknadsgraden frå falltapet kan då bereknast som brutto fallhøgde minus falltapet dividert på brutto falltap. Turbin- og generator-verknadsgraden avheng av storleik og type turbin og generator, og er henta frå Småkraft. Transformatorverknadsgraden er anteke å være konstant 99%. Døme på tabell for verknadsgrader for ulike pådrag er vist under i Tabell 4.

Tabell 4: Tabell for verknadsgrader for ulike pådrag

Verknadsgrader							
Q/Q0	Turbin	Generator	Trafo	Aggregat	Falltap	Q/Q0	Anleggs- verknadsgrad.
%	kontrakt	kontrakt	antatt		m	%	%
100 %	90.00 %	96.0 %	99 %	86 %	13.6	100 %	80 %
90 %	90.00 %	96.0 %	99 %	86 %	11.0	90 %	81 %
80 %	89.00 %	96.0 %	99 %	85 %	8.7	80 %	81 %
70 %	88.00 %	96.0 %	99 %	84 %	6.6	70 %	81 %
60 %	88.00 %	95.5 %	99 %	83 %	4.9	60 %	81 %
50 %	87.00 %	95.0 %	99 %	82 %	3.4	50 %	80 %
40 %	87.00 %	94.0 %	99 %	81 %	2.2	40 %	80 %
30 %	87.00 %	92.0 %	99 %	79 %	1.2	30 %	79 %
20 %	86.00 %	90.0 %	99 %	77 %	0.5	20 %	76 %
10 %	85.00 %	85.0 %	99 %	72 %	0.1	10 %	71 %

I tillegg til verknadsgradene vert minstevassføringa for ulike årstider lagt inn i malen, og flaum vert berekna ved vassføring minus maks slukeevne når vassføringa overstig maks slukeevne.

Produksjonsmalen reknar òg ut kor mykje av vassføringa som vert flaumtap. Då alle kraftverka er uregulerte, vil all vassføringa som ikkje går til produksjon eller minstevassføring renne over inntaksdammen som flaum. Dette vert berekna ved at ein tek total vassføring minus det som går til produksjon (altså kraftverket si slukeevne) og minstevassføring. Flaumtapet vert då gjeven som ein prosent av den totale vassføringa.

### 3.7 Berekne forandring i vassføring, produksjon og flaumtap

Når eg ser på endringa i vassføring, produksjon og flaumtap har eg vald å dele tidsseriane opp i tre periodar; ein referanseperiode frå 1981-2010, ein nært framtidperiode frå 2031-2060 og ein fjern framtidperiode frå 2071-2100. Årsaken til at eg bruker desse tretti-års periodane er at dei gjer det mogleg å samanlikne og sjå på korleis vassføringa og produksjonen endrar seg utan at ein ser på enkeltår, noko som ville ha gitt til eit mindre nøyaktig resultat. Ved å bruke desse tre periodane kan eg sjå på den prosentvise endringa i vassføring, produksjon og flaumtap frå referanseperioden og fram til dei ulike framtidperiodane. Resultata for kvart år vert òg delt opp etter sommar og vinter på same måte som kraftverk ofte har inndelt vinter- og sommar- minstevassføring med vinter frå 1. oktober til 30. mai, og sommar resten av året.

## 4 Resultat

### 4.1 Nedbørsfelt generert med NEVINA

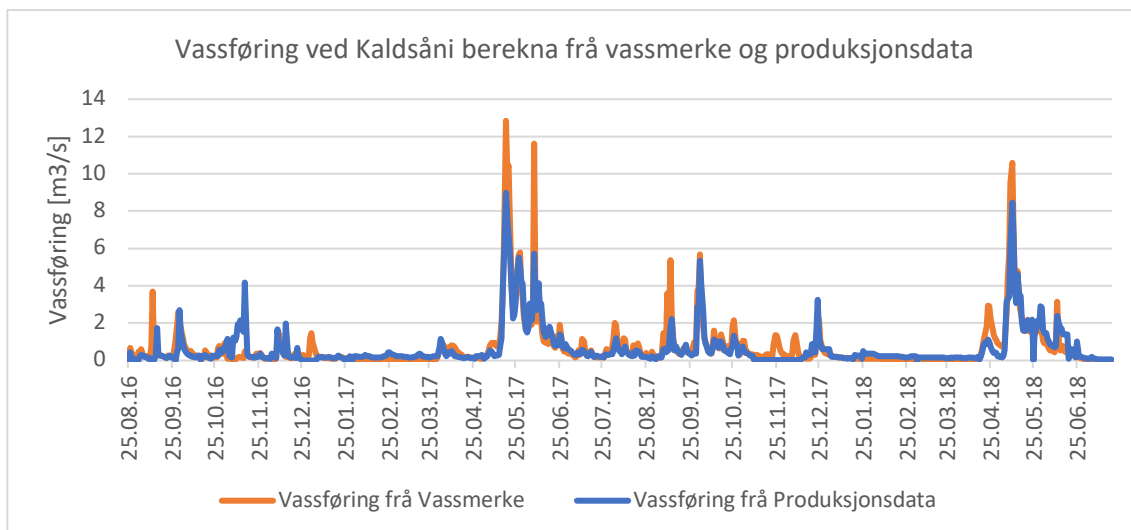
Tabell 5 viser informasjon om dei ulike nedbørsfeltene frå dei genererte NEVINA-rapportane. Dei fullstendige rapportane er å finne i vedlegg kapittel 8.1.

Tabell 5: Informasjon om nedbørsfeltene til alle kraftverka brukt i studien

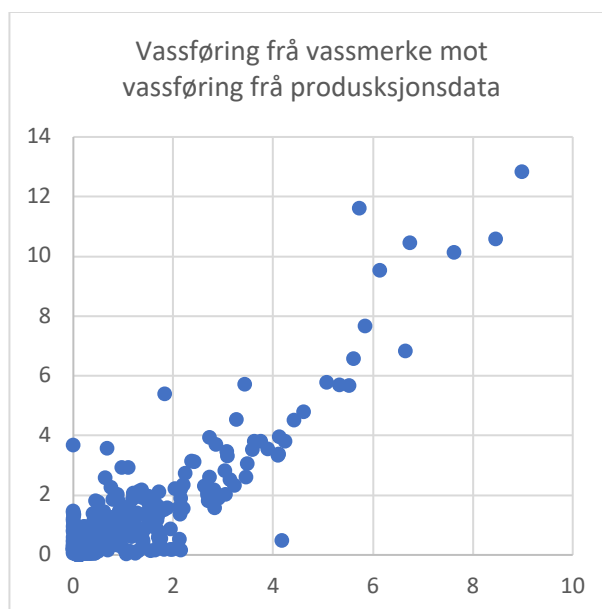
Informasjon om nedbørsfelt					
Kraftverk	Areal (km <sup>2</sup> )	Minste høgd (moh.)	Største høgd (moh.)	Bre (%)	Effektiv sjø (%)
Kaldsåni	11.9	972	1343	0.0	1.6
Mouidejohka	13.7	618	1360	0.9	1.3
Stublielva	25.9	285	1615	0.8	0.5
Tysseelva	10.7	392	925	0.0	9.4
Tyttebærelva	12.8	112	1489	0.0	0.0
Valåe	24.5	883	1741	1.3	0.4
Vanndøla	8.8	705	1641	5.0	0.0
Ytre Alsåker	20.1	216	1366	0.0	0.7

### 4.2 Samanlikning av vassføring frå vassmerke og vassføring frå produksjonsdata

Når eg ser på dei to metodane som er brukt for å berekne vassføringa ved kraftverka er det klare fordelar og ulemper med begge metodane. Fordelen med vassføringa berekna frå vassmerket er at den er basert på faktiske målingar av vassføring, men ulempa er at den ikkje er målt ved kraftverket, men er berekna med ein skaleringsfaktor. Vassføringa berekna frå produksjonsdata er derimot basert på målingar ved kraftverket, men det er større usikkerheit i berekninga då den ikkje er frå målingar av vassføring, men er omrekna frå produksjonsdata som i tillegg inneheld ein del feil. Resultat frå begge metodane er vist i Figur 10 som viser vassføringa ved Kaldsåni kraftverk på ein periode på omlag to år. Figuren viser at begge metodane gjev svært like resultat, noko som òg kjem fram i spreingsplottet i Figur 12 som viser ein korrelasjonskoeffisient på 0.896 mellom dei same resultatene. Her er vassføringa frå produksjonsdataa vist i x-aksen og vassføringa frå vassmerket i y-aksen. Sjølv om begge metodane ser ut til å gje liknande resultat vil dei sannsynlegvis aldri gje nøyaktig det same då dei er berekna frå to ulike avrenningsfelt.

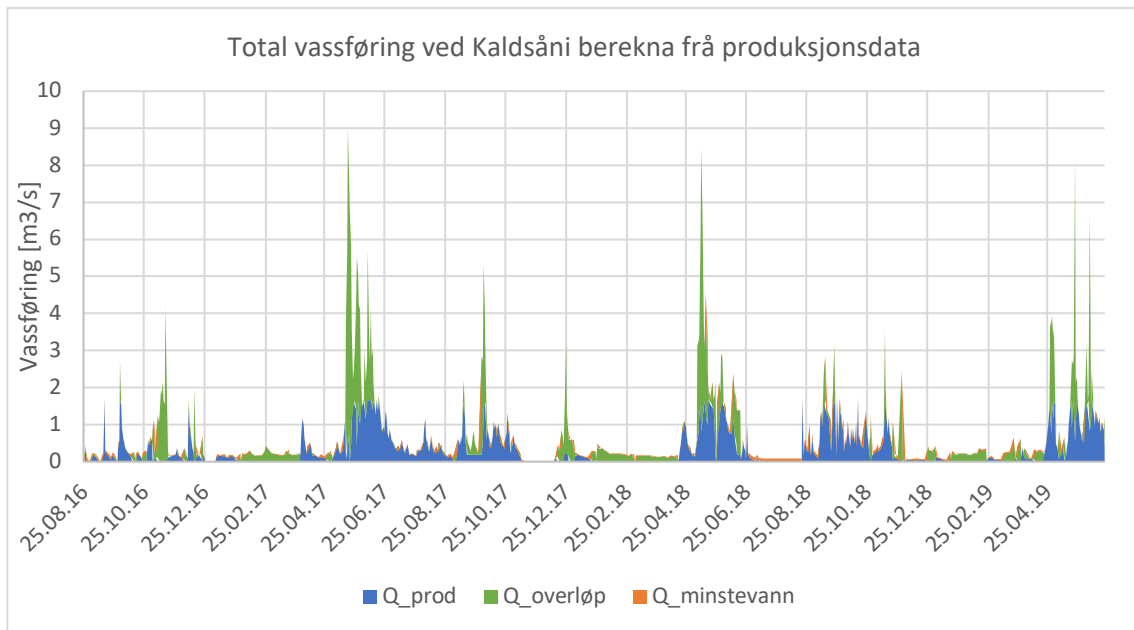


Figur 10: Vassføring ved Kaldsåni berekna frå vassmerke (vist i oransje) og frå produksjonsdata (vist i blått). Vassføring i m<sup>3</sup>/s i y-aksen, og tid i x-aksen



Figur 11: Spreiingsplot for vassføring berekna frå vassmerke (y-aksen) og vassføring berekna frå produksjonsdata (y-aksen). Vassføringa er gjeven i m<sup>3</sup>/s og gjeld for Kaldsåni kraftverk i perioden 25.08.16-25.02.18

Figur 12 viser eit døme på vassføring berekna frå produksjonsdata for Kaldsåni kraftverk. Her er dei tre delane av vassføringa vist i kvar sin farge, og saman viser dei den totale vassføringa ved kraftverket. Det største usikkerheitsmomentet her er, som nemnd i metodedelen, overløpet som er mykje meir ujamn enn dei andre delane av vassføringa. Men utifrå samanlikninga av vassføringar vist i Figur 10, kan det sjå ut som at desse toppane stemmer overeins med realiteten. Middelvassføringa berekna frå produksjon frå denne perioden er 0.635 m<sup>3</sup>/s, vassmerket har ei middelvassføring på 0.644 m<sup>3</sup>/s i denne perioden, og NEVINA-rapporten for Kaldsåni gjev ei middelvassføring på 0.652 m<sup>3</sup>/s (NEVINA-rapporten baserer middelvassføringa på NVE sitt avrenningskart for perioden 1961-1990) (Norges vassdrags- og energidirektorat, 2019).

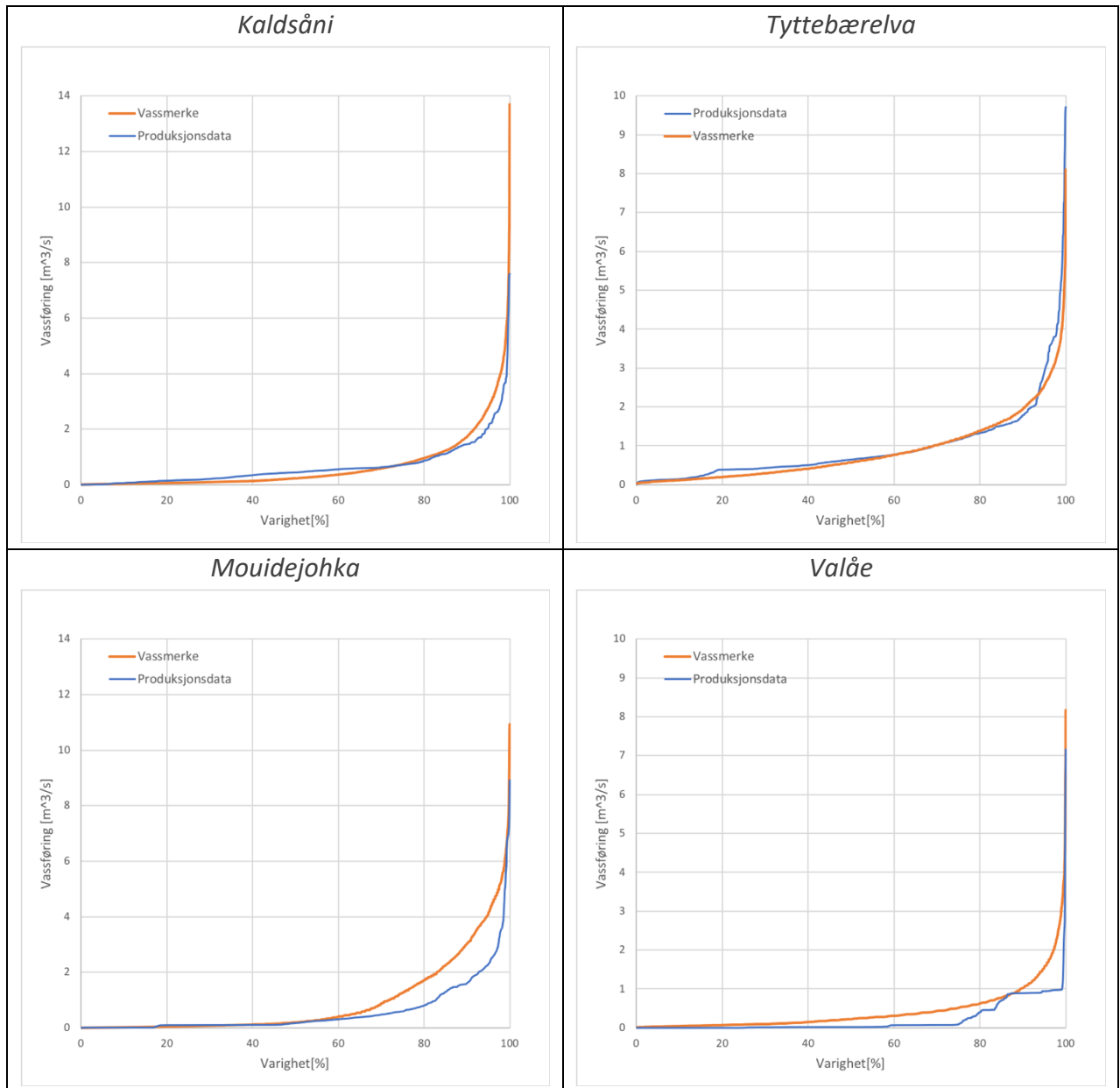


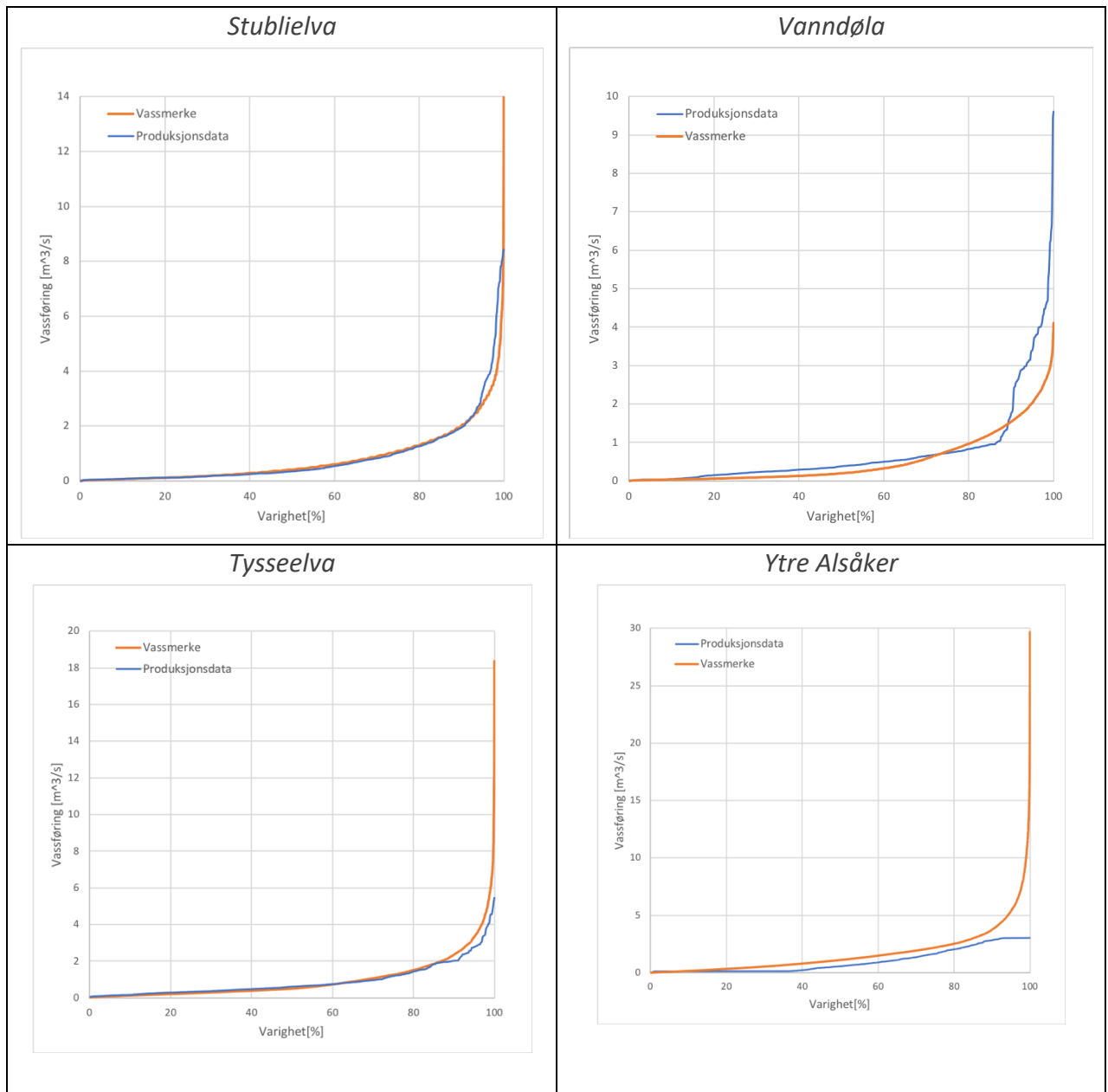
Figur 12: Vassføring ved Kaldsåni berekna frå produksjonsdata. Vassføring som har gått til produksjon vist i blått, overløp i grønt og minstevassføringa er vist i oransjet. Vassføringa er vist i m<sup>3</sup>/s

Tabell 6 viser varigheitskurver for alle kraftverka med det som vert brukt som observert data i biaskorrigeringa, altså vassføring berekna frå vassmerke og frå produksjonsdata. Her kjem det fram at sjølv om metoden for berekna vassføring frå produksjon har sett ut til å fungere (basert på blant anna Figur 10 og Figur 11), gjev generelt vassføringa frå vassmerka sannsynlegvis eit meir realistisk av bilete av vassføringa i elvene. Først og fremst er kurva med vassføring frå produksjon mykje meir ujamn enn vassmerkekurva. Dette kjem blant anna frå at tidsserien med produksjonsdata er mykje kortare enn vassmerket.

Produksjonsdataa som er brukt er to til tre år, medan vassmerkedataserien er opp til 40. Den andre mangelen er at sjølv ved dei kraftverka der kurvene følger kvarandre godt, kan den høgaste vassføringa være svært ulik. Dette kan ha fleire årsaker; i dei tilfella der vassmerka har ein høgare topp kan det koma av at det er målt eit år med ein stor flaum som ikkje er med i produksjonsdataserien, men det kan òg kome av at målet på overløpshøgda ved inntaka til kraftverka er unøyaktige. Dette er sannsynlegvis hovudårsaka til at ved nokre kraftverkt er toppen til produksjonsdataa mykje høgare enn toppen til vassmerkedataa. Då vassføringa ved overløp aukar eksponensielt med overløpshøgda (sjå Formel 7), vil berre nokre centimeter feil på målet på damhøgda resultere i ei mykje høgare vassføring. Til slutt kan ein sjå at varigheitskurva frå produksjonsdataa i fleire av tilfella ligg på eller rett over 0 m<sup>3</sup>/s mykje lengre enn det vassmerkedataa gjer, og sannsynlegvis det som er reelt. Dette kan være fordi kraftverket, eller måleapparata ved kraftverket, har vore nede i periodar.

Tabell 6: Varighetskurver – Vassmerkedata mot berekna vassføring frå produksjonsdata Varighet vist i x-aksen og vassføring i y-akse. Data berekna frå vassmerke er vist i oransje og frå produksjon i blå





### 4.3 Samanlikning av klimasignalet for ulike biaskorrigeringsmetodar

Ein måte å teste om biaskorrigeringa har vore suksessfull er å sjå om klimasignalet til dei observerte dataseriane er overført til den korrigerte dataserien. Då det er dei observerte dataa modellane er korrigert mot, bør avviket mellom dei to være så lite som mogleg. Dette har eg undersøkt ved å samanlikne årleg vassføring, månadleg vassføring og låg, middels, høg og ekstrem vassføring (25, 50, 75 og 99.5 persentil) for observert og korrigert data i same periode, og ser på det absolutte relative avviket mellom dei to. Dette er vist for Kaldsåni i Tabell 7 til Tabell 10. Tabellane viser vassføringa i m<sup>3</sup>/s til venstre for både observert data og korrigert data for dei to ulike korrigeringsmetodane, samt det relative avviket mellom observert og korrigert data i prosent til høgre. Det er fire slike tabellar då eg ser på to klimascenario og to metodar for å berekne vassføring per kraftverk. Begge



metodane for biaskorrigerering er vist i kvar tabell. Tilsvarende tabellar for dei andre kraftverka er å finne i vedlegg kapittel 8.2.

Tabell 7: Avvik i klimasignalet til observert og korrigert data – Kaldsåni – RCP4.5 – Vassføring basert på vassmerke

Kaldsåni – RCP4.5 – Vassmerke					
	Observert data [m <sup>3</sup> /s]	eQM [m <sup>3</sup> /s]	gQM [m <sup>3</sup> /s]	eQM – Avvik (%)	gQM - Avvik (%)
Årleg vassføring	0.666	0.692	0.693	3.875	3.978
Januar	0.119	0.184	0.181	54.152	51.943
Februar	0.093	0.119	0.121	28.354	30.371
Mars	0.078	0.096	0.094	23.559	21.477
April	0.347	0.172	0.178	50.535	48.670
Mai	2.308	0.868	0.880	62.378	61.869
Juni	1.884	2.599	2.609	37.913	38.462
Juli	0.711	2.247	2.247	216.020	216.095
August	0.476	0.543	0.504	14.023	5.720
September	0.573	0.242	0.242	57.685	57.848
Oktober	0.752	0.447	0.458	40.585	39.050
November	0.420	0.483	0.482	14.934	14.656
Desember	0.202	0.279	0.291	38.094	44.086
25 Persentil	0.085	0.152	0.152	78.285	78.373
Median	0.243	0.297	0.297	22.260	22.029
75 Persentil	0.763	0.725	0.722	4.950	5.426
99.5 Persentil	6.268	3.799	3.764	39.383	39.951
<b>Gjennomsnittleg avvik</b>				<b>46.293</b>	<b>45.883</b>

Tabell 8: Avvik i klimasignalet til observert og korrigert data - Kaldsåni – RCP4.5 – Vassføring basert på produksjonsdata

Kaldsåni – RCP4.5 – Produksjonsdata					
	Observert data [m <sup>3</sup> /s]	eQM [m <sup>3</sup> /s]	gQM [m <sup>3</sup> /s]	eQM – Avvik (%)	gQM – Avvik (%)
Årleg vassføring	0.653	0.708	0.723	8.298	10.656
Januar	0.277	0.279	0.167	0.855	39.564
Februar	0.586	0.174	0.108	70.263	81.639
Mars	0.493	0.109	0.081	77.804	83.661
April	0.422	0.184	0.165	56.493	60.901
Mai	1.911	0.779	0.907	59.207	52.521
Juni	1.074	2.159	2.826	100.968	163.111
Juli	0.279	2.212	2.434	693.557	773.183
August	0.688	0.606	0.510	11.869	25.871
September	0.524	0.397	0.230	24.199	56.137
Oktober	0.626	0.561	0.458	10.387	26.936
November	0.453	0.586	0.480	29.469	5.990

Desember	0.507	0.412	0.282	18.873	44.434
25 prosentil	0.172	0.242	0.136	40.631	20.937
Median	0.443	0.438	0.285	1.074	35.716
75 Prosentil	0.716	0.722	0.741	0.859	3.503
99.5 Prosentil	4.823	4.084	4.104	15.328	14.906
<b>Gjennomsnittleg avvik</b>				<b>71.773</b>	<b>88.216</b>

Tabell 9: Avvik i klimasignalet til observert og korrigert data - Kaldsåni – RCP8.5 – Vassføring basert på vassmerke

<b>Kaldsåni – RCP8.5 – Vassmerke</b>					
	Observert data [m <sup>3</sup> /s]	eQM [m <sup>3</sup> /s]	gQM [m <sup>3</sup> /s]	eQM – Avvik (%)	gQM – Avvik (%)
Årleg vassføring	0.666	0.670	0.692	0.537	3.875
Januar	0.119	0.203	0.184	70.226	54.152
Februar	0.093	0.121	0.119	30.330	28.354
Mars	0.078	0.086	0.096	10.527	23.559
April	0.347	0.167	0.172	51.932	50.535
Mai	2.308	0.789	0.868	65.814	62.378
Juni	1.884	2.255	2.599	19.664	37.913
Juli	0.711	2.181	2.247	206.838	216.020
August	0.476	0.567	0.543	19.008	14.023
September	0.573	0.306	0.242	46.676	57.685
Oktober	0.752	0.498	0.447	33.774	40.585
November	0.420	0.520	0.483	23.787	14.934
Desember	0.202	0.316	0.279	56.561	38.094
25 prosentil	0.085	0.174	0.152	104.696	78.285
Median	0.243	0.355	0.297	46.089	22.260
75 Prosentil	0.763	0.701	0.725	8.095	4.950
99.5 Prosentil	6.268	3.920	3.799	37.461	39.383
<b>Gjennomsnittleg avvik</b>				<b>48.942</b>	<b>46.293</b>

Tabell 10: Avvik i klimasignalet til observert og korrigert data - Kaldsåni – RCP8.5 – Vassføring basert på produksjonsdata

<b>Kaldsåni – RCP8.5 – Produksjonsdata</b>					
	Utan korrigering [m <sup>3</sup> /s]	eQM [m <sup>3</sup> /s]	gQM [m <sup>3</sup> /s]	eQM – Avvik (%)	gQM – Avvik (%)
Årleg vassføring	0.653	0.688	0.707	5.242	8.134
Januar	0.277	0.289	0.177	4.467	36.031
Februar	0.586	0.186	0.112	68.164	80.802
Mars	0.493	0.123	0.089	75.133	81.986
April	0.422	0.186	0.162	56.050	61.762
Mai	1.911	0.776	0.880	59.394	53.931
Juni	1.074	1.999	2.706	86.064	151.914

Juli	0.279	2.030	2.337	628.496	738.652
August	0.688	0.646	0.544	6.157	20.936
September	0.524	0.412	0.234	21.413	55.306
Oktober	0.626	0.567	0.447	9.460	28.669
November	0.453	0.595	0.489	31.387	7.995
Desember	0.507	0.412	0.272	18.728	46.334
25 prosentil	0.172	0.252	0.144	46.412	16.257
Median	0.443	0.448	0.290	1.027	34.623
75 Prosentil	0.716	0.736	0.740	2.787	3.446
99.5 Prosentil	4.823	3.544	4.016	26.521	16.740
<b>Gjennomsnittleg avvik</b>				<b>67.465</b>	<b>84.913</b>

Mykje kan tyde på at dersom dataserien for observert data er god, det vil seie lang nok, samanhengande og med riktig fordeling, spelar det liten rolle om ein bruker eQM eller gQM som biaskorrigeringsmetode. I Tabell 7 og Tabell 9 der det er vassmerket som vert brukt som observert data, kjem det tydelig fram at sjølv om det er varierende avvik i klimasignalet, er avviket i dei fleste tilfella i same storleiksorden for eQM og gQM. I Tabell 8 og Tabell 10 der produksjonsdata er brukt til observert data er det derimot mindre samheng mellom endringa ved bruk av eQM og gQM. Dette kjem òg fram i tabellane for den andre kraftverka vist i vedlegget i kapittel 8.2.

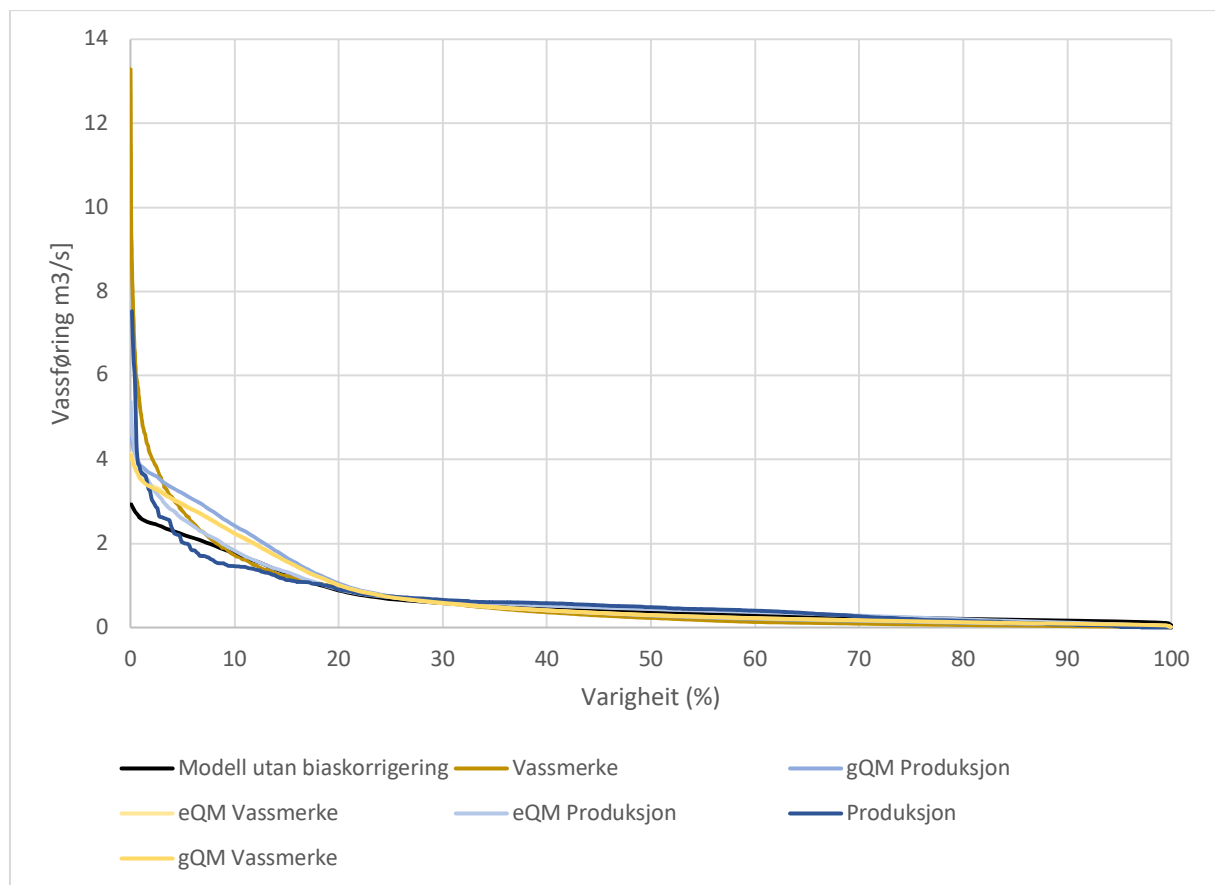
I tillegg til ei varierende endring mellom eQM og gQM ved bruk av produksjonsdata kjem det òg fram at endringa er større når ein bruker gQM enn eQM ved dei same tilfella. Dette kan tyde på at det er dataserien for observert data som er problemet og ikkje biaskorrigeringsmetoden. gQM er ein metode som brukast når både observert og modellert data har eller liknar ein gamma-fordeling. Det er anteke at avrenninga ved kraftverket skal være tilnærma gamma-fordelt, men denne fordelinga kan være vanskeleg å oppnå dersom dataserien ikkje er lang nok eller har for mange feil. Dette er tilfellet for fleire av tidsseriane frå produksjonsdataa.

Sjølv om det for alle tilfella kjem fram at det er ein del variasjonar i klimasignalet frå observert til korrigert data, gjer modellane ein god jobb med å halde på gjennomsnittet (her som årleg vassføring). For Kaldsåni berekna med vassmerke, eQM og RCP8.5 er endringa i årleg vassføring berre 0.537%, og for Ytre Alsåker og dei same kriteria er endringa 0.082%. Median og 75. prosentil er òg lite endra i ein del av tilfella.

Når ein ser på dei ulike klimascenarioa er endringa relativt lik, men avviket er noko mindre ved bruk av RCP8.5 enn RCP4.5. Dersom ein ser på gjennomsnittet av det totale avviket for alle kraftverka ligg det på 74.98% for RCP4.5 og 66.90% for RCP8.5, også for dei fire ulike resultatata for dei ulike klimascenarioa (kombinasjonar av ulik observert data og biaskorrigeringsmetode) er det totale gjennomsnittet for alle kraftverka alltid lågare for RCP8.5 enn 4.5. Det høgaste avviket for eit kraftverk er òg for RCP4.5, og det lågaste er for

RCP8.5. Det høgaste er ved Mouidejohka med vassmerkedata, gQM og RCP4.5 på 141.37% og det lågaste ved Tyttebærelva vassmerkedata, eQM og RCP8.5 på 20.96%.

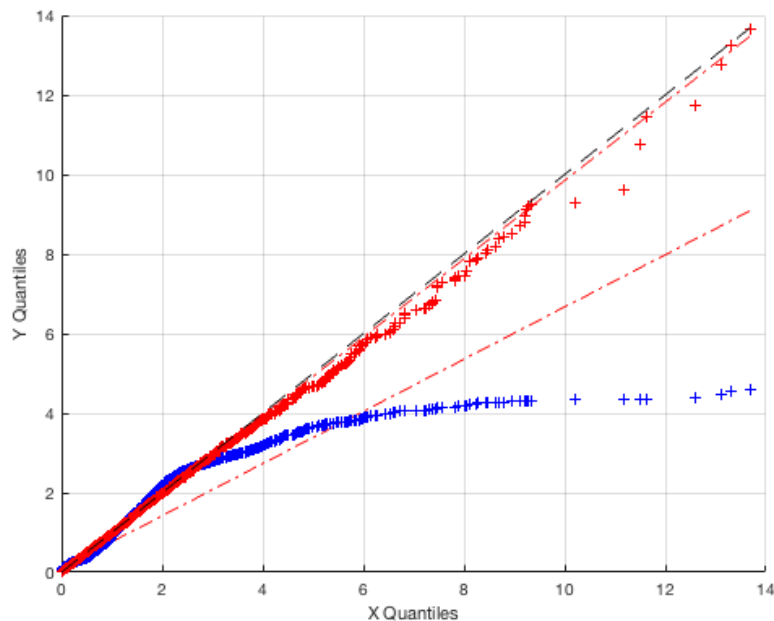
For å undersøke biaskorrigeringa vidare har eg samanlikna varigheitskurvene for modellert, observert og biaskorrigert data for referanseperioden (observert data er ikkje alltid nøyaktig same periode, men er for den perioden dataa er målt). Dette er vist i Figur 13 der desse varigheitskurvene er vist for Kaldsåni kraftverk. Då figuren viser historisk data bruker eg berre eit av klimascenario her (RCP4.5) då dei er tilnærma identiske i denne perioden. Figuren viser korleis varigheitskurvene for dei biaskorrigerte dataa endrar seg frå modelldataserien mot å likne meir på dei observerte dataseriane. Kor godt varigheitskurvene il modelldataa endrar seg mot varigheitskurvene til dei observerte kan være ein indikator på kor vellukka biaskorrigeringa har vore. Varigheitskurvene for alle kraftverka er å finne i vedlegg kapittel 8.4.



Figur 13: Varigheitskurver var Modellert, observert og biaskorrigert data for referanseperioden ved Kaldsåni kraftverk. Vassføring i m<sup>3</sup>/s i y-aksen og varigheit i prosent i x-aksen

Til slutt har eg samanlikna historisk modellert-, observert og biaskorrigert data i eit kvantil-kvantil-plot (Q-Q-plot). Figur 14 viser eit slikt plot for Kaldsåni kraftverk. Her samanliknar eg observert data med historisk modelldata før og etter biaskorrigering. Dei blå punkta viser før, og dei raude etter biaskorrigeringa. Dersom dei raude punkta følger den svarte

referanselinja tyder det på at fordelinga til dei historiske modelldataa og dei biaskorrigererte dataa for den same perioden er lik, og at biaskorrigeringa dermed har fungert.



Figur 14: Kvantil-Kvantil-plot for modelldata mot observert data vist i blått og biaskorrigert mot observert data i raut. Eininga i begge aksane er  $m^3/s$

Tilsvarende plot for alle kraftverka er å finne i vedlegg kapittel 8.3.

#### 4.4 Val av dataserie å sjå nærmare på og jobbe vidare med

Når eg har jobba med biaskorrigeringa og test av metodar har eg jobba med åtte dataseriar per kraftverk; kombinasjonar av ulik observert data, ulike biaskorrigeringsmetodar og ulike klimascenarior. I vidare arbeid med kraftverka har eg plukka ut to dataseriar per kraftverk å sjå nærmare på – ein for kvart klimascenarior. Seriane er plukka ut med tanke på kva biaskorrigeringsmetode og observert data som ser ut til å ha fungert best for det kraftverket. Når eg ser på vassføringa bruker eg alle resultatane for kraftverka, men går nærmare inn på eit av resultatane, då dette er det eg vil berekne framtidig produksjon frå. Når eg bereknar produksjon frå dei ulike kraftverka er det i hovudsak den utvalde dataserien eg brukar.

Når eg har vald ut dataserien for kvart kraftverk har eg starta med å sjå på dei observerte dataa vist i Tabell 6 der vassføring berekna frå vassmerke og produksjonsdata er samanlikna. Her kjem det fram at nokre av varigheitskurvene som er berekna frå produksjonsdata skil seg ut frå det som er ei normal og meir realistisk varigheitskurve for vassføring. Vidare har eg sett på resultatane i 4.3 og har plukka ut den modellen der det er minst mogleg avvik mellom observert og korrigert data. Dataseriane eg har vald å jobbe vidare med er vist i Tabell 11.

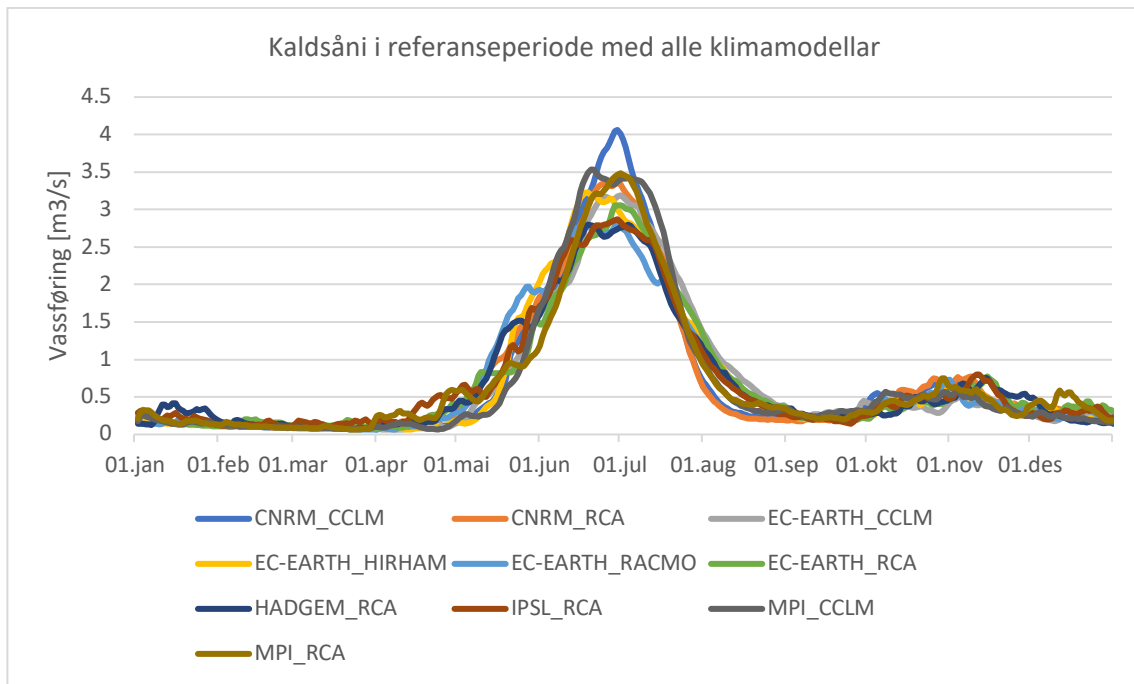
Tabell 11: Liste over dataserie brukt til kvart kraftverk

Kraftverk	Observert data	Biaskorrigeringsmetode	Totalt avvik i klimasignal	
			RCP4.5	RCP8.5
Kaldsåni	Vassmerke	eQM	46.3%	48.9%
Mouidejohka	Vassmerke	gQM	141.4%	123.9%
Stublielva	Vassmerke	gQM	28.5%	26.9%
Tysseelva	Vassmerke	eQM	35.8%	29.6%
Tyttebærelva	Vassmerke	gQM	22.0%	21.0%
Valåe	Vassmerke	eQM	35.1%	34.2%
Vanndøla	Vassmerke	eQM	102.9%	103.0%
Ytre Alsåker	Vassmerke	gQM	69.9%	76.4%

Årsaken til at eg har plukka ut ein dataserie i staden for å til dømes bruke gjennomsnittet av dei ulike dataseriane er at i nokre tilfelle er det eit så stort avvik mellom dei ulike dataseriane at det er meir hensiktsmessig å jobbe med den serien som mest realistisk enn å blande dei ulike resultatata.

#### 4.5 Vassføring ved ulike klimamodellar

Val av klimamodell vil spele ei stor rolle på korleis den nye avrenninga vert. Figur 12 viser den gjennomsnittlege vassføringa over eit år i referanseperioden med alle ti klimamodellane ved Kaldsåni kraftverk etter dei er biaskorrigert med eQM mot vassføringa frå vassmerket. Her ser ein at ved bruk av klimamodellen CNRM\_CCLM får ein ei vassføring på 4.06 m<sup>3</sup>/s som høgaste daglege gjennomsnitt i denne perioden, men ved bruk av HADGEM\_RCA vert den gjennomsnittlege daglege vassføringa aldri høgare enn 2.80 m<sup>3</sup>/s. Dette vil spele ei svært stor rolle for korleis den estimerte produksjonen vert, og eg har derfor vald å bruke gjennomsnittet av dei ti klimamodellane når eg ser på vassføring framfor å bruke ein og ein klimamodell.

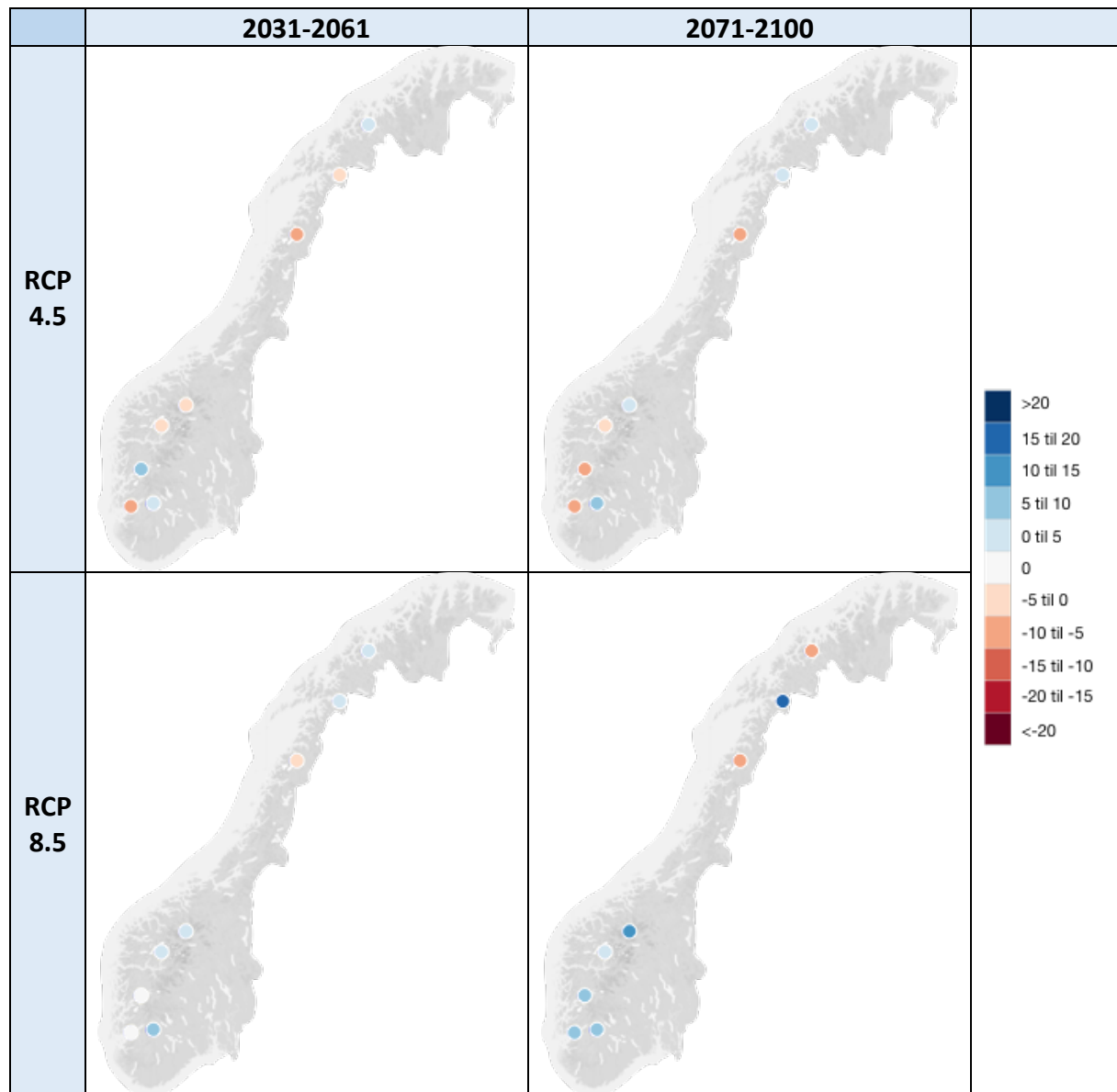


Figur 15: Avrenningskurve for Kaldsåni i referanseperioden med alle ti klimamodellar. Biaskorrigeringsmetoden er eQM basert på vassføring frå vassmerke

#### 4.6 Framtidig vassføring

Når eg ser på endringa i vassføring bruker eg dei tre tidsperiodane, og ser på korleis vassføringa endrar seg frå referanseperioden til dei to framtidsperiodane. Den relative endringa i middelvassføring for alle kraftverka er vist grafisk i Tabell 12, og endringa er vist vidare i Tabell 13 og Tabell 14. Resultata i tabellaneer frå dataseriane som er vald ut til å sjå nærmare på, vist i Tabell 11: Liste over dataserie brukt til kvart kraftverk.

Tabell 12: Kart med relativ endring i middelvassføring frå referanseperioden til begge framtidsperiodane og begge klimascenarioa. Endringa er gjeven i prosent, og fargeskalaen er forklart til høgre i tabellen



Frå Tabell 12 kjem det fram at endringa i middelvassføring frå referanseperioden til dei ulike framtidsperiodane stort sett vil være mellom -10 og 10 prosent. Ved klimascenario RCP4.5 og den nære framtidsperioden vil det i være ei nedgang i middelvassføring, men i den fjerne framtidsperioden vil det være like mange kraftverk som har auking i middelvassføring som nedgang. Ved klimascenario RCP8.5 vil det være ei auke i middelvassføring ved sju av åtte kraftverk i den nære framtidsperioden, og seks av åtte i den fjerne perioden. Korkje auke eller nedgangen vil være så stort fram til den nære perioden, men til den fjerne perioden finn me både eit auke på 15.1% og ein nedgang på 7.8% frå referanseperioden.

Endringa i vassføring er undersøkt vidare i Tabell 13 og Tabell 14. Tabell 13 viser endringa frå referanseperioden til den nære framtidsperioden og Tabell 14 viser endringa til den fjerne framtidsperioden. Alle tala er gjeven i prosent og er den relative endringa frå referanseperioden. Tabellane viser endring for årleg vassføring, samt vinter- og



sommaravrenning, og endringa er vist for låg vassføring (25. persentil), middelvassføring og høg vassføring (75. persentil). Resultata i tabellen er frå dataseriane som er vald ut til å sjå nærmare på, og er vist i Tabell 11: Liste over dataserie brukt til kvart kraftverk. Tala er fargekoda frå grønt til raud der grønt er det høgaste endringa og raud er lågast (samla i begge tabellane).

Tabell 13: Prosentvis endring i låg, middels og høg vassføring (henhaldsvis 25. persentil, gjennomsnitt og 75. persentil) for alle kraftverka frå referanseperiode til nær framatidsperiode. Vist for år, vinter og sommar og begge klimascenariao.

Prosentvis endring frå referanseperiode 1981-2010 til framtidsperioden 2031-2060							
Kraftverk	Sesong	RCP4.5			RCP8.5		
		Låg	Middel	Høg	Låg	Middel	Høg
Kaldsåni	År	+16.1	+2.3	+7.1	+25.7	+4.7	+7.5
	Vinter	+42.5	+39.4	+35.5	+65.0	+36.9	+25.7
	Sommar	-34.9	-9.4	-3.2	-29.3	-6.8	-1.2
Mouidejohka	År	+71.8	-8.0	+3.5	+119.5	-0.5	+15.0
	Vinter	+167.0	+54.5	+62.3	+284.5	+106.6	+108.2
	Sommar	-30.1	-31.7	-33.2	-38.5	-36.1	-38.2
Stublielva	År	+77.5	-2.3	-0.1	+114.2	+3.8	+4.2
	Vinter	+108.4	+45.2	+42.8	+153.4	+72.8	+67.8
	Sommar	+2.3	-19.6	-27.8	+5.5	-20.9	-30.7
Tysseelva	År	-10.4	-5.4	-5.3	-9.1	+0.0	+1.5
	Vinter	-7.3	-4.3	-3.2	-1.8	+2.8	+5.1
	Sommar	-8.8	-9.4	-9.5	-6.3	-9.8	-12.7
Tyttebærelva	År	+36.8	-1.0	-3.8	-34.0	+4.9	+17.7
	Vinter	+58.3	+37.4	30.5	-37.2	+34.0	+46.8
	Sommar	-19.1	-23.4	-24.4	-47.1	-11.8	-0.7
Valåe	År	+33.9	-0.6	-1.2	+48.3	+1.8	+1.5
	Vinter	+47.1	+23.0	10.6	+66.9	+34.6	+18.5
	Sommar	-4.6	-8.3	-7.8	-4.3	-8.7	-11.6
Vanndøla	År	+9.9	-2.6	1.8	+12.7	+0.2	+0.6
	Vinter	+62.2	+35.6	37.4	+94.2	+57.1	+52.4
	Sommar	-33.8	-32.4	-30.8	-44.3	-43.2	-44.1
Ytre Alsåker	År	-24.0	-5.2	-0.3	-9.1	+0.0	+1.5
	Vinter	-3.2	-0.2	-0.1	-1.8	+2.8	+5.1
	Sommar	-23.7	-29.8	-35.9	-6.3	-9.8	-12.7

Tabell 14: Prosentvis endring i låg, middels og høg vassføring (henholdsvis 25. persentil, gjennomsnitt og 75. persentil) for alle kraftverka frå referanseperiode til fjern framtidssperiode. Vist for år, vinter og sommar og begge klimascenarioa.

Prosentvis endring frå referanseperiode 1981-2010 til framtidssperioden 2071-2100							
Kraftverk	Sesong	RCP4.5			RCP8.5		
		Låg	Middel	Høg	Låg	Middel	Høg
Kaldsåni	År	+40.5	+6.6	+31.6	+58.0	+9.9	+28.6
	Vinter	+192.3	+145.3	+131.9	+229.8	+133.2	+94.6
	Sommar	-52.0	-37.3	-28.1	-54.8	-34.2	-24.8
Mouidejohka	År	+101.9	-7.9	+4.2	+117.3	-6.3	+6.4
	Vinter	+351.5	+99.3	+98.3	+645.1	+192.9	+177.8
	Sommar	-56.0	-48.7	-49.2	-76.4	-72.6	-76.5
Stublielva	År	+135.8	+2.7	+1.1	+211.0	+15.1	+9.4
	Vinter	+189.6	+78.2	+72.5	+301.9	+129.1	+115.5
	Sommar	+7.6	-24.7	-35.2	+9.7	-25.8	-37.9
Tysseelva	År	-16.7	-5.3	-1.8	-12.9	+5.0	+6.9
	Vinter	-8.0	-2.4	+0.3	-2.1	+9.4	+13.1
	Sommar	-13.6	-15.9	-16.8	-9.7	-10.5	-13.8
Tyttebærelva	År	+47.9	-0.6	-3.7	+43.4	-7.8	-12.8
	Vinter	+85.7	+55.9	+47.4	+103.6	+70.7	+58.7
	Sommar	-25.5	-33.5	-36.4	-38.3	-52.7	-60.2
Valåe	År	+59.5	+2.5	+3.1	+139.7	+13.9	+11.7
	Vinter	+90.6	+45.8	+24.1	+208.3	+123.6	+88.4
	Sommar	-4.3	-11.8	-10.1	+0.4	-21.5	-27.1
Vanndøla	År	+5.2	-3.4	-3.1	+4.6	+3.8	+1.6
	Vinter	+96.0	+55.8	+55.2	+149.6	+94.8	+84.4
	Sommar	-49.2	-49.5	-49.4	-53.1	-65.6	-71.0
Ytre Alsåker	År	-41.1	-7.8	+2.1	-12.9	+5.0	+6.9
	Vinter	+0.1	-0.5	+2.9	-2.1	+9.4	+13.1
	Sommar	-32.8	-43.2	-50.6	-9.7	-10.5	-13.8

I tabellane over kjem det fram at det som er felles for alle kraftverka er at det er ei auke i middelvassføringa om vinteren og ein nedgang på sommaren. Når eg ser vidare på den framtidige vassføringa har eg vald å dele resultatata frå dei åtte kraftverka opp i tre kategoriar etter endringa i avrenning; forskyving av vår- og sommaravrenninga, U-kurve og utjamning. Det er nokre samanhengar mellom alle kategoriane, men dette er tre mønster som stikk seg ut og som ein kan finne på minst to kraftverk kvar. Resultata er delt opp i dei tre kategoriane etter korleis den årlege avrenningskurva er i dag, og korleis den forandrar seg.

Vidare i dette delkapittelet er dei samla resultatata for dei tre kategoriane undersøkt, før resultatata frå kvart kraftverk er presentert med avrenningskurver og varigheitskurver for vinter og sommar.

#### 4.6.1 Forskyving av vår- og sommaravrenninga

Den første kategorien har eg vald å kalle forskyving av vår- og sommaravrenninga. I denne kategorien er ikkje endringa på avrenningskurva for eit år så stort. I referanseperioden har avrenninga eit typisk mønster med lite avrenning på vinteren, og meir på våren og sommaren. Dette mønsteret finn ein ved Kaldsåni og Valåe kraftverk. I begge framtidsperiodane er avrenningskurva relativt lik referanseperioden, men med ei forskyving mot tidlegare på året. Ved begge kraftverka finn ein i dag ein topp på avrenninga rundt juli, men i den fjerne framtidsperioden er toppen flytta til mai/juni. I tillegg til dette er toppen noko lågare i den fjerne framtidsperioden, og avrenninga på vinteren vil auke noko i framtida i forhold til i dag. Dette kjem fram i Figur 16, Figur 18, Figur 20 og Figur 22 som viser avrenningskurvene for kraftverka no og i begge framtidsscenarioa for dei to klimascenarioa.

Den samla relative endringa i vassføring frå referanseperioden for kraftverka i denne kategorien er vist i Tabell 15. Endringa vist i tabellen er gjennomsnittet av den relative endringa i vassføring for begge kraftverka berekna med begge biaskorrigeringsmetodane og begge dataseriane for observert data.

Tabell 15: Samla relativ endring i vassføring ved kraftverka i kategorien «forskyving av vår- og sommaravrenninga». Tabellen viser endring til begge framtidsperiodane ved begge klimascenarioa.

Samla relativ endring i vassføring ved kraftverka i kategorien «forskyving av vår- og sommaravrenninga»				
	RCP4.5		RCP8.5	
Periode	2031-2060	2071-2100	2031-2060	2071-2100
År	-3.23%	-2.33%	-2.56%	+0.86%
Vinter	+31.31%	+77.65%	+63.75%	+251.02%
Sommar	-10.54%	-20.59%	-12.89%	-37.43%

Tabellen viser at i gjennomsnitt vil den årlege middelvassføringa ved kraftverka i denne perioden minke noko frå referanseperioden fram til den nære framtidsperioden, men at den derifrå vil auke noko fram til den fjerne framtidsperioden. Ved klimascenario RCP8.5 vil dette føre til ei høgare middelvassføring i perioden 2071-2100 enn i referanseperioden 1981-2010. Då dagens vår- og sommaravrenning vil flytte seg mot tidlegare på året er det ein stor auke i vintervassføringa og ei nedgang i sommaravrenninga. Denne endringa vert tydelegare lengre fram i tid, og større for RCP8.5 enn for RCP4.5.

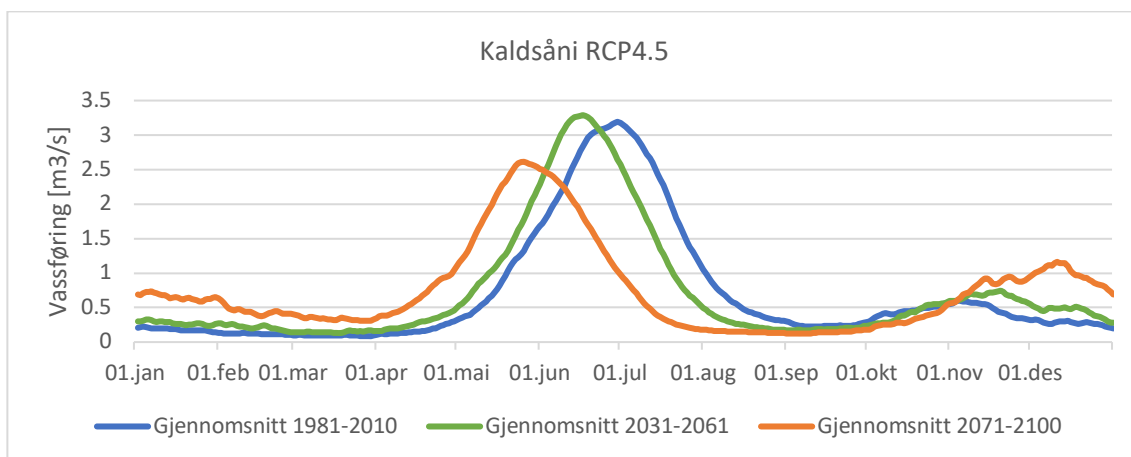
Kaldsåni og Valåe er kraftverk der nedbørsfeltet ligg høgt over havet. Nedbørsfeltet til Kaldsåni kraftverk går frå 972 til 1343 moh, og Valåe 883-1741 moh. Dette kan være ein av faktorane som avgjer korleis avrenninga er både i dag, og korleis den vil endre seg. Då avrenningsfeltet er så høgt over havet er sannsynlegvis mykje av vatnet i elvene smeltevatn frå snø, då det er lite avrenning på vinteren og mykje på vår og sommaren. Det kan sjå ut som at dette mønsteret ikkje vil endre seg stort, men at smeltinga vil kome tidlegare.

#### 4.6.1.1 Kaldsåni

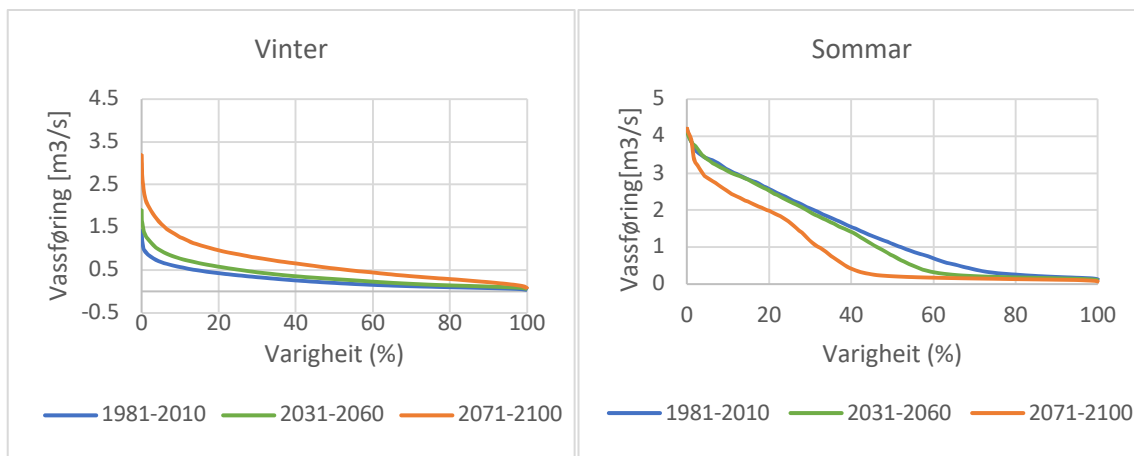
I dette delkapittelet vert endringa i vassføring ved Kaldsåni vidare undersøkt – først for klimascenarior RCP4.5, deretter for RCP8.5. Avrenninga for dei tre periodane er vist i Tabell 16 og Tabell 17 der alle dataseriane er undersøkt: begge biaskorrigeringsmetodane, begge metodar for berekning av observerte data og klimamodellen utan biaskorrigering. Vidare er avrenningskurver og varigheitskurver for dataserien plukka ut i kapittel 4.4 vist.

Tabell 16: Middelvassføring i m<sup>3</sup>/s ved Kaldsåni kraftverk for år, vinter og sommar i alle periodane ved klimascenarior RCP4.5

Vassføring i m <sup>3</sup> /s ved Kaldsåni - RCP4.5				
Metode og datagrunnlag	Periode	1971-2010	2031-2060	2071-2100
Vassføring - eQM	År	0.692	0.708	0.738
	Vinter	0.268	0.374	0.658
	Sommar	1.382	1.252	0.867
Vassføring - gQM	År	0.693	0.684	0.689
	Vinter	0.274	0.328	0.421
	Sommar	1.375	1.263	1.124
Produksjon - eQM	År	0.708	0.701	0.722
	Vinter	0.340	0.393	0.480
	Sommar	1.305	1.202	1.117
Produksjon - gQM	År	0.723	0.708	0.712
	Vinter	0.265	0.319	0.416
	Sommar	1.469	1.339	1.194
Utan biaskorrigering	År	0.629	0.626	0.633
	Vinter	0.324	0.370	0.443
	Sommar	1.126	1.043	0.941



Figur 16: Avrenningskurve for Kaldsåni med vassføring i m<sup>3</sup>/s i y-aksen, og tid i x-aksen. Klimascenarior er RCP4.5

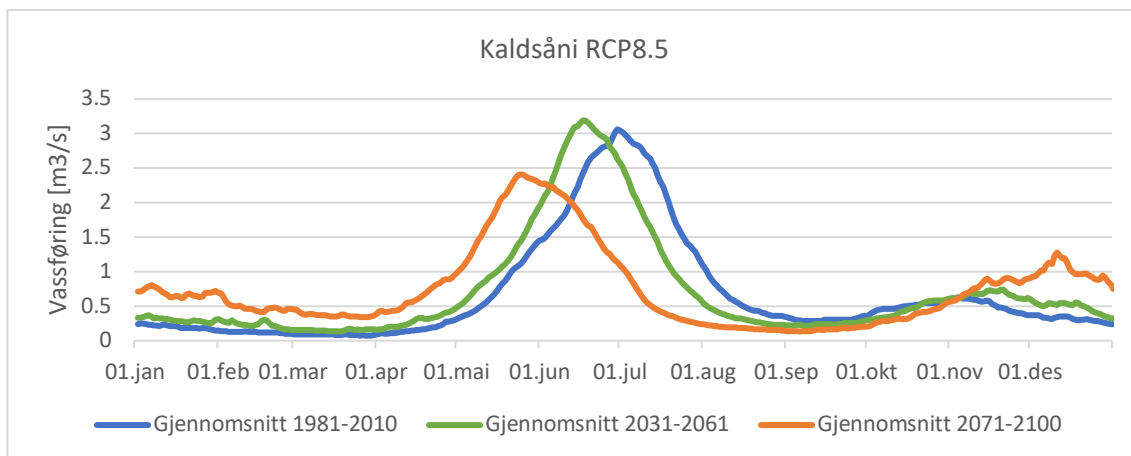


Figur 17: Varigheitskurver for avrenning vinter og sommar ved Kaldsåni - RCP4.5

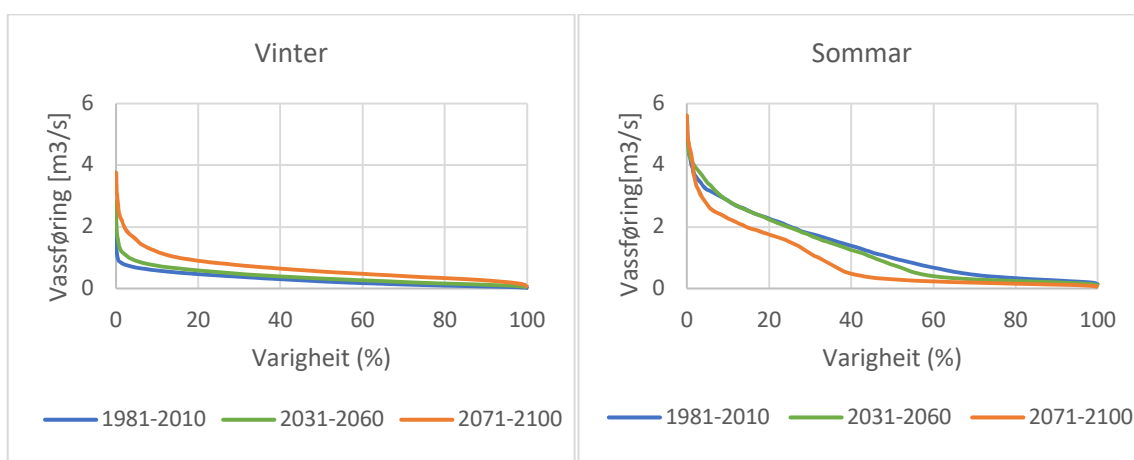
Utifrå tabellen og figurane kjem det fram at den største endringa i vassføring ved Kaldsåni ved klimascenario RCP4.5 vil være når på året vårflaumen kjem. Middelvassføringa vil være relativt uforandra med ei lita auking når ein ser på den utvalde dataserien (eQM – Vassmerke). Då vårflaumen kjem tidlegare på året vert det ei auke i vinteravrenninga, og ein nedgang i sommaravrenninga. Resultata frå RCP8.5 er vist under.

Tabell 17: Middelvassføring i m<sup>3</sup>/s ved Kaldsåni kraftverk for år, vinter og sommar i alle periodane ved klimascenario RCP8.5

Vassføring i m <sup>3</sup> /s ved Kaldsåni – RCP8.5				
Metode og datagrunnlag	Periode	1971-2010	2031-2060	2071-2100
Vassføring - eQM	År	0.670	0.701	0.737
	Vinter	0.285	0.390	0.665
	Sommar	1.296	1.208	0.853
Vassføring - gQM	År	0.692	0.708	0.738
	Vinter	0.268	0.374	0.658
	Sommar	1.382	1.252	0.867
Produksjon - eQM	År	0.688	0.716	0.757
	Vinter	0.347	0.453	0.707
	Sommar	1.243	1.145	0.839
Produksjon - gQM	År	0.707	0.726	0.758
	Vinter	0.264	0.377	0.675
	Sommar	1.428	1.295	0.892
Utan biaskorrigering	År	0.622	0.638	0.665
	Vinter	0.316	0.401	0.613
	Sommar	1.120	1.025	0.748



Figur 18: Avrenningskurve for Kaldsåni med vassføring i m<sup>3</sup>/s i y-aksen, og tid i x-aksen. Klimascenarioet er RCP8.5



Figur 19: Varigheitskurver for avrenning vinter og sommar ved Kaldsåni - RCP8.5

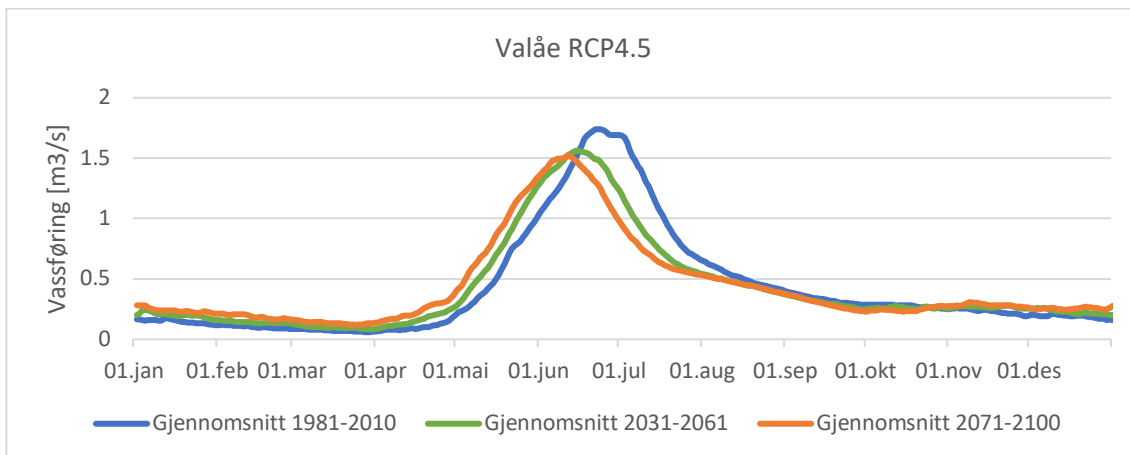
Utifrå tabellen og figurane kjem det fram at det vil være ei auke i vassføring ved Kaldsåni ved klimascenario RCP8.5. Vårflaumen kjem tidligare på same måte som i RCP4.5, så vintervassføringa aukar drastisk, men i dette scenarioet avtek ikkje sommarvassføringa i like stor grad, noko som gjer at middelvassføringa for året aukar meir.

#### 4.6.1.2 Valåe

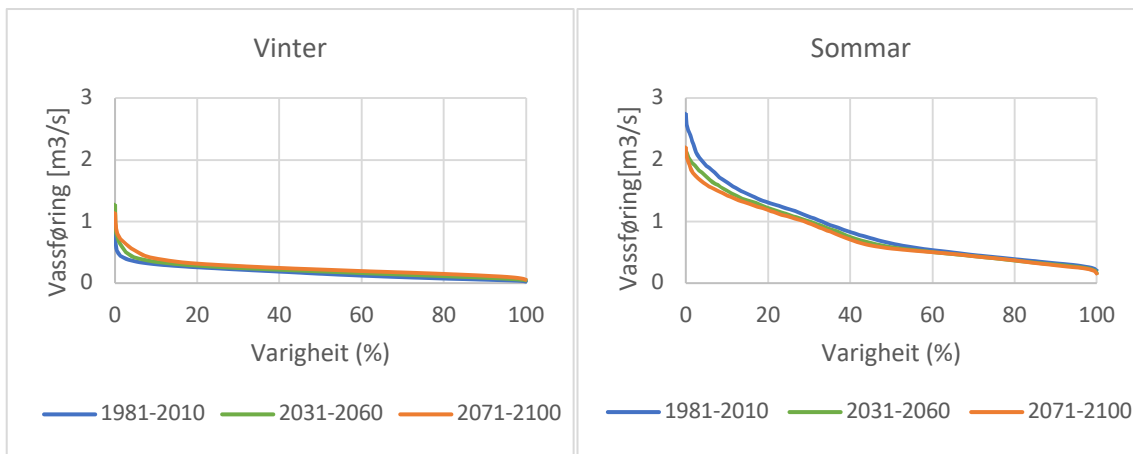
I dette delkapittelet vert endringa i vassføring ved Valåe vidare undersøkt – først for klimascenario RCP4.5, deretter for RCP8.5. Avrenninga for alle dataseriane er presentert i tabell, før avrenninga for dataserien som er vald ut for å jobbe vidare med i kapittel 4.4 er vist i ei avrenningskurve og i varigheitskurver for vinter- og sommaravrenninga. Dataserien som er vidare undersøkt for Valåe er med biaskorrigeringsmetode eQM med observert data frå vassmerket.

Tabell 18: Middelvassføring i m<sup>3</sup>/s ved Valåe kraftverk for år, vinter og sommer i alle periodene ved klimascenario RCP4.5

Vassføring i m <sup>3</sup> /s ved Valåe - RCP4.5				
Metode og datagrunnlag	Periode	1971-2010	2031-2060	2071-2100
Vassføring - eQM	År	0.427	0.425	0.438
	Vinter	0.171	0.210	0.249
	Sommar	0.845	0.775	0.745
Vassføring - gQM	År	0.423	0.413	0.418
	Vinter	0.159	0.192	0.226
	Sommar	0.853	0.772	0.730
Produksjon - eQM	År	0.277	0.252	0.249
	Vinter	0.052	0.077	0.104
	Sommar	0.643	0.538	0.486
Produksjon - gQM	År	0.377	0.333	0.315
	Vinter	0.033	0.054	0.079
	Sommar	0.937	0.788	0.699
Utan biaskorrigerer	År	0.482	0.467	0.472
	Vinter	0.165	0.203	0.243
	Sommar	0.997	0.897	0.845



Figur 20: Avrenningskurve for Valåe med vassføring i m<sup>3</sup>/s i y-aksen, og tid i x-aksen. Klimascenariet er RCP4.5

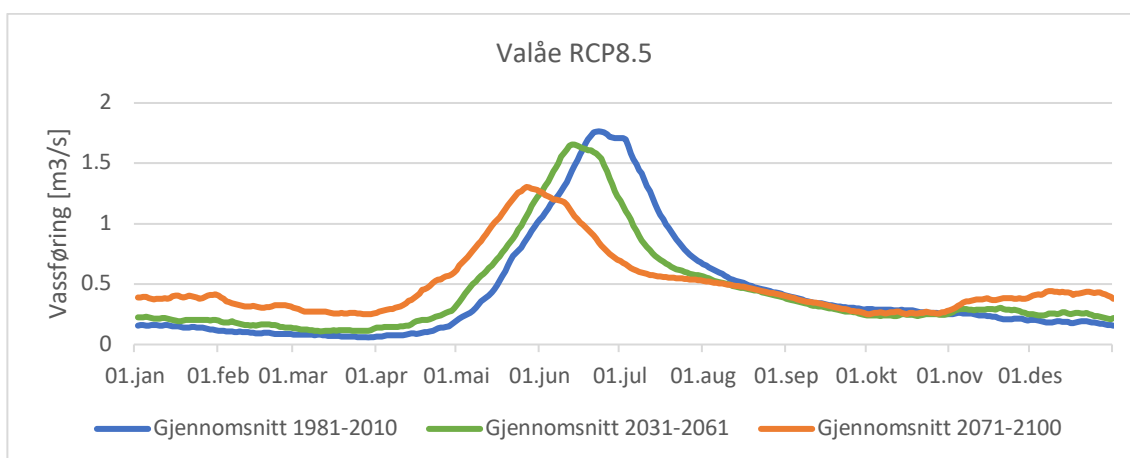


Figur 21: Varigheitskurver for avrenning vinter og sommar ved Valåe - RCP4.5

Tabellen og figurane viser at det vil være noko nedgang i middelvassføring ved Valåe ved klimascenario RCP4.5. Som ved Kaldsåni ser me at vårflaumen flytter seg til tidlegare på året, som gjer at vintervassføringa aukar og sommarvassføringa avtek. I tillegg til at den flytter seg, vert toppen på kurva noko lågare framover i tid. Sjølv om avrenninga på vinteren aukar noko, er dette ikkje nok for å gjere opp for den tapte avrenninga på sommaren i den nære framtidsperioden. Fram til den fjerne framtidsperioden vil vinteravrenninga fortsette å auke, og middelvassføringa for den fjerne framtidsperioden vil derfor være høgare enn i referanseperioden dersom ein ser på dataserien som er plukka ut for å undersøke vidare (eQM – Vassmerke). Resultata for RCP8.5 er vist under.

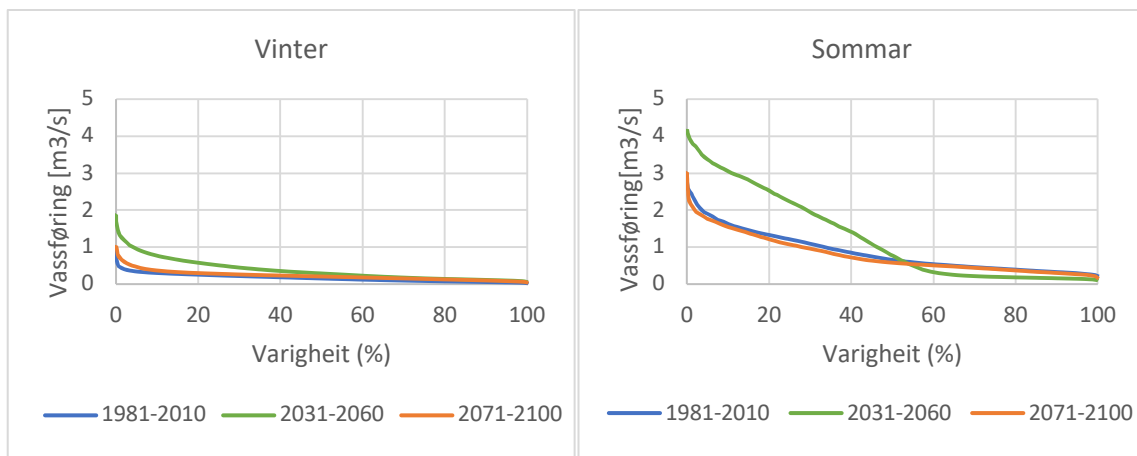
Tabell 19: Middelvassføring i m<sup>3</sup>/s ved Valåe kraftverk for år, vinter og sommar i alle periodane ved klimascenario RCP8.5

Vassføring i m <sup>3</sup> /s ved Valåe - RCP8.5				
Metode og datagrunnlag	Periode	1971-2010	2031-2060	2071-2100
Vassføring - eQM	År	0.429	0.437	0.489
	Vinter	0.169	0.227	0.377
	Sommar	0.853	0.779	0.670
Vassføring - gQM	År	0.363	0.317	0.291
	Vinter	0.031	0.068	0.186
	Sommar	0.903	0.722	0.463
Produksjon - eQM	År	0.305	0.272	0.301
	Vinter	0.047	0.088	0.210
	Sommar	0.725	0.573	0.450
Produksjon - gQM	År	0.363	0.317	0.291
	Vinter	0.031	0.068	0.186
	Sommar	0.903	0.722	0.463
Utan biaskorrigering	År	0.478	0.470	0.494
	Vinter	0.161	0.220	0.373
	Sommar	0.993	0.877	0.690



Figur 22: Avrenningskurve for Valåe med vassføring i m<sup>3</sup>/s i y-aksen, og tid i x-aksen. Klimascenarioet er RCP8.5





Figur 23: Varigheitskurver for avrenning vinter og sommar ved Valåe - RCP8.5

Tabellen og figurane viser at endringa i vassføring ved Valåe ved klimascenario RCP8.5 vil være ein meir «ekstrem» variant av dei resultata som kjem fram for RCP4.5. Vårflaumen flyttar seg endå tidlegare på året, den vert endå mindre, og vassføringa på vinteren stig endå meir. Med dataserien plukka ut i kapittel 4.4 fører dette til noko auke i middelvassføring, medan dei andre dataseriane viser ein nedgang. Frå varigheitskurvene ser me at dei største vassføringane finn stad i den nære framtidsperioden, men at variasjonen også vil være størst her.

#### 4.6.2 U-kurve

Den andre kategorien har eg vald å kalle U-kurva, og gjeld for Tysseelva og Ytre Alsåker. Kraftverka i denne kategorien har i dag høgast avrenning på vinteren og minst på sommaren. Slik avrenningskurva er for i dag, er den høg på starten av året, går nedover fram mot midten av året, og stig igjen mot slutten, og har i tillegg ein liten topp på våren. I begge framtidsperiodane er kurva relativt lik, men utan toppen på våren, avrenninga er noko høgare på starten av året og noko lågare mot slutten. Den samla relative endringa i vassføring frå referanseperioden for kraftverka i denne kategorien er vist i Tabell 20. Endringa vist i tabellen er gjennomsnittet av den relative endringa i vassføring for begge kraftverka ved bruk av begge observerte dataseriane og begge metodane for biaskorrigerings. Endringa i vassføring ved kvart av kraftverka er vidare undersøkt i kvart sitt delkapittel.

Tabell 20: Samla relativ endring i vassføring ved kraftverka i kategorien «U-kurva». Tabellen viser endring til begge framtidsperiodane ved begge klimascenarioa.

Samla relativ endring i vassføring ved kraftverka i kategorien «U-kurva»				
	RCP4.5		RCP8.5	
Periode	2031-2060	2071-2100	2031-2060	2071-2100
År	-5.22%	-7.18%	-1.76%	-0.11%
Vinter	-1.72%	-1.53%	+3.19%	+6.88%
Sommar	-18.64%	-28.33%	-21.64%	-27.08%

Tabellen viser at for denne kategorien vil det i gjennomsnitt være ei nedgang i middelvassføringa. Nedgangen vil være størst ved klimascenario RCP4.5, og ved RCP8.5 vil det være svært liten endring i den årlege middelvassføringa. Trass i liten endring i middelvassføring vil det være ei endring i fordelinga av vassføringa i løpet av året, då vassføringa aukar om vinteren og avtek på sommaren for RCP8.5.

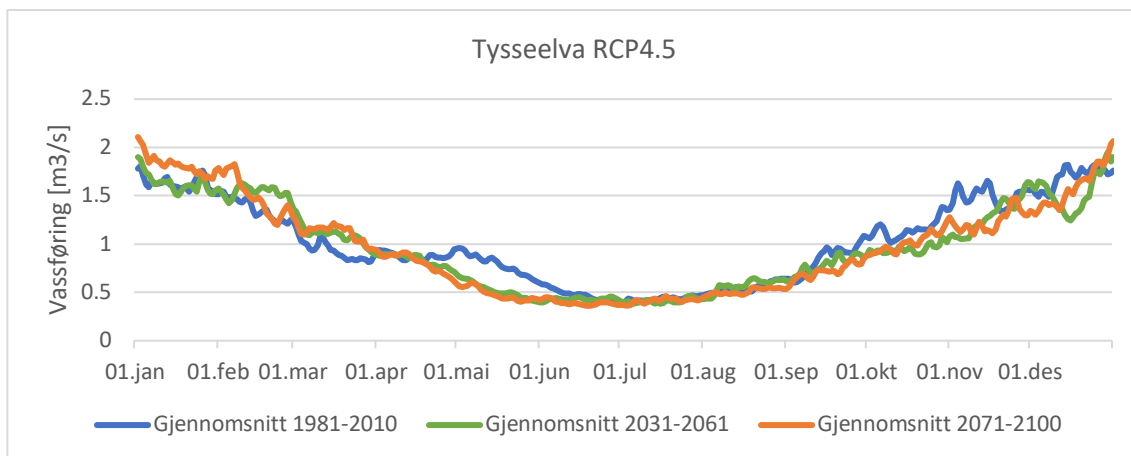
Kraftverka i denne kategorien har nedbørfelt som ligg relativt lågt over havet. Nedbørfeltet til Ytre Alsåker går ned til 216 moh, og nedbørsfeltet til Tysseelva går ned til 392 moh. Her er sannsynlegvis avrenninga ikkje like prega av snøsmelting som ved dei andre kraftverka. Likevel er det per i dag noko auke i vassføring på våren som sannsynleg vis kjem av snøsmelting, men denne vil jamnast ut i framtida, noko som kan kome av auka temperaturar på vinteren og mindre snø.

#### 4.6.2.1 Tysseelva

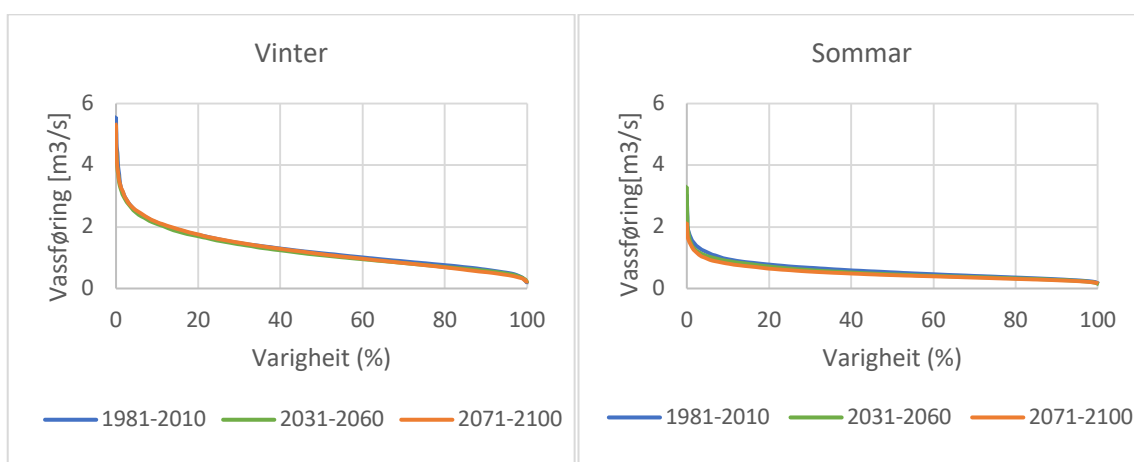
I dette delkapittelet vert endringa i vassføring ved Tysseelva vidare undersøkt – først for klimascenario RCP4.5, deretter for RCP8.5. Avrenninga for alle dataseriane er presentert i tabell, før avrenninga for dataserien som er vald ut for å jobbe vidare med i kapittel 4.4 er vist i ei avrenningskurve og i varigheitskurver for vinter- og sommaravrenninga. Dataserien som er vidare undersøkt for Tysseelva er med biaskorrigeringsmetode eQM med observert data frå vassmerket.

Tabell 21: Middelvassføring i m<sup>3</sup>/s ved Tysseelva for år, vinter og sommar i alle periodane ved klimascenario RCP4.5

Vassføring i m <sup>3</sup> /s ved Tysseelva - RCP4.5				
Metode og datagrunnlag	Periode	1971-2010	2031-2060	2071-2100
Vassføring - eQM	År	1.020	0.964	0.965
	Vinter	1.283	1.228	1.253
	Sommar	0.591	0.536	0.497
Vassføring - gQM	År	1.041	0.984	0.984
	Vinter	1.313	1.256	1.280
	Sommar	0.596	0.540	0.501
Produksjon - eQM	År	1.109	1.056	1.044
	Vinter	1.359	1.312	1.318
	Sommar	0.704	0.639	0.596
Produksjon - gQM	År	1.157	1.101	1.089
	Vinter	1.432	1.384	1.391
	Sommar	0.708	0.641	0.598
Utan biaskorrigering	År	1.045	1.007	1.002
	Vinter	1.208	1.172	1.182
	Sommar	0.779	0.738	0.710



Figur 24: Avrenningskurve for Tysseelva med vassføring i m<sup>3</sup>/s i y-aksen, og tid i x-aksen. Klimascenarioet er RCP4.5

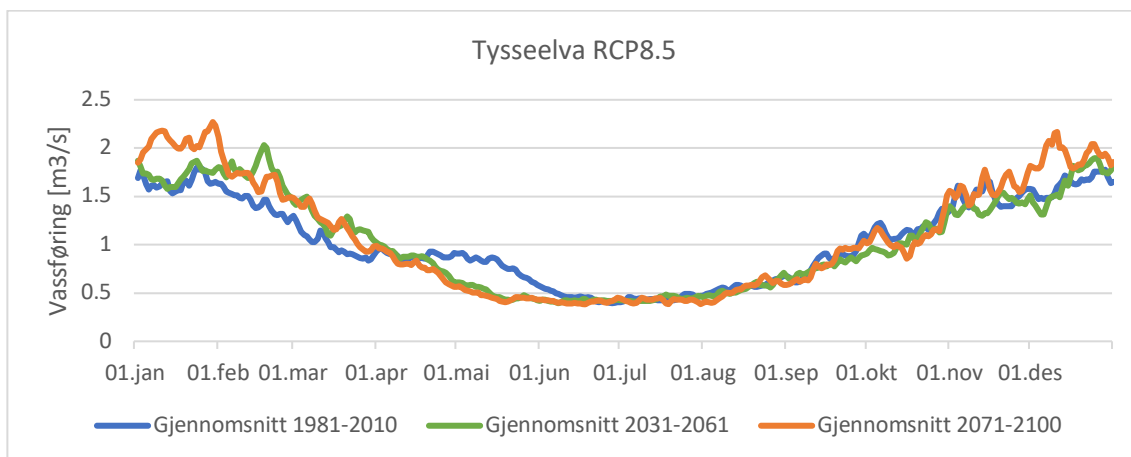


Figur 25: Varighetskurver for avrenning vinter og sommar ved Tysseelva - RCP4.5

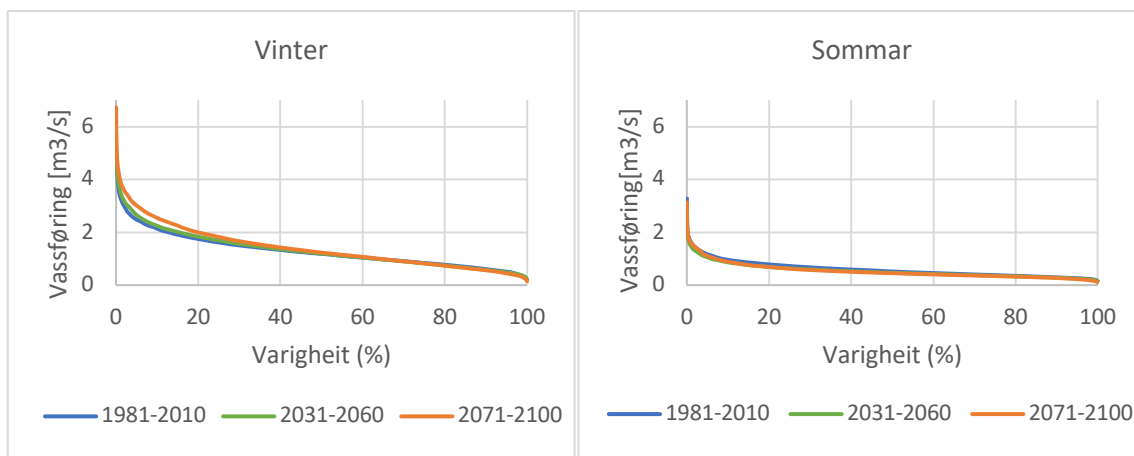
Frå tabellen og figurane over kjem det fram at det vil være ein gradvis nedgang i årleg avrenning, vinteravrenning og sommaravrenning ved Tysseelva kraftverk frå referanseperioden og framover i dei to framtidsperiodane ved klimascenario RCP4.5. Frå avrenningskurva kjem det fram at auken i avrenninga som i dag er på våren vil forsvinne allereie til den nære framtidsperioden, og at avrenninga derifrå vil være relativt stabil fram til den fjerne perioden. Resultata for RCP8.5 er vist under.

Tabell 22: Middelvassføring i m<sup>3</sup>/s ved Tysseelva for år, vinter og sommer i alle periodene ved klimascenario RCP8.5

Vassføring i m <sup>3</sup> /s ved Tysseelva - RCP8.5				
Metode og datagrunnlag	Periode	1971-2010	2031-2060	2071-2100
Vassføring - eQM	År	1.027	1.027	1.079
	Vinter	1.295	1.331	1.417
	Sommar	0.591	0.533	0.529
Vassføring - gQM	År	1.049	1.048	1.101
	Vinter	1.328	1.362	1.451
	Sommar	0.595	0.536	0.532
Produksjon - eQM	År	0.872	0.861	0.884
	Vinter	1.064	1.085	1.126
	Sommar	0.560	0.497	0.490
Produksjon - gQM	År	0.951	0.947	0.984
	Vinter	1.171	1.199	1.262
	Sommar	0.593	0.538	0.531
Utan biaskorrigering	År	1.027	1.020	1.043
	Vinter	1.189	1.203	1.245
	Sommar	0.763	0.723	0.714



Figur 26: Avrenningskurve for Tysseelva med vassføring i m<sup>3</sup>/s i y-aksen, og tid i x-aksen. Klimascenarioet er RCP8.5



Figur 27: Varigheitskurver for avrenning vinter og sommar ved Tysseelva - RCP8.5

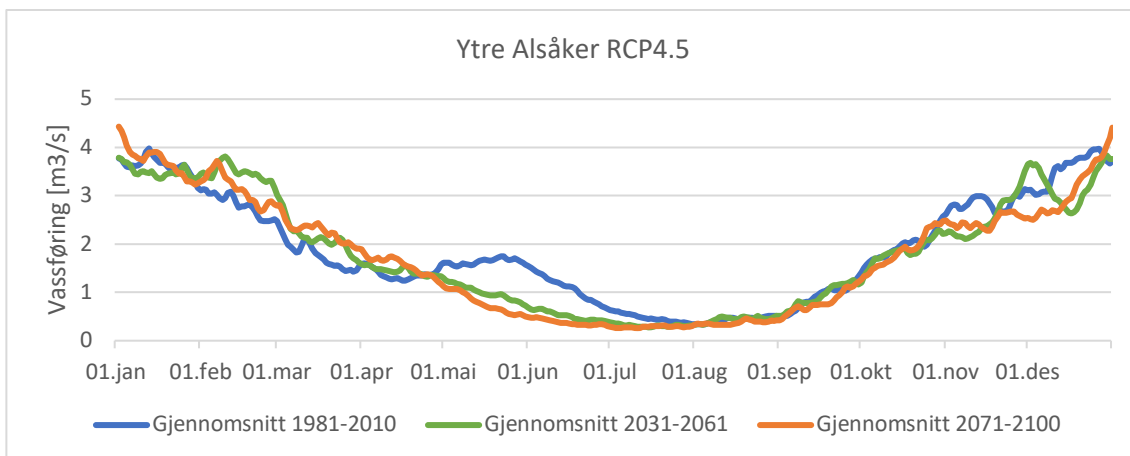
I tabellen og figurane over kjem det fram at også ved klimascenario RCP8.5, vil vassføringa ved Tysseelva kraftverk halde seg relativt stabil, men her med ein liten oppgang fram til den fjerne framtidsperioden. Også i dette klimascenarioet kan me sjå at vassføringa på våren vil jamnast ut, men i motsetning til ved klimascenario RCP4.5, vil vinteravrenninga auke. Sjølv om sommaravrenninga avtek noko, resulterer dette i ei auka middelvassføring i den fjerne framtidsperioden.

#### 4.6.2.2 Ytre Alsåker

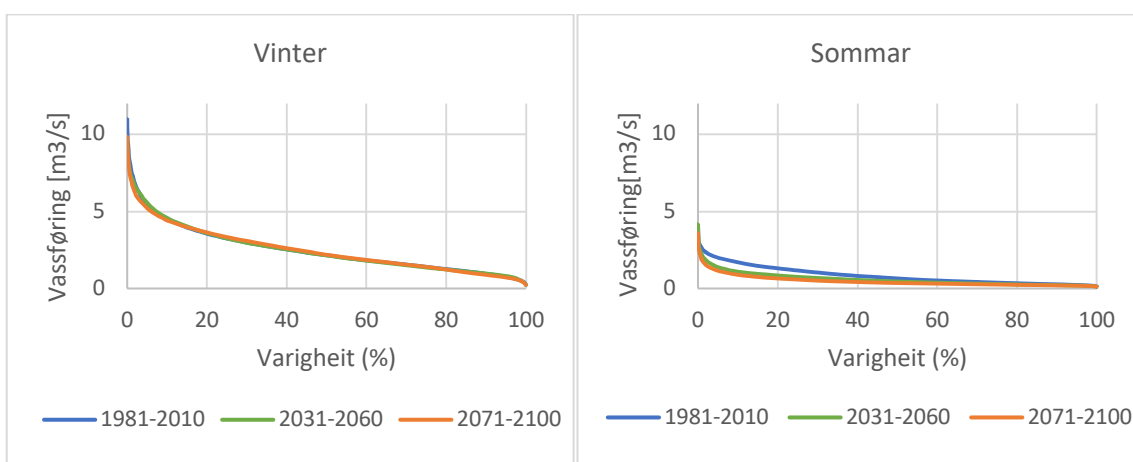
I dette delkapittelet vert endringa i vassføring ved Ytre Alsåker vidare undersøkt – først for klimascenario RCP4.5, deretter for RCP8.5. Avrenninga for alle dataseriane er presentert i tabell, før avrenninga for dataserien som er vald ut for å jobbe vidare med i kapittel 4.4 er vist i ei avrenningskurve og i varigheitskurver for vinter- og sommaravrenninga. Dataserien som er vidare undersøkt for Ytre Alsåker er med biaskorrigeringsmetode gQM med observert data frå vassmerket.

Tabell 23: Middelvassføring i m<sup>3</sup>/s ved Ytre Alsåker for år, vinter og sommar i alle periodane ved klimascenario RCP4.5

Vassføring i m <sup>3</sup> /s ved Ytre Alsåker - RCP4.5				
Metode og datagrunnlag	Periode	1971-2010	2031-2060	2071-2100
Vassføring - eQM	År	1.814	1.729	1.666
	Vinter	2.314	2.330	2.305
	Sommar	1.001	0.751	0.625
Vassføring - gQM	År	1.872	1.774	1.726
	Vinter	2.508	2.504	2.496
	Sommar	0.835	0.586	0.474
Produksjon - eQM	År	1.013	0.953	0.909
	Vinter	1.279	1.293	1.272
	Sommar	0.580	0.398	0.317
Produksjon - gQM	År	1.033	0.978	0.951
	Vinter	1.347	1.340	1.337
	Sommar	0.521	0.388	0.324
Utan biaskorrigering	År	1.651	1.578	1.534
	Vinter	2.054	2.055	2.040
	Sommar	0.996	0.802	0.711



Figur 28: Avrenningskurve for Ytre Alsåker med vassføring i m<sup>3</sup>/s i y-aksen, og tid i x-aksen. Klimascenarioet er RCP4.5

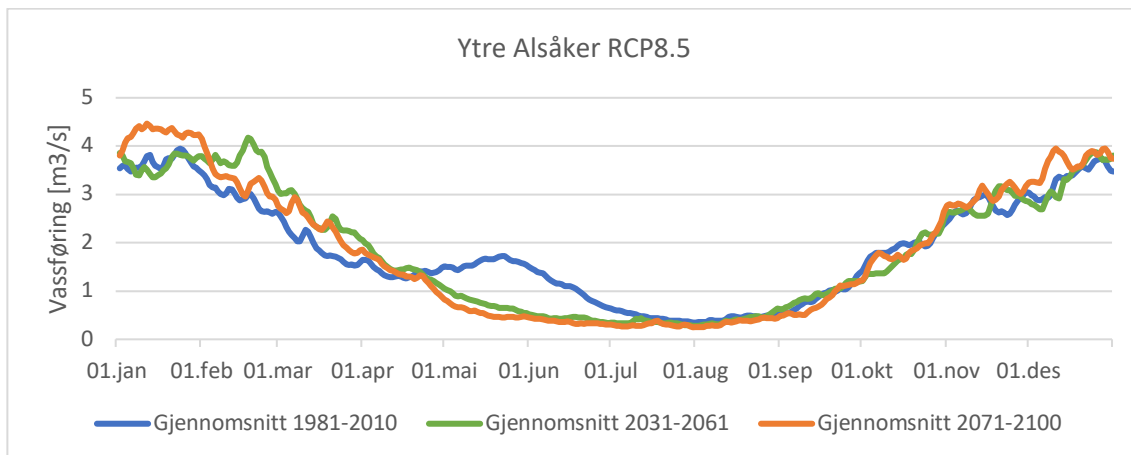


Figur 29: Varigheitskurver for avrenning vinter og sommar ved Ytre Alsåker - RCP4.5

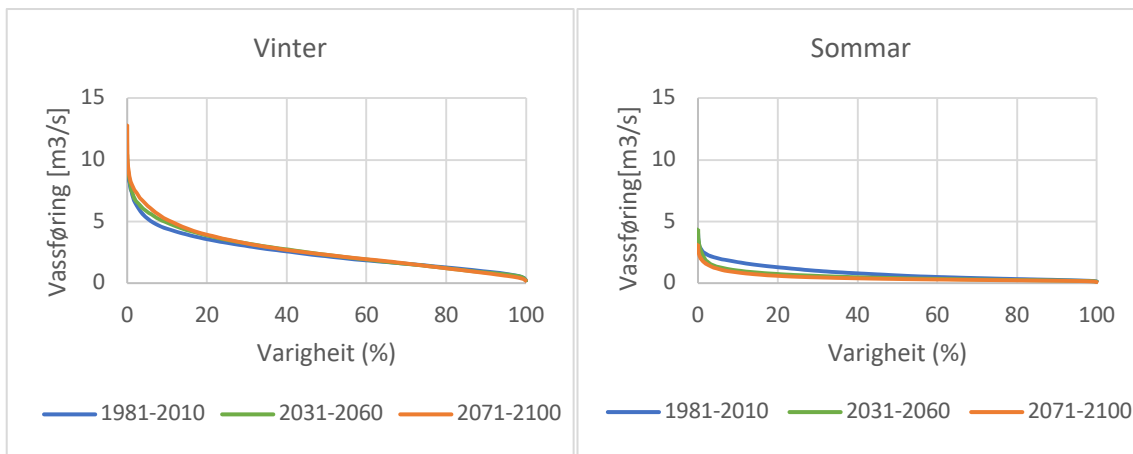
Resultata i tabellen og figurane over viser svært samanfallande resultat for Ytre Alsåker ved klimascenario RCP4.5 som ved Tysseelva ved same scenario. Vinteravrenninga er relativt stabil trass noko nedgang, og sommaravrenninga vert lågare, noko som resulterer i ei nedgang i middelvassføringa, og nedgangen er størst frå referanseperioden til den fjerne framtidsperioden. Resultat for RCP8.5 er vist under.

Tabell 24: Middelvassføring i m<sup>3</sup>/s ved Ytre Alsåker for år, vinter og sommar i alle periodane ved klimascenario RCP8.5

Vassføring i m <sup>3</sup> /s ved Ytre Alsåker - RCP8.5				
Metode og datagrunnlag	Periode	1971-2010	2031-2060	2071-2100
Vassføring - eQM	År	1.806	1.764	1.741
	Vinter	2.307	2.421	2.447
	Sommar	0.989	0.693	0.593
Vassføring - gQM	År	1.860	1.837	1.837
	Vinter	2.498	2.634	2.689
	Sommar	0.822	0.541	0.450
Produksjon - eQM	År	1.019	0.953	0.935
	Vinter	1.285	1.316	1.320
	Sommar	0.586	0.362	0.307
Produksjon - gQM	År	1.024	1.001	0.997
	Vinter	1.331	1.392	1.415
	Sommar	0.524	0.364	0.316
Utan biaskorrigering	År	1.625	1.581	1.570
	Vinter	2.024	2.092	2.118
	Sommar	0.975	0.750	0.680



Figur 30: Avrenningskurve for Ytre Alsåker med vassføring i m<sup>3</sup>/s i y-aksen, og tid i x-aksen. Klimascenarioet er RCP8.5



Figur 31: Varigheitskurver for avrenning vinter og sommar ved Ytre Alsåker - RCP8.5

Tabellen og figurane over viser resultatane ved Ytre Alsåker for klimascenarion RCP8.5. Her kjem det fram at sommaravrenninga avtek då auke i vassføring rundt mai og juni som ein finn i referanseperioden forsvinn allereie til den nære framtidsperioden. Sjølv om det er noko auke i vinteravrenninga er det ikkje nok til å vege opp for den tapte sommaravrenninga, og middelvassføringa avtek difor frå referanseperioden og fram til den nære framtidsperioden. Derifrå er middelvassføringa tilnærma uendra fram til den fjerne perioden.

#### 4.6.3 Utjamning

Den siste kategorien har eg vald å kalle «Utjamning». I denne kategorien har kraftverka ei avrenningskurve som liknar avrenningskurvene for kraftverka i den fyrste kategorien «Forskyving av vår- og sommaravrenninga», men endringa fram mot dei to framtidsperiodane er noko annleis. I denne kategorien vert avrenningskurvene flatare og flatare framover i tid då sommaravrenninga minkar og vinteravrenninga aukar. Gjennomsnittet av endringa i vassføring frå referanseperioden for alle kraftverka i kategorien er vist i Tabell 25. I tabellen kjem det fram at for klimascenarion RCP4.5 vil det være ein nedgang i middelvassføringa, men ei auke for klimascenarion RCP8.5. For begge klimascenarion er det ei auke i vassføringa på vinteren og ein nedgang på sommaren. Kraftverka i denne kategorien er Mouidejohka, Stublielva, Tyttebærelva og Vanndøla. Endringa i vassføring ved kvart av kraftverka er vidare undersøkt i individuelle delkapittel.

Tabell 25: Samla relativ endring i vassføring ved kraftverka i kategorien «Utjamning». Tabellen viser endring til begge framtidsperiodane ved begge klimascenarion.

Samla relativ endring i vassføring ved kraftverka i kategorien «Utjamning»				
	RCP4.5		RCP8.5	
Periode	2031-2060	2071-2100	2031-2060	2071-2100
År	-3.25%	-1.95%	+0.74%	+1.50%
Vinter	+48.45%	+81.47%	+76.65%	+129.11%
Sommar	-36.66%	-41.83%	-34.68%	-57.10%

Fleire av kraftverka i denne kategorien har avrenningsfelt som ligg ein stad mellom dei to andre kategoriane med tanke på meter over havet. Dette kan bety at avrenninga ved desse kraftverka i stor grad er styrt av snøsmelting i dag. I dei to framtidsperiodane vert sommaravrenninga mindre og vinteravrenninga større, noko som kan kome av at det vert mindre snø, som igjen fører til mindre smelting på våren og meir avrenning på vinteren – med andre ord ei utjamning av vassføringa utover året.

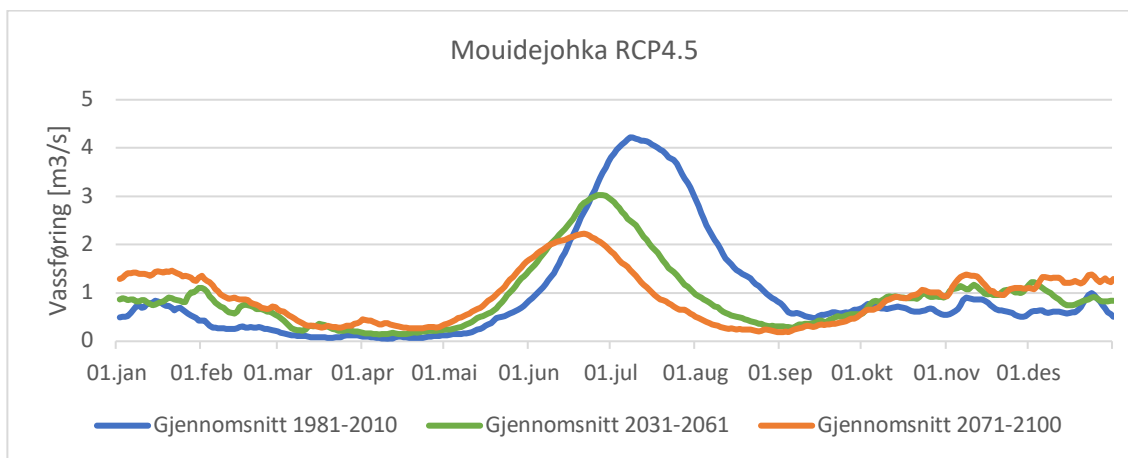
##### 4.6.3.1 Mouidejohka

I dette delkapitlet vert endringa i vassføring ved Mouidejohka vidare undersøkt – først for klimascenarion RCP4.5, deretter for RCP8.5. Avrenninga for alle dataseriane er presentert i tabell, før avrenninga for dataserien som er vald ut for å jobbe vidare med i kapittel 4.4 er vist i ei avrenningskurve og i varigheitskurver for vinter- og sommaravrenninga. Dataserien som er vidare undersøkt for Mouidejohka er med biaskorrigeringsmetode gQM med observert data frå vassmerket.

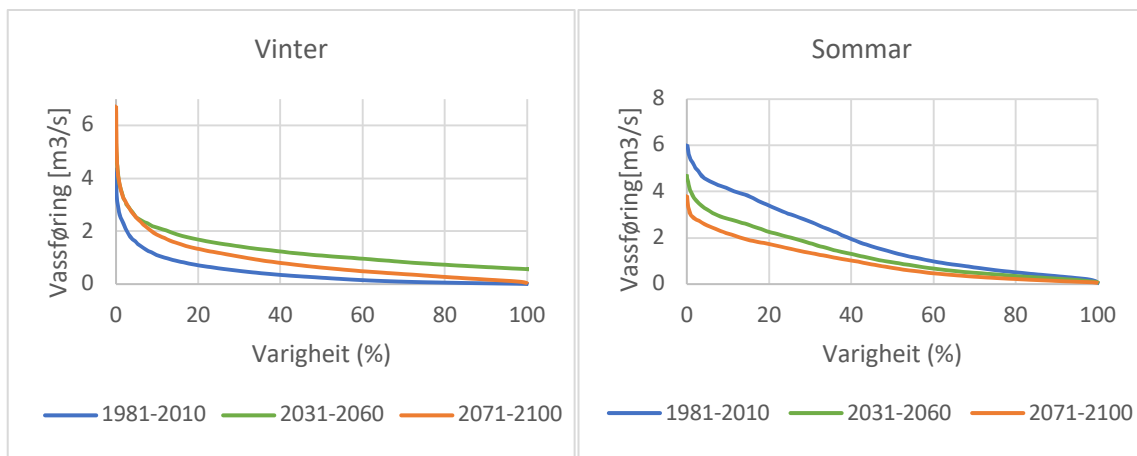


Tabell 26: Middelvassføring i m<sup>3</sup>/s ved Mouidejohka for år, vinter og sommar i alle periodane ved klimascenario RCP4.5

Vassføring i m <sup>3</sup> /s ved Mouidejohka - RCP4.5				
Metode og datagrunnlag	Periode	1971-2010	2031-2060	2071-2100
Vassføring - eQM	År	0.933	0.905	0.912
	Vinter	0.419	0.653	0.836
	Sommar	1.769	1.315	1.037
Vassføring - gQM	År	0.985	0.907	0.907
	Vinter	0.438	0.677	0.873
	Sommar	1.875	1.280	0.962
Produksjon - eQM	År	0.644	0.602	0.620
	Vinter	0.303	0.465	0.600
	Sommar	1.200	0.826	0.651
Produksjon - gQM	År	0.638	0.625	0.579
	Vinter	0.242	0.540	0.758
	Sommar	1.282	0.764	0.287
Utan biaskorrigering	År	0.965	0.958	0.962
	Vinter	0.541	0.738	0.879
	Sommar	1.654	1.315	1.098



Figur 32: Avrenningskurve for Mouidejohka med vassføring i m<sup>3</sup>/s i y-aksen, og tid i x-aksen. Klimascenariet er RCP4.5

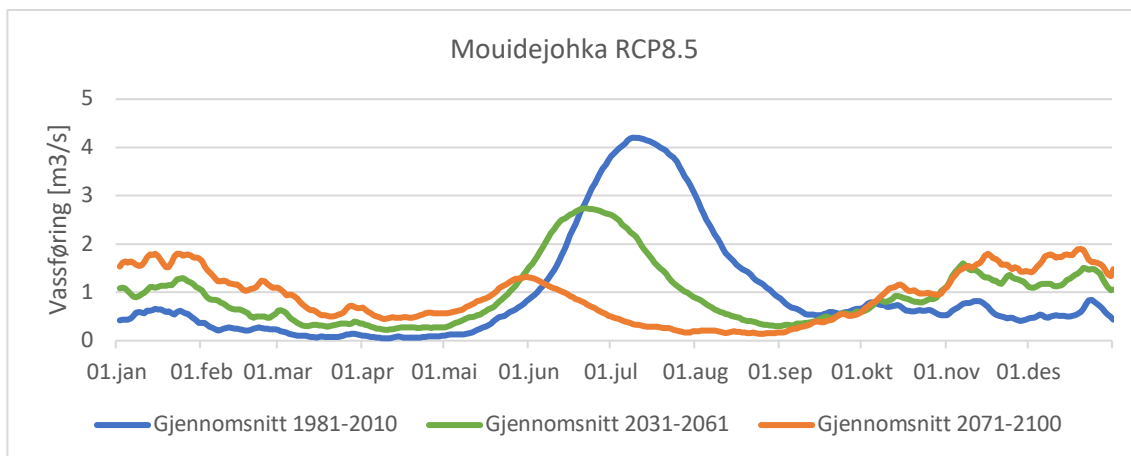


Figur 33: Varigheitskurver for avrenning vinter og sommar ved Mouidejohka - RCP4.5

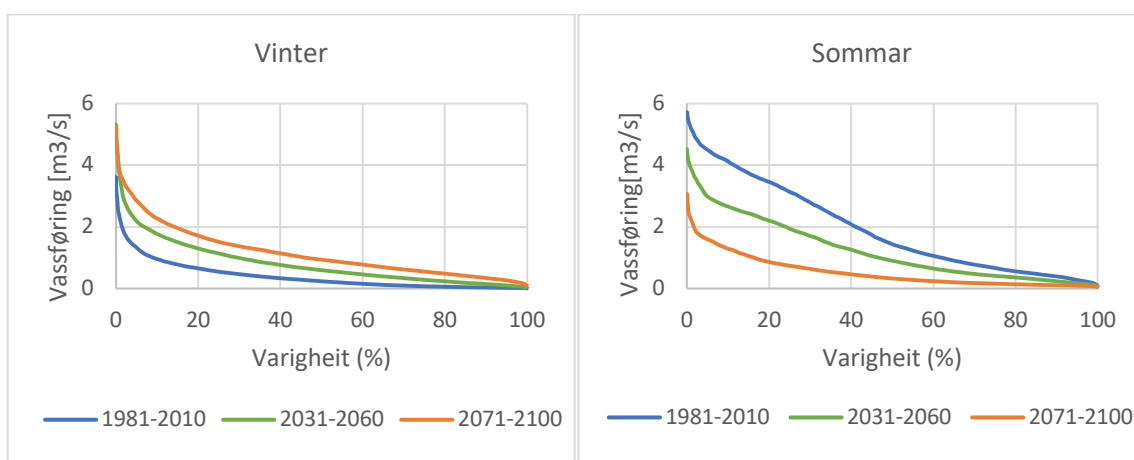
Tabellen og figurane over viser avrenninga i dei tre periodane ved Mouidejohka kraftverk ved klimascenario RCP4.5. Frå dataserien plukka ut i kapittel 4.4 der eQM og vassmerkedataa er brukt, kjem det fram at det vil være ei nedgang i middelvassføringa frå referanseperioden til den nære framtidsperioden, men at den derifrå er lik i den fjerne perioden. Dette er resultatet av at vassføringa vert utjamna utover året då sommaravrenninga minkar, og vinteravrenninga stig. Resultata for RCP8.5 er vist under.

Tabell 27: Middelvassføring i m³/s ved Mouidejohka for år, vinter og sommar i alle periodane ved klimascenario RCP8.5

Vassføring i m³/s ved Mouidejohka - RCP8.5				
Metode og datagrunnlag	Periode	1971-2010	2031-2060	2071-2100
Vassføring - eQM	År	0.916	0.940	0.906
	Vinter	0.397	0.798	1.127
	Sommar	1.762	1.171	0.546
Vassføring - gQM	År	0.975	0.970	0.914
	Vinter	0.393	0.812	1.151
	Sommar	1.922	1.227	0.527
Produksjon - eQM	År	0.597	0.601	0.573
	Vinter	0.253	0.533	0.740
	Sommar	1.157	0.710	0.302
Produksjon - gQM	År	0.638	0.625	0.579
	Vinter	0.242	0.540	0.758
	Sommar	1.282	0.764	0.287
Utan biaskorrigerering	År	0.951	0.988	0.950
	Vinter	0.523	0.850	1.104
	Sommar	1.646	1.212	0.699



Figur 34: Avrenningskurve for Mouidejohka med vassføring i m<sup>3</sup>/s i y-aksen, og tid i x-aksen. Klimascenarioet er RCP8.5



Figur 35: Varigheitskurver for avrenning vinter og sommar ved Mouidejohka - RCP8.5

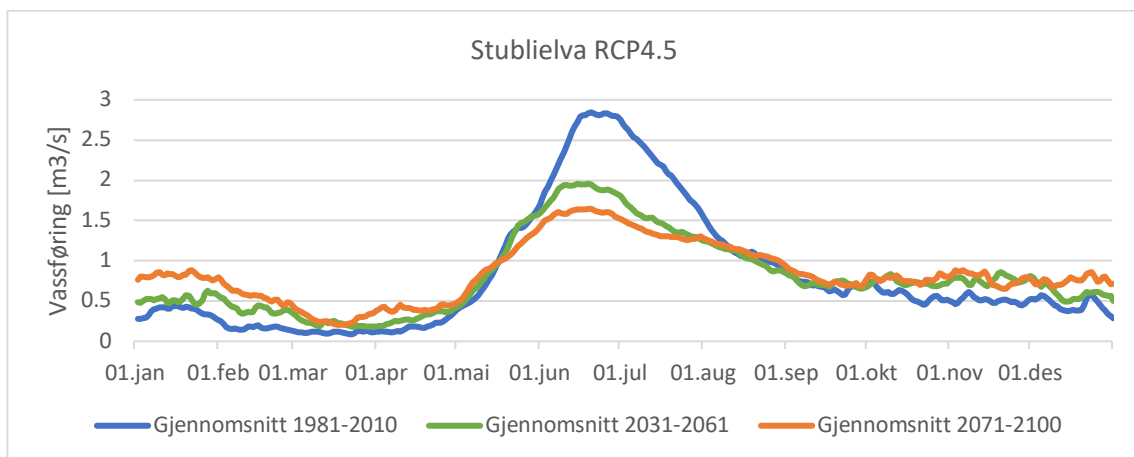
Tabellen og figurane over viser at vassføringa ved Mouidejohka kraftverk vil avta ved klimascenario RCP8.5. Det er nedgangen i sommaravrenninga som utgjer den store forandringa. Avrenningskurva vert flatare og flatare, og i den fjerne framtidsperioden vil middelvassføringa om vinteren være større enn om sommaren.

#### 4.6.3.2 Stublielva

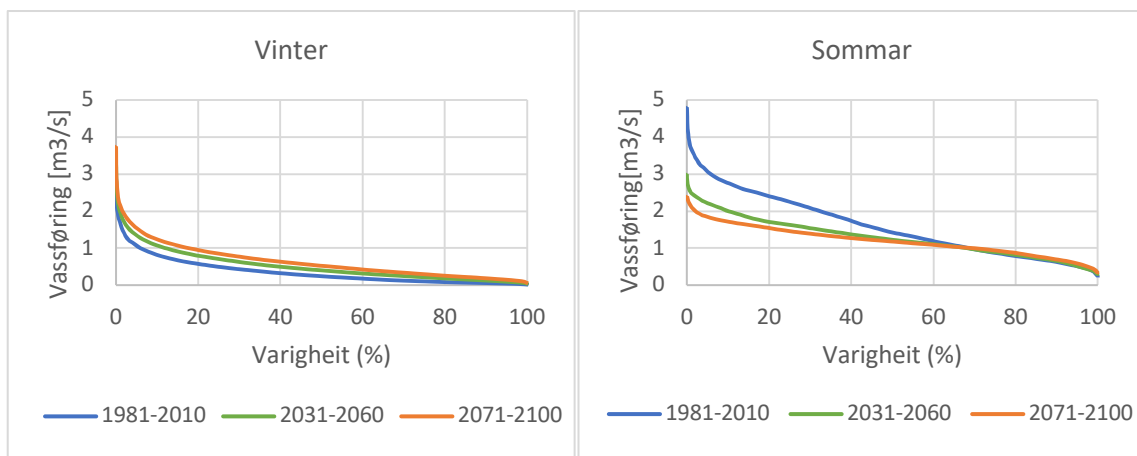
I dette delkapittelet vert endringa i vassføring ved Stublielva vidare undersøkt – først for klimascenario RCP4.5, deretter for RCP8.5. Avrenninga for alle dataseriane er presentert i tabell, før avrenninga for dataserien som er vald ut for å jobbe vidare med i kapittel 4.4 er vist i ei avrenningskurve og i varigheitskurver for vinter- og sommaravrenninga. Dataserien som er vidare undersøkt for Stublielva er med biaskorrigeringsmetode gQM med observert data frå vassmerket.

Tabell 28: Middelvassføring i m<sup>3</sup>/s ved Stublielva for år, vinter og sommar i alle periodane ved klimascenario RCP4.5

Vassføring i m <sup>3</sup> /s ved Stublielva - RCP4.5				
Metode og datagrunnlag	Periode	1971-2010	2031-2060	2071-2100
Vassføring - eQM	År	0.801	0.796	0.843
	Vinter	0.401	0.561	0.679
	Sommar	1.452	1.180	1.109
Vassføring - gQM	År	0.828	0.809	0.850
	Vinter	0.357	0.518	0.636
	Sommar	1.594	1.282	1.200
Produksjon - eQM	År	0.972	0.894	0.940
	Vinter	0.432	0.610	0.746
	Sommar	1.852	1.355	1.256
Produksjon - gQM	År	1.024	0.956	1.011
	Vinter	0.397	0.587	0.747
	Sommar	2.045	1.555	1.440
Utan biaskorrigerer	År	1.195	1.223	1.278
	Vinter	0.726	0.909	1.033
	Sommar	1.959	1.734	1.675



Figur 36: Avrenningskurve for Stublielva med vassføring i m<sup>3</sup>/s i y-aksen, og tid i x-aksen. Klimascenarioet er RCP8.5

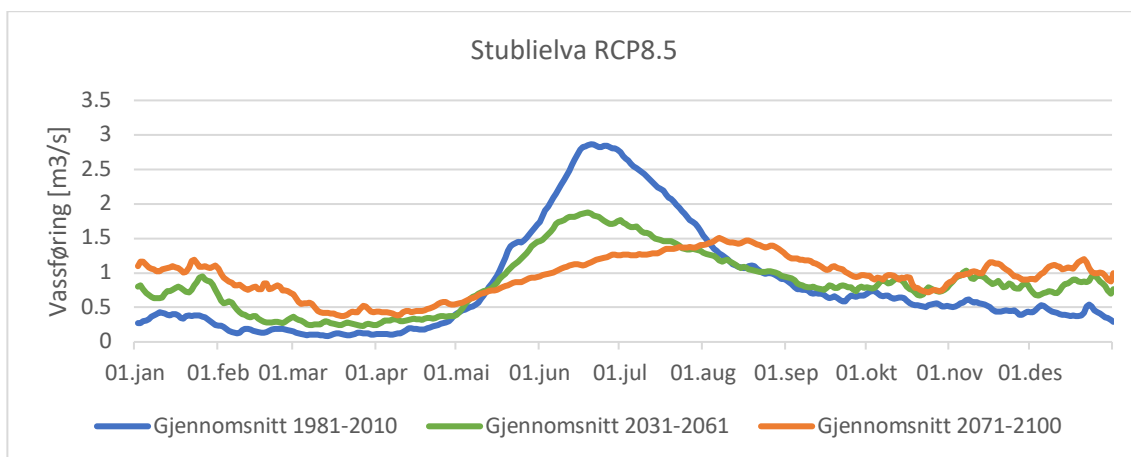


Figur 37: Varigheitskurver for avrenning vinter og sommar ved Stublielva - RCP4.5

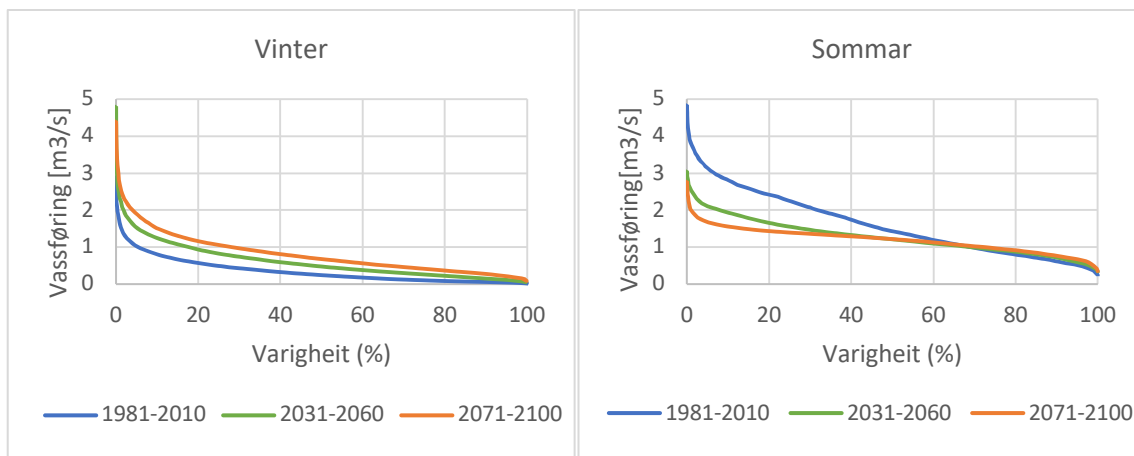
Tabellen og figurane over viser at middelvassføringa ved Stublielva kraftverk ved klimascenario RCP4.5 først vil avta fram til den nære framtidsperioden, men at den vil auke igjen til å verte større i den fjerne framtidsperioden enn i referanseperioden. Årsaken til dette er at sommaravrenninga minkar og vinteravrenninga aukar gradvis. Frå den nære til den fjerne framtidsperioden vil ikkje sommarvassføringa minke like mykje som mellom dei to første periodane, og aukinga i vintervassføring vil då vege opp for den tapte sommarvassføringa. Resultata for RCP8.5 er vist under.

Tabell 29: Middelvassføring i m<sup>3</sup>/s ved Stublielva for år, vinter og sommar i alle periodane ved klimascenario RCP8.5

Vassføring i m <sup>3</sup> /s ved Stublielva - RCP8.5				
Metode og datagrunnlag	Periode	1971-2010	2031-2060	2071-2100
Vassføring - eQM	År	0.803	0.852	0.951
	Vinter	0.397	0.657	0.854
	Sommar	1.465	1.171	1.109
Vassføring - gQM	År	0.830	0.862	0.956
	Vinter	0.354	0.611	0.810
	Sommar	1.606	1.271	1.192
Produksjon - eQM	År	1.014	0.992	1.057
	Vinter	0.421	0.730	0.950
	Sommar	1.979	1.419	1.230
Produksjon - gQM	År	1.074	1.070	1.168
	Vinter	0.406	0.768	1.021
	Sommar	2.160	1.561	1.407
Utan biaskorrigering	År	1.177	1.258	1.362
	Vinter	0.712	0.988	1.187
	Sommar	1.933	1.698	1.647



Figur 38: Avrenningskurve for Stublielva med vassføring i m<sup>3</sup>/s i y-aksen, og tid i x-aksen. Klimascenariot er RCP4.5



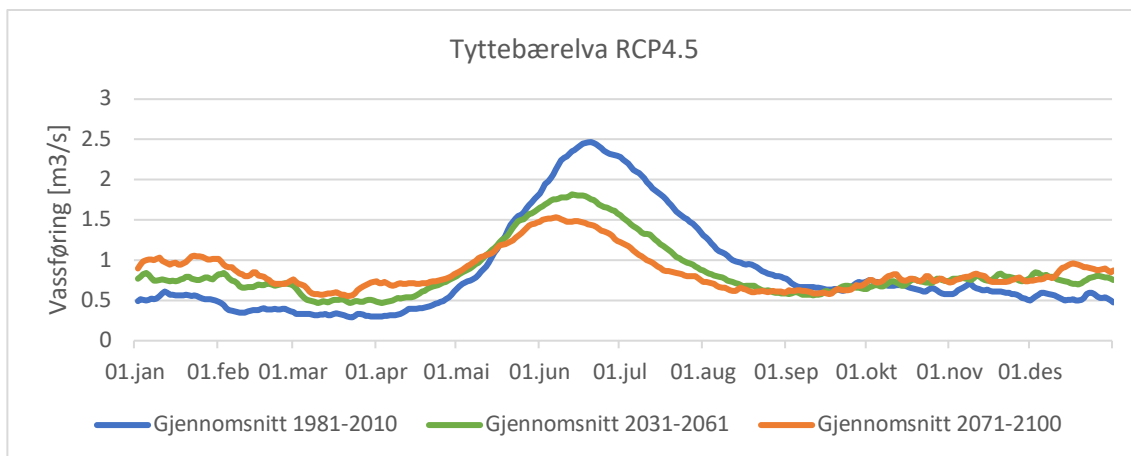
Figur 39: Varigheitskurver for avrenning vinter og sommar ved Stublielva - RCP8.5

#### 4.6.3.3 Tyttebærelva

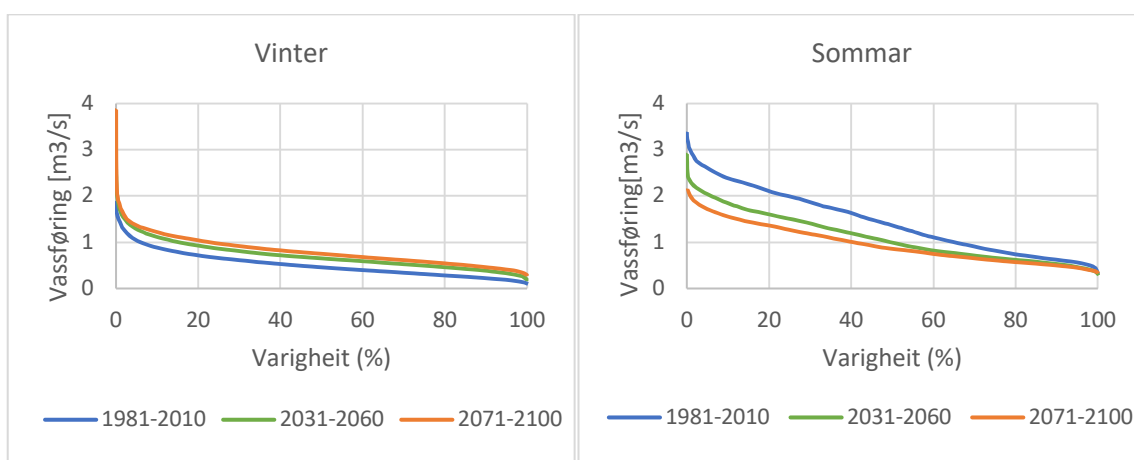
I dette delkapittelet vert endringa i vassføring ved Tyttebærelva vidare undersøkt – først for klimascenario RCP4.5, deretter for RCP8.5. Avrenninga for alle dataseriane er presentert i tabell, før avrenninga for dataserien som er vald ut for å jobbe vidare med i kapittel 4.4 er vist i ei avrenningskurve og i varigheitskurver for vinter- og sommaravrenninga. Dataserien som er vidare undersøkt for Tyttebærelva er med biaskorrigeringsmetode gQM med observert data frå vassmerket.

Tabell 30: Middelvassføring i m<sup>3</sup>/s ved Tyttebærelva for år, vinter og sommar i alle periodane ved klimascenario RCP4.5

Vassføring i m <sup>3</sup> /s ved Tyttebærelva - RCP4.5				
Metode og datagrunnlag	Periode	1971-2010	2031-2060	2071-2100
Vassføring - eQM	År	0.867	0.874	0.886
	Vinter	0.533	0.733	0.831
	Sommar	1.411	1.102	0.976
Vassføring - gQM	År	0.868	0.859	0.863
	Vinter	0.516	0.709	0.804
	Sommar	1.440	1.103	0.958
Produksjon - eQM	År	0.960	0.953	0.969
	Vinter	0.599	0.823	0.931
	Sommar	1.547	1.165	1.031
Produksjon - gQM	År	0.994	0.953	0.950
	Vinter	0.518	0.766	0.888
	Sommar	1.769	1.258	1.051
Utan biaskorrigering	År	0.480	0.479	0.480
	Vinter	0.304	0.403	0.450
	Sommar	0.766	0.602	0.530



Figur 40: Avrenningskurve for Tyttebærelva med vassføring i m<sup>3</sup>/s i y-aksen, og tid i x-aksen. Klimascenariot er RCP4.5

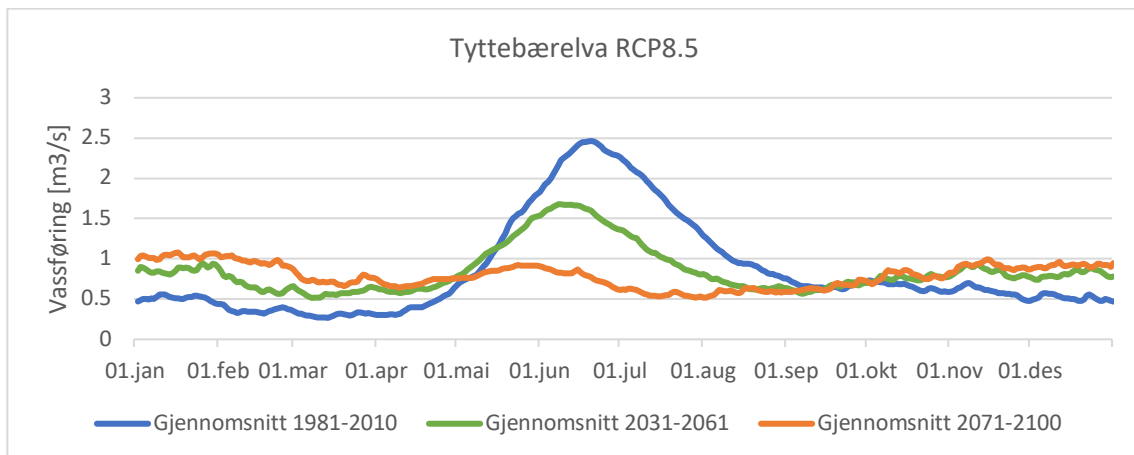


Figur 41: Varigheitskurver for avrenning vinter og sommar ved Tyttebærelva - RCP4.5

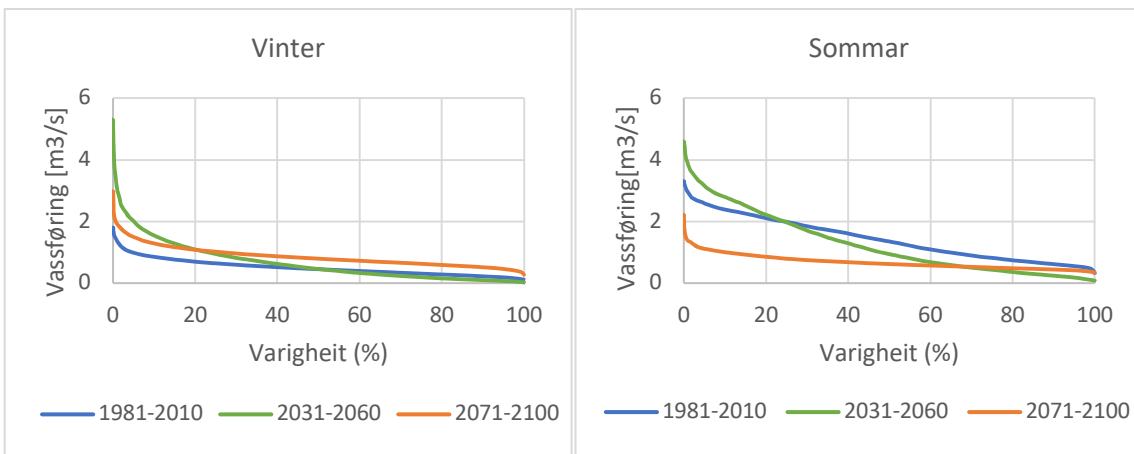
Tabellen og figurane over viser at det vil være ei utjamning i vassføringa utover året ved Tyttebærelva ved klimascenariot RCP4.5. Fram mot den nære framtidsperioden vil det være ein liten nedgang i middelvassføringa då vassføringa på sommaren går drastisk ned, og vassføringa på vinteren berre går noko opp. Fram mot den fjerne framtidsperioden vil denne endringa fortsette, men vassføringa på vinteren vil då auke så mykje at middelvassføringa vil være større i den fjerne framtidsperioden enn i den nære og nesten på nivå med middelvassføringa i referanseperioden sjølv om fordelinga over året er svært endra. Resultata frå RCP8.5 er vist under.

Tabell 31: Middelvassføring i m<sup>3</sup>/s ved Tyttebærelva for år, vinter og sommar i alle periodane ved klimascenario RCP8.5

Vassføring i m <sup>3</sup> /s ved Tyttebærelva - RCP8.5				
Metode og datagrunnlag	Periode	1971-2010	2031-2060	2071-2100
Vassføring - eQM	År	0.856	0.874	0.825
	Vinter	0.519	0.775	0.884
	Sommar	1.403	1.036	0.728
Vassføring - gQM	År	0.856	0.855	0.790
	Vinter	0.503	0.750	0.858
	Sommar	1.431	1.025	0.677
Produksjon - eQM	År	1.061	1.028	0.951
	Vinter	0.598	0.920	1.046
	Sommar	1.814	1.204	0.795
Produksjon - gQM	År	1.118	1.057	0.923
	Vinter	0.546	0.908	1.052
	Sommar	2.050	1.300	0.714
Utan biaskorrigering	År	0.474	0.477	0.444
	Vinter	0.298	0.424	0.477
	Sommar	0.761	0.564	0.392



Figur 42: Avrenningskurve for Tyttebærelva med vassføring i m<sup>3</sup>/s i y-aksen, og tid i x-aksen. Klimascenarioet er RCP8.5



Figur 43: Varigheitskurver for avrenning vinter og sommar ved Tyttebærelva - RCP8.5



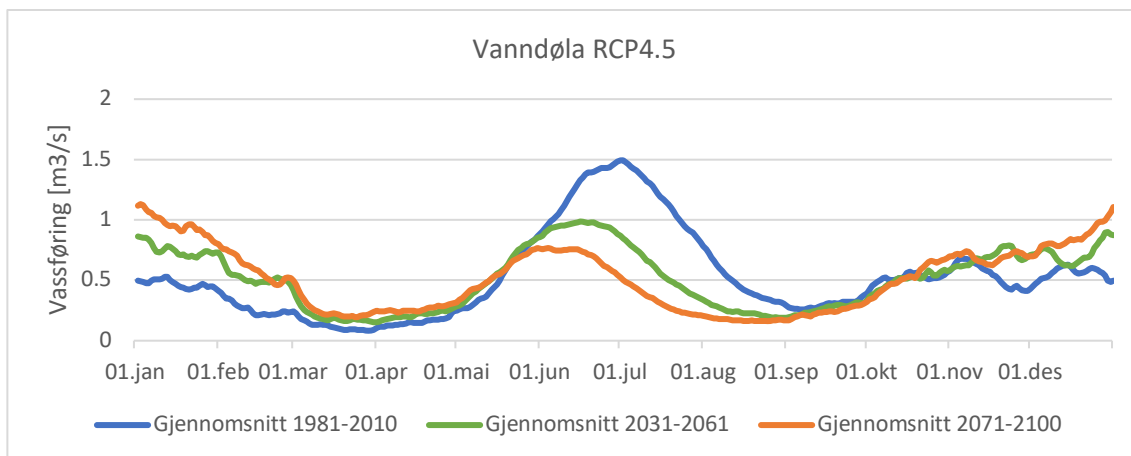
Frå tabellen og figurane over kjem det fram at endringa i avrenning ved Tyttbærelva vil være relativ lik ved RCP8.4 som ved RCP4.5, men med endå meir utjamninga av vassføringa. Når me kjem til den fjerne framtidsperioden har vintervassføringa vorte høgare enn den på sommaren. Frå varigheitskurvene kjem det fram at sjølv om den nære framtidsperioden er eit mellomstadie i utjamninga er det her dei største vassføringane kjem både på sommaren og vinteren, men at variasjonen òg er størst her.

#### 4.6.3.4 Vanndøla

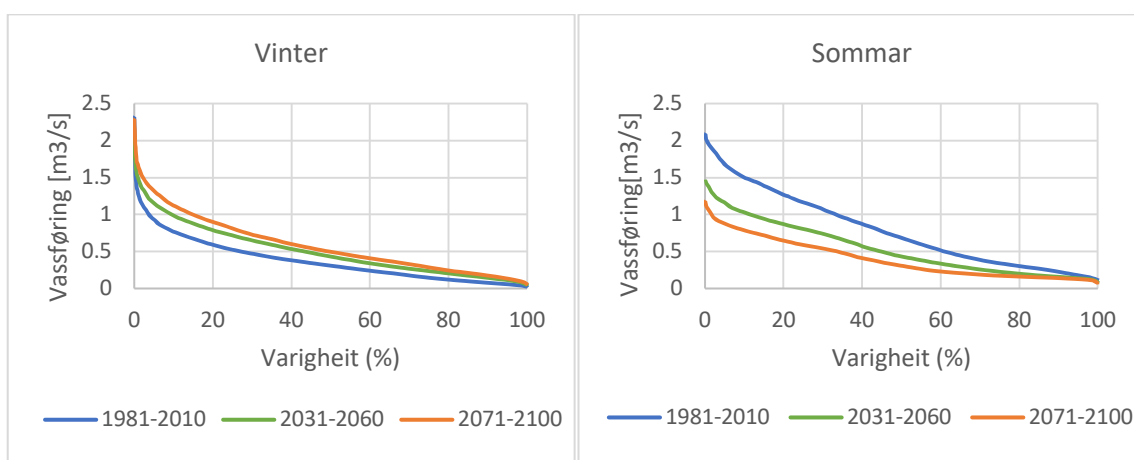
I dette delkapittelet vert endringa i vassføring ved Vanndøla vidare undersøkt – først for klimascenarior RCP4.5, deretter for RCP8.5. Avrenninga for alle dataseriane er presentert i tabell, før avrenninga for dataserien som er vald ut for å jobbe vidare med i kapittel 4.4 er vist i ei avrenningskurve og i varigheitskurver for vinter- og sommaravrenninga. Dataserien som er vidare undersøkt for Vanndøla er med biaskorrigeringsmetode eQM med observert data frå vassmerket.

Tabell 32: Middelvassføring i m<sup>3</sup>/s ved Vanndøla for år, vinter og sommar i alle periodane ved klimascenarior RCP4.5

Vassføring i m <sup>3</sup> /s ved Vanndøla - RCP4.5				
Metode og datagrunnlag	Periode	1971-2010	2031-2060	2071-2100
Vassføring - eQM	År	0.531	0.517	0.513
	Vinter	0.375	0.509	0.584
	Sommar	0.784	0.530	0.396
Vassføring - gQM	År	0.544	0.535	0.532
	Vinter	0.387	0.530	0.609
	Sommar	0.798	0.544	0.408
Produksjon - eQM	År	0.919	0.898	0.906
	Vinter	0.662	0.912	1.071
	Sommar	1.337	0.876	0.637
Produksjon - gQM	År	0.968	0.937	0.944
	Vinter	0.660	0.947	1.133
	Sommar	1.469	0.919	0.636
Utan biaskorrigerering	År	0.633	0.632	0.631
	Vinter	0.499	0.613	0.676
	Sommar	0.851	0.662	0.556



Figur 44: Avrenningskurve for Vanndøla med vassføring i m<sup>3</sup>/s i y-aksen, og tid i x-aksen. Klimascenarioet er RCP4.5

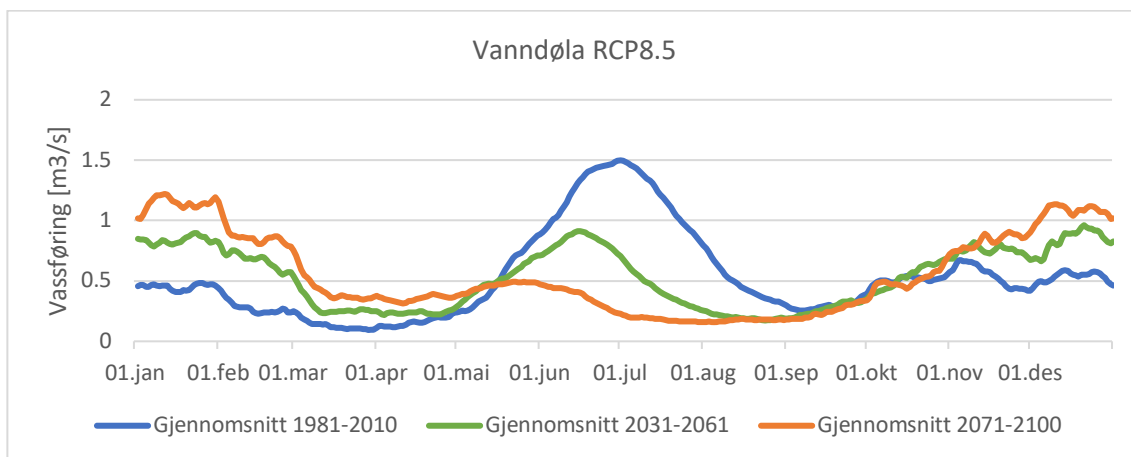


Figur 45: Varigheitskurver for avrenning vinter og sommar ved Vanndøla - RCP4.5

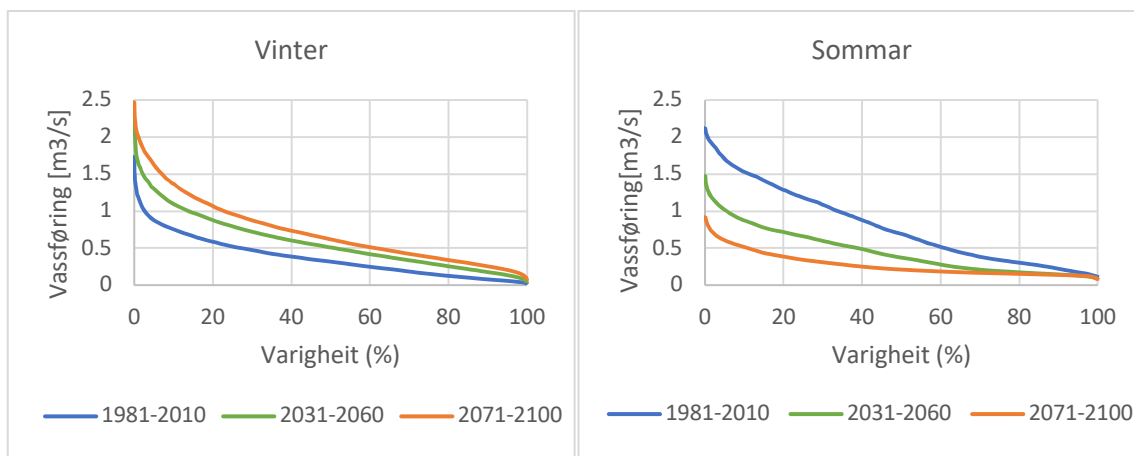
Frå tabellen og figurane over kjem det fram at det vil være ei gradvis nedgang i middelvassføringa ved Vanndøla kraftverk ved RCP4.5 som eit resultat av utjamninga i vassføring over året. Sommarvassføringa vert mindre og vintervassføringa aukar, men ikkje nok til å gjere opp for den tapte vassføringa på sommaren. Nedgangen vil være størst frå referanseperioden til den nære framtidsperioden, og mindre mellom dei to framtidsperiodane. Resultata frå RCP8.5 er vist under.

Tabell 33: Middelvassføring i m<sup>3</sup>/s ved Vanndøla for år, vinter og sommar i alle periodane ved klimascenario RCP8.5

Vassføring i m <sup>3</sup> /s ved Vanndøla - RCP8.5				
Metode og datagrunnlag	Periode	1971-2010	2031-2060	2071-2100
Vassføring - eQM	År	0.531	0.532	0.551
	Vinter	0.371	0.583	0.723
	Sommar	0.792	0.449	0.273
Vassføring - gQM	År	0.544	0.552	0.577
	Vinter	0.383	0.608	0.761
	Sommar	0.807	0.461	0.277
Produksjon - eQM	År	0.720	0.763	0.838
	Vinter	0.510	0.877	1.130
	Sommar	1.062	0.578	0.362
Produksjon - gQM	År	0.794	0.816	0.881
	Vinter	0.528	0.960	1.260
	Sommar	1.227	0.581	0.264
Utan biaskorrigering	År	0.626	0.636	0.651
	Vinter	0.491	0.664	0.777
	Sommar	0.845	0.589	0.446



Figur 46: Avrenningskurve for Vanndøla med vassføring i m<sup>3</sup>/s i y-aksen, og tid i x-aksen. Klimascenarioet er RCP8.5



Figur 47: Varigheitskurver for avrenning vinter og sommar ved Vanndøla - RCP8.5

Tabellen og figurane over viser at i motsetning til ved RCP4.5, vil utjamninga i vassføring føre til eit lite auke i middelvassføringa ved Vanndøla ved klimascenario RCP8.5.

Middelvassføringa går frå å være størst om sommaren og minst om vinteren i referanseperioden til å være relativt jamne i den nære framtidsperioden, til så å være størst om vinteren og minst om sommaren i den fjerne framtidsperioden.

#### 4.7 Dagens og framtidig produksjon

I dette kapitlet undersøker eg produksjonen i dei tre tidsperiodane med vekt på korleis endringa er frå referanseperioden. Dataseriane med vassføring som vert nytta til å berekne produksjon ved kraftverka er dei som er plukka ut i kapittel 4.4 til å jobbe vidare med. Når eg ser på endringa i produksjon ser eg i hovudsak på endringa i produsert GWh i løpet av året, vinteren og sommaren. Den relative endringa i produksjon til dei to framtidsperiodane for alle kraftverka er vist i Tabell 34.

Tabell 34: Prosentvis endring frå referanseperioden 1981-2010 til begge referanseperiodane og ved begge klimascenario. Tabellen viser den relative endringa frå referanseperioden vist i prosent og er fargekoda frå grønt til raud, der grønt er det største auke og raud er den største nedgangen

Prosentvis endring frå referanseperiode 1981-2010 til begge framtidsperiodane					
Kraftverk	Sesong	RCP4.5		RCP8.5	
		2031-2060	2071-2100	2031-2060	2071-2100
Kaldsåni	År	-3.6	+15.3	+5.9	+25.7
	Vinter	+10.1	+130.2	+55.1	+213.2
	Sommar	-9.9	-37.1	-11.2	-37.3
Mouidejohka	År	+10.4	+18.8	+22.8	+18.2
	Vinter	+57.7	+141.3	+98.5	+110.4
	Sommar	-27.6	-78.7	-31.9	-48.5
Stublielva	År	+9.5	+18.8	+19.1	+35.4
	Vinter	+57.3	+98.9	+93.3	+162.6
	Sommar	-9.6	-13.5	-10.4	-14.9
Tysseelva	År	-5.7	-6.2	-3.3	-1.7
	Vinter	-2.6	-2.6	+0.8	+3.5
	Sommar	-15.7	-15.7	-17.2	-19.4
Tyttebærelva	År	+5.1	+6.4	+6.4	-5.8
	Vinter	+51.7	+76.2	+68.5	+98.9
	Sommar	-25.2	-39.1	-32.4	-71.6
Valåe	År	+5.3	+12.5	+8.7	+36.6
	Vinter	+25.9	+50.7	+39.4	+145.7
	Sommar	-1.8	-0.8	-1.8	-1.8
Vanndøla	År	+5.1	+2.7	+7.1	+4.3
	Vinter	+37.2	+54.3	+54.7	+81.4
	Sommar	-21.1	-41.7	-32.1	-59.5
Ytre Alsåker	År	-7.1	-9.7	-6.9	-9.7
	Vinter	+1.1	+2.4	+3.1	+3.4
	Sommar	-37.3	-53.9	-5.2	-30.6

I Tabell 34 kjem det fram at endringa i produksjon i stor grad gjenspeglar endringa i vassføringa i dei ulike årstidene med eit klart auke på vinteren og ein nedgang på sommaren. Likevel viser det seg at ei nedgang i middelvassføring over heile året ikkje nødvendigvis tyder ei nedgang i den årleg produksjon. Berre to av kraftverka har ei nedgang i årleg produksjon til begge framtidsperiodane og ved begge klimascenarioa. Desse to kraftverka er Tysseelva og Ytre Alsåker som utgjer kategorien U-kurva, som har vist seg å ha ei avrenningskurve som skil seg ut frå resten av kraftverka. Endringa i produksjon ved dei enkelte kraftveka er vidare undersøkt i individuelle delkapittel delt inn etter dei tre kategoriane. Endringa i produksjon vert presentert med i tabell med vinter-, sommar- og årleg produksjon i tillegg til ein graf som viser månadleg produksjon i alle tre periodane og varigheitskurver for vinter- og sommarproduksjonen.

#### 4.7.1 Forskyving av vår- og sommaravrenninga

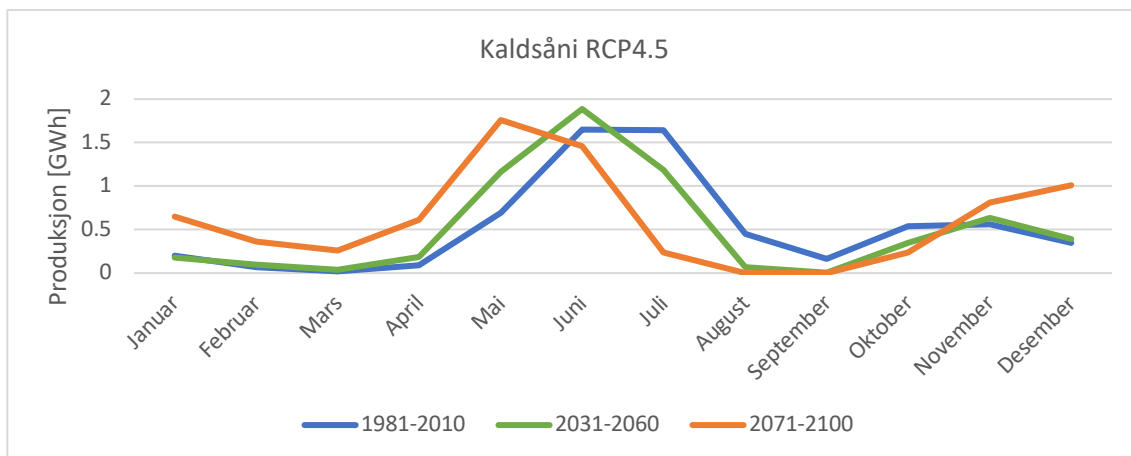
Ved kraftverka i kategorien «Forskyving av vår- og sommaravrenninga», Kaldsåni og Valåe, vil det stort sett være ei auke i produksjon til dei to framtidsperiodane og begge klimascenarioa. Unntaket er ved Kaldsåni i klimascenario RCP4.5 der det er noko nedgang i produksjon frå referanseperioden til den nære framtidsperioden. Tabell 34 viser at ved begge kraftverka vil det være eit auke i produksjonen på vinteren, og ei nedgang om sommaren. Både auke og nedgangen vil være større ved RCP8.5 enn ved RCP4.5. Resultata for begge kraftverka er vist i delkapitla under.

##### 4.7.1.1 Kaldsåni

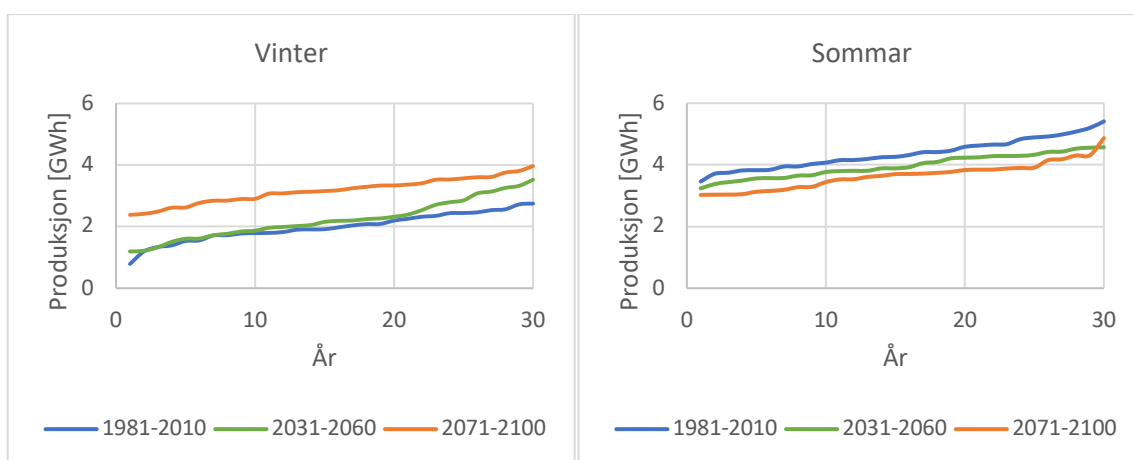
Dette delkapittelet tek for seg endringa i produksjon ved Kaldsåni kraftverk – først for klimascenario RCP4.5, så for RCP8.5. Produksjonen for dei tre periodane er vist i tabell med årleg produksjon samt vinter- og sommarproduksjon, i eit plot med månadleg produksjon og i varigheitskurver for vinter- og sommarproduksjonen.

Tabell 35: Produksjon i GWh ved Kaldsåni kraftverk årleg og for vinter og sommar. Tabellen viser resultat for alle tre periodane ved klimascenario RCP4.5

	1981-2010	2031-2060	2071-2100
År	6.42 GWh	6.19 GWh	7.40 GWh
Vinter	2.02 GWh	2.22 GWh	4.65 GWh
Sommar	4.37 GWh	3.94 GWh	2.75 GWh



Figur 48: Gjennomsnittleg månedleg produksjon ved Kaldsåni i dei tre periodane. Produksjonen er vist i GWh. Klimascenariot er RCP4.5

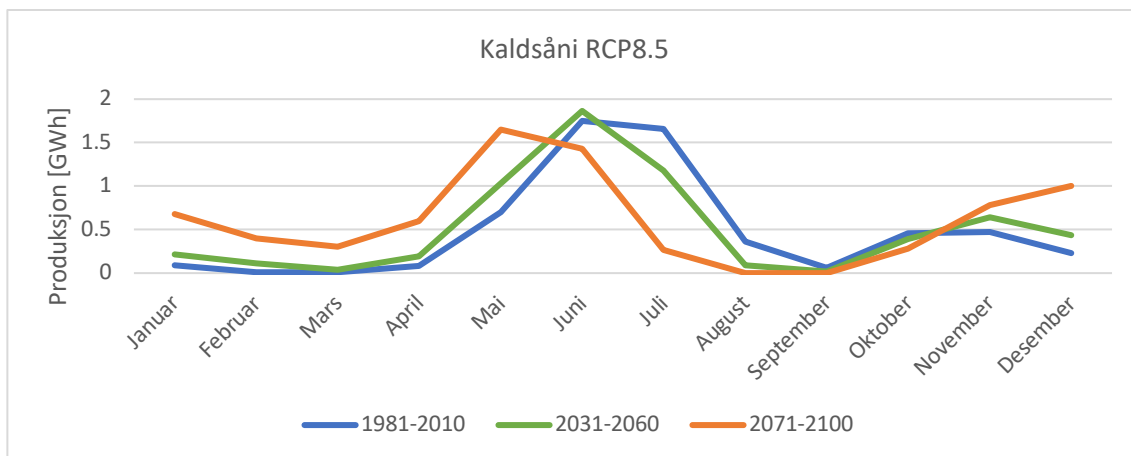


Figur 49: Varigheitskurve for vinter- og sommarproduksjon ved Kaldsåni i dei tre periodane. Produksjonen er vist i GWh og varigheita i år. Klimascenariot er RCP4.5

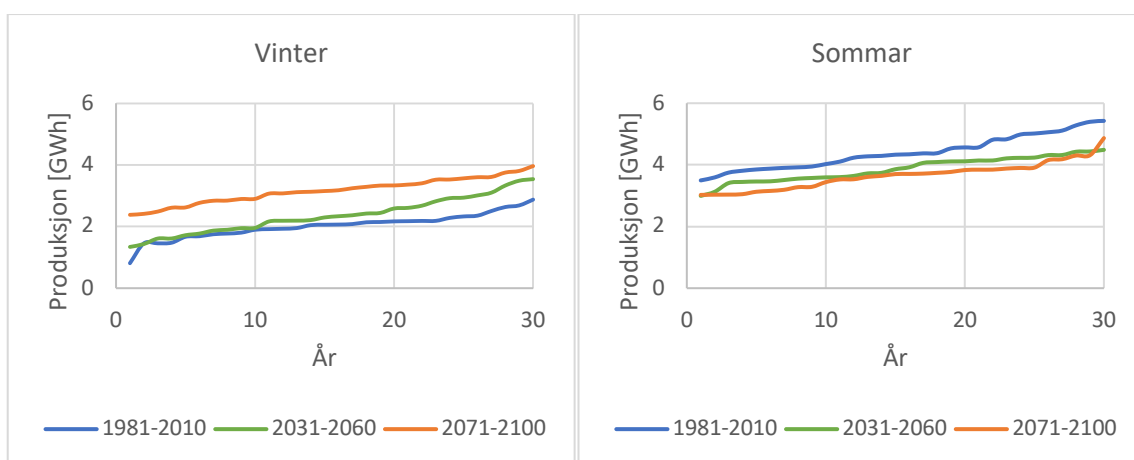
Tabellen og figurane over viser at ved klimascenario RCP4.5 vil det være ei auke i produksjonen om vinteren og ein nedgang på sommaren. I tillegg til denne forskyvinga vil det først være ein nedgang i den årlege produksjonen frå referanseperioden til den nære framtidspersjonen, men den vil auke til den fjerne perioden og produksjonen vil då være høgare enn i referanseperioden. Resultata for RCP8.5 er vist under.

Tabell 36: Produksjon i GWh ved Kaldsåni kraftverk årleg og for vinter og sommar. Tabellen viser resultat for alle tre periodane ved klimascenario RCP8.5

	1981-2010	2031-2060	2071-2100
År	5.88 GWh	6.22 GWh	7.39 GWh
Vinter	1.52 GWh	2.36 GWh	4.76 GWh
Sommar	4.32 GWh	3.84 GWh	2.71 GWh



Figur 50: Gjennomsnittleg månedleg produksjon ved Kaldsåni i dei tre periodane. Produksjonen er vist i GWh. Klimascenariot er RCP8.5



Figur 51: Varigheitskurve for vinter- og sommarproduksjon ved Kaldsåni i dei tre periodane. Produksjonen er vist i GWh og varigheita i år. Klimascenariot er RCP8.5

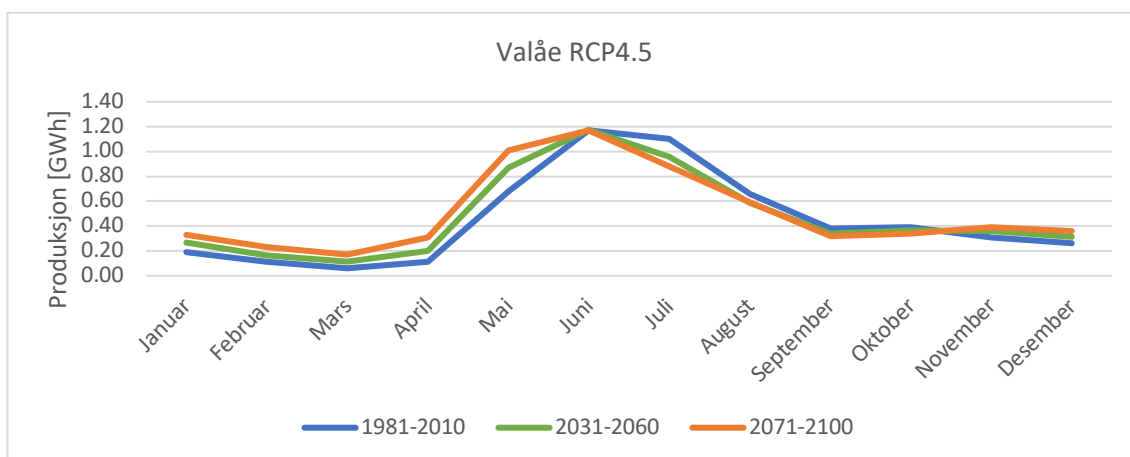
Tabellen og figurane viser at det vil være ei auke i den årlege produksjonen ved Kaldsåni ved klimascenariot RCP8.5. Også i dette klimascenariot vil vinterproduksjonen auke og sommarproduksjonen vil avta, men i motsetning til ved klimascenariot RCP4.5 vil dette resultere ei auke òg i den årlege produksjonen. I referanseperioden er det produksjonen om sommaren som er størst ved kraftverket, men i den fjerne framtidsperioden vil produksjonen være større om vinteren enn om sommaren.

#### 4.7.1.2 Valåe

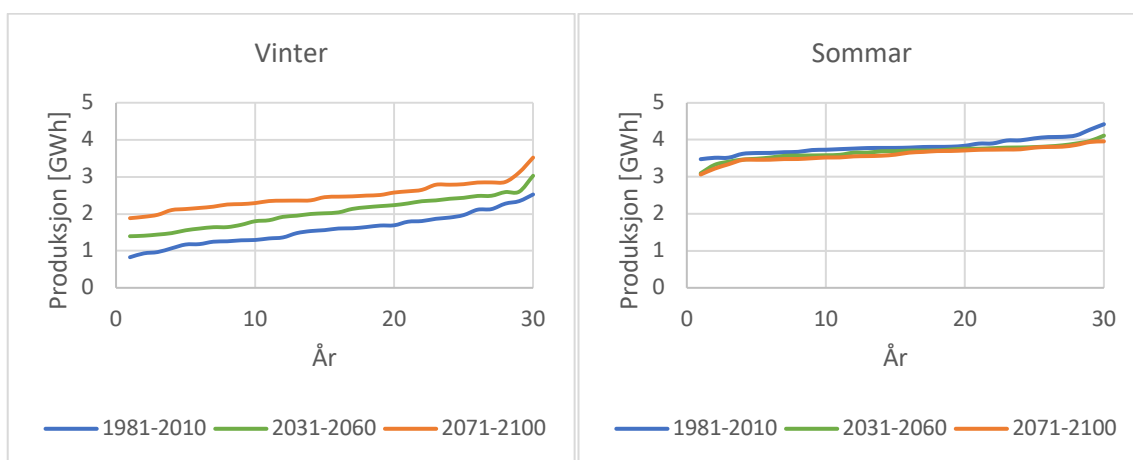
Dette delkapittelet tek for seg endringa i produksjon ved Valåe kraftverk – først for klimascenariot RCP4.5, så for RCP8.5. Produksjonen for dei tre periodane er vist i tabell med årleg produksjon samt vinter- og sommarproduksjon, i eit plot med månedleg produksjon og i varigheitskurver for vinter- og sommarproduksjonen.

Tabell 37: Produksjon i GWh ved Valåe kraftverk årleg og for vinter og sommar. Tabellen viser resultat for alle tre periodane ved klimascenario RCP4.5

	1981-2010	2031-2060	2071-2100
År	5.42 GWh	5.71 GWh	6.10 GWh
Vinter	1.42 GWh	1.79 GWh	2.14 GWh
Sommar	3.97 GWh	3.90 GWh	3.94 GWh



Figur 52: Gjennomsnittleg månedleg produksjon ved Valåe i dei tre periodane. Produksjonen er vist i GWh. Klimascenariot er RCP4.5



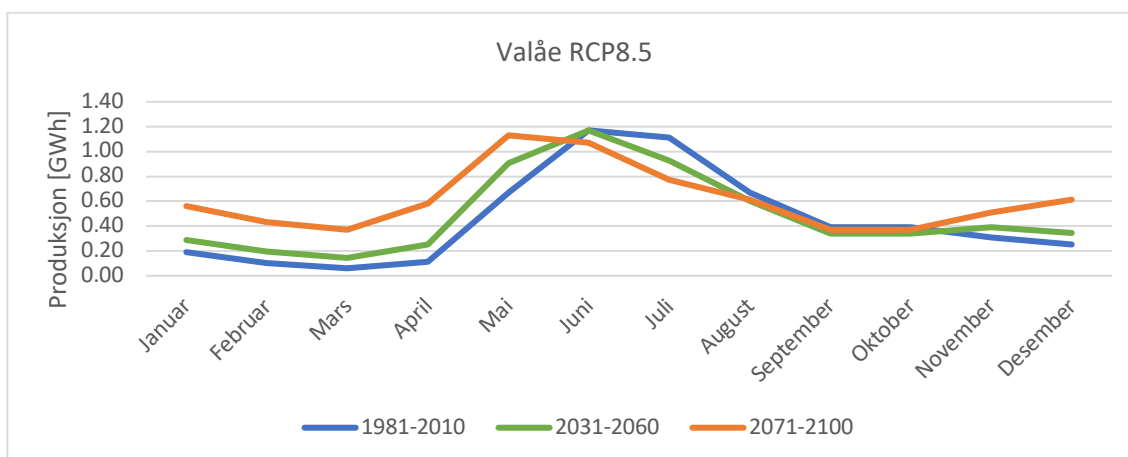
Figur 53: Varigheitskurve for vinter- og sommarproduksjon ved Valåe i dei tre periodane. Produksjonen er vist i GWh og varigheita i år. Klimascenariot er RCP4.5

Tabellen og figurane over viser at, som vassføringa, vil produksjonen om sommaren ved Valåe kraftvert kome noko tidlegare på året i dei to framtidsscenarioa ved klimascenario RCP4.5. Dette fører til ei auke i produksjonen om vinteren, men likevel vil ikkje nedgangen i produksjon om sommaren være så stor. Dette resulterer i at produksjonen ved Valåe aukar frå referanseperioden og fram til begge framtidsperiodane. Resultata for RCP8.5 er vist under.

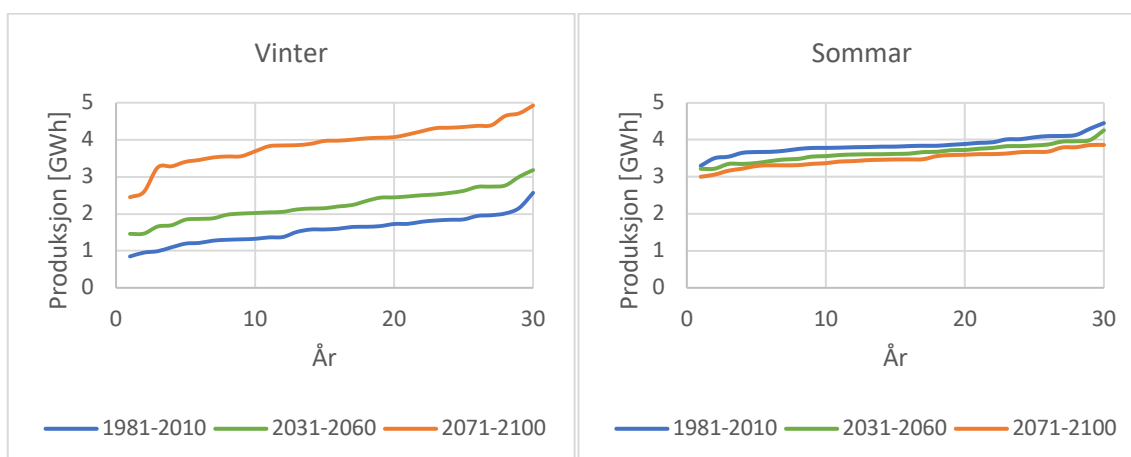


Tabell 38: Produksjon i GWh ved Valåe kraftverk årleg og for vinter og sommar. Tabellen viser resultat for alle tre periodane ved klimascenario RCP8.5

	1981-2010	2031-2060	2071-2100
År	5.42 GWh	5.89 GWh	7.38 GWh
Vinter	1.40 GWh	1.95 GWh	3.44 GWh
Sommar	3.99 GWh	3.92 GWh	3.92 GWh



Figur 54: Gjennomsnittleg månedleg produksjon ved Kaldsåni i dei tre periodane. Produksjonen er vist i GWh. Klimascenarioet er RCP8.5



Figur 55: Varigheitskurve for vinter- og sommarproduksjon ved Valåe i dei tre periodane. Produksjonen er vist i GWh og varigheita i år. Klimascenarioet er RCP8.5

Tabellen og figurane over viser at det vil være ein auke i produksjon ved Valåe ved klimascenario RCP8.5. Denne auken vert spesielt høgt fram til den fjerne framtidsperiodane og ved begge klimascenarioa. Nedgangen i produksjon skjer stort sett på sommaren, og vinterproduksjonen er relativt jamn. Endringa i produksjon på vinteren ligg mellom -2.6% og

#### 4.7.2 U-kurva

Kraftverka i kategorien «U-kurva», Tysseelva og Ytre Alsåker, er dei einaste kraftverka der det er ein nedgang i den årlege produksjonen til begge framtidsperiodane og ved begge klimascenarioa. Nedgangen i produksjon skjer stort sett på sommaren, og vinterproduksjonen er relativt jamn. Endringa i produksjon på vinteren ligg mellom -2.6% og

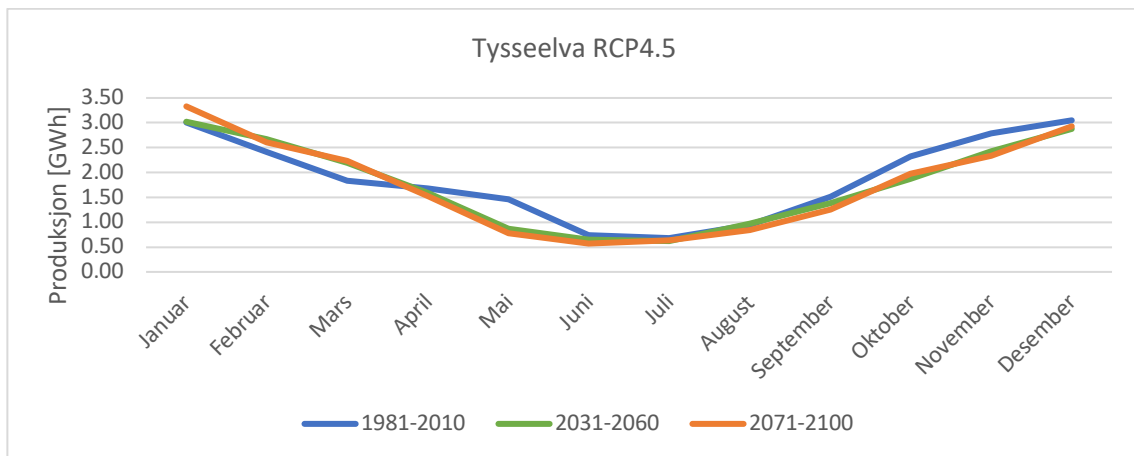
+3.4% (sjå Tabell 34). Endringa i produksjon ved begge kraftverka er vidare undersøkt i delkapitla under.

#### 4.7.2.1 Tysseelva

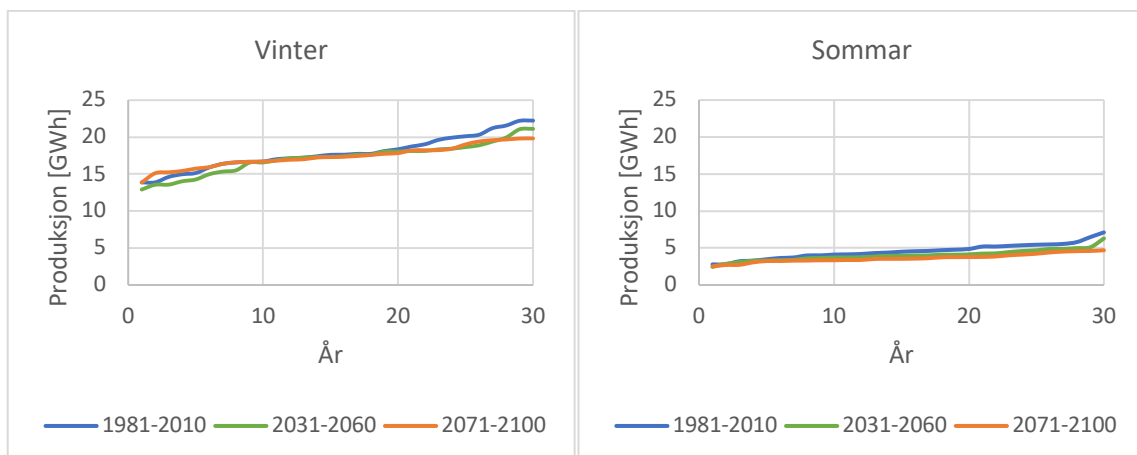
Dette delkapittelet tek for seg endringa i produksjon ved Tysseelva kraftverk – først for klimascenario RCP4.5, så for RCP8.5. Produksjonen for dei tre periodane er vist i tabell med årleg produksjon samt vinter- og sommarproduksjon, i eit plot med månadleg produksjon og i varigheitskurver for vinter- og sommarproduksjonen.

Tabell 39: Produksjon i GWh ved Tysseelva kraftverk årleg og for vinter og sommar. Tabellen viser resultat for alle tre periodane ved klimascenario RCP4.5

	1981-2010	2031-2060	2071-2100
År	22.42 GWh	21.14 GWh	21.02 GWh
Vinter	17.15 GWh	16.71 GWh	16.71 GWh
Sommar	5.28 GWh	4.45 GWh	4.45 GWh



Figur 56: Gjennomsnittleg månadleg produksjon ved Tysseelva i dei tre periodane. Produksjonen er vist i GWh. Klimascenarioet er RCP4.5

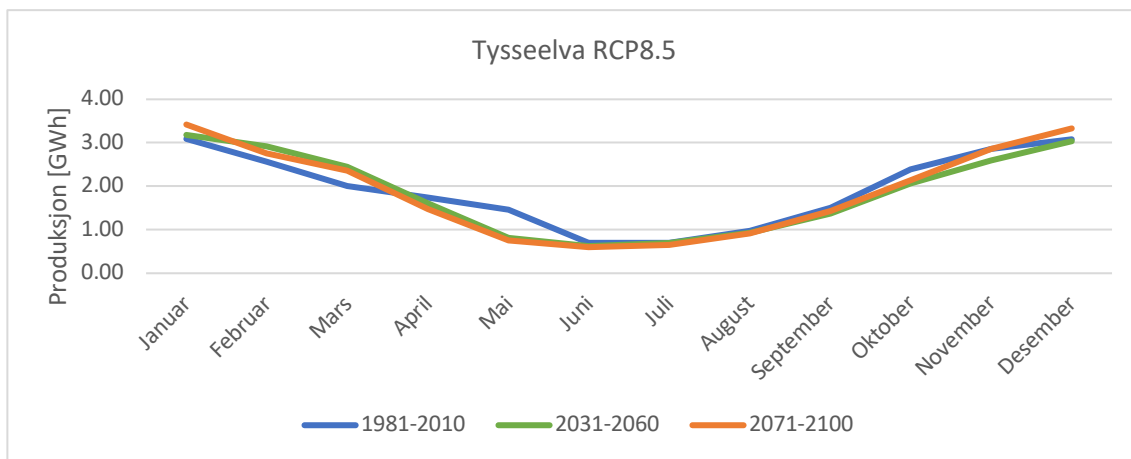


Figur 57: Varigheitskurve for vinter- og sommarproduksjon ved Tysseelva i dei tre periodane. Produksjonen er vist i GWh og varigheita i år. Klimascenarioet er RCP4.5

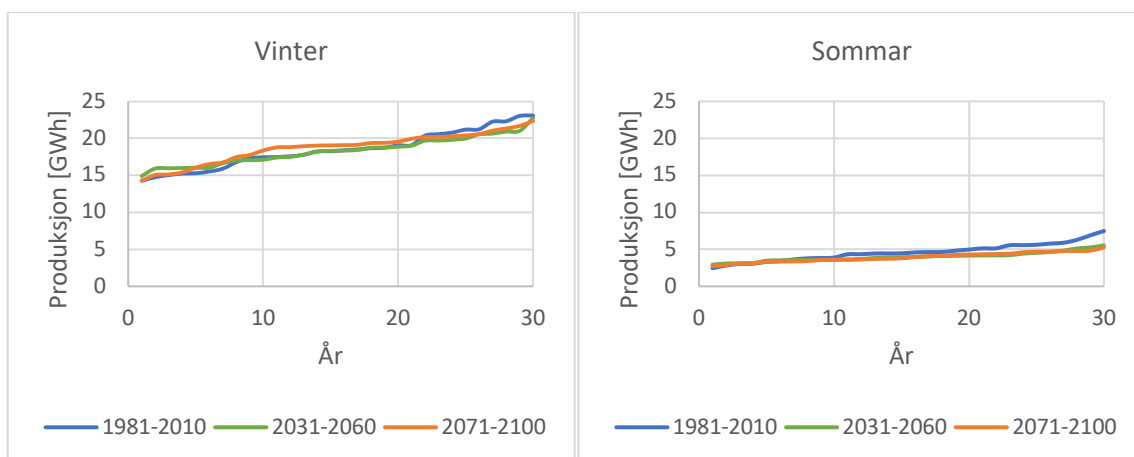
Tabellen og figurane over viser at det vil være svært lite endring i produksjonen ved Tysseelva ved klimascenario RCP4.5, men noko nedgang er det. Ved dette klimascenariot vil det være ei nedgang i produksjonen om både vinteren og sommaren. Ser ein på varigheitskurvene i Figur 57 kjem det fram at i tillegg til å minke vert produksjonen òg noko jamnare innad i dei to framtidsperiodane enn i referanseperioden. Ser ein til dømes på vinterproduksjonen i perioden 2071-2100 vil den lågaste vinterproduksjonen i perioden være høgare enn i dei andre, men den høgaste vil òg være lågare. Resultata for RCP8.5 er vist under.

Tabell 40: Produksjon i GWh ved Valåe kraftverk årleg og for vinter og sommar. Tabellen viser resultat for alle tre periodane ved klimascenario RCP8.5

	1981-2010	2031-2060	2071-2100
År	23.07 GWh	22.30 GWh	22.68 GWh
Vinter	17.79 GWh	17.93 GWh	18.42 GWh
Sommar	5.31 GWh	4.40 GWh	4.28 GWh



Figur 58: Gjennomsnittleg månadleg produksjon ved Tysseelva i dei tre periodane. Produksjonen er vist i GWh. Klimascenariot er RCP8.5



Figur 59: Varigheitskurve for vinter- og sommarproduksjon ved Tysseelva i dei tre periodane. Produksjonen er vist i GWh og varigheita i år. Klimascenariot er RCP8.5

I tabellen og figurane kjem det fram at òg for klimascenario RCP8.5 vil det være ein nedgang i produksjon frå referanseperioden. Forskjellen frå RCP4.5 er at det her vil være ei auke i

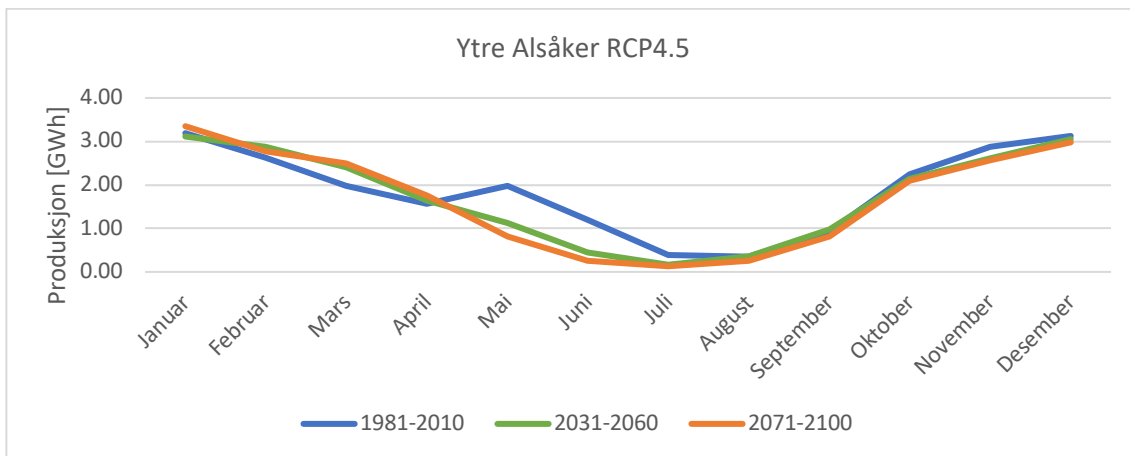
produksjonen på vinteren. Denne auken vil like vel ikkje være nok for å vege opp for nedgangen i produksjonen om sommaren.

#### 4.7.2.2 Ytre Alsåker

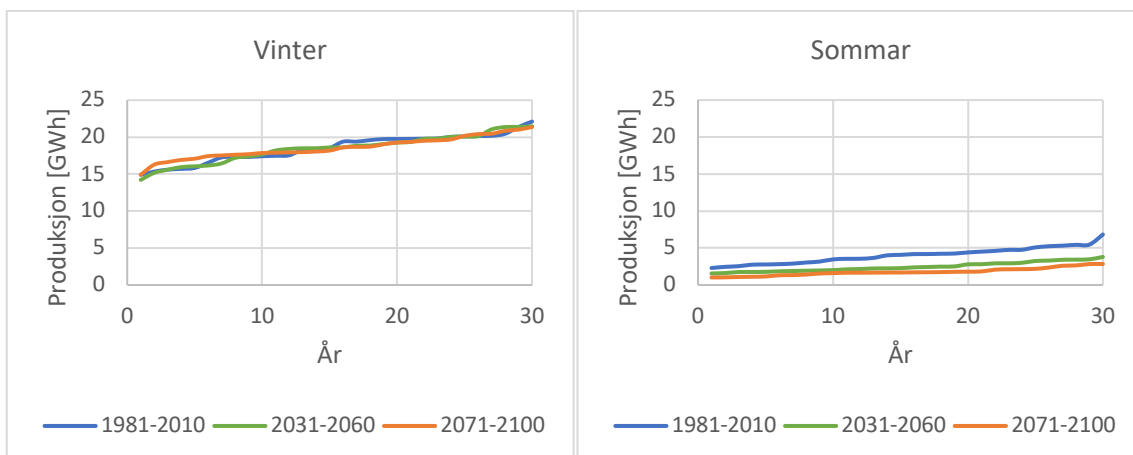
Dette delkapittelet tek for seg endringa i produksjon ved Ytre Alsåker kraftverk – først for klimascenario RCP4.5, så for RCP8.5. Produksjonen for dei tre periodane er vist i tabell med årleg produksjon samt vinter- og sommarproduksjon, i eit plot med månadleg produksjon og i varigheitskurver for vinter- og sommarproduksjonen.

Tabell 41: Produksjon i GWh ved Ytre Alsåker kraftverk årleg og for vinter og sommar. Tabellen viser resultat for alle tre periodane ved klimascenario RCP4.5

	1981-2010	2031-2060	2071-2100
År	22.48 GWh	20.89 GWh	20.31 GWh
Vinter	17.69 GWh	17.89 GWh	18.11 GWh
Sommar	4.84 GWh	3.03 GWh	2.23 GWh



Figur 60: Gjennomsnittleg månadleg produksjon ved Ytre Alsåker i dei tre periodane. Produksjonen er vist i GWh. Klimascenarioet er RCP4.5

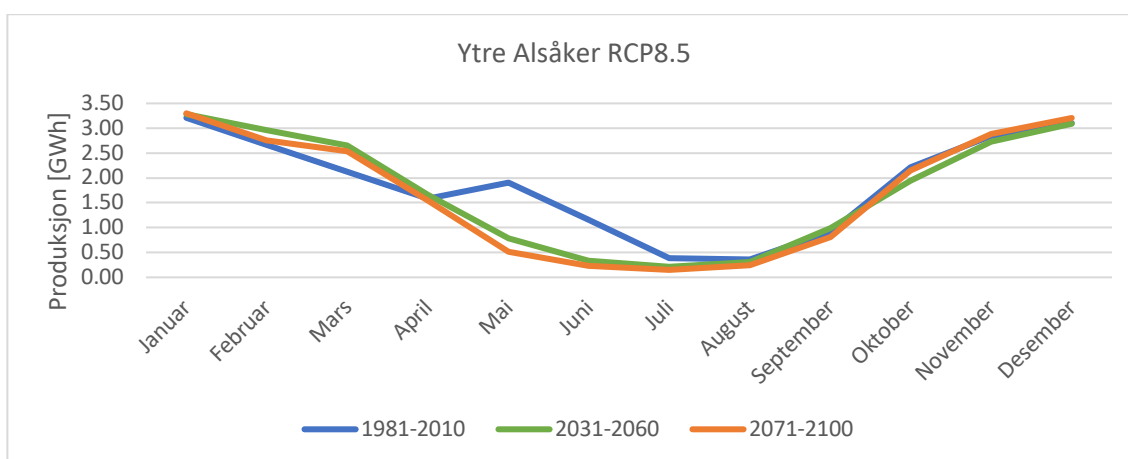


Figur 61: Varigheitskurve for vinter- og sommarproduksjon ved Ytre Alsåker i dei tre periodane. Produksjonen er vist i GWh og varigheita i år. Klimascenarioet er RCP4.5

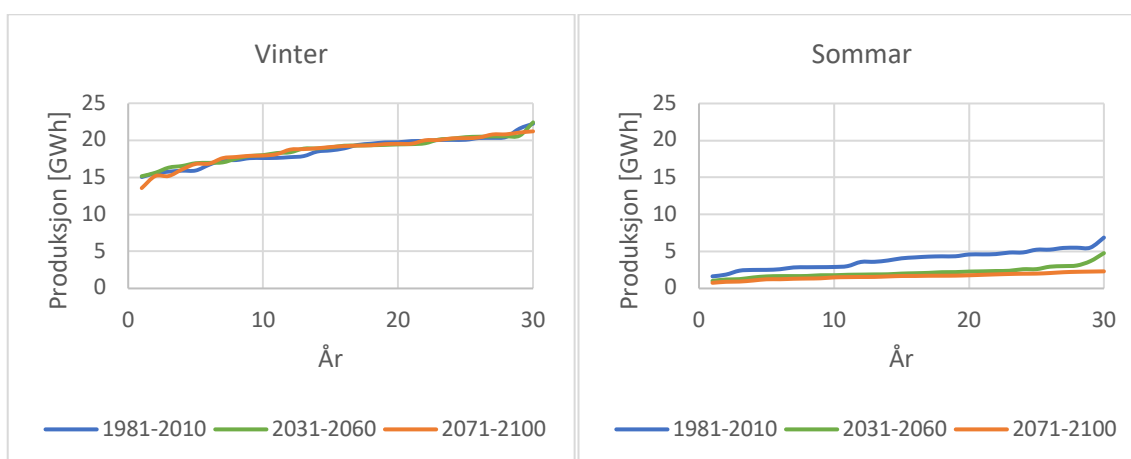
Tabellen og figurane over viser at det vil være noko nedgang i den årlege produksjonen ved Ytre Alsåker kraftverket grunna nedgangen i sommarproduksjonen ved klimascenario RCP4.5. Produksjonen om sommaren vert mindre og mindre for kvar periode, og i perioden 2071-2100 vil sommarproduksjonen være meir enn halvert relativt til referanseperioden. Det er òg ein liten auke i produksjon på vinteren. Resultata for RCP8.5 er vist under.

Tabell 42: Produksjon i GWh ved Ytre Alsåker kraftverk årleg og for vinter og sommar. Tabellen viser resultat for alle tre periodane ved klimascenario RCP8.5

	1981-2010	2031-2060	2071-2100
År	22.51 GWh	20.95 GWh	20.33 GWh
Vinter	17.84 GWh	18.39 GWh	18.45 GWh
Sommar	2.71 GWh	2.57 GWh	1.88 GWh



Figur 62: Gjennomsnittleg månadleg produksjon ved Ytre Alsåker i dei tre periodane. Produksjonen er vist i GWh. Klimascenarioet er RCP8.5



Figur 63: Varigheitskurve for vinter- og sommarproduksjon ved Ytre Alsåker i dei tre periodane. Produksjonen er vist i GWh og varigheita i år. Klimascenarioet er RCP8.5

Tabellen og figurane over viser ein liten nedgang i produksjonen ved Ytre Alsåker kraftverk ved klimascenario RCP8.5. Som ved klimascenario RCP4.5 er det ein nedgang i produksjonen om sommaren og oppgang om sommaren. Ved dette klimascenarioet er nedgangen om sommaren mindre, og auken noko større.

### 4.7.3 Utjamning

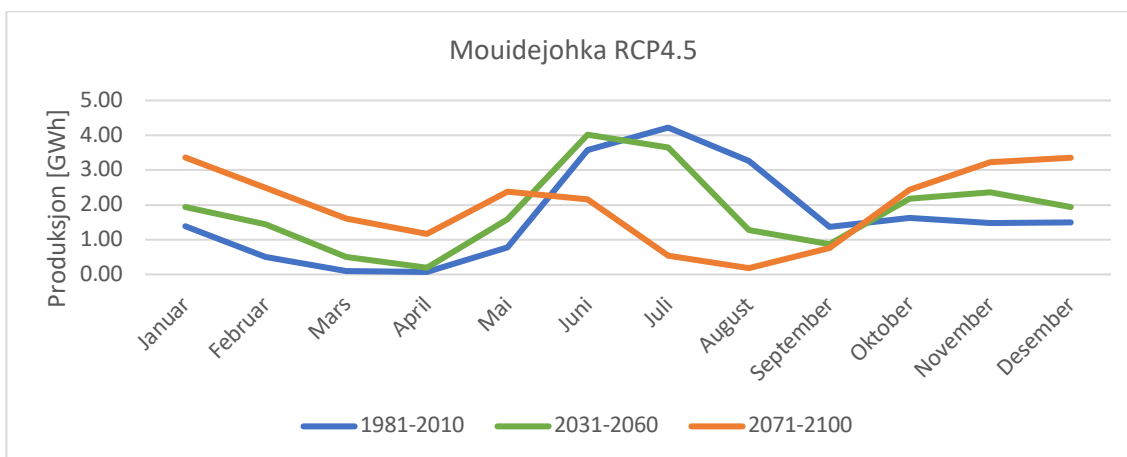
Når ein ser på endringa i produksjon er resultatene for kategorien «Utjamning» relativt lik resultatene i kategorien «Forskyving av vår- og sommaravrenninga». Det er i hovudsak ei auke i den årlege produksjonen frå referanseperioden til begge framtidsperiodane, auke skjer på vinteren, og det ein nedgang i produksjon på sommaren. Ved dei fleste kraftverka er både auke i produksjon om vinteren og gjennom året, og nedgangen i produksjon om sommaren størst ved klimascenario RCP8.5.

#### 4.7.3.1 Mouidejohka

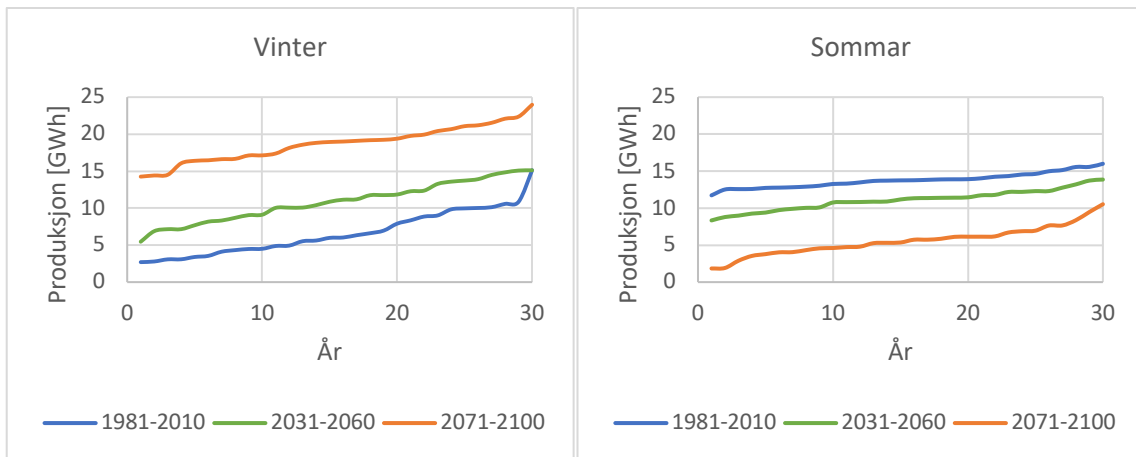
Dette delkapittelet tek for seg endringa i produksjon ved Mouidejohka kraftverk – først for klimascenario RCP4.5, så for RCP8.5. Produksjonen for dei tre periodane er vist i tabell med årleg produksjon samt vinter- og sommarproduksjon, i eit plot med månadleg produksjon og i varigheitskurver for vinter- og sommarproduksjonen.

Tabell 43: Produksjon i GWh ved Mouidejohka kraftverk årleg og for vinter og sommar. Tabellen viser resultat for alle tre periodane ved klimascenario RCP4.5

	1981-2010	2031-2060	2071-2100
År	19.88 GWh	21.95 GWh	23.62 GWh
Vinter	8.87 GWh	13.98 GWh	21.41 GWh
Sommar	10.94 GWh	7.92 GWh	2.33 GWh



Figur 64: Gjennomsnittleg månadleg produksjon ved Mouidejohka i dei tre periodane. Produksjonen er vist i GWh. Klimascenariot er RCP4.5

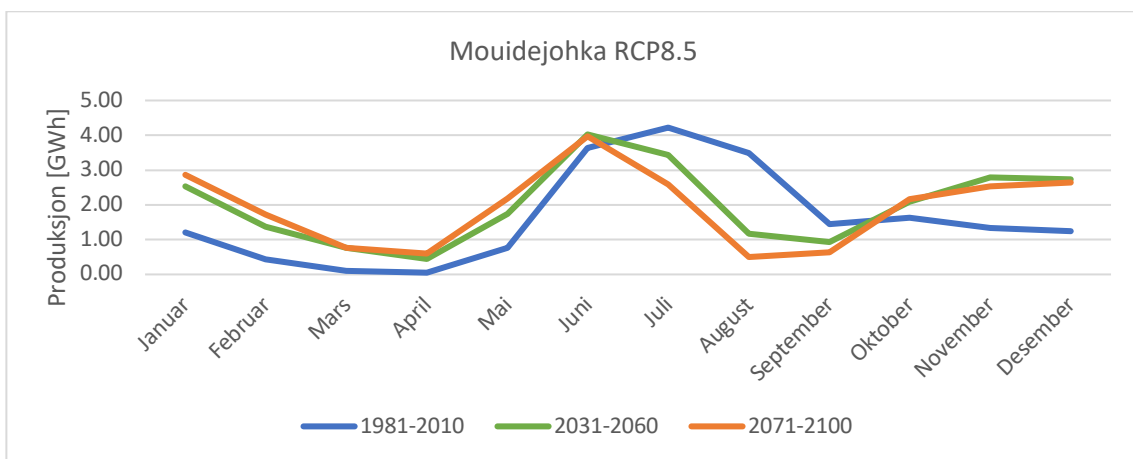


Figur 65: Varigheitskurve for vinter- og sommarproduksjon ved Mouidejohka i dei tre periodane. Produksjonen er vist i GWh og varigheita i år. Klimascenariet er RCP4.5

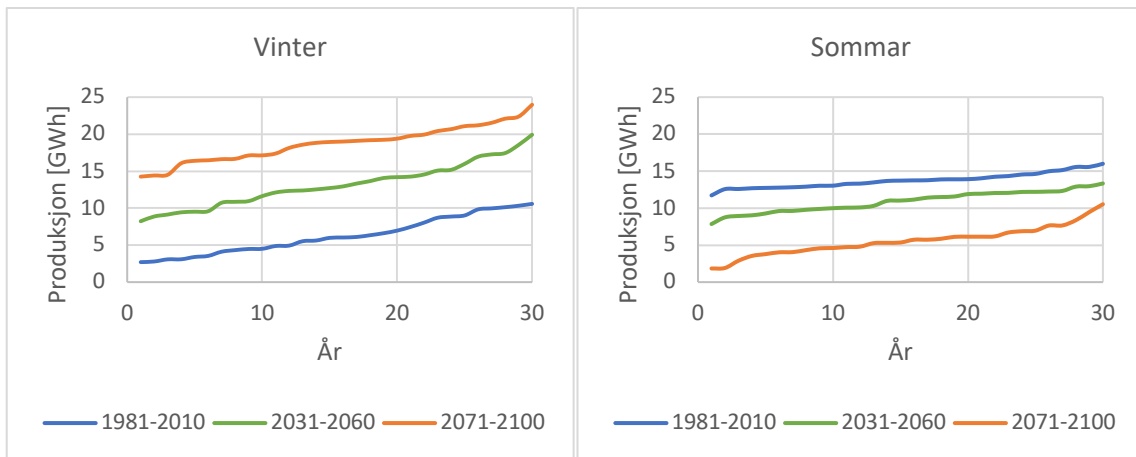
Tabellen og figurane over viser at det vil være ei auke i produksjon ved Mouidejohka kraftverk ved klimascenario RCP4.5. Det vil være eit kraftig auke i produksjonen på vinteren og nedgang på sommaren. I referanseperioden er det mest produksjon på sommaren, men dette vil snu allereie til den nære framtidsperioden, og endringa vil fortsette vidare til den fjerne perioden. Resultata for RCP8.5 er vist under.

Tabell 44: Produksjon i GWh ved Mouidejohka kraftverk årleg og for vinter og sommar. Tabellen viser resultat for alle tre periodane ved klimascenario RCP8.5

	1981-2010	2031-2060	2071-2100
År	19.58 GWh	24.04 GWh	23.15 GWh
Vinter	8.24 GWh	16.35 GWh	17.34 GWh
Sommar	11.24 GWh	7.65 GWh	5.79 GWh



Figur 66: Gjennomsnittleg månadleg produksjon ved Mouidejohka i dei tre periodane. Produksjonen er vist i GWh. Klimascenariet er RCP8.5



Figur 67: Varigheitskurve for vinter- og sommarproduksjon ved Mouidejohka i dei tre periodane. Produksjonen er vist i GWh og varigheita i år. Klimascenarioet er RCP8.5

Tabellen og figurane over viser at som ved klimascenario RCP4.5, vil det òg ved RCP8.5 være ein stor auke i vinterproduksjonen og ein nedgang i produksjonen om sommaren ved Mouidejohka kraftverk. Ved dette klimascenarioet vil auken om vinteren og nedgangen om sommaren være noko mindre enn ved RCP4.5. Dette resulterer i ei relativ lik endring i den totale produksjonen fram til den fjerne framtidsperioden for begge scenarioa, men til den nære perioden vil endringa være større for RCP8.5.

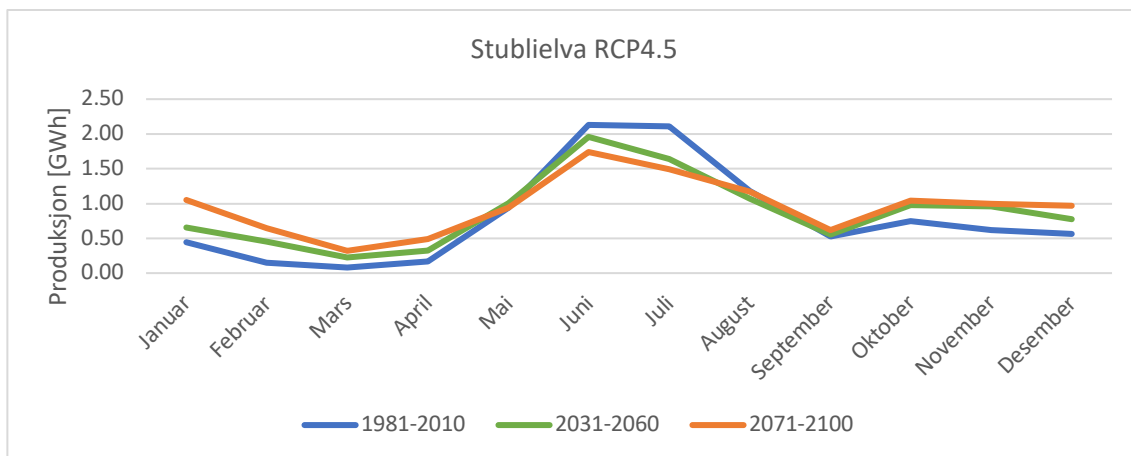
#### 4.7.3.2 Stublielva

Dette delkapittelet tek for seg endringa i produksjon ved Stublielva kraftverk – først for klimascenario RCP4.5, så for RCP8.5. Produksjonen for dei tre periodane er vist i tabell med årleg produksjon samt vinter- og sommarproduksjon, i eit plot med månadleg produksjon og i varigheitskurver for vinter- og sommarproduksjonen.

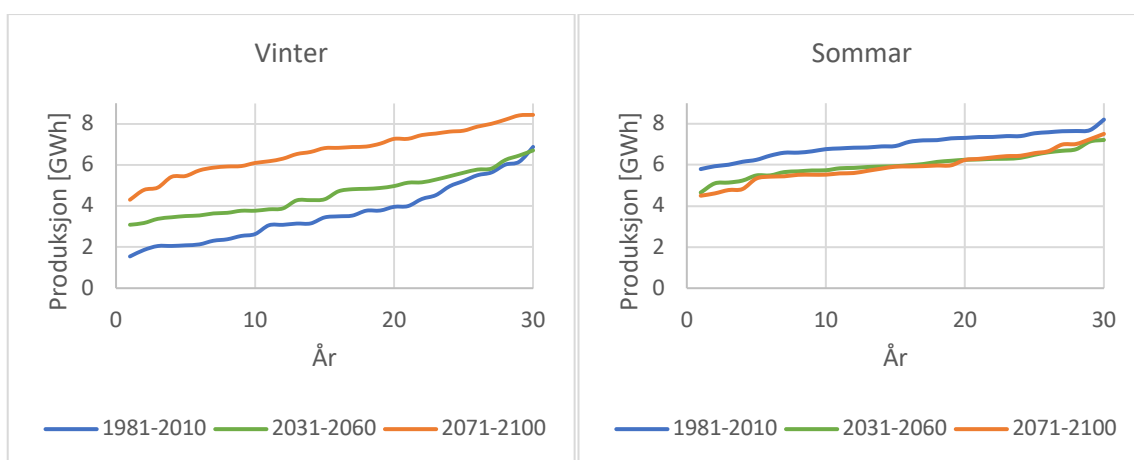
Tabell 45: Produksjon i GWh ved Stublielva kraftverk årleg og for vinter og sommar. Tabellen viser resultat for alle tre periodane ved klimascenario RCP4.5

	1981-2010	2031-2060	2071-2100
År	9.66 GWh	10.58 GWh	11.48 GWh
Vinter	2.78 GWh	4.37 GWh	5.53 GWh
Sommar	6.83 GWh	6.17 GWh	5.91 GWh





Figur 68: Gjennomsnittleg månedleg produksjon ved Stublielva i dei tre periodane. Produksjonen er vist i GWh. Klimascenariet er RCP4.5

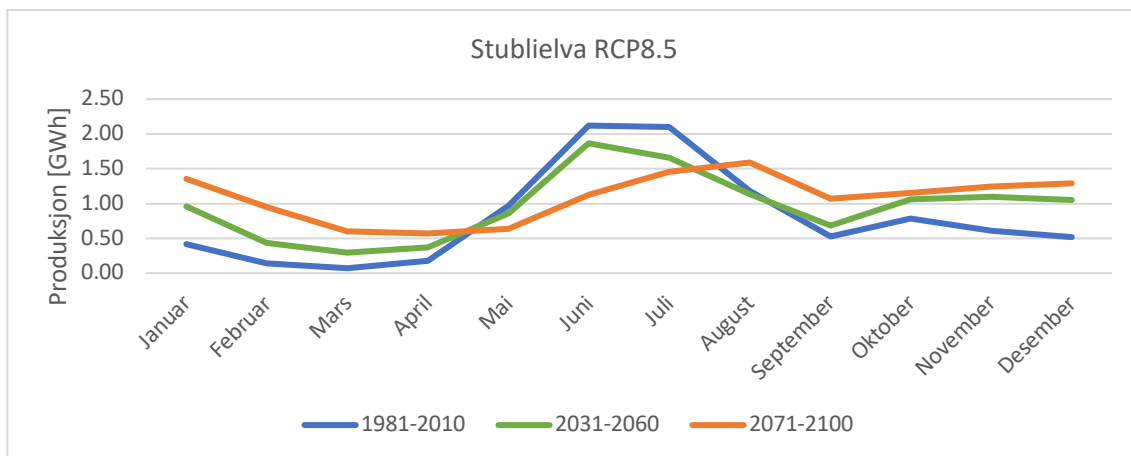


Figur 69: Varigheitskurve for vinter- og sommarproduksjon ved Stublielva i dei tre periodane. Produksjonen er vist i GWh og varigheita i år. Klimascenariet er RCP4.5

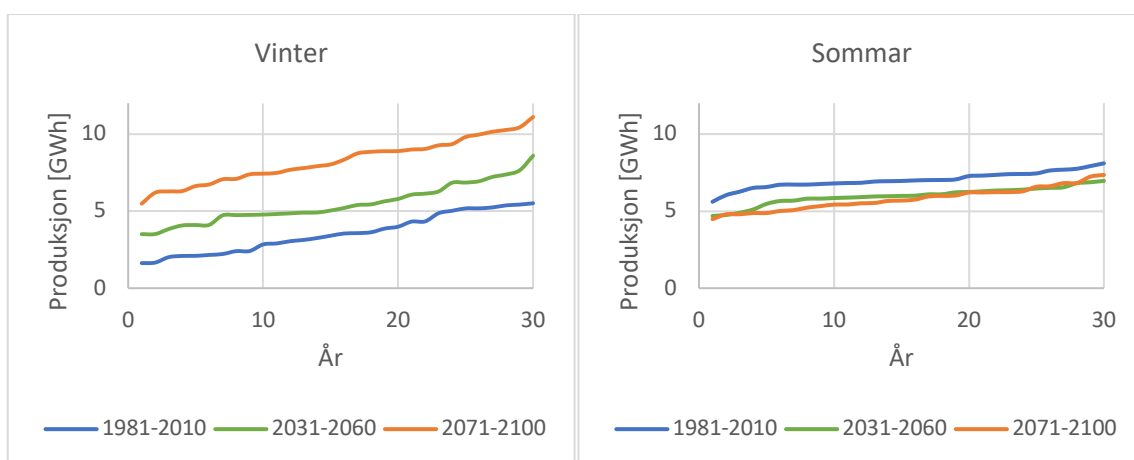
Tabellen og figurane over viser at det vil være ein auke i den totale produksjonen ved Stublielva kraftverk ved klimascenario RCP4.5. Det vil være ein auke i vinterproduksjonen og ein nedgang om sommaren, men auken på vinteren er større enn nedgangen om sommaren, noko som resulterer i ein auke i den årlege produksjonen ved kraftverket. Resultata for RCP8.5 er vist under.

Tabell 46: Produksjon i GWh ved Stublielva kraftverk årleg og for vinter og sommar. Tabellen viser resultat for alle tre periodane ved klimascenario RCP8.5

	1981-2010	2031-2060	2071-2100
År	9.62 GWh	11.46 GWh	13.03 GWh
Vinter	2.73 GWh	5.28 GWh	7.17 GWh
Sommar	6.86 GWh	6.15 GWh	5.84 GWh



Figur 70: Gjennomsnittleg månedleg produksjon ved Stublielva i dei tre periodane. Produksjonen er vist i GWh. Klimascenariet er RCP8.5



Figur 71: Varigheitskurve for vinter- og sommarproduksjon ved Stublielva i dei tre periodane. Produksjonen er vist i GWh og varigheita i år. Klimascenariet er RCP8.5

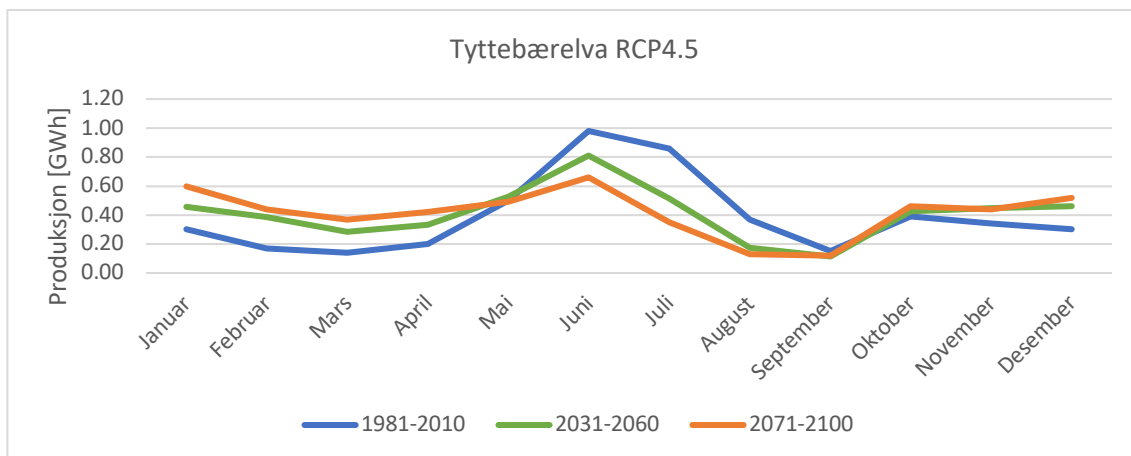
Tabellen og figurane over viser at endringsmønsteret i produksjonen ved Stublielva vil være det same for RCP8.5 som RCP4.5, men med større endringar. Auken i produksjonen er mykje større ved dette klimascenariet til begge periodane, og nedgangen i sommarproduksjon er òg noko større. Dette resulterer i ein større auke i den årlege produksjonen.

#### 4.7.3.3 Tyttebærelva

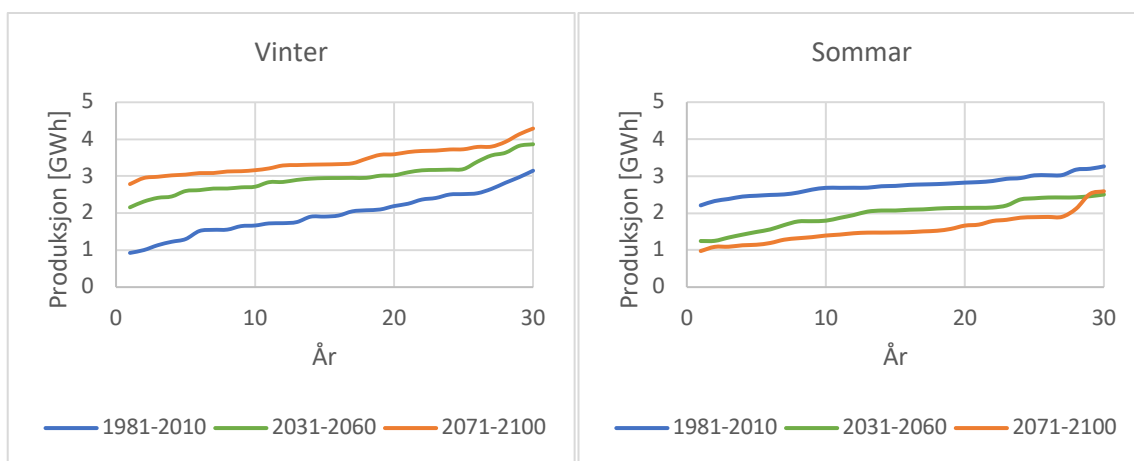
Dette delkapittelet tek for seg endringa i produksjon ved Tyttebærelva kraftverk – først for klimascenario RCP4.5, så for RCP8.5. Produksjonen for dei tre periodane er vist i tabell med årleg produksjon samt vinter- og sommarproduksjon, i eit plot med månedleg produksjon og i varigheitskurver for vinter- og sommarproduksjonen.

Tabell 47: Produksjon i GWh ved Tyttebærelva kraftverk årleg og for vinter og sommar. Tabellen viser resultat for alle tre periodane ved klimascenario RCP4.5

	1981-2010	2031-2060	2071-2100
År	4.70 GWh	4.94 GWh	5.00 GWh
Vinter	1.85 GWh	2.81 GWh	3.26 GWh
Sommar	2.84 GWh	2.12 GWh	1.73 GWh



Figur 72: Gjennomsnittleg månedleg produksjon ved Tyttebærelva i dei tre periodane. Produksjonen er vist i GWh. Klimascenariet er RCP4.5

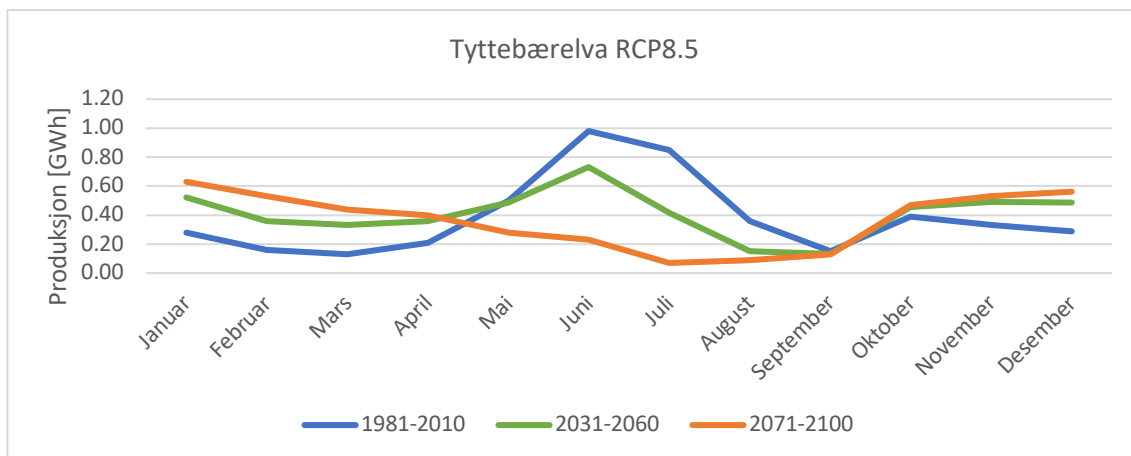


Figur 73: Varigheitskurve for vinter- og sommarproduksjon ved Tyttebærelva i dei tre periodane. Produksjonen er vist i GWh og varigheita i år. Klimascenariet er RCP4.5

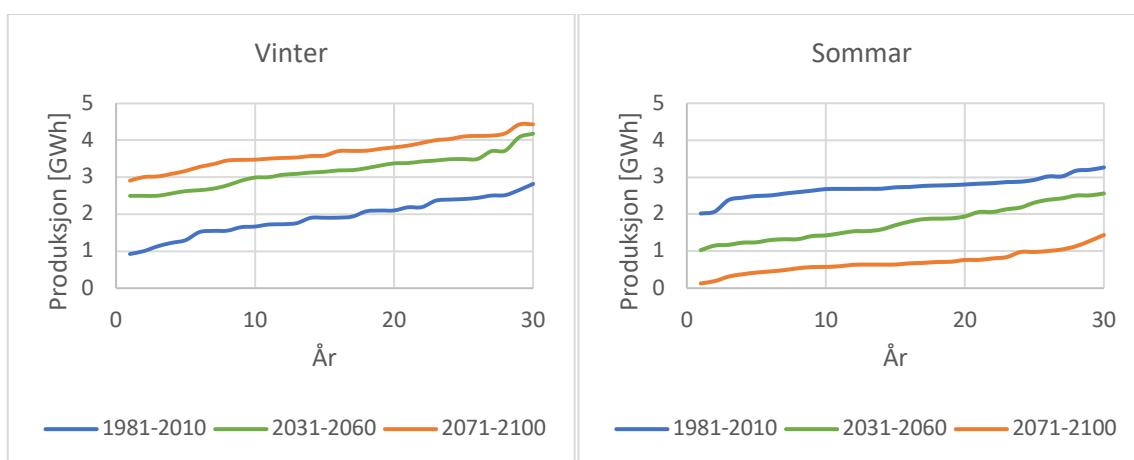
Tabellen og figurane over viser ein auke i produksjonen om vinteren og ein nedgang i produksjonen ved Tyttebærelva kraftverk ved klimascenariet RCP4.5. Då auken er større om vinteren enn nedgangen er om sommaren resulterer dette ein auke i den årlege produksjonen fram til begge framtidsperiodane. Resultata for RCP8.5 er vist under.

Tabell 48: Produksjon i GWh ved Tyttebærelva kraftverk årleg og for vinter og sommar. Tabellen viser resultat for alle tre periodane ved klimascenariet RCP8.5

	1981-2010	2031-2060	2071-2100
År	4.63 GWh	4.93 GWh	4.36 GWh
Vinter	1.79 GWh	3.02 GWh	3.56 GWh
Sommar	2.82 GWh	1.91 GWh	0.80 GWh



Figur 74: Gjennomsnittleg månedleg produksjon ved Tyttebærelva i dei tre periodane. Produksjonen er vist i GWh. Klimascenariet er RCP8.5



Figur 75: Varigheitskurve for vinter- og sommarproduksjon ved Tyttebærelva i dei tre periodane. Produksjonen er vist i GWh og varigheita i år. Klimascenariet er RCP8.5

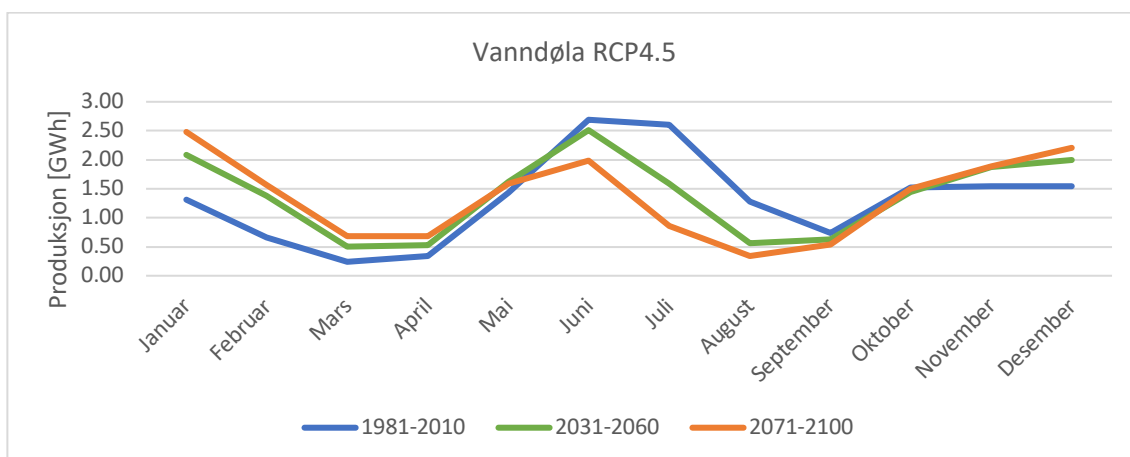
Tabellen og figurane viser ein auke i den årlege produksjonen ved Tyttebærelva fram til den nære framtidsperioden, men ein nedgang til den fjerne perioden ved klimascenario RCP8.5. Som ved RCP4.5 er det ein auke i vinterproduksjonen og ein nedgang i sommarproduksjonen fram til begge framtidsperiodane. Men frå den nære til den fjerne perioden er nedgangen om sommaren så stor og auken om vinteren så liten at det resulterer i ein nedgang i den årlege produksjonen.

#### 4.7.3.4 Vanndøla

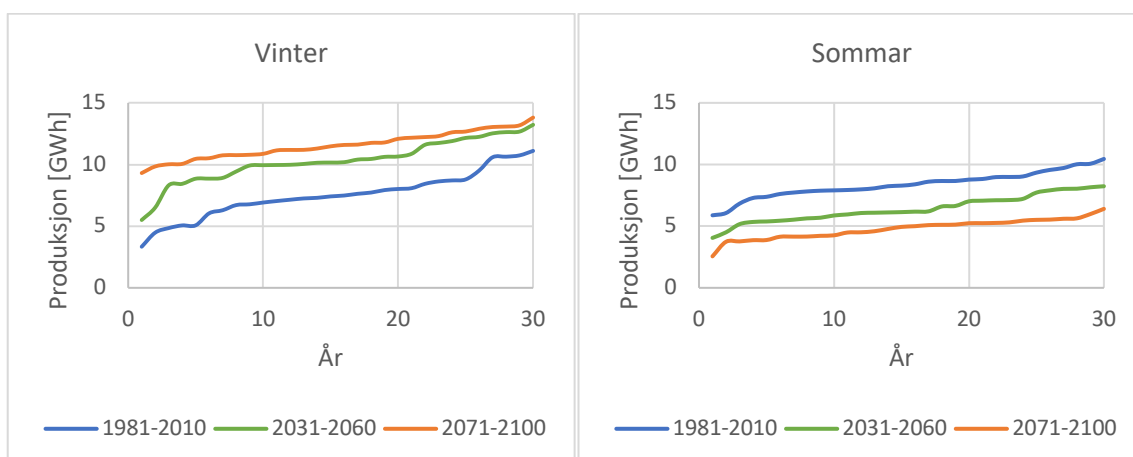
Dette delkapittelet tek for seg endringa i produksjon ved Vanndøla kraftverk – først for klimascenario RCP4.5, så for RCP8.5. Produksjonen for dei tre periodane er vist i tabell med årleg produksjon samt vinter- og sommarproduksjon, i eit plot med månedleg produksjon og i varigheitskurver for vinter- og sommarproduksjonen.

Tabell 49: Produksjon i GWh ved Vanndøla kraftverk årleg og for vinter og sommar. Tabellen viser resultat for alle tre periodane ved klimascenario RCP4.5

	1981-2010	2031-2060	2071-2100
År	15.89 GWh	16.70 GWh	16.32 GWh
Vinter	7.17 GWh	9.84 GWh	11.06 GWh
Sommar	8.68 GWh	6.85 GWh	5.06 GWh



Figur 76: Gjennomsnittleg månadleg produksjon ved Vanndøla i dei tre periodane. Produksjonen er vist i GWh. Klimascenarioet er RCP4.5

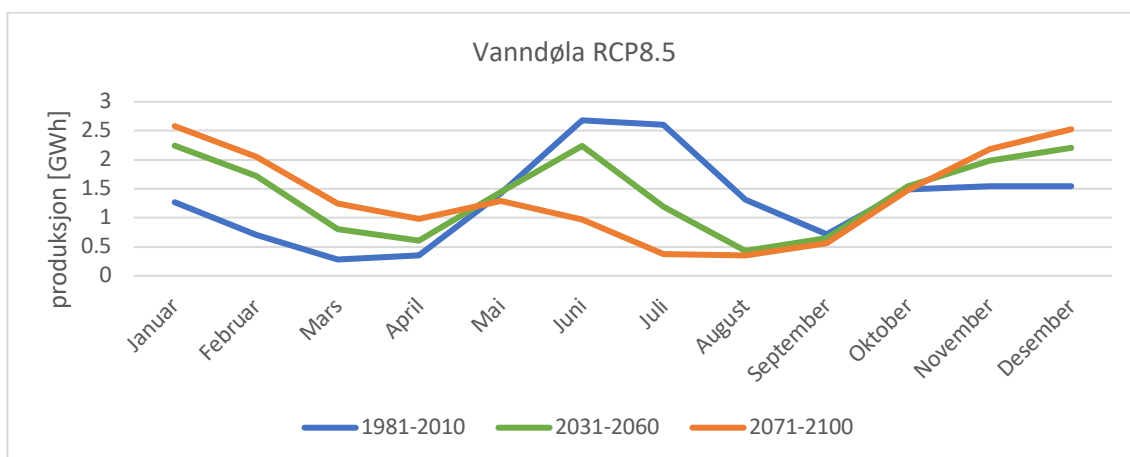


Figur 77: Varigheitskurve for vinter- og sommarproduksjon ved Vanndøla i dei tre periodane. Produksjonen er vist i GWh og varigheita i år. Klimascenarioet er RCP4.5

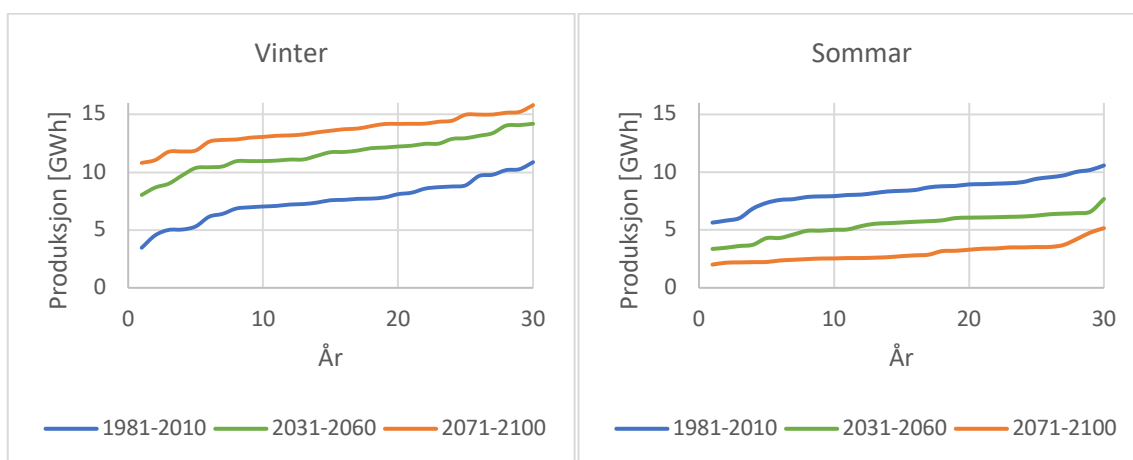
Tabellane og figuren over viser at det vil være ein auke i produksjonen om vinteren og ein nedgang i produksjonen om sommaren til begge framtidsperspektivane ved Vanndøla kraftverk ved klimascenario RCP4.5. Denne endringa resulterer i ein auke i årleg produksjon frå referanseperioden til den nære framtidsperspektivet, men at til den fjerne framtidsperspektivet har den årlege produksjonen gått noko ned att. Likevel er den årlege produksjonen i den fjerne framtidsperspektivet høgare enn i referanseperioden. Resultata for RCP8.5 er vist under.

Tabell 50: Produksjon i GWh ved Vanndøla kraftverk årleg og for vinter og sommar. Tabellen viser resultat for alle tre periodane ved klimascenario RCP8.5

	1981-2010	2031-2060	2071-2100
År	15.90 GWh	17.04 GWh	16.58 GWh
Vinter	7.20 GWh	11.14 GWh	13.06 GWh
Sommar	8.67 GWh	5.89 GWh	3.51 GWh



Figur 78: Gjennomsnittleg månadleg produksjon ved Vanndøla i dei tre periodane. Produksjonen er vist i GWh. Klimascenarioet er RCP8.5



Figur 79: Varigheitskurve for vinter- og sommarproduksjon ved Vanndøla i dei tre periodane. Produksjonen er vist i GWh og varigheita i år. Klimascenarioet er RCP8.5

Tabellen og figurane over viser at, som ved klimascenario RCP4.5, vil det være ein auke i den årlege produksjonen ved Vanndøla for så å være ein liten nedgang mellom dei to framtidspersjonane ved RCP8.5. Også ved dette klimascenarioet er den årlege produksjonen likevel høgare i den fjerne framtidspersjonen enn i referanseperioden. Mellom alle periodane er det ein auke i vinterproduksjonen og ein nedgang i sommarproduksjonen.

#### 4.8 Endring i flaumtap

I kapittel 4.6 kom det fram at endringa i middelvassføring ved kraftverka ikkje alltid gav ei eintydig endring i den årlege produksjonen. Fleire av kraftverka hadde ein nedgang i middelvassføring, men ein auke i årleg produksjon. Det er fleire faktorar som spelar inn her,

som ei endring til ei meir gunstig vassføring med tanke på anleggsverknadsgraden, men ikkje minst endringa i flaumtapet. I dette kapittelet tek eg for meg tapet av produksjon forårsaka av flaum. Eg ser altså på kor mykje produksjon det ville ha vore ved kraftverket dersom heile vassføringa hadde gått til produksjon, og ser på det faktiske flaumtapet som ein prosent av det. I tillegg til å bruke dataserien for vassføring plukka ut i kapittel 4.6, ser eg òg på dei andre dataseriane for å samanlikne produksjonen og flaumtapet. Tabell 51 viser flaumtapet for alle kraftverka i dei tre tidsperiodane og for begge klimascenarioa. Flaumtapet i tabellen er berekna frå dataseriane plukka ut i kapittel 4.4.

Tabell 51: Flaumtap ved alle kraftverka i alle tidsperiodane og begge klimascenarioa. Alle verdiane er gjevne i prosent, og er fargemerka frå grønt til raudt, der grønt er dei lågaste verdiane, og raudt dei høgaste..

Kraftverk	Flaumtap (%)					
	RCP4.5			RCP8.5		
	1981-2010	2031-2060	2071-2100	1981-2010	2031-2060	2071-2100
Kaldsåni	8.5	14.7	8.3	12.5	12.7	7.5
Mouidejohka	32.2	18.8	13.9	32.4	18.9	14.9
Stublielva	11.2	2.5	1.4	11.6	2.7	2.8
Tysseelva	4.4	4.1	4.1	4.6	5.4	8.4
Tyttebærelva	3.3	0.4	0.2	3.3	0.2	0.4
Valåe	17.1	13.2	11.1	5.39	13.8	6.1
Vanndøla	10.8	4.5	5.7	10.8	5.7	11.0
Ytre Alsåker	14.5	15.3	14.9	13.8	17.9	20.0

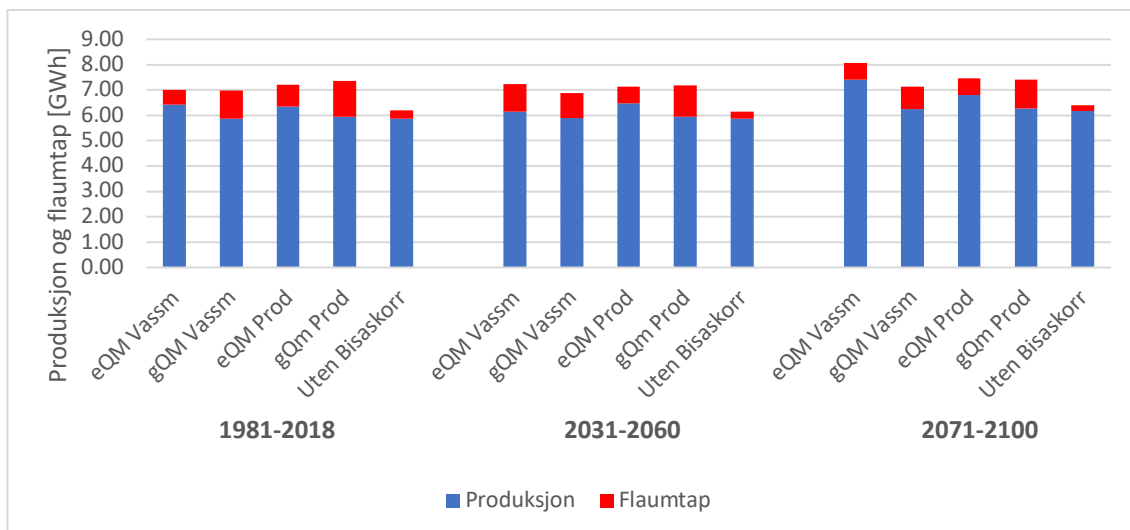
Tabellen viser at det er ei nedgang i flaumtap i dei fleste tilfella. Berre Ytre Alsåker viser ei auke i flaumtap frå referanseperioden til begge framtidsperiodane ved begge klimascenarioa. Dei resterande kraftverka har enten berre nedgang i flaumtap, eller både auki og nedgang i ulike scenario, men i hovudsak ei det ein nedgang i flaumtap ved desse kraftverka. Flaumtapet ved dei enkelte kraftverka er undersøkt vidare i individuelle delkapittel delt opp etter dei tre kategoriane.

#### 4.8.1 Forskyving av vår- og sommaravrenninga

Tabell 51 viser ikkje eit eintydig resultat for endringa i flaumtap for kraftverka i kategorien «Forskyving av vår- og sommaravrenninga», Kaldsåni og Valåe. Det er både ein auke og nedgang i flaumtapet i dei ulike kategoriane. Endringa ved begge kraftverka er undersøkt vidare i delkapitla under.

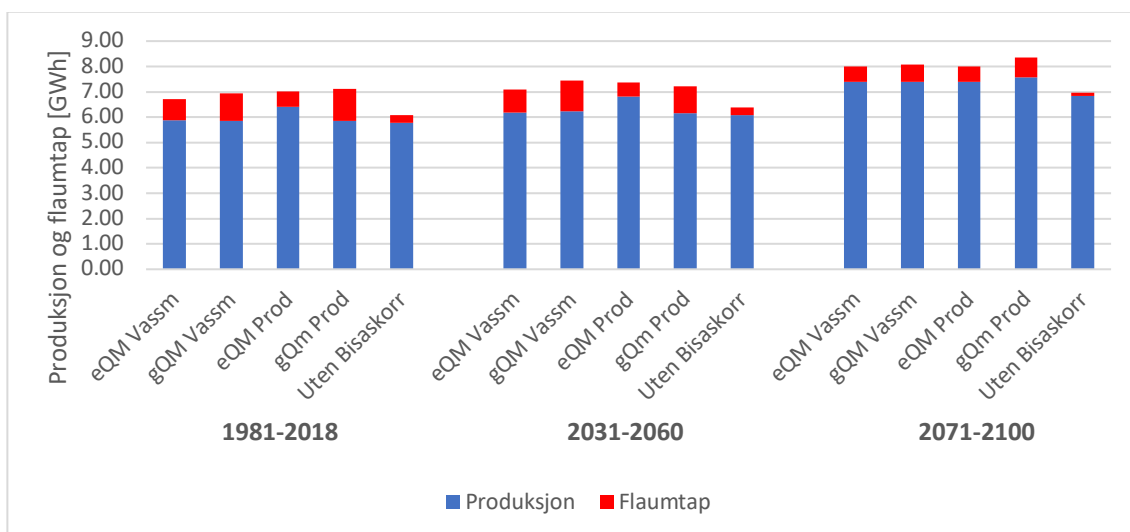
##### 4.8.1.1 Kaldsåni

Figur 80 viser den årlege produksjonen og flaumtapet ved Kaldsåni kraftverk i GWh for klimascenario RCP4.5. Dataserien som vart plukka ut til å jobbe vidare med i kapittel 4.4 var eQM med observert data frå vassmerket vist til venstre i plottet. Figuren viser at grunna den aukande vassføringa ville produksjonen ha auka til begge periodane, men i perioden 2031-2061 er det ein nedgang i produksjon då flaumtapet har auka. Fram til den fjerde framtidsperioden vil flaumtapet minke, og produksjonen aukar.



Figur 80: Søylediagram med årleg produksjon og flaumtap ved Kaldsåni kraftverk ved klimascenario RCP4.5 og dei tre periodane. Produksjonen og flaumtapet er vist i GWh

Figur 81 viser den årlege produksjonen og flaumtapet ved Kaldsåni kraftverk i GWh for klimascenario RCP8.5. I figuren kjem det fram at sjølv om flaumtapet aukar noko fram til den første framtidsperioden, vert dette vege opp for med den auka vassføringa, og produksjonen vil likevel auke fram til begge periodane ved dette klimascenarioet.

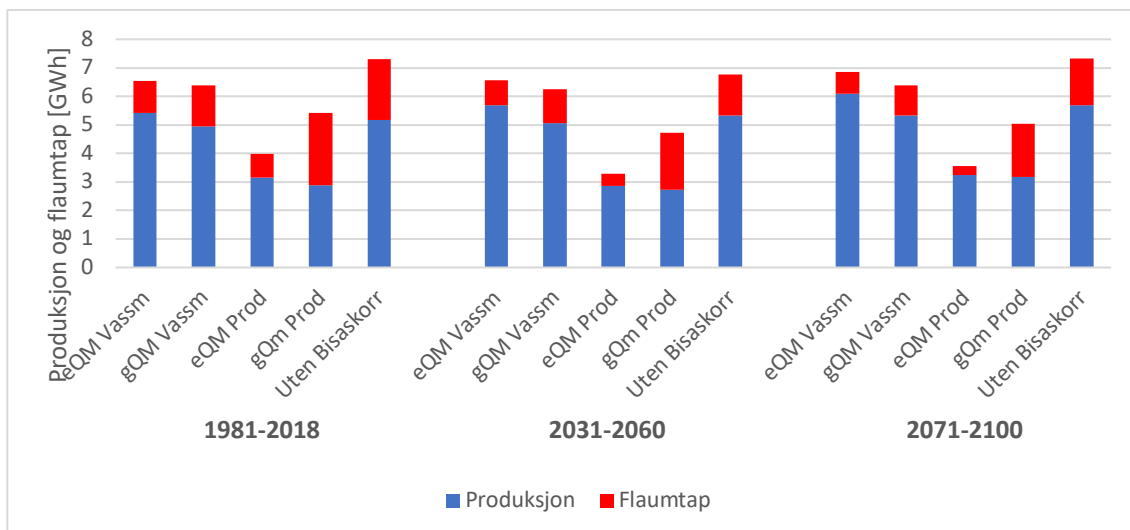


Figur 81: Søylediagram med årleg produksjon og flaumtap ved Kaldsåni kraftverk ved klimascenario RCP8.5 og dei tre periodane. Produksjonen og flaumtapet er vist i GWh

#### 4.8.1.2 Valåe

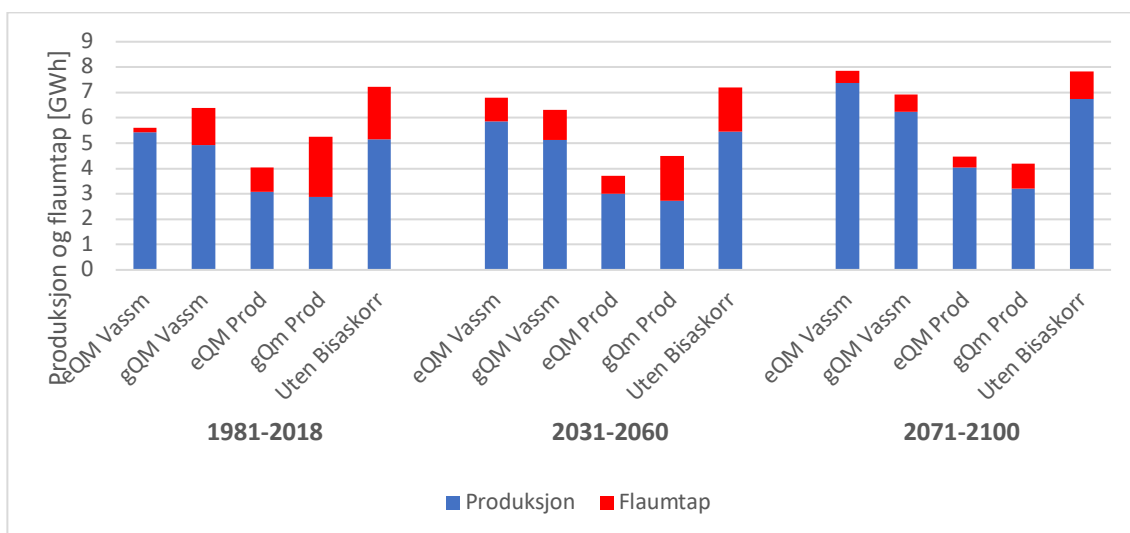
Figur 82 viser den årlege produksjonen og flaumtapet ved Valåe kraftverk i GWh for klimascenario RCP4.5. Dataserien som vart plukka ut til å jobbe vidare med i kapittel 4.4 var eQM med observert data frå vassmerket vist til venstre i plottet. Her kjem det fram at sjølv om det er ein nedgang i vassføring fram til den nære framtidsperioden vil produksjonen auke likevel sidan flaumtapet minkar. Til den fjerne framtidsperioden vil det være ei aukeing i vassføring og produksjon og ein nedgang i flaumtap.





Figur 82: Søylediagram med årleg produksjon og flaumtap ved Valåe kraftverk ved klimascenario RCP4.5 og dei tre periodane. Produksjonen og flaumtapet er vist i GWh

Figur 83 viser at for klimascenario RCP8.5 er det ei auke i både vassføring og produksjon, og flaumtapsprosenten går ned. Flaumtapet i GWh i den nære framtidsperioden er noko høgare enn i referanseperioden, men har like vel ei relativ nedgang i forhold til produksjon.



Figur 83: Søylediagram med årleg produksjon og flaumtap ved Valåe kraftverk ved klimascenario RCP8.5 og dei tre periodane. Produksjonen og flaumtapet er vist i GWh

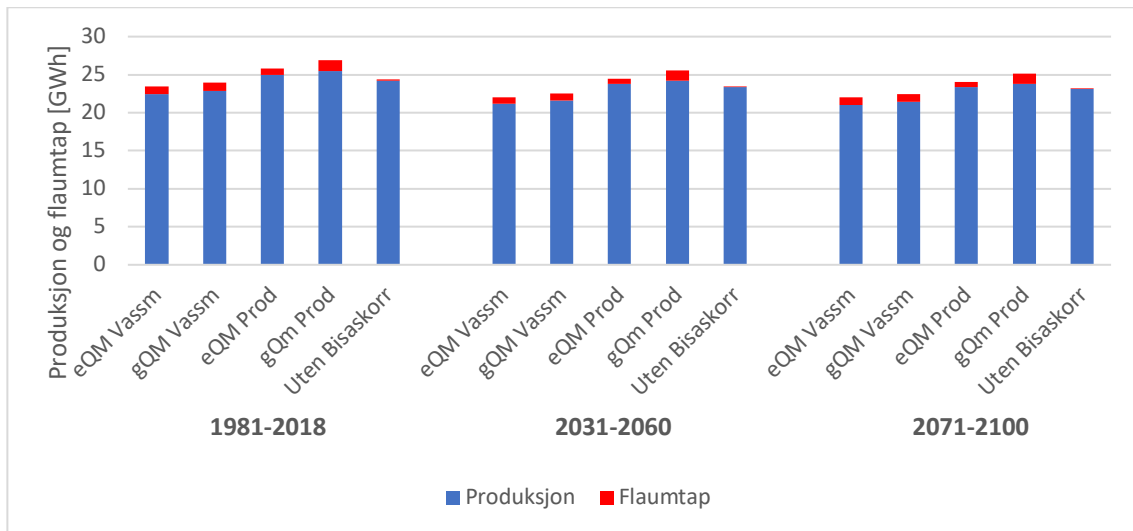
#### 4.8.2 U-kurva

Tabell 51 viser at endringa i flaumtapet ved kraftverka i kategorien «U-kurva», Tysseelva og Ytre Alsåker, er relativt jamt i alle tre periodane ved klimascenario RCP4.5, men noko aukande ved RCP8.5. Endringa i flaumtap for dei to kraftverka er vidare undersøkt i delkapitla under.

##### 4.8.2.1 Tysseelva

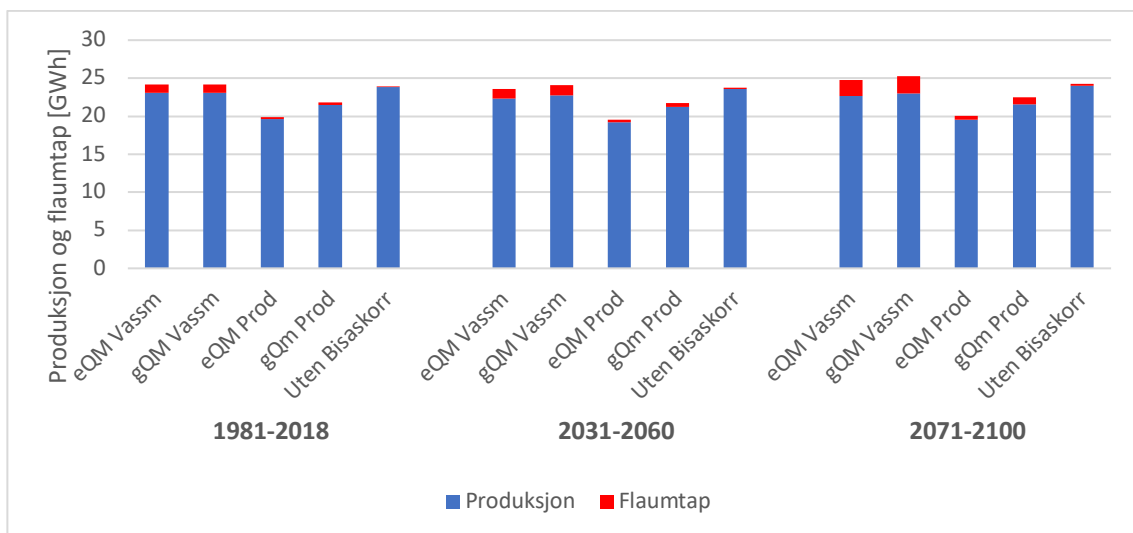
Figur 84 viser den årlege produksjonen og flaumtapet ved Tysseelva kraftverk i GWh for klimascenario RCP4.5. Dataserien som vart plukka ut til å jobbe vidare med i kapittel 4.4 var eQM med observert data frå vassmerket vist til venstre i plottet. Frå figuren kjem det fram

at ved dette klimascenariet vil årleg vassføring, produksjon og flaumtap være relativt uforandra frå no og fram mot år 2100. Sjølv om det er ein liten nedgang i flaumtap, vil det òg være ein nedgang i vassføring som fører til noko nedgang i produksjon.



Figur 84: Søylediagram med årleg produksjon og flaumtap ved Tysseelva kraftverk ved klimascenario RCP4.5 og dei tre periodane. Produksjonen og flaumtapet er vist i GWh

Figur 85 viser endringa i produksjon og flaumtap ved Tysseelva ved klimascenario RCP8.5. Også her er endringane svært små fram mot år 2100, og endringa i vassføring fram til den nære framtidsperioden er tilnærma null. Dette gjer at ein lite auke i flaumtap fører til ein nedgang i produksjon. Fram til den fjerne framtidsperioden aukar både vassføring og flaumtap, som gjer at det vert noko nedgang i den årlege produksjonen.

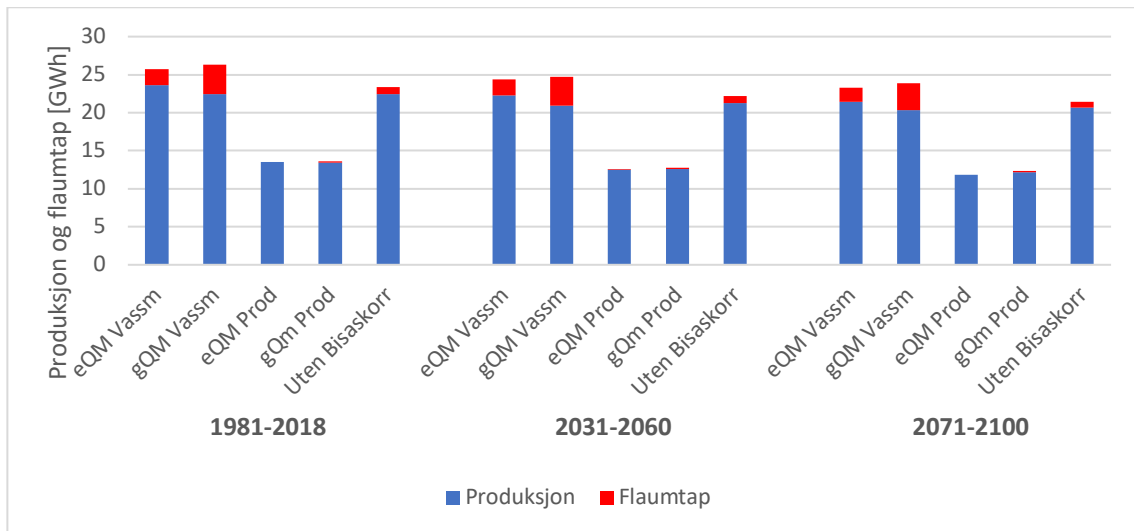


Figur 85: Søylediagram med årleg produksjon og flaumtap ved Tysseelva kraftverk ved klimascenario RCP8.5 og dei tre periodane. Produksjonen og flaumtapet er vist i GWh

#### 4.8.2.2 Ytre Alsåker

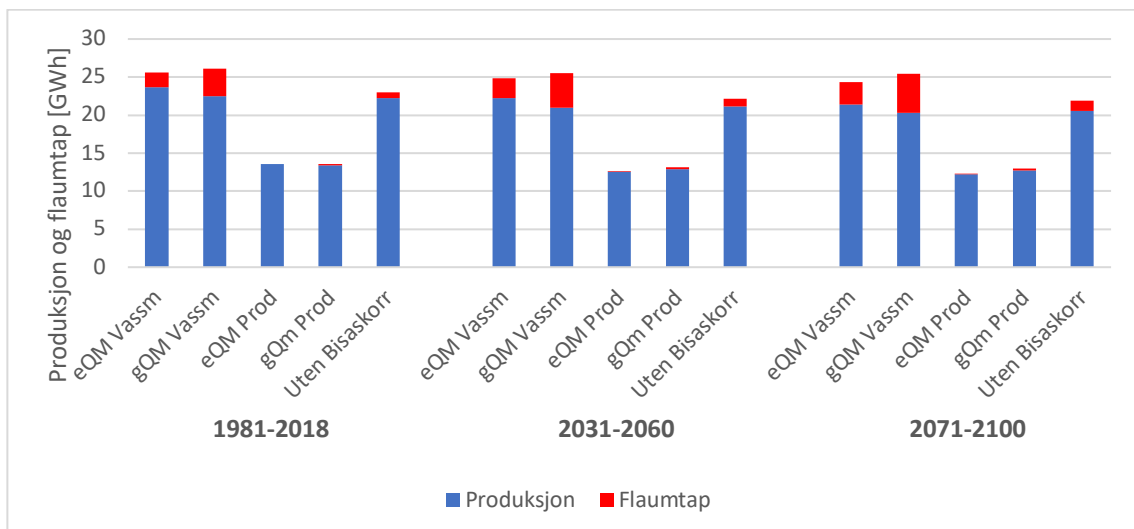
Endringa i vassføring, produksjon og flaumtap ved Ytre Alsåker er, som ved Tysseelva, svært liten. Figur 86 viser endringa i produksjon ved Ytre Alsåker ved klimascenario 4.5. Dataserien som er plukka ut til vidare undersøking er den med vassmerket som observert data og gQM som biaskorrigeringsmetode. I denne serien er det vist noko nedgang i vassføring framtil den

nære framtidsperioden, og ei vassføring i den fjerne perioden svært lik som i referanseperioden. Likevel er det ein nedgang i produksjonen, som kan skuldast aukinga i flaumtap.



Figur 86: Søylediagram med årleg produksjon og flaumtap ved Ytre Alsåker kraftverk ved klimascenario RCP4.5 og dei tre periodane. Produksjonen og flaumtapet er vist i GWh

Figur 87 viser endringa i flaumtap ved Ytre Alsåker ved klimascenario RCP8.5. Her kjem det fram at flaumtapet vert større og større for kvar periode. Dette er årsaka til at sjølv om vassføringa aukar fram til den fjerne framtidsperioden går produksjonen noko ned.



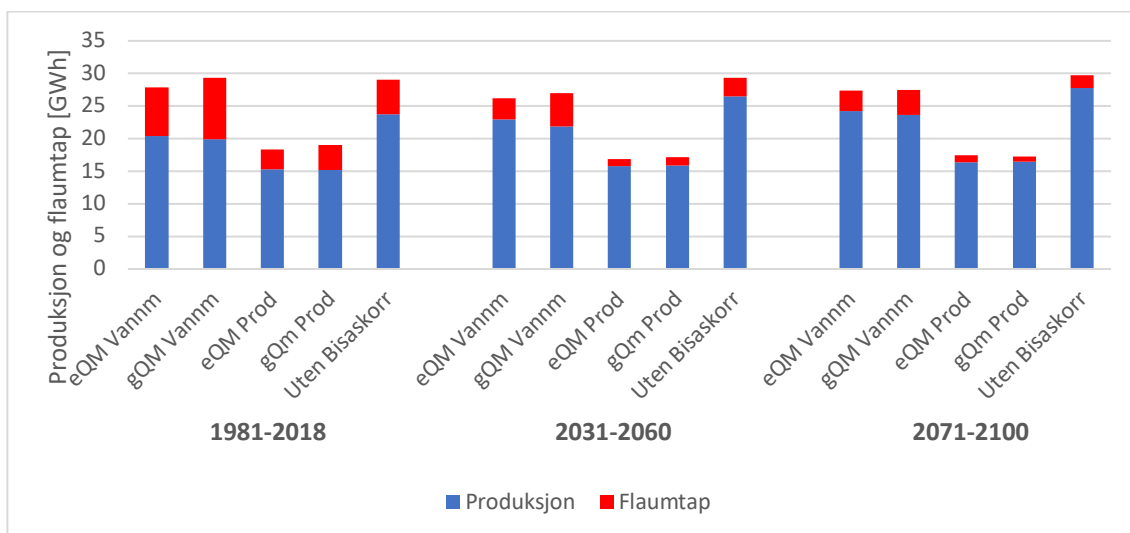
Figur 87: Søylediagram med årleg produksjon og flaumtap ved Ytre Alsåker kraftverk ved klimascenario RCP8.5 og dei tre periodane. Produksjonen og flaumtapet er vist i GWh

#### 4.8.3 Utjamning

Tabell 51 viser at endringa i flaumtapet ved kraftverka i kategorien «Utjamning», Mouidejohka, Stublielva, Tyttebærelva og Vanndøla, stort sett er nedadgåande frå referanseperioden til den nære framtidsperioden og vidare til den fjerne perioden. Det er nokre unntak frå dette som er vidare undersøkt når flaumtapet i kvart kraftverk er vist i delkapitla under.

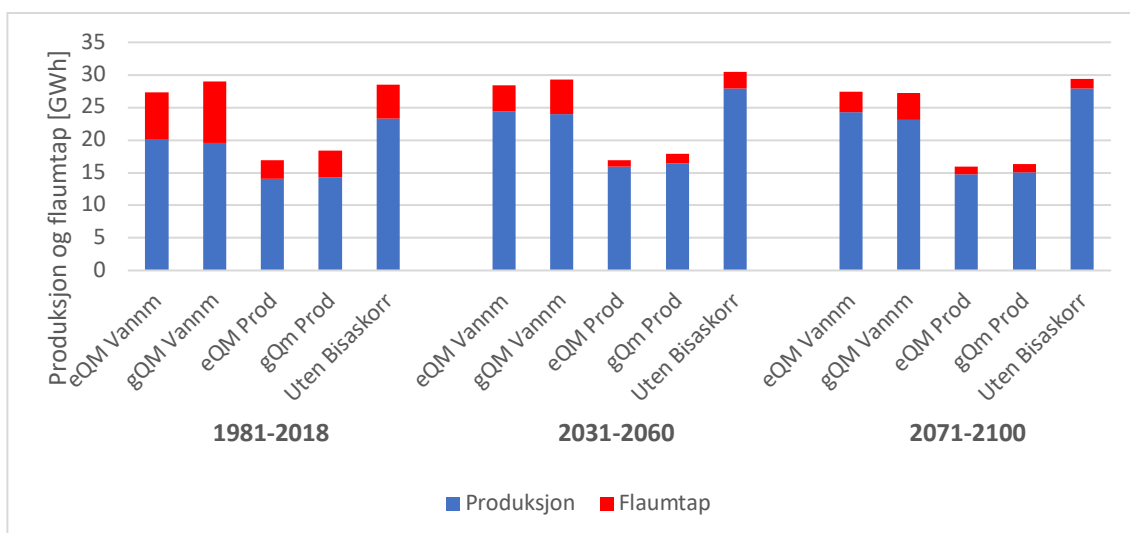
#### 4.8.3.1 Mouidejohka

Figur 88 viser den årlege produksjonen og flaumtapet ved Mouidejohka kraftverk i GWh for klimascenario RCP4.5. Dataserien som vart plukka ut til å jobbe vidare med i kapittel 4.4 var gQM med observert data frå vassmerket. Det er i dei tidlegare delkapitla vist at vassføringa minkar, men at produksjonen likevel aukar fram til begge framtidspediodane. Forklaringa på dette kjem fram i søylediagrammet som viser at flaumtapet minkar til begge periodane.



Figur 88: Søylediagram med årleg produksjon og flaumtap ved Mouidejohka kraftverk ved klimascenario RCP4.5 og dei tre periodane. Produksjonen og flaumtapet er vist i GWh

Figur 90 viser endringa i flaumtap ved Mouidejohka ved klimascenario RCP8.5. Resultata frå dette klimascenariet er samanfallande med RCP4.5 som òg viser at produksjonen aukar til begge periodane trass nedgang i vassføring då flaumtapet minkar.

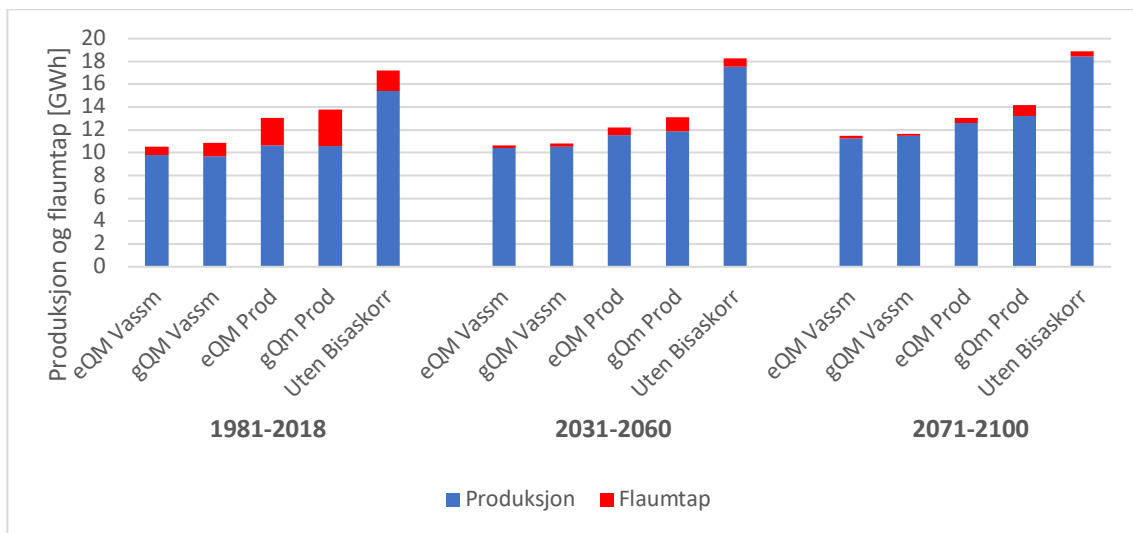


Figur 89: Søylediagram med årleg produksjon og flaumtap ved Mouidejohka kraftverk ved klimascenario RCP8.5 og dei tre periodane. Produksjonen og flaumtapet er vist i GWh

#### 4.8.3.2 Stublielva

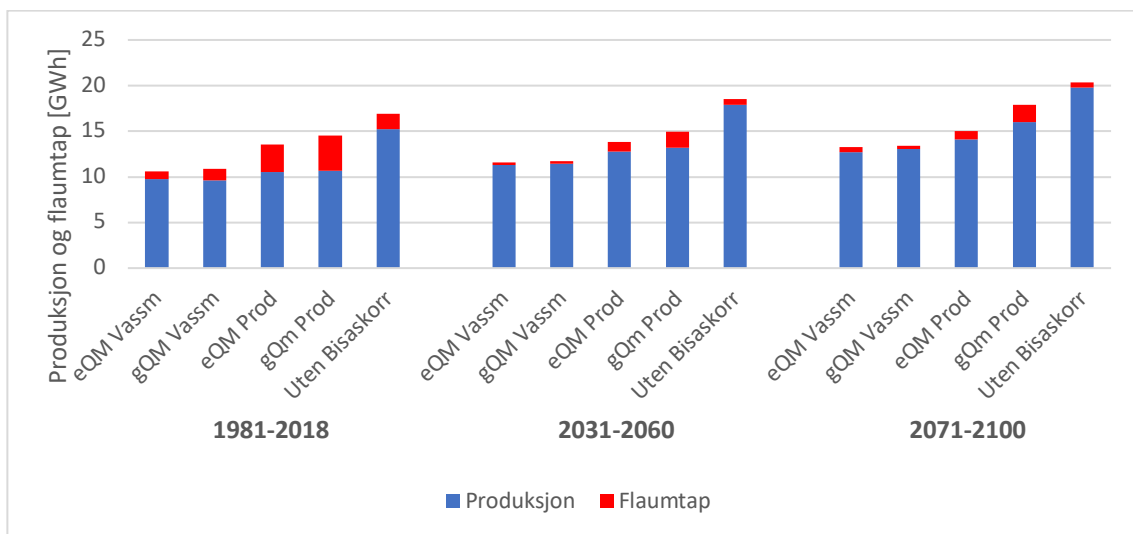
Figur 90 viser den årlege produksjonen og flaumtapet ved Kaldsáni kraftverk i GWh for klimascenario RCP4.5. Dataserien som vart plukka ut til å jobbe vidare med i kapittel 4.4 var

gQM med observert data frå vassmerket. Figuren viser at flaumtapet minkar frå referanseperioden til begge framtidsperiodane, og dette gjer at sjølv om vassføringa også minkar fram til den nære framtidsperioden, kan produksjonen likevel auke.



Figur 90: Søylediagram med årleg produksjon og flaumtap ved Stublielva kraftverk ved klimascenario RCP4.5 og dei tre periodane. Produksjonen og flaumtapet er vist i GWh

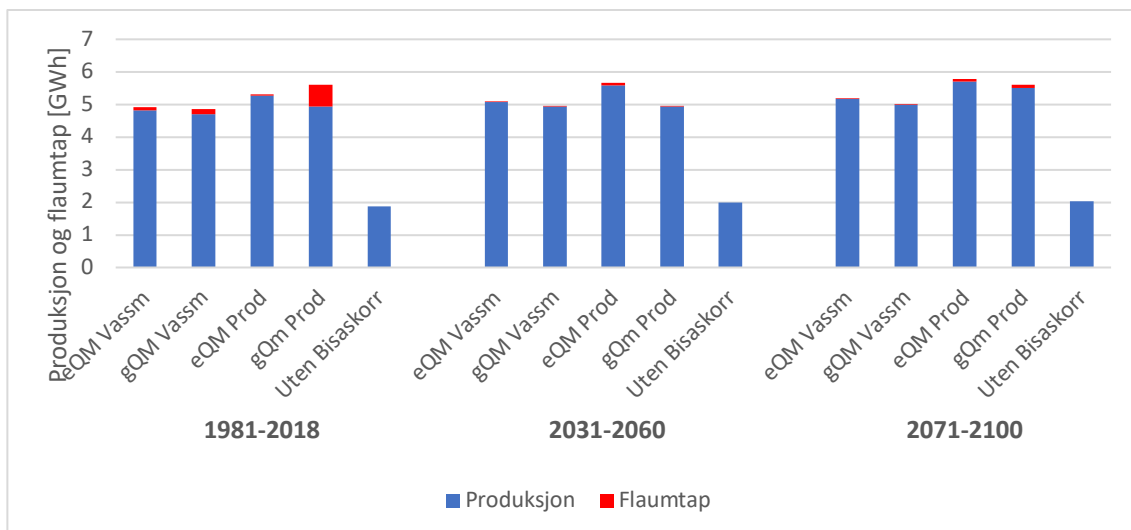
Figur 92 som viser endringa i flaumtap ved Stublielva ved klimascenario RCP8.5 viser ei auke i produksjon og nedgang i flaumtapet.



Figur 91: Søylediagram med årleg produksjon og flaumtap ved Stublielva kraftverk ved klimascenario RCP8.5 og dei tre periodane. Produksjonen og flaumtapet er vist i GWh

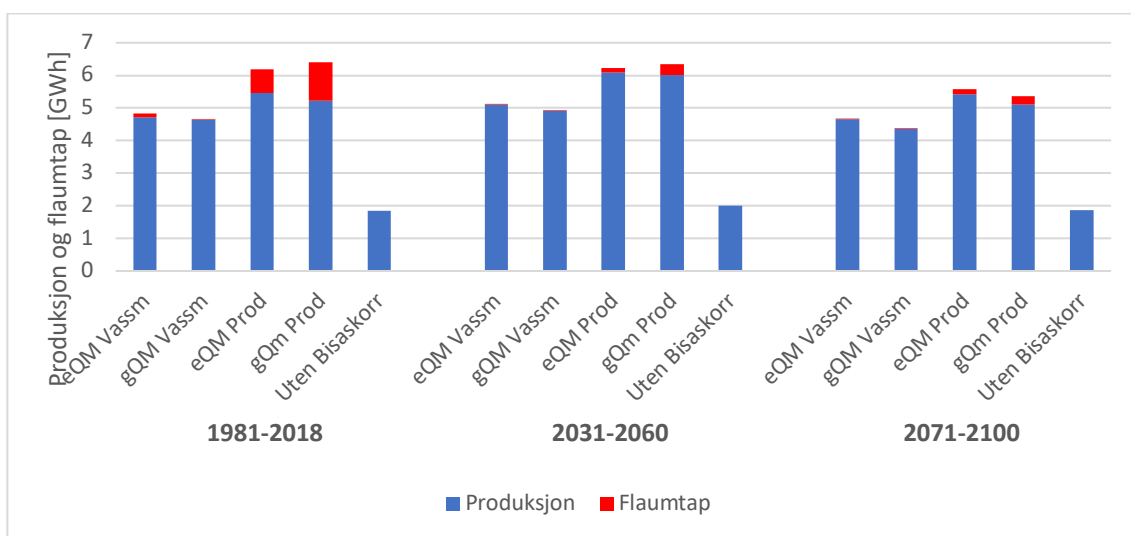
#### 4.8.3.3 Tyttebærelva

Figur 92 viser endringa i flaumtap ved Tyttebærelva ved klimascenario RCP4.5. Dataserien som er lagt vekt på er serien med bisaskorreringsmetode gQM og observert data frå vassmerkedataa. Frå figuren kjem det fram at endringa i produksjon og flaumtap er svært liten. Likevel er nedgangen i flaumtap med på å gjere at produksjonen aukar noko frå referanseperioden til begge framtidsperiodane trass i at middelvassføringa går noko ned.



Figur 92: Søylediagram med årleg produksjon og flaumtap ved Tyttebærelva kraftverk ved klimascenario RCP4.5 og dei tre periodane. Produksjonen og flaumtapet er vist i GWh

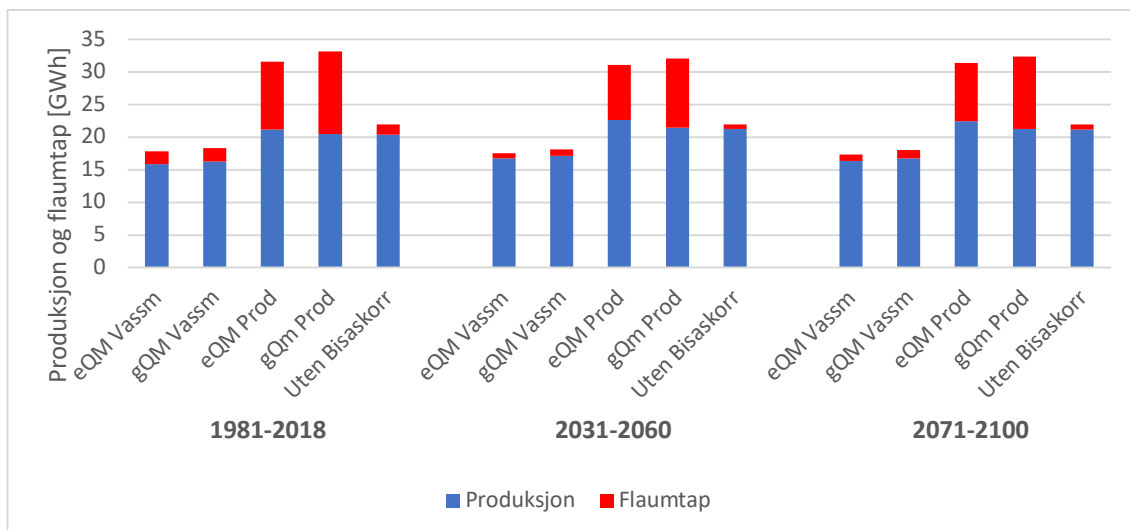
Figur 93 viser endringa i produksjon og flaumtap ved Tyttebærelva ved klimascenario RCP8.5. Her er flaumtapet så lite at sjølv om det minkar frå referanseperioden, er det ikkje nok til å gjere opp for nedgangen i vassføring. Det vert då eit auke i produksjonen fram til den nære framtidsperioden, men ein nedgang til den fjerne grunna endringa i vassføring.



Figur 93: Søylediagram med årleg produksjon og flaumtap ved Tyttebærelva kraftverk ved klimascenario RCP8.5 og dei tre periodane. Produksjonen og flaumtapet er vist i GWh

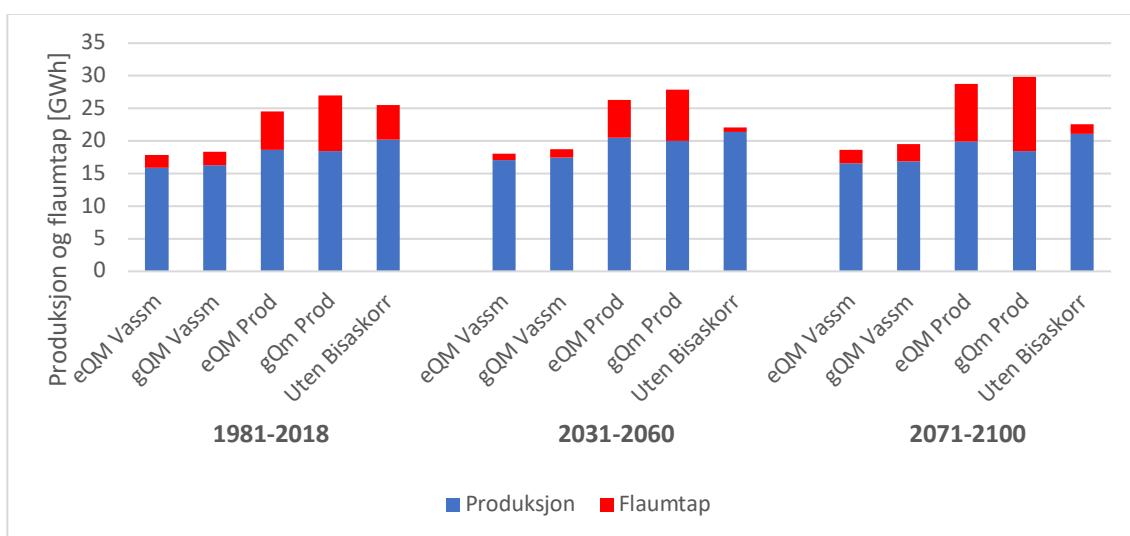
#### 4.8.3.4 Vanndøla

Figur 94 viser endringa i årleg produksjon og flaumtap ved Vanndøla kraftverk ved klimascenario RCP4.5. Dataserien som vert vidare undersøkt er serien med biaskorrigeringsmetode eQM og observert data frå vassmerket. I dei tidelegare delkapitla kjem det fram at ved dette klimascenariotet minkar vassføringa ved kraftverket til begge framtidsperiodane, men at produksjonen like vel aukar. Utifrå Figur 94 kan ein sjå at dette kjem av nedgangen i flaumtapet.



Figur 94: Søylediagram med årleg produksjon og flaumtap ved Vannløla kraftverk ved klimascenario RCP4.5 og dei tre periodane. Produksjonen og flaumtapet er vist i GWh

Figur 95 viser endringa i produksjon og flaumtap ved Vannløla ved klimascenario RCP8.5. I motsetning til ved RCP4.5 er det her ei auke i vassføringa og i flaumtapet fram til begge periodane. Dette resulterer like vel i eit auke i den årlege produksjonen ved kraftverket frå referanseperioden til begge framtidsperspektivane.



Figur 95: Søylediagram med årleg produksjon og flaumtap ved Vannløla kraftverk ved klimascenario RCP8.5 og dei tre periodane. Produksjonen og flaumtapet er vist i GWh

I tillegg til å vise endringa i produksjon og flaumtap, kan søylediagramma i dette delkapittelet være med på å vise viktigeita av biaskorrigeringa og val av riktig observert data. Søylediagramma viser flaumtapet ved bruk av begge biaskorrigeringsmetodane, begge observerte datasetta, og modellane utan biaskorrigering. I fleire av tilfella er det ein svært stor forskjell på produksjon og flaumtap med og utan korrigering, og ved bruk av ulike observerte datasett. Utan korrigeringa ville søyla heilt til høgre i figurane ho vore det ferdige resultatet, som i dei fleste tilfella er langt unna det som er reelt.

## 5 Konklusjon

Frå resultatane i kapittel 4 kjem det fram at endringa i vassføring ved dei åtte kraftverka kan delast inn i tre kategoriar etter korleis avrenningsmønsteret er i referanseperioden 1981-2010, og korleis den endrar seg til dei to undersøkte framtidsperiodane 2031-2060 og 2071-2100. Dei tre kategoriane har eg vald å kalle «Forskyvinga av vår- og sommaravrenninga», «U-kurva» og «Utjamning». Det er nokre fellestrekk i endringa ved alle kategoriane, men det er likevel tre distinkte endringsmønster som skil seg frå kvarandre.

Avrenninga ved kraftverka i kategorien «Forskyving av vår- og sommaravrenninga» vil endre seg ved at avrenninga som i referanseperioden hovudsakeleg er rundt juni og juli, vil kome tidlegare og tidlegare på året. Dette resulterer i ei auke i vassføringa på vinteren, og ein nedgang på sommaren. Fram til den nære framtidsperioden vil ikkje endringa i middelvassføringa være så stor, men til den fjerne vil det være ei auke ved begge kraftverka i kategorien. Sjølv om endringsmønsteret er svært likt ved både klimascenario RCP4.5 og RCP8.5, vil endringane være størst ved RCP8.5. Endringa i flaumtap i denne kategorien er relativt lite, og det er både auke og nedgang ved kraftverka til dei ulike periodane ved dei ulike scenarioa. I denne kategorien vil det i hovudsak være ei auke i den årlege produksjonen, og auken vil være størst til den fjerne perioden og ved RCP8.5. Til denne perioden og i dette scenarioet vil produksjonen ved dei to kraftverka auke med henholdsvis 27.7% og 36.6%. Slik som med vassføringa, er det auke i produksjon på vinteren og nedgang om sommaren ved alle kraftverka og alle periodar og scenario i denne kategorien.

I kategorien «U-kurva» vil endringsmønsteret i vassføring ved dei to kraftverka være svært samanfallande. Ved RCP4.5 vil det være ein nedgang i middelvassføringa frå referanseperioden til begge framtidsperiodane på kring 5%, og ved RCP8.5 vil middelvassføringa være tilnærma uendra til den nære framtidsperioden, men auke med 5% til den fjerne perioden. Endringa i vassføring vil stort sett skje på sommaren, då det kan sjå ut til at vårflaumen forsvinn, men ved RCP8.5 vil det òg være ei auke i vassføring på vinteren, noko som resulterer i ei auka middelvassføring i den fjerne framtidsperioden. Flaumtapet ved kraftverka i denne kategorien vil være tilnærma uendra ved RCP4.5, men vil auke ved RCP8.5. Dette gjer at den årlege produksjonen ved begge kraftverka i kategorien vil avta til begge framtidsperiodane ved begge klimascenarioa. Endringa i produksjon er størst på sommaren.

Ved kraftverka i kategorien «Utjamning» vil det være ei auke i vassføringa på vinteren og ein nedgang på sommaren, noko som resulterer i ei utjamning i vassføringa utover året. Ved klimascenario RCP4.5 resulterer dette i ei nedgang i middelvassføring til begge framtidsperiodane i dei fleste tilfella. Ved klimascenario RCP8.5 vil det òg være ei gradvis utjamning i den årlege vassføringa, men her er auken om vinteren større, noko som resulterer i ei gradvis auke i middelvassføring frå periode til periode ved dei fleste kraftverka.



Det kjem fram i resultatane at flaumtapet vil avta for alle kraftverka i denne kategoriane ved til dei fleste periodane og i dei ulike kategoriane. Nedgangen vil være størst frå referanseperioden til den nære framtidsperioden og jamnare fram til den fjerne. Endringa i vassføring og flaumtap gjer at det vil være ei auke i årleg produksjon med eit stort auke i vinterproduksjonen og noko nedgang i produksjon på sommaren. Det varierer frå kraftverk til kraftverk om auken er størst til den nære eller fjerne framtidsperioden.

Når det gjeld berekning av vassføring frå dei ulike målingane kjem det fram at dei gjev svært samanfallande resultat i dei periodane der det er lengre samanhengande målingar av produksjonen frå kraftverka. Problemet her er at det er fleire manglar i dataseriane, noko som gjer det vanskeleg å få lange samanhengane tidsseriar med vassføring berekna frå produksjonen. Dei fleste tidsseriane med vassføring frå produksjon er rundt to år. Berekning av vassføring ved kraftverka frå eit nærliggande vassmerke er ein metode som ser ut til å fungere bra. Det er ein fordel at dette gjev lange samanhengande tidsseriar som er basert på målingar i vassføring, og dette er metoden Småkraft bruker til å estimere vassføringa ved planlegging av nye kraftverk. Frå resultatane i kapittel 4.2 der dei to vassføringane er samanlikna kjem det fram at vassføring frå vassmerka gjev dei mest truverdige resultatane å jobbe vidare med.

Begge biaskorrigeringsmetodane har vist seg å fungere godt dersom serien for observert data er tilstrekkeleg god. Det vil seie at den er samanhengande, lang nok og har riktig fordeling til biaskorrigeringsmetoden. Metoden gQM krev at både observert data og modelldataa har ei gamma-fordeling, noko som ikkje kjem fram i dei korte tidsseriane frå produksjonsdataa. Når dataseriane er gode nok kjem det fram at det spelar svært liten rolle kva metode ein bruker. Begge metodane gjer ein god jobb i å overføre middelvassføringa frå observert data til modelldataa, og kvantilane for heile tidsseriane. Like vel er det varierende kor godt den månadlege avrenninga vert overført frå observert til korrigert data.

For å svare på problemstillinga «Korleis vil klimaendringane påverke straumproduksjonen ved uregulerte småkraftverk i Noreg frå i dag og fram til år 2100» kan eg utifrå dei åtte kraftverka eg har undersøkt, konkludere med at det vil være ei endring, og at den endringa avheng av klimagassutsleppa, korleis avrenninga er i dag, og kor kraftverket er plassert. Den største endringa vil kanskje handle om når på året kraftverket produserer mest, noko som kan resultere i både ein auke og nedgang i produksjonen framover. Endringa i flaumtap vil òg spele ei sentral rolle her. Kraftverka eg har undersøkt har vist tre endringsmønster i avrenning, som resulterer i tre endringsmønster i produksjon, men det er mogleg at det òg finnes fleire endringsmønster dersom fleire kraftverk vert undersøkt.

## 6 Bibliografi

- BKK. (2019). Strømmens reise | BKK Nett. Retrieved May 29, 2020, from <https://nett.bkk.no/artikkel/7f59a21f-cdbd-454e-a5c0-d13173cb6bd4>
- Brown, G. O. (2002). The history of the Darcy-Weisbach equation for pipe flow resistance. *Proceedings of the Environmental and Water Resources History*, 34–43. [https://doi.org/10.1061/40650\(2003\)4](https://doi.org/10.1061/40650(2003)4)
- Cheremisinoff, N. P. (1997). Relationship Between Groundwater and Surface Water. In *Groundwater Remediation and Treatment Technologies* (pp. 39–83). <https://doi.org/10.1016/b978-081551411-4.50004-1>
- Déqué, M. (2007). Frequency of precipitation and temperature extremes over France in an anthropogenic scenario: Model results and statistical correction according to observed values. *Global and Planetary Change*, 57(1–2), 16–26. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2006.11.030>
- Hanssen-Bauer, I., Førland, E. J., Haddeland, I., Hisdal, H., Mayer, S., Nesje, A., ... Ådlandsvik, B. (2015). *Klima i Norge 2100 Kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning oppdatert i 2015*. Retrieved from [www.miljodirektoratet.no/20804](http://www.miljodirektoratet.no/20804)
- Heggstad, R., & Rosvolg, K. A. (2019). Nedbørfelt – Store norske leksikon. Retrieved February 6, 2020, from <https://snl.no/nedbørfelt>
- Heo, J. H., Ahn, H., Shin, J. Y., Kjeldsen, T. R., & Jeong, C. (2019). Probability distributions for a quantile mapping technique for a bias correction of precipitation data: A case study to precipitation data under climate change. *Water (Switzerland)*, 11(7), 1–20. <https://doi.org/10.3390/w11071475>
- International Energy Agency. (n.d.). Data & Statistics - IEA. Retrieved June 14, 2020, from [https://www.iea.org/data-and-statistics?country=NORWAY&fuel=Energy supply&indicator=Electricity generation by source](https://www.iea.org/data-and-statistics?country=NORWAY&fuel=Energy%20supply&indicator=Electricity%20generation%20by%20source)
- Jaffe, R. L., & Taylor, W. (2018). *The Physics of Energy*.
- Kjølle, A. (2007). *Veileder i kvalitetssikring av små vannturbiner*. Retrieved from [www.nve.no](http://www.nve.no)
- Maraun, D. (2016, December 1). Bias Correcting Climate Change Simulations - a Critical Review. *Current Climate Change Reports*, Vol. 2, pp. 211–220. <https://doi.org/10.1007/s40641-016-0050-x>
- Maraun, D., & Widmann, M. (2018). Useful Resources. In *Statistical Downscaling and Bias*

- Correction for Climate Research* (pp. 293–302).  
<https://doi.org/10.1017/9781107588783.022>
- Midttømme, G. H., Pettersson, L. E., Holmqvist, E., Nøtsund, Ø., Hisdal, H., & Sivertsgård, R. (2011). *Retningslinjer for flomberegninger til § 5-7 i forskrift om sikkerhet ved vassdragsanlegg Norges vassdrags- og energidirektorat 2011*. Retrieved from [www.nve.no](http://www.nve.no)
- Miljødirektoratet. (2019). Vassdragsutbygging. Retrieved June 14, 2020, from <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/ferskvann/vassdragsutbygging/>
- Norges vassdrags- og energidirektorat. (2005). *Retningslinjer for flomløp*. Retrieved from [www.nve.no](http://www.nve.no)
- Norges vassdrags- og energidirektorat. (2009). Minstevannføring. Retrieved May 29, 2020, from <https://www.nve.no/vann-vassdrag-og-miljo/miljotilsyn/minstevannforing/?ref=mainmenu>
- Norges vassdrags- og energidirektorat. (2015a). Nedbørfelt (REGINE). Retrieved February 6, 2020, from <https://www.nve.no/karttjenester/kartdata/vassdragsdata/nedborfelt-regine/>
- Norges vassdrags- og energidirektorat. (2015b). Om kraftmarkedet og det norske kraftsystemet. Retrieved May 29, 2020, from <https://www.nve.no/stromkunde/om-kraftmarkedet-og-det-norske-kraftsystemet#04>
- Norges vassdrags- og energidirektorat. (2019). *NEVINA Beregninger av lavvannsindekser og flomverdier Brukerveiledning*.
- Pachauri, R. K., Meyer, L., Hallegatte France, S., Bank, W., Hegerl, G., Brinkman, S., ... van Boxmeer, F. (2015). *Climate Change 2014 Synthesis Report*. Retrieved from Gian-Kasper Plattner website: <http://www.ipcc.ch>.
- Piani, C., Haerter, J. O., & Coppola, E. (2010). Statistical bias correction for daily precipitation in regional climate models over Europe. *Theoretical and Applied Climatology*, 99(1–2), 187–192. <https://doi.org/10.1007/s00704-009-0134-9>
- Rosvold, K. A. (2018). Småkraftverk i Store norske leksikon på [snl.no](http://snl.no). Retrieved May 29, 2020, from <https://snl.no/småkraftverk>
- Rosvold, K. A. (2019a). Minstevannføring i Store norske leksikon på [snl.no](http://snl.no). Retrieved May 29, 2020, from [https://snl.no/minstevannføring](https://snl.no/minstevannforing)
- Rosvold, K. A. (2019b). Vannføring i Store norske leksikon på [snl.no](http://snl.no). Retrieved May 29, 2020,

from <https://snl.no/vannføring>

Rosvold, K. A. (2019c). Vannturbin i Store norske leksikon på snl.no. Retrieved May 29, 2020,  
from <https://snl.no/vannturbin>

Rosvold, K. A. (2020). Fallhøyde - vannkraftverk i Store norske leksikon på snl.no. Retrieved  
June 2, 2020, from [https://snl.no/fallhøyde\\_-\\_vannkraftverk](https://snl.no/fallhøyde_-_vannkraftverk)

## 7 Appendix

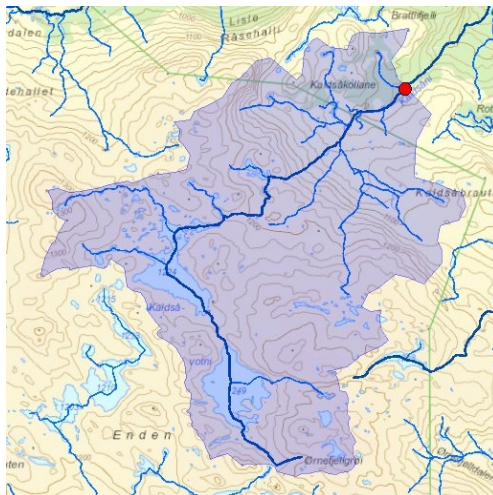
- eQM - Empirical Quantile Mapping
- gQM - Parametric Quantile Mapping
- GWh - Gigawatttime
- KSS - Norsk Klimaservicesenter
- NEVINA - Nedbørfelt-Vannføring-INdeks-Analyse
- NVE - Norges vassdrags- og energidirektorat
- RCP - Representative Concentration Pathways
- REGINE - Register over nedbørfelt

## 8 Vedlegg

### 8.1 NEVINA rapportar

Vedlegget viser dei genererte NEVINA-rapportane for inntaka ved kvart kraftverk.

#### Kaldsåni



Norges vassdrags- og energidirektorat  
Kartbakgrunn: Statens Kartverk  
Kartdatum: EUREF89 WGS84  
Projeksjon: UTM 33N

Nedbørfeltgrenser, feltparametere og vannføringsindekser er automatisk generert og kan inneholde feil. Resultatene må kvalitetssikres.

#### Lavvannskart

Vassdragsnr.: 021.J81B	Feltparametere	
Kommune: Bykle	Areal (A)	11,9 km <sup>2</sup>
Fylke: Aust-Agder	Effektiv sjø (S <sub>eff</sub> )	1,6 %
Vassdrag: Kaldsåni	Elvelengde (E <sub>L</sub> )	7,0 km
	Elvegradient (E <sub>G</sub> )	45,9 m/km
	Elvegradient <sub>1085</sub> (G <sub>1085</sub> )	46,8 m/km
	Feltlengde (F <sub>L</sub> )	4,6 km
Vannføringsindeks, se merknader	H <sub>min</sub>	972 moh.
Middelvannføring (61-90)	54,8 l/(s*km <sup>2</sup> )	H <sub>10</sub>
Alminnelig lavvannføring	2,7 l/(s*km <sup>2</sup> )	1045 moh.
5-persentil (hele året)	2,6 l/(s*km <sup>2</sup> )	H <sub>20</sub>
5-persentil (1/5-30/9)	8,8 l/(s*km <sup>2</sup> )	H <sub>30</sub>
5-persentil (1/10-30/4)	2,1 l/(s*km <sup>2</sup> )	H <sub>40</sub>
Base flow	18,1 l/(s*km <sup>2</sup> )	H <sub>50</sub>
BFI	0,3	H <sub>60</sub>
		H <sub>70</sub>
		H <sub>80</sub>
Klima		H <sub>90</sub>
Klimaregion	Sor	1297 moh.
Årsnedbør	1035 mm	H <sub>max</sub>
Sommernedbør	404 mm	Bre
Vinternedbør	631 mm	Dyrket mark
Årstemperatur	-0,8 °C	Myr
Sommertemperatur	4,7 °C	Sjø
Vintertemperatur	-4,8 °C	Skog
Temperatur Juli	6,9 °C	Snaufjell
Temperatur August	8,0 °C	Urban

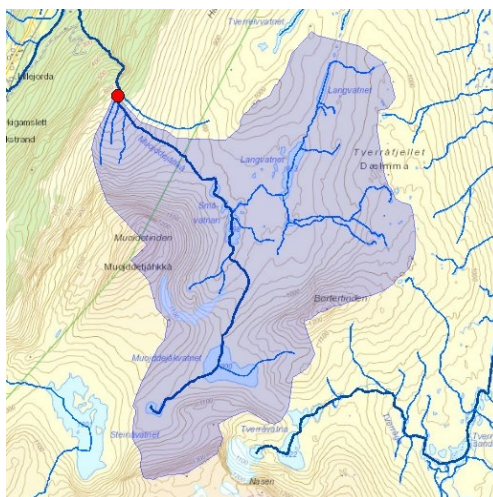
1) Verdien er editert

Det er generelt stor usikkerhet i beregninger av lavvannsindeks. Resultatene bør verifiseres mot egne observasjoner eller sammenlignbare målestasjoner.

I nedbørfelt med høy breprosent eller stor innsjøprosent vil tørrværsavrenning (baseflow) ha store bidrag fra disse lagringsmagasinene.

© nevina.nve.no

#### Mouidejohka



Norges vassdrags- og energidirektorat  
Kartbakgrunn: Statens Kartverk  
Kartdatum: EUREF89 WGS84  
Projeksjon: UTM 33N

Nedbørfeltgrenser, feltparametere og vannføringsindekser er automatisk generert og kan inneholde feil. Resultatene må kvalitetssikres.

#### Lavvannskart

Vassdragsnr.: 161.F21B	Feltparametere	
Kommune: Beiam	Areal (A)	13,7 km <sup>2</sup>
Fylke: Nordland	Effektiv sjø (S <sub>eff</sub> )	1,3 %
Vassdrag: Mouidejohka	Elvelengde (E <sub>L</sub> )	6,0 km
	Elvegradient (E <sub>G</sub> )	70,2 m/km
	Elvegradient <sub>1085</sub> (G <sub>1085</sub> )	61,3 m/km
	Feltlengde (F <sub>L</sub> )	5,1 km
Vannføringsindeks, se merknader	H <sub>min</sub>	618 moh.
Middelvannføring (61-90)	66,8 l/(s*km <sup>2</sup> )	H <sub>10</sub>
Alminnelig lavvannføring	6,5 l/(s*km <sup>2</sup> )	899 moh.
5-persentil (hele året)	5,3 l/(s*km <sup>2</sup> )	H <sub>20</sub>
5-persentil (1/5-30/9)	5,9 l/(s*km <sup>2</sup> )	H <sub>30</sub>
5-persentil (1/10-30/4)	4,2 l/(s*km <sup>2</sup> )	H <sub>40</sub>
Base flow	17,4 l/(s*km <sup>2</sup> )	H <sub>50</sub>
BFI	0,3	H <sub>60</sub>
		H <sub>70</sub>
		H <sub>80</sub>
Klima		H <sub>90</sub>
Klimaregion	Nord	1133 moh.
Årsnedbør	1159 mm	H <sub>max</sub>
Sommernedbør	390 mm	Bre
Vinternedbør	769 mm	Dyrket mark
Årstemperatur	-1,3 °C	Myr
Sommertemperatur	4,0 °C	Sjø
Vintertemperatur	-5,1 °C	Skog
Temperatur Juli	6,5 °C	Snaufjell
Temperatur August	6,9 °C	Urban

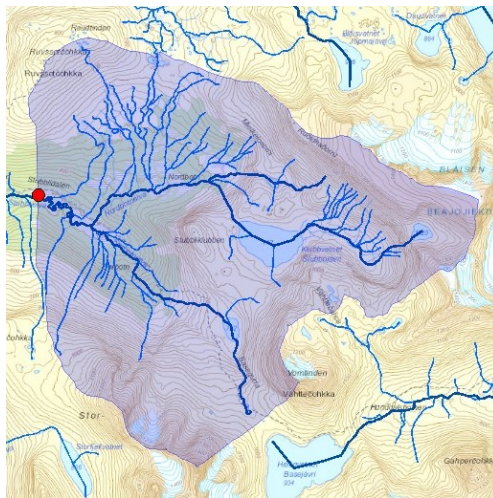
1) Verdien er editert

Det er generelt stor usikkerhet i beregninger av lavvannsindeks. Resultatene bør verifiseres mot egne observasjoner eller sammenlignbare målestasjoner.

I nedbørfelt med høy breprosent eller stor innsjøprosent vil tørrværsavrenning (baseflow) ha store bidrag fra disse lagringsmagasinene.

© nevina.nve.no

## Stublielva



Norges  
vassdrags- og  
energidirektorat

Kartbakgrunn: Statens Kartverk

Kartdatum: EUREF89 WGS84

Projeksjon: UTM 33N

Nedbørfeltgrenser, feltparametere og vannføringsindekser er automatisk generert og kan inneholde feil. Resultatene må kvalitetssikres.

### Lavvannskart

Vassdragsnr.: 174.2AA4

Kommune: Narvik

Fylke: Nordland

Vassdrag: Stublielva

#### Feltparametere

Areal (A) 25.9 km<sup>2</sup>

Effektiv sjø (S<sub>eff</sub>) 0.5 %

Elvelengde (E<sub>L</sub>) 8.6 km

Elvegradient (E<sub>G</sub>) 96.6 m/km

Elvegradient<sub>1085</sub> (G<sub>1085</sub>) 74.5 m/km

Feltlengde(F<sub>L</sub>) 6.6 km

Vannføringsindeks, se merknader

Middelvannføring (61-90) 46.9 l/(s\*km<sup>2</sup>)

Almindelig lavvannføring 5.5 l/(s\*km<sup>2</sup>)

5-persentil (hele året) 4.5 l/(s\*km<sup>2</sup>)

5-persentil (1/5-30/9) 15.4 l/(s\*km<sup>2</sup>)

5-persentil (1/10-30/4) 3.0 l/(s\*km<sup>2</sup>)

Base flow 24.4 l/(s\*km<sup>2</sup>)

BFI 0.5

Klima

Klimaregion Nord

Årsnedbør 946 mm

Sommernedbør 393 mm

Vinternedbør 553 mm

Årstemperatur -0.9 °C

Sommertemperatur 4.8 °C

Vintertemperatur -5.0 °C

Temperatur Juli 7.9 °C

Temperatur August 7.4 °C

H<sub>min</sub> 285 moh.

H<sub>10</sub> 437 moh.

H<sub>20</sub> 516 moh.

H<sub>30</sub> 598 moh.

H<sub>40</sub> 703 moh.

H<sub>50</sub> 760 moh.

H<sub>60</sub> 812 moh.

H<sub>70</sub> 910 moh.

H<sub>80</sub> 1022 moh.

H<sub>90</sub> 1168 moh.

H<sub>max</sub> 1615 moh.

Bre 0.8 %

Dyrket mark 0.0 %

Myr 3.2 %

Sjø 2.3 %

Skog 19.2 %

Snaufjell 70.2 %

Urban 0.0 %

1) Verdien er editert

Det er generelt stor usikkerhet i beregninger av lavvannsindekser. Resultatene bør verifiseres mot egne observasjoner eller sammenlignbare målestasjoner.

I nedbørfelt med høy breprosent eller stor innsjøprosent vil tørrværsavrenning (baseflow) ha store bidrag fra disse lagringsmagasinene.

© nevina.nve.no

## Tysseelva



Norges  
vassdrags- og  
energidirektorat

Kartbakgrunn: Statens Kartverk

Kartdatum: EUREF89 WGS84

Projeksjon: UTM 33N

Nedbørfeltgrenser, feltparametere og vannføringsindekser er automatisk generert og kan inneholde feil. Resultatene må kvalitetssikres.

### Lavvannskart

Vassdragsnr.: 035.72A3

Kommune: Suldal

Fylke: Rogaland

Vassdrag: Tysseelvi

#### Feltparametere

Areal (A) 10.7 km<sup>2</sup>

Effektiv sjø (S<sub>eff</sub>) 9.4 %

Elvelengde (E<sub>L</sub>) 7.1 km

Elvegradient (E<sub>G</sub>) 61.6 m/km

Elvegradient<sub>1085</sub> (G<sub>1085</sub>) 58.1 m/km

Feltlengde(F<sub>L</sub>) 4.2 km

Vannføringsindeks, se merknader

Middelvannføring (61-90) 93.5 l/(s\*km<sup>2</sup>)

Almindelig lavvannføring 8.6 l/(s\*km<sup>2</sup>)

5-persentil (hele året) 9.4 l/(s\*km<sup>2</sup>)

5-persentil (1/5-30/9) 8.2 l/(s\*km<sup>2</sup>)

5-persentil (1/10-30/4) 9.4 l/(s\*km<sup>2</sup>)

Base flow 34.6 l/(s\*km<sup>2</sup>)

BFI 0.4

Klima

Klimaregion Sor

Årsnedbør 2175 mm

Sommernedbør 803 mm

Vinternedbør 1372 mm

Årstemperatur 3.5 °C

Sommertemperatur 8.7 °C

Vintertemperatur -0.2 °C

Temperatur Juli 10.4 °C

Temperatur August 10.3 °C

H<sub>min</sub> 392 moh.

H<sub>10</sub> 497 moh.

H<sub>20</sub> 530 moh.

H<sub>30</sub> 545 moh.

H<sub>40</sub> 576 moh.

H<sub>50</sub> 609 moh.

H<sub>60</sub> 641 moh.

H<sub>70</sub> 674 moh.

H<sub>80</sub> 747 moh.

H<sub>90</sub> 827 moh.

H<sub>max</sub> 924 moh.

Bre 0.0 %

Dyrket mark 0.0 %

Myr 1.4 %

Sjø 15.0 %

Skog 25.7 %

Snaufjell 57.9 %

Urban 0.0 %

1) Verdien er editert

Det er generelt stor usikkerhet i beregninger av lavvannsindekser. Resultatene bør verifiseres mot egne observasjoner eller sammenlignbare målestasjoner.

I nedbørfelt med høy breprosent eller stor innsjøprosent vil tørrværsavrenning (baseflow) ha store bidrag fra disse lagringsmagasinene.

© nevina.nve.no

## Tyttebærelva



Norges  
vassdrags- og  
energidirektorat

Kartbakgrunn: Statens Kartverk

Kartdatum: EUREF89 WGS84

Projeksjon: UTM 33N

Nedbørfeltgrenser, feltparametere og vannføringsindekser er automatisk generert og kan inneholde feil. Resultatene må kvalitetssikres.

### Lavvannskart

Vassdragsnr.: 203.73  
Kommune: Lyngen  
Fylke: Troms  
Vassdrag: KYSTFELT

#### Feltparametere

Areal (A)	12,8 km <sup>2</sup>
Effektiv sjø (S <sub>eff</sub> )	0,0 %
Elvelengde (E <sub>L</sub> )	5,6 km
Elvegradient (E <sub>G</sub> )	55,7 m/km
Elvegradient <sub>1085</sub> (G <sub>1085</sub> )	47,8 m/km
Feltlengde(F <sub>L</sub> )	5,4 km
H <sub>min</sub>	112 moh.
H <sub>10</sub>	304 moh.
H <sub>20</sub>	359 moh.
H <sub>30</sub>	413 moh.
H <sub>40</sub>	465 moh.
H <sub>50</sub>	554 moh.
H <sub>60</sub>	640 moh.
H <sub>70</sub>	724 moh.
H <sub>80</sub>	826 moh.
H <sub>90</sub>	962 moh.
H <sub>max</sub>	1489 moh.
Bre	0,0 %
Dyrket mark	0,0 %
Myr	0,0 %
Sjø	0,0 %
Skog	5,5 %
Snaufjell	93,0 %
Urban	0,0 %

#### Vannføringsindeks, se merknader

Middelvannføring (61-90)	64,9 l/(s*km <sup>2</sup> )
Alminnelig lavvannføring	5,3 l/(s*km <sup>2</sup> )
5-persentil (hele året)	5,2 l/(s*km <sup>2</sup> )
5-persentil (1/5-30/9)	5,4 l/(s*km <sup>2</sup> )
5-persentil (1/10-30/4)	4,3 l/(s*km <sup>2</sup> )
Base flow	37,6 l/(s*km <sup>2</sup> )
BFI	0,6

#### Klima

Klimaregion	Finmark
Årsnedbør	1080 mm
Sommernedbør	375 mm
Vinternedbør	705 mm
Årstemperatur	0,1 °C
Sommertemperatur	5,5 °C
Vintertemperatur	-3,7 °C
Temperatur Juli	8,6 °C
Temperatur August	7,8 °C

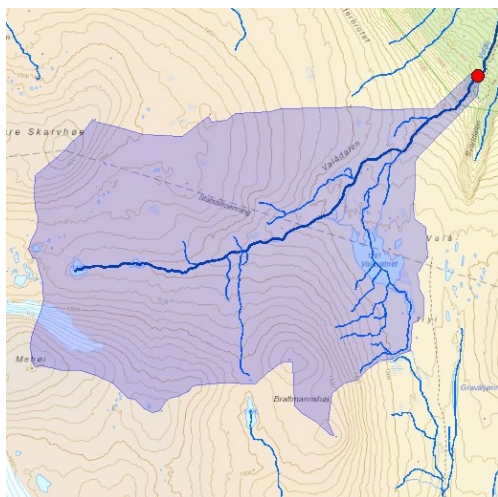
1) Verdien er editert

Det er generelt stor usikkerhet i beregninger av lavvannsindekser. Resultatene bør verifiseres mot egne observasjoner eller sammenlignbare målestasjoner.

I nedbørfelt med høy breprosent eller stor innsjøprosent vil tørrværsavrenning (baseflow) ha store bidrag fra disse lagringsmagasinene.

11.12.2019 10:33:35 © nevina.nve.no

## Valåe



Norges  
vassdrags- og  
energidirektorat

Kartbakgrunn: Statens Kartverk

Kartdatum: EUREF89 WGS84

Projeksjon: UTM 33N

Nedbørfeltgrenser, feltparametere og vannføringsindekser er automatisk generert og kan inneholde feil. Resultatene må kvalitetssikres.

### Lavvannskart

Vassdragsnr.: 002.DM2B  
Kommune: Lesja  
Fylke: Oppland  
Vassdrag: Valåe

#### Feltparametere

Areal (A)	22,5 km <sup>2</sup>
Effektiv sjø (S <sub>eff</sub> )	0,4 %
Elvelengde (E <sub>L</sub> )	7,5 km
Elvegradient (E <sub>G</sub> )	71,2 m/km
Elvegradient <sub>1085</sub> (G <sub>1085</sub> )	52,2 m/km
Feltlengde(F <sub>L</sub> )	7,9 km
H <sub>min</sub>	883 moh.
H <sub>10</sub>	1281 moh.
H <sub>20</sub>	1306 moh.
H <sub>30</sub>	1362 moh.
H <sub>40</sub>	1405 moh.
H <sub>50</sub>	1430 moh.
H <sub>60</sub>	1454 moh.
H <sub>70</sub>	1476 moh.
H <sub>80</sub>	1505 moh.
H <sub>90</sub>	1559 moh.
H <sub>max</sub>	1741 moh.
Bre	1,3 %
Dyrket mark	0,0 %
Myr	1,0 %
Sjø	2,3 %
Skog	0,3 %
Snaufjell	95,0 %
Urban	0,0 %

#### Vannføringsindeks, se merknader

Middelvannføring (61-90)	20,4 l/(s*km <sup>2</sup> )
Alminnelig lavvannføring	0,8 l/(s*km <sup>2</sup> )
5-persentil (hele året)	0,8 l/(s*km <sup>2</sup> )
5-persentil (1/5-30/9)	2,3 l/(s*km <sup>2</sup> )
5-persentil (1/10-30/4)	0,8 l/(s*km <sup>2</sup> )
Base flow	9,0 l/(s*km <sup>2</sup> )
BFI	0,4

#### Klima

Klimaregion	Ost
Årsnedbør	639 mm
Sommernedbør	287 mm
Vinternedbør	352 mm
Årstemperatur	-3,3 °C
Sommertemperatur	3,4 °C
Vintertemperatur	-8,2 °C
Temperatur Juli	5,3 °C
Temperatur August	6,6 °C

1) Verdien er editert

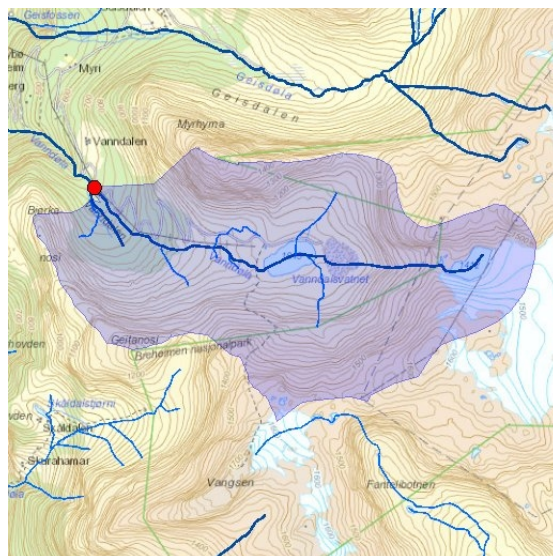
Det er generelt stor usikkerhet i beregninger av lavvannsindekser. Resultatene bør verifiseres mot egne observasjoner eller sammenlignbare målestasjoner.

I nedbørfelt med høy breprosent eller stor innsjøprosent vil tørrværsavrenning (baseflow) ha store bidrag fra disse lagringsmagasinene.

© nevina.nve.no



## Vannløp



Kartbakgrunn: Statens Kartverk  
Kartdatum: EUREF89 WGS84  
Projeksjon: UTM 33N

Nedbørfeltgrenser, feltparametere og vannføringsindekser er automatisk generert og kan inneholde feil. Resultatene må kvalitetssikres.

### Lavvannskart

Vassdragsnr.: 076.D3C  
Kommune: Luster  
Fylke: Sogn og Fjordane  
Vassdrag: Vannløp

Feltparametere	
Areal (A)	8,8 km <sup>2</sup>
Effektiv sjø ( $S_{eff}$ )	- %
Elvelengde ( $E_L$ )	4,6 km
Elvegradient ( $E_G$ )	152,6 m/km
Elvegradient <sub>1085</sub> ( $G_{1085}$ )	176,9 m/km
Feltlengde ( $F_L$ )	4,6 km
$H_{min}$	705 moh.
$H_{10}$	904 moh.
$H_{20}$	1023 moh.
$H_{30}$	1071 moh.
$H_{40}$	1121 moh.
$H_{50}$	1198 moh.
$H_{60}$	1281 moh.
$H_{70}$	1380 moh.
$H_{80}$	1450 moh.
$H_{90}$	1526 moh.
$H_{max}$	1641 moh.
Bre	5,0 %
Dyrket mark	0,0 %
Myr	0,0 %
Sjø	2,6 %
Skog	10,0 %
Snau fjell	81,2 %
Urban	1,2 %

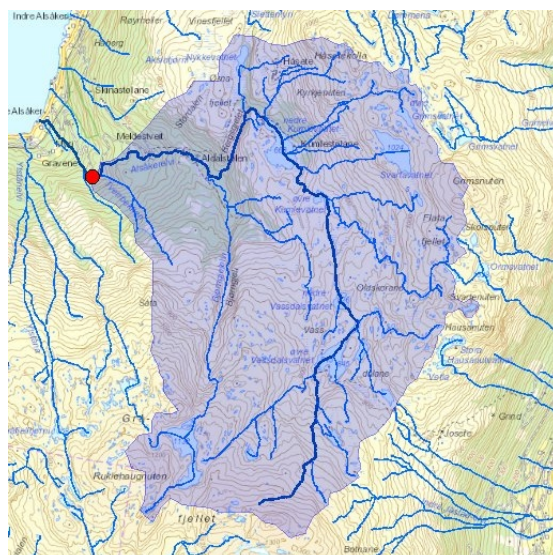
1) Verdien er editert

Det er generelt stor usikkerhet i beregninger av lavvannsindeks. Resultatene bør verifiseres mot egne observasjoner eller sammenlignbare målestasjoner.

I nedbørfelt med høy breprosent eller stor innsjøprosent vil tørrvassavrenning (baseflow) ha store bidrag fra disse lagringsmagasinene.

© nevina.nve.no

## Ytre Alsåker



Kartbakgrunn: Statens Kartverk  
Kartdatum: EUREF89 WGS84  
Projeksjon: UTM 33N

Nedbørfeltgrenser, feltparametere og vannføringsindekser er automatisk generert og kan inneholde feil. Resultatene må kvalitetssikres.

### Lavvannskart

Vassdragsnr.: 047.4B  
Kommune: Ullensvang  
Fylke: Hordaland  
Vassdrag: Alsåkerelvi

Feltparametere	
Areal (A)	20,1 km <sup>2</sup>
Effektiv sjø ( $S_{eff}$ )	0,7 %
Elvelengde ( $E_L$ )	10,0 km
Elvegradient ( $E_G$ )	106,6 m/km
Elvegradient <sub>1085</sub> ( $G_{1085}$ )	87,3 m/km
Feltlengde ( $F_L$ )	5,2 km
$H_{min}$	216 moh.
$H_{10}$	584 moh.
$H_{20}$	690 moh.
$H_{30}$	780 moh.
$H_{40}$	852 moh.
$H_{50}$	902 moh.
$H_{60}$	965 moh.
$H_{70}$	1021 moh.
$H_{80}$	1065 moh.
$H_{90}$	1141 moh.
$H_{max}$	1366 moh.
Bre	0,0 %
Dyrket mark	0,0 %
Myr	2,5 %
Sjø	5,4 %
Skog	14,1 %
Snau fjell	77,9 %
Urban	0,0 %

1) Verdien er editert

Det er generelt stor usikkerhet i beregninger av lavvannsindeks. Resultatene bør verifiseres mot egne observasjoner eller sammenlignbare målestasjoner.

I nedbørfelt med høy breprosent eller stor innsjøprosent vil tørrvassavrenning (baseflow) ha store bidrag fra disse lagringsmagasinene.

© nevina.nve.no

## 8.2 Tabellar med avvik i klimasignalet frå observert data til biaskorrigert data

Tabellane i dette vedlegget viser avviket i klimasignalet frå observert til biaskorrigert data. Avviket er vist i prosent til høgre i tabellen. Det er ein tabell for kvar kombinasjon av type observert data og klimascenario, og tabellane er sortert etter kraftverk.

### **Kaldsåni**

#### *RCP4.5 – Observert data frå vassmerke - Kaldsåni*

	Observed data [m <sup>3</sup> /s]	eQM [m <sup>3</sup> /s]	gQM [m <sup>3</sup> /s]	eQM - Avvik (%)	gQM - Avvik (%)
Årleg vassføring	0.666	0.692	0.693	3.875	3.978
Januar	0.119	0.184	0.181	54.152	51.943
Februar	0.093	0.119	0.121	28.354	30.371
Mars	0.078	0.096	0.094	23.559	21.477
April	0.347	0.172	0.178	50.535	48.670
Mai	2.308	0.868	0.880	62.378	61.869
Juni	1.884	2.599	2.609	37.913	38.462
Juli	0.711	2.247	2.247	216.020	216.095
August	0.476	0.543	0.504	14.023	5.720
September	0.573	0.242	0.242	57.685	57.848
Oktober	0.752	0.447	0.458	40.585	39.050
November	0.420	0.483	0.482	14.934	14.656
Desember	0.202	0.279	0.291	38.094	44.086
25 prosentil	0.085	0.152	0.152	78.285	78.373
Median	0.243	0.297	0.297	22.260	22.029
75 Prosentil	0.763	0.725	0.722	4.950	5.426
99.5 Prosentil	6.268	3.799	3.764	39.383	39.951
Gjennomsnittleg avvik				46.293	45.883

RCP8.5 – Observert data frå vassmerke- Kaldsåni

	Observert data [m <sup>3</sup> /s]	eQM [m <sup>3</sup> /s]	gQM [m <sup>3</sup> /s]	eQM - Avvik (%)	gQM - Avvik (%)
Årleg vassføring	0.666	0.670	0.692	0.537	3.875
Januar	0.119	0.203	0.184	70.226	54.152
Februar	0.093	0.121	0.119	30.330	28.354
Mars	0.078	0.086	0.096	10.527	23.559
April	0.347	0.167	0.172	51.932	50.535
Mai	2.308	0.789	0.868	65.814	62.378
Juni	1.884	2.255	2.599	19.664	37.913
Juli	0.711	2.181	2.247	206.838	216.020
August	0.476	0.567	0.543	19.008	14.023
September	0.573	0.306	0.242	46.676	57.685
Oktober	0.752	0.498	0.447	33.774	40.585
November	0.420	0.520	0.483	23.787	14.934
Desember	0.202	0.316	0.279	56.561	38.094
25 prosentil	0.085	0.174	0.152	104.696	78.285
Median	0.243	0.355	0.297	46.089	22.260
75 Prosentil	0.763	0.701	0.725	8.095	4.950
99.5 Prosentil	6.268	3.920	3.799	37.461	39.383
Gjennomsnittleg avvik				48.942	46.293

RCP4.5 – Observert data frå produksjonsdata- Kaldsåni

	Observert data	eQM	gQM	eQM - Avvik (%)	gQM - Avvik (%)
Årleg vassføring	0.653	0.708	0.723	8.298	10.656
Januar	0.277	0.279	0.167	0.855	39.564
Februar	0.586	0.174	0.108	70.263	81.639
Mars	0.493	0.109	0.081	77.804	83.661
April	0.422	0.184	0.165	56.493	60.901
Mai	1.911	0.779	0.907	59.207	52.521
Juni	1.074	2.159	2.826	100.968	163.111
Juli	0.279	2.212	2.434	693.557	773.183
August	0.688	0.606	0.510	11.869	25.871
September	0.524	0.397	0.230	24.199	56.137
Oktober	0.626	0.561	0.458	10.387	26.936
November	0.453	0.586	0.480	29.469	5.990
Desember	0.507	0.412	0.282	18.873	44.434
25 prosentil	0.172	0.242	0.136	40.631	20.937
Median	0.443	0.438	0.285	1.074	35.716
75 Prosentil	0.716	0.722	0.741	0.859	3.503
99.5 Prosentil	4.823	4.084	4.104	15.328	14.906
Gjennomsnittleg avvik				71.773	88.216

RCP8.5 – Observert data frå produksjonsdata- Kaldsåni

	Observert data	eQM	gQM	eQM - Avvik (%)	gQM - Avvik (%)
Årleg vassføring	0.653	0.688	0.707	5.242	8.134
Januar	0.277	0.289	0.177	4.467	36.031
Februar	0.586	0.186	0.112	68.164	80.802
Mars	0.493	0.123	0.089	75.133	81.986
April	0.422	0.186	0.162	56.050	61.762
Mai	1.911	0.776	0.880	59.394	53.931
Juni	1.074	1.999	2.706	86.064	151.914
Juli	0.279	2.030	2.337	628.496	738.652
August	0.688	0.646	0.544	6.157	20.936
September	0.524	0.412	0.234	21.413	55.306
Oktober	0.626	0.567	0.447	9.460	28.669
November	0.453	0.595	0.489	31.387	7.995
Desember	0.507	0.412	0.272	18.728	46.334
25 prosentil	0.172	0.252	0.144	46.412	16.257
Median	0.443	0.448	0.290	1.027	34.623
75 Prosentil	0.716	0.736	0.740	2.787	3.446
99.5 Prosentil	4.823	3.544	4.016	26.521	16.740
Gjennomsnittleg avvik				67.465	84.913

**Mouidejohka**

RCP4.5 – Observert data frå vassmerke - Mouidejohka

	Observert data [m3/s]	eQM [m3/s]	gQM [m3/s]	eQM - Avvik (%)	gQM - Avvik (%)
Årleg vassføring	0.914	0.933	0.985	2.007	7.744
Januar	0.091	0.585	0.649	544.743	614.497
Februar	0.061	0.276	0.285	355.428	368.832
Mars	0.045	0.110	0.109	143.779	141.418
April	0.052	0.083	0.082	60.272	59.531
Mai	1.031	0.398	0.372	61.411	63.899
Juni	3.230	2.040	2.128	36.843	34.117
Juli	2.998	3.385	3.871	12.921	29.100
August	1.489	1.623	1.618	8.979	8.655
September	0.940	0.656	0.586	30.191	37.651
Oktober	0.680	0.692	0.669	1.842	1.535
November	0.247	0.648	0.692	162.219	179.834
Desember	0.108	0.626	0.683	477.609	530.637
25 prosentil	0.061	0.176	0.150	187.790	145.853
Median	0.192	0.531	0.487	176.312	153.531
75 Prosentil	1.268	1.243	1.249	2.009	1.462
99.5 Prosentil	7.048	4.384	5.284	37.792	25.022
Gjennomsnittleg avvik				135.420	141.372

RCP8.5 – Observert data frå vassmerke - Muidejohka

	Observert data [m3/s]	eQM [m3/s]	gQM [m3/s]	eQM - Avvik (%)	gQM - Avvik (%)
Årleg vassføring	0.914	0.916	0.975	0.209	6.634
Januar	0.091	0.534	0.544	488.018	499.654
Februar	0.061	0.260	0.256	328.241	322.175
Mars	0.045	0.113	0.110	151.135	143.856
April	0.052	0.077	0.075	49.643	45.157
Mai	1.031	0.397	0.365	61.450	64.551
Juni	3.230	2.044	2.200	36.718	31.887
Juli	2.998	3.368	3.888	12.346	29.674
August	1.489	1.598	1.710	7.301	14.820
September	0.940	0.659	0.617	29.877	34.302
Oktober	0.680	0.697	0.667	2.510	1.854
November	0.247	0.620	0.612	150.846	147.524
Desember	0.108	0.559	0.577	416.076	432.441
25 prosentil	0.061	0.171	0.151	180.212	148.137
Median	0.192	0.522	0.483	171.747	151.437
75 Prosentil	1.268	1.194	1.200	5.821	5.384
99.5 Prosentil	7.048	4.377	5.111	37.901	27.484
Gjennomsnittleg avvik				125.297	123.939

RCP4.5 – Observert data frå produksjonsdata - Muidejohka

	Observert data [m3/s]	eQM [m3/s]	gQM [m3/s]	eQM - Avvik (%)	gQM - Avvik (%)
Årleg vassføring	0.533	0.644	0.661	20.884	24.089
Januar	0.073	0.461	0.426	535.183	486.985
Februar	0.109	0.208	0.184	91.321	69.620
Mars	0.069	0.081	0.061	17.567	11.220
April	0.081	0.061	0.047	24.738	41.920
Mai	0.805	0.249	0.232	68.994	71.177
Juni	1.183	1.281	1.470	8.287	24.317
Juli	1.110	2.476	2.667	123.185	140.392
August	0.818	1.076	1.126	31.631	37.701
September	0.462	0.408	0.379	11.587	18.009
Oktober	0.548	0.449	0.426	18.100	22.189
November	1.007	0.453	0.423	54.982	58.003
Desember	0.134	0.477	0.442	255.898	229.876
25 prosentil	0.098	0.121	0.085	23.681	12.897
Median	0.169	0.331	0.306	96.161	81.174
75 Prosentil	0.592	0.785	0.832	32.650	40.496
99.5 Prosentil	6.829	3.853	3.581	43.570	47.560
Gjennomsnittleg avvik				85.789	83.390

*RCP8.5 – Observert data frå produksjonsdata - Muidejohka*

	Observert data [m3/s]	eQM [m3/s]	gQM [m3/s]	eQM - Avvik (%)	gQM - Avvik (%)
Årleg vassføring	0.533	0.597	0.638	12.034	19.713
Januar	0.073	0.366	0.366	404.059	403.405
Februar	0.109	0.154	0.146	41.574	34.907
Mars	0.069	0.064	0.053	7.642	22.688
April	0.081	0.039	0.030	51.987	63.398
Mai	0.805	0.214	0.200	73.376	75.122
Juni	1.183	1.298	1.450	9.756	22.599
Juli	1.110	2.387	2.728	115.109	145.836
August	0.818	1.007	1.111	23.168	35.901
September	0.462	0.376	0.352	18.600	23.804
Oktober	0.548	0.418	0.402	23.669	26.600
November	1.007	0.380	0.364	62.258	63.839
Desember	0.134	0.414	0.400	209.192	198.226
25 prosentil	0.098	0.090	0.064	7.940	34.201
Median	0.169	0.284	0.263	68.508	55.568
75 Prosentil	0.592	0.735	0.785	24.141	32.596
99.5 Prosentil	6.829	3.443	3.737	49.580	45.267
Gjennomsnittleg avvik				70.741	76.686

**Stublielva**

*RCP4.5 – Observert data frå vassmerke – Stublielva*

	Observert data [m3/s]	eQM [m3/s]	gQM [m3/s]	eQM - Avvik (%)	gQM - Avvik (%)
Årleg vassføring	0.801	0.801	0.828	0.001	3.357
Januar	0.196	0.416	0.371	112.212	89.066
Februar	0.176	0.224	0.172	27.568	2.005
Mars	0.174	0.158	0.112	9.400	35.847
April	0.356	0.229	0.186	35.660	47.701
Mai	1.407	0.946	0.988	32.799	29.803
Juni	2.120	2.247	2.521	5.964	18.896
Juli	1.841	1.906	2.175	3.573	18.166
August	1.045	1.053	1.129	0.774	8.110
September	0.886	0.720	0.697	18.697	21.338
Oktober	0.694	0.617	0.577	11.120	16.842
November	0.407	0.555	0.507	36.540	24.704
Desember	0.271	0.505	0.458	86.446	69.155
25 prosentil	0.147	0.246	0.178	67.254	21.309
Median	0.404	0.563	0.528	39.407	30.632
75 Prosentil	1.099	1.117	1.184	1.664	7.762
99.5 Prosentil	6.101	3.383	3.633	44.555	40.457
Gjennomsnittleg avvik				31.390	28.538

RCP8.5 – Observert data frå vassmerke– Stublielva

	Observert data [m3/s]	eQM [m3/s]	gQM [m3/s]	eQM - Avvik (%)	gQM - Avvik (%)
Årleg vassføring	0.801	0.803	0.830	0.283	3.673
Januar	0.196	0.399	0.355	103.567	80.906
Februar	0.176	0.222	0.170	25.953	3.429
Mars	0.174	0.156	0.111	10.668	36.271
April	0.356	0.235	0.193	33.913	45.825
Mai	1.407	0.969	1.016	31.172	27.778
Juni	2.120	2.263	2.532	6.716	19.417
Juli	1.841	1.924	2.187	4.545	18.849
August	1.045	1.058	1.134	1.281	8.556
September	0.886	0.722	0.700	18.483	20.969
Oktober	0.694	0.635	0.600	8.491	13.536
November	0.407	0.545	0.496	34.053	22.102
Desember	0.271	0.475	0.428	75.576	58.126
25 prosentil	0.147	0.245	0.178	66.782	21.388
Median	0.404	0.560	0.526	38.549	30.253
75 Prosentil	1.099	1.111	1.177	1.096	7.139
99.5 Prosentil	6.101	3.499	3.721	42.650	39.017
Gjennomsnittleg avvik				29.634	26.896

RCP4.5 – Observert data frå produksjonsdata– Stublielva

	Observert data [m3/s]	eQM [m3/s]	gQM [m3/s]	eQM - Avvik (%)	gQM - Avvik (%)
Årleg vassføring	0.887	0.972	1.024	9.671	15.510
Januar	0.185	0.472	0.444	155.813	140.255
Februar	0.563	0.223	0.168	60.356	70.222
Mars	2.185	0.146	0.090	93.305	95.890
April	1.306	0.232	0.180	82.212	86.182
Mai	1.424	1.186	1.240	16.677	12.911
Juni	1.684	3.106	3.415	84.434	102.770
Juli	0.994	2.491	2.853	150.755	187.116
August	0.893	1.173	1.325	31.472	48.471
September	0.480	0.778	0.767	62.025	59.925
Oktober	0.438	0.661	0.634	50.958	44.773
November	0.294	0.596	0.565	103.136	92.538
Desember	0.197	0.563	0.560	186.195	184.894
25 prosentil	0.135	0.223	0.142	64.805	4.718
Median	0.349	0.584	0.568	67.365	62.694
75 Prosentil	1.035	1.331	1.481	28.586	43.090
99.5 Prosentil	7.978	4.837	5.089	39.373	36.210
Gjennomsnittleg avvik				75.714	75.775

RCP8.5 – Observert data frå produksjonsdata– Stublielva

	Observert data [m3/s]	eQM [m3/s]	gQM [m3/s]	eQM - Avvik (%)	gQM - Avvik (%)
Årleg vassføring	0.887	1.014	1.074	14.337	21.109
Januar	0.185	0.424	0.436	129.721	136.033
Februar	0.563	0.201	0.164	64.269	70.839
Mars	2.185	0.130	0.090	94.045	95.864
April	1.306	0.220	0.181	83.169	86.142
Mai	1.424	1.221	1.308	14.272	8.143
Juni	1.684	3.356	3.697	99.259	119.544
Juli	0.994	2.801	3.046	181.972	206.555
August	0.893	1.179	1.333	32.083	49.295
September	0.480	0.755	0.750	57.305	56.392
Oktober	0.438	0.717	0.696	63.644	58.840
November	0.294	0.588	0.557	100.255	89.825
Desember	0.197	0.530	0.576	169.430	192.826
25 prosentil	0.135	0.196	0.126	44.705	7.046
Median	0.349	0.568	0.564	62.820	61.603
75 Prosentil	1.035	1.348	1.521	30.235	46.893
99.5 Prosentil	7.978	5.270	5.841	33.944	26.788
Gjennomsnittleg avvik				75.027	78.455

**Tysseelva**

RCP4.5 – Observert data frå vassmerke - Tysseelva

	Observert data [m3/s]	eQM [m3/s]	gQM [m3/s]	eQM - Avvik (%)	gQM - Avvik (%)
Årleg vassføring	0.980	1.020	1.041	4.027	6.154
Januar	1.037	1.639	1.688	58.103	62.835
Februar	0.863	1.369	1.410	58.669	63.365
Mars	0.746	0.939	0.955	25.838	27.971
April	1.105	0.878	0.894	20.484	19.054
Mai	1.212	0.791	0.799	34.760	34.072
Juni	0.844	0.475	0.476	43.689	43.624
Juli	0.608	0.434	0.435	28.572	28.474
August	0.677	0.553	0.558	18.321	17.701
September	1.023	0.838	0.855	18.043	16.405
Oktober	1.116	1.157	1.186	3.598	6.206
November	1.378	1.497	1.531	8.634	11.110
Desember	1.155	1.685	1.721	45.922	49.085
25 prosentil	0.253	0.553	0.552	118.594	118.256
Median	0.505	0.856	0.870	69.437	72.307
75 Prosentil	1.262	1.320	1.364	4.618	8.113
99.5 Prosentil	6.892	3.578	3.541	48.082	48.618
Gjennomsnittleg avvik				35.846	37.256



RCP8.5 – Observert data frå vassmerke - Tysseelva

	Observert data [m3/s]	eQM [m3/s]	gQM [m3/s]	eQM - Avvik (%)	gQM - Avvik (%)
Årleg vassføring	0.980	1.027	1.049	4.795	7.051
Januar	1.037	1.651	1.703	59.269	64.258
Februar	0.863	1.433	1.475	66.044	70.968
Mars	0.746	0.998	1.020	33.688	36.725
April	1.105	0.891	0.905	19.310	18.037
Mai	1.212	0.781	0.788	35.572	34.947
Juni	0.844	0.459	0.458	45.590	45.715
Juli	0.608	0.444	0.444	26.955	27.004
August	0.677	0.572	0.575	15.592	15.160
September	1.023	0.825	0.840	19.316	17.852
Oktober	1.116	1.170	1.202	4.786	7.644
November	1.378	1.500	1.536	8.864	11.511
Desember	1.155	1.626	1.669	40.804	44.520
25 prosentil	0.253	0.551	0.551	117.727	117.643
Median	0.505	0.878	0.891	73.801	76.513
75 Prosentil	1.262	1.350	1.395	6.989	10.510
99.5 Prosentil	6.892	3.424	3.499	50.320	49.236
Gjennomsnittleg avvik				37.025	38.547

RCP4.5 – Observert data frå produksjonsdata - Tysseelva

	Observert data [m3/s]	eQM [m3/s]	gQM [m3/s]	eQM - Avvik (%)	gQM - Avvik (%)
Årleg vassføring	0.848	1.109	1.157	30.779	36.345
Januar	0.780	1.677	1.783	114.989	128.615
Februar	0.859	1.448	1.534	68.451	78.508
Mars	0.992	1.033	1.073	4.165	8.212
April	0.536	0.991	1.009	84.935	88.339
Mai	0.476	0.902	0.906	89.623	90.465
Juni	0.745	0.585	0.584	21.539	21.673
Juli	0.374	0.550	0.545	47.268	45.926
August	0.820	0.673	0.677	17.962	17.546
September	1.717	0.946	0.966	44.903	43.703
Oktober	1.684	1.276	1.341	24.215	20.330
November	0.285	1.557	1.642	446.901	476.765
Desember	0.913	1.695	1.839	85.634	101.459
25 prosentil	0.336	0.660	0.657	96.365	95.640
Median	0.619	0.986	0.993	59.434	60.485
75 Prosentil	1.193	1.447	1.503	21.254	25.986
99.5 Prosentil	4.731	3.140	3.591	33.630	24.108
Gjennomsnittleg avvik				76.003	80.241

RCP8.5 – Observert data frå produksjonsdata - Tysseelva

	Observert data [m3/s]	eQM [m3/s]	gQM [m3/s]	eQM - Avvik (%)	gQM - Avvik (%)
Årleg vassføring	0.848	0.872	0.951	2.836	12.105
Januar	0.780	1.324	1.468	69.790	88.218
Februar	0.859	1.184	1.283	37.760	49.357
Mars	0.992	0.833	0.925	15.968	6.728
April	0.536	0.788	0.855	47.124	59.627
Mai	0.476	0.710	0.766	49.332	61.036
Juni	0.745	0.462	0.482	38.006	35.264
Juli	0.374	0.445	0.467	19.080	25.139
August	0.820	0.543	0.576	33.784	29.778
September	1.717	0.735	0.787	57.160	54.155
Oktober	1.684	0.956	1.065	43.203	36.746
November	0.285	1.217	1.330	327.451	367.087
Desember	0.913	1.288	1.425	41.112	56.088
25 prosentil	0.336	0.524	0.560	56.142	66.731
Median	0.619	0.766	0.838	23.918	35.504
75 Prosentil	1.193	1.121	1.225	6.023	2.662
99.5 Prosentil	4.731	2.577	2.870	45.533	39.348
Gjennomsnittleg avvik				53.778	60.328

**Tyttebærelva**

RCP4.5 – Observert data frå vassmerke – Tyttebærelva

	Observert data [m3/s]	eQM [m3/s]	gQM [m3/s]	eQM - Avvik (%)	gQM - Avvik (%)
Årleg vassføring	0.848	0.867	0.868	2.230	2.338
Januar	0.474	0.545	0.540	14.992	13.824
Februar	0.356	0.391	0.387	9.797	8.478
Mars	0.274	0.325	0.321	18.411	17.211
April	0.338	0.416	0.406	22.892	20.069
Mai	1.478	1.172	1.183	20.706	19.978
Juni	1.866	2.155	2.275	15.464	21.913
Juli	1.254	1.726	1.807	37.663	44.149
August	0.851	1.010	0.981	18.612	15.206
September	0.824	0.729	0.672	11.507	18.441
Oktober	1.061	0.710	0.664	33.105	37.450
November	0.708	0.640	0.610	9.557	13.832
Desember	0.691	0.557	0.542	19.351	21.635
25 prosentil	0.242	0.427	0.399	76.261	64.720
Median	0.571	0.685	0.644	19.968	12.796
75 Prosentil	1.176	1.116	1.113	5.110	5.390
99.5 Prosentil	4.533	2.771	2.900	38.867	36.015
Gjennomsnittleg avvik				22.029	21.967

RCP8.5 – Observert data frå vassmerke – Tyttebærelva

	Observert data [m3/s]	eQM [m3/s]	gQM [m3/s]	eQM - Avvik (%)	gQM - Avvik (%)
Årleg vassføring	0.848	0.856	0.856	0.897	0.983
Januar	0.474	0.516	0.512	8.898	7.890
Februar	0.356	0.369	0.363	3.556	1.927
Mars	0.274	0.307	0.305	12.109	11.266
April	0.338	0.420	0.412	24.293	21.908
Mai	1.478	1.184	1.196	19.857	19.089
Juni	1.866	2.151	2.269	15.262	21.578
Juli	1.254	1.707	1.785	36.120	42.344
August	0.851	0.995	0.966	16.940	13.490
September	0.824	0.724	0.669	12.038	18.830
Oktober	1.061	0.705	0.659	33.524	37.875
November	0.708	0.626	0.596	11.553	15.763
Desember	0.691	0.533	0.517	22.867	25.209
25 prosentil	0.242	0.420	0.395	73.562	63.147
Median	0.571	0.670	0.632	17.347	10.660
75 Prosentil	1.176	1.082	1.078	7.963	8.299
99.5 Prosentil	4.533	2.739	2.882	39.569	36.415
Gjennomsnittleg avvik				20.962	20.981

RCP4.5 – Observert data frå produksjonsdata – Tyttebærelva

	Observert data [m3/s]	eQM [m3/s]	gQM [m3/s]	eQM - Avvik (%)	gQM - Avvik (%)
Årleg vassføring	0.942	1.109	1.157	17.827	22.842
Januar	0.537	1.677	1.783	212.172	231.957
Februar	0.687	1.448	1.534	110.737	123.320
Mars	0.879	1.033	1.073	17.533	22.100
April	0.866	0.991	1.009	14.369	16.474
Mai	1.315	0.902	0.906	31.409	31.104
Juni	2.652	0.585	0.584	77.954	77.992
Juli	1.395	0.550	0.545	60.570	60.929
August	0.608	0.673	0.677	10.640	11.201
September	0.511	0.946	0.966	85.202	89.235
Oktober	0.754	1.276	1.341	69.181	77.853
November	0.514	1.557	1.642	203.086	219.636
Desember	0.580	1.695	1.839	192.175	217.082
25 prosentil	0.398	0.660	0.657	65.747	65.135
Median	0.643	0.986	0.993	53.259	54.269
75 Prosentil	1.162	1.447	1.503	24.473	29.330
99.5 Prosentil	6.872	3.140	3.591	54.302	47.745
Gjennomsnittleg avvik				76.508	82.247

RCP8.5 – Observert data frå produksjonsdata – Tyttebærelva

	Observert data [m3/s]	eQM [m3/s]	gQM [m3/s]	eQM - Avvik (%)	gQM - Avvik (%)
Årleg vassføring	0.942	1.061	1.118	12.657	18.747
Januar	0.537	0.613	0.581	14.109	8.257
Februar	0.687	0.415	0.348	39.544	49.345
Mars	0.879	0.316	0.249	64.002	71.627
April	0.866	0.449	0.392	48.226	54.759
Mai	1.315	1.509	1.671	14.768	27.050
Juni	2.652	3.055	3.593	15.201	35.472
Juli	1.395	2.252	2.657	61.413	90.451
August	0.608	1.096	1.165	80.078	91.532
September	0.511	0.804	0.712	57.474	39.379
Oktober	0.754	0.798	0.726	5.760	3.724
November	0.514	0.725	0.655	41.054	27.464
Desember	0.580	0.665	0.627	14.638	8.082
25 prosentil	0.398	0.441	0.340	10.722	14.552
Median	0.643	0.744	0.691	15.556	7.391
75 Prosentil	1.162	1.333	1.454	14.720	25.111
99.5 Prosentil	6.872	4.419	4.901	35.689	28.681
Gjennomsnittleg avvik				32.095	35.390

**Valåe**

RCP4.5 – Observert data frå vassmerke - Valåe

	Observert data [m3/s]	eQM [m3/s]	gQM [m3/s]	eQM - Avvik (%)	gQM - Avvik (%)
Årleg vassføring	0.425	0.427	0.423	0.568	0.434
Januar	0.087	0.149	0.146	71.213	68.183
Februar	0.065	0.103	0.108	58.459	65.730
Mars	0.057	0.073	0.083	28.857	47.331
April	0.224	0.101	0.107	54.935	52.228
Mai	1.395	0.557	0.581	60.057	58.352
Juni	1.105	1.479	1.691	33.807	52.969
Juli	0.619	1.110	1.112	79.381	79.736
August	0.479	0.510	0.388	6.539	19.054
September	0.405	0.333	0.253	17.889	37.444
Oktober	0.331	0.275	0.221	16.784	33.169
November	0.208	0.231	0.198	11.229	4.583
Desember	0.123	0.191	0.177	54.695	43.361
25 prosentil	0.083	0.123	0.121	47.407	45.875
Median	0.222	0.256	0.211	15.146	5.021
75 Prosentil	0.512	0.501	0.392	2.125	23.445
99.5 Prosentil	3.723	2.353	2.521	36.784	32.267
Gjennomsnittleg avvik				35.051	39.364

RCP8.5 – Observert data frå vassmerke - Valåe

	Observert data [m3/s]	eQM [m3/s]	gQM [m3/s]	eQM - Avvik (%)	gQM - Avvik (%)
Årleg vassføring	0.425	0.429	0.424	1.038	0.275
Januar	0.087	0.148	0.146	69.692	67.761
Februar	0.065	0.098	0.103	50.059	57.283
Mars	0.057	0.072	0.083	26.794	46.637
April	0.224	0.102	0.104	54.589	53.497
Mai	1.395	0.551	0.563	60.508	59.661
Juni	1.105	1.490	1.670	34.813	51.073
Juli	0.619	1.128	1.163	82.243	88.000
August	0.479	0.517	0.396	7.897	17.308
September	0.405	0.338	0.255	16.653	36.958
Oktober	0.331	0.277	0.222	16.341	32.946
November	0.208	0.232	0.199	11.636	4.452
Desember	0.123	0.185	0.169	50.219	37.383
25 prosentil	0.083	0.122	0.120	46.454	43.851
Median	0.222	0.255	0.210	14.801	5.427
75 Prosentil	0.512	0.500	0.385	2.341	24.722
99.5 Prosentil	3.723	2.388	2.503	35.840	32.771
Gjennomsnittleg avvik				34.230	38.824

RCP4.5 – Observert data frå produksjonsdata - Valåe

	Observert data [m3/s]	eQM [m3/s]	gQM [m3/s]	eQM - Avvik (%)	gQM - Avvik (%)
Årleg vassføring	0.220	0.277	0.377	25.855	71.160
Januar	0.010	0.039	0.027	307.291	178.568
Februar	0.009	0.017	0.009	81.628	5.715
Mars	0.008	0.007	0.003	16.057	67.189
April	0.066	0.033	0.025	50.266	62.345
Mai	0.759	0.418	0.522	44.966	31.254
Juni	0.862	1.284	2.293	48.919	166.014
Juli	0.309	0.959	1.358	210.027	339.212
August	0.206	0.269	0.148	30.600	28.376
September	0.101	0.090	0.033	10.592	66.951
Oktober	0.289	0.079	0.029	72.521	90.044
November	0.012	0.060	0.030	383.456	142.163
Desember	0.010	0.059	0.041	514.228	329.362
25 prosentil	0.015	0.013	0.004	12.909	75.774
Median	0.020	0.068	0.023	233.001	11.715
75 Prosentil	0.202	0.282	0.181	39.732	10.645
99.5 Prosentil	2.043	2.474	4.052	21.095	98.330
Gjennomsnittleg avvik				123.714	104.401

RCP8.5 – Observert data frå produksjonsdata - Valåe

	Observert data [m3/s]	eQM [m3/s]	gQM [m3/s]	eQM - Avvik (%)	gQM - Avvik (%)
Årleg vassføring	0.220	0.305	0.363	38.607	64.844
Januar	0.010	0.035	0.027	270.924	186.427
Februar	0.009	0.011	0.005	20.608	45.379
Mars	0.008	0.006	0.003	23.546	66.468
April	0.066	0.034	0.029	49.083	56.217
Mai	0.759	0.439	0.503	42.092	33.727
Juni	0.862	1.553	2.236	80.187	159.451
Juli	0.309	1.058	1.296	242.142	319.046
August	0.206	0.264	0.136	27.930	34.068
September	0.101	0.081	0.029	20.096	71.408
Oktober	0.289	0.066	0.025	77.142	91.282
November	0.012	0.056	0.030	354.956	144.095
Desember	0.010	0.048	0.031	397.022	225.895
25 prosentil	0.015	0.010	0.003	30.772	81.385
Median	0.020	0.063	0.020	210.120	3.090
75 Prosentil	0.202	0.272	0.182	34.665	9.912
99.5 Prosentil	2.043	2.921	3.835	42.981	87.700
Gjennomsnittleg avvik				115.463	98.847

**Vanndøla**

RCP4.5 – Observert data frå vassmerke - Vanndøla

	Observert data [m3/s]	eQM [m3/s]	gQM [m3/s]	eQM - Avvik (%)	gQM - Avvik (%)
Årleg vassføring	0.526	0.531	0.544	0.960	3.379
Januar	0.087	0.472	0.492	441.609	464.268
Februar	0.082	0.268	0.275	225.355	233.285
Mars	0.062	0.123	0.125	98.136	101.505
April	0.130	0.156	0.159	19.299	21.810
Mai	0.795	0.518	0.538	34.827	32.364
Juni	1.695	1.247	1.270	26.426	25.089
Juli	1.354	1.179	1.185	12.958	12.495
August	0.722	0.468	0.479	35.135	33.601
September	0.543	0.298	0.307	45.176	43.575
Oktober	0.454	0.518	0.533	14.078	17.387
November	0.233	0.548	0.567	135.799	143.875
Desember	0.128	0.556	0.574	333.103	347.460
25 prosentil	0.074	0.211	0.217	184.946	193.594
Median	0.198	0.395	0.410	99.507	107.136
75 Prosentil	0.768	0.738	0.759	3.850	1.226
99.5 Prosentil	3.146	1.934	1.913	38.518	39.214
Gjennomsnittleg avvik				102.923	107.133

RCP8.5 – Observert data frå vassmerke - Vanndøla

	Observert data [m3/s]	eQM [m3/s]	gQM [m3/s]	eQM - Avvik (%)	gQM - Avvik (%)
Årleg vassføring	0.526	0.531	0.544	1.037	3.541
Januar	0.087	0.453	0.472	419.380	441.083
Februar	0.082	0.282	0.290	242.312	251.882
Mars	0.062	0.134	0.137	116.801	121.024
April	0.130	0.159	0.163	22.325	25.003
Mai	0.795	0.518	0.535	34.878	32.695
Juni	1.695	1.257	1.285	25.817	24.179
Juli	1.354	1.193	1.207	11.865	10.887
August	0.722	0.479	0.489	33.618	32.219
September	0.543	0.293	0.300	46.112	44.831
Oktober	0.454	0.509	0.523	11.985	15.235
November	0.233	0.548	0.566	135.767	143.457
Desember	0.128	0.531	0.548	313.801	326.772
25 prosentil	0.074	0.215	0.221	190.784	198.379
Median	0.198	0.397	0.410	100.279	107.120
75 Prosentil	0.768	0.729	0.751	5.028	2.277
99.5 Prosentil	3.146	1.937	1.938	38.430	38.397
Gjennomsnittleg avvik				102.954	106.999

RCP4.5 – Observert data frå produksjonsdata - Vanndøla

	Observert data [m3/s]	eQM [m3/s]	gQM [m3/s]	eQM - Avvik (%)	gQM - Avvik (%)
Årleg vassføring	0.748	0.919	0.968	22.862	29.423
Januar	0.484	0.875	0.904	80.899	86.941
Februar	0.344	0.471	0.425	36.970	23.431
Mars	0.086	0.217	0.144	152.764	68.257
April	0.609	0.263	0.202	56.794	66.879
Mai	2.227	0.816	0.916	63.383	58.880
Juni	1.201	2.099	2.479	74.797	106.482
Juli	0.340	2.187	2.329	542.437	583.880
August	0.528	0.736	0.768	39.485	45.441
September	1.308	0.463	0.406	64.580	68.985
Oktober	0.719	0.869	0.927	20.863	28.928
November	0.655	0.944	0.994	44.206	51.750
Desember	0.474	1.048	1.080	121.122	127.940
25 prosentil	0.189	0.328	0.254	73.618	34.519
Median	0.382	0.613	0.636	60.446	66.376
75 Prosentil	0.725	1.264	1.422	74.249	96.057
99.5 Prosentil	6.571	4.184	4.033	36.328	38.627
Gjennomsnittleg avvik				92.106	93.106

RCP8.5 – Observert data frå produksjonsdata - Vanndøla

	Observert data [m3/s]	eQM [m3/s]	gQM [m3/s]	eQM - Avvik (%)	gQM - Avvik (%)
Årleg vassføring	0.748	0.720	0.794	3.727	6.120
Januar	0.484	0.653	0.705	35.057	45.815
Februar	0.344	0.370	0.346	7.406	0.462
Mars	0.086	0.177	0.126	106.065	46.745
April	0.609	0.214	0.191	64.800	68.568
Mai	2.227	0.629	0.745	71.759	66.569
Juni	1.201	1.700	2.120	41.636	76.604
Juli	0.340	1.682	1.955	394.142	474.084
August	0.528	0.609	0.622	15.392	17.916
September	1.308	0.380	0.309	70.920	76.390
Oktober	0.719	0.675	0.733	6.071	1.922
November	0.655	0.782	0.844	19.371	28.868
Desember	0.474	0.742	0.797	56.596	68.122
25 prosentil	0.189	0.271	0.195	43.420	3.476
Median	0.382	0.479	0.511	25.221	33.686
75 Prosentil	0.725	0.981	1.148	35.246	58.259
99.5 Prosentil	6.571	3.216	3.489	51.057	46.898
Gjennomsnittleg avvik				61.640	65.912

**Ytre Alsåker**

RCP4.5 – Observert data frå vassmerke -Ytre Alsåker

	Observert data [m3/s]	eQM [m3/s]	gQM [m3/s]	eQM - Avvik (%)	gQM - Avvik (%)
Årleg vassføring	1.804	0.531	0.544	70.580	69.875
Januar	1.103	0.472	0.492	57.195	55.405
Februar	0.848	0.268	0.275	68.381	67.610
Mars	0.825	0.123	0.125	85.114	84.861
April	1.521	0.156	0.159	89.772	89.556
Mai	2.826	0.518	0.538	81.664	80.971
Juni	3.050	1.247	1.270	59.125	58.382
Juli	2.466	1.179	1.185	52.203	51.948
August	1.941	0.468	0.479	75.886	75.316
September	2.042	0.298	0.307	85.417	84.991
Oktober	1.998	0.518	0.533	74.078	73.326
November	1.571	0.548	0.567	65.088	63.892
Desember	1.405	0.556	0.574	60.451	59.140
25 prosentil	0.487	0.211	0.217	56.702	55.388
Median	1.188	0.395	0.410	66.749	65.477
75 Prosentil	2.300	0.738	0.759	67.894	67.018
99.5 Prosentil	12.945	1.934	1.913	85.056	85.225
Gjennomsnittleg avvik				70.668	69.905



RCP8.5 – Observert data frå vassmerke -Ytre Alsåker

	Observert data [m3/s]	eQM [m3/s]	gQM [m3/s]	eQM - Avvik (%)	gQM - Avvik (%)
Årleg vassføring	1.804	1.806	1.860	0.082	3.118
Januar	1.103	3.168	3.657	187.214	231.510
Februar	0.848	2.625	2.948	209.690	247.869
Mars	0.825	1.874	1.921	127.258	132.942
April	1.521	1.526	1.394	0.341	8.369
Mai	2.826	1.770	1.588	37.378	43.791
Juni	3.050	1.267	1.058	58.457	65.325
Juli	2.466	0.653	0.463	73.532	81.207
August	1.941	0.596	0.442	69.278	77.231
September	2.042	0.995	0.879	51.264	56.980
Oktober	1.998	1.836	1.930	8.120	3.419
November	1.571	2.484	2.755	58.086	75.393
Desember	1.405	2.917	3.344	107.560	137.934
25 prosentil	0.487	0.984	0.752	102.003	54.447
Median	1.188	1.620	1.513	36.375	27.358
75 Prosentil	2.300	2.360	2.583	2.620	12.323
99.5 Prosentil	12.945	6.255	7.723	51.682	40.338
Gjennomsnittleg avvik				69.467	76.444

RCP4.5 – Observert data frå produksjonsdata -Ytre Alsåker

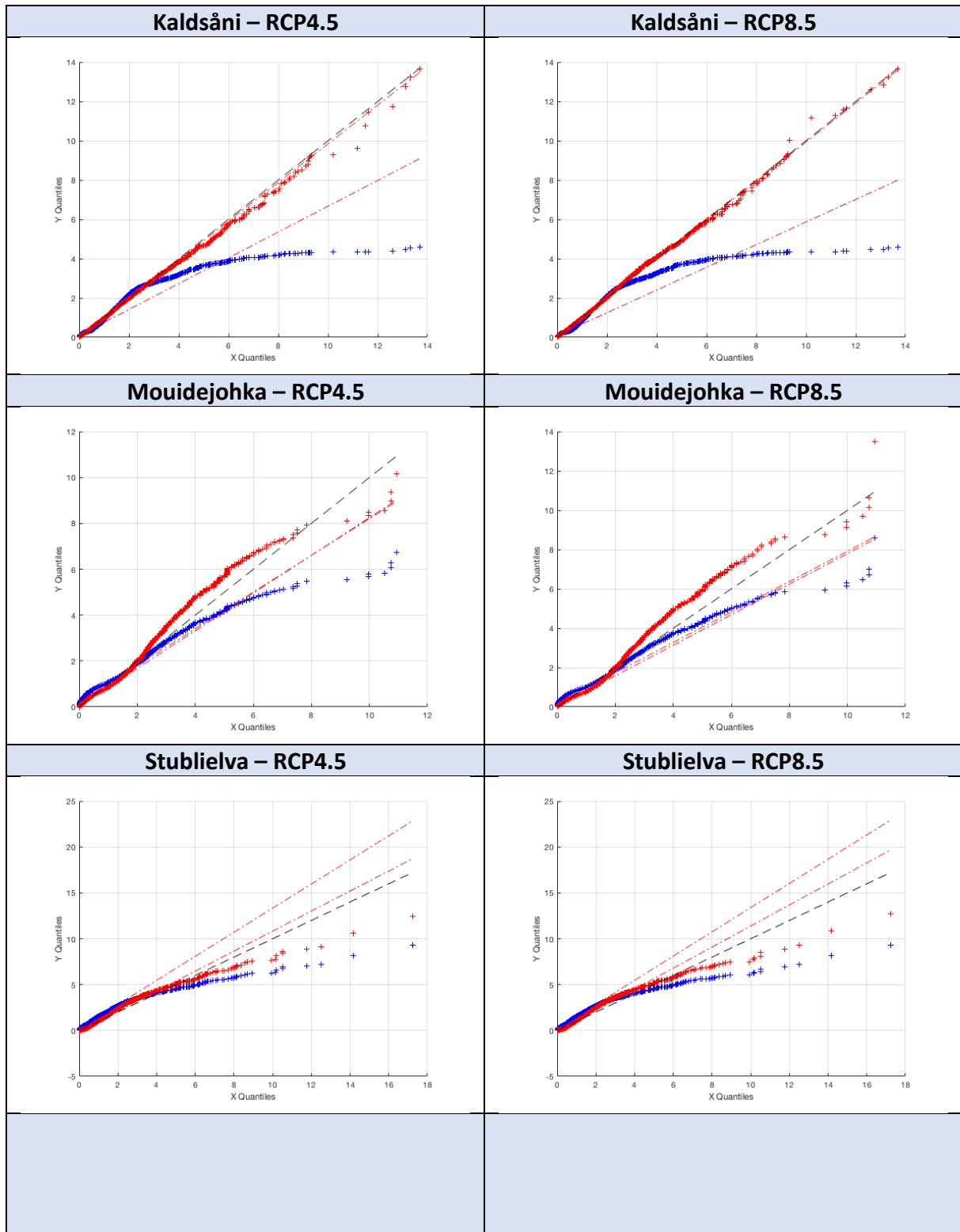
	Observert data [m3/s]	eQM [m3/s]	gQM [m3/s]	eQM - Avvik (%)	gQM - Avvik (%)
Årleg vassføring	1.050	1.013	1.033	3.495	1.606
Januar	0.488	1.629	1.880	234.140	285.494
Februar	0.437	1.351	1.492	209.204	241.663
Mars	1.059	0.962	0.994	9.142	6.195
April	1.394	0.888	0.809	36.257	41.978
Mai	2.059	1.169	0.955	43.232	53.619
Juni	1.276	0.778	0.663	39.063	48.031
Juli	1.311	0.326	0.329	75.120	74.872
August	1.444	0.291	0.302	79.871	79.108
September	1.462	0.596	0.545	59.216	62.719
Oktober	0.642	1.133	1.084	76.558	68.992
November	0.706	1.442	1.513	104.333	114.316
Desember	0.322	1.612	1.852	400.814	475.468
25 prosentil	0.130	0.544	0.491	320.061	278.859
Median	0.555	0.985	0.865	77.363	55.867
75 Prosentil	1.641	1.396	1.379	14.922	15.944
99.5 Prosentil	3.022	2.662	3.932	11.930	30.104
Gjennomsnittleg avvik				105.572	113.814

RCP8.5 – Observert data frå produksjonsdata -Ytre Alsåker

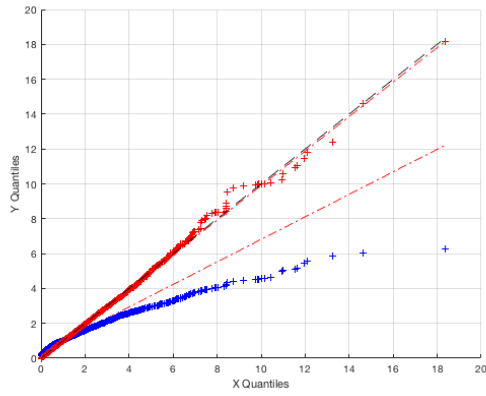
	Observert data [m3/s]	eQM [m3/s]	gQM [m3/s]	eQM - Avvik (%)	gQM - Avvik (%)
Årleg vassføring	1.050	1.019	1.024	2.944	2.441
Januar	0.488	1.652	1.881	238.729	285.765
Februar	0.437	1.412	1.544	223.387	253.410
Mars	1.059	1.030	1.042	2.757	1.583
April	1.394	0.912	0.814	34.593	41.625
Mai	2.059	1.127	0.934	45.234	54.650
Juni	1.276	0.775	0.663	39.238	48.017
Juli	1.311	0.345	0.336	73.710	74.332
August	1.444	0.319	0.317	77.889	78.061
September	1.462	0.596	0.540	59.259	63.038
Oktober	0.642	1.110	1.062	73.017	65.482
November	0.706	1.400	1.457	98.333	106.487
Desember	0.322	1.572	1.726	388.336	436.418
25 prosentil	0.130	0.563	0.493	334.838	280.533
Median	0.555	0.990	0.877	78.274	58.020
75 Prosentil	1.641	1.398	1.372	14.800	16.358
99.5 Prosentil	3.022	2.769	3.738	8.399	23.666
Gjennomsnittleg avvik				105.514	111.170

### 8.3 Kvantil-Kvantil-plot med observert, modellert og biaskorrigert data

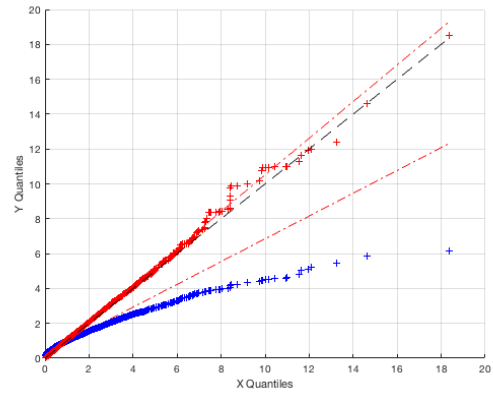
Figurane i dette vedlegget samanliknar observert data med modelldata og observert data med biaskorrigert data i kvantil-kvantil-plot. Observert data mot modelldata er vist i blått, og observert data mot biaskorrigert data er vist i raudt. Observert data ok biaskorrigeringsmetode for kvart enkelt kraftverk er dei som har blitt plukka ut til å jobbe vidare med i oppgåva. Det er to figurar per kraftverk – ein for kvart klimascenario.



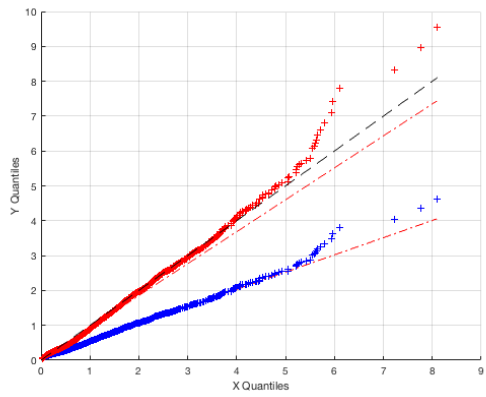
**Tysseelva – RCP4.5**



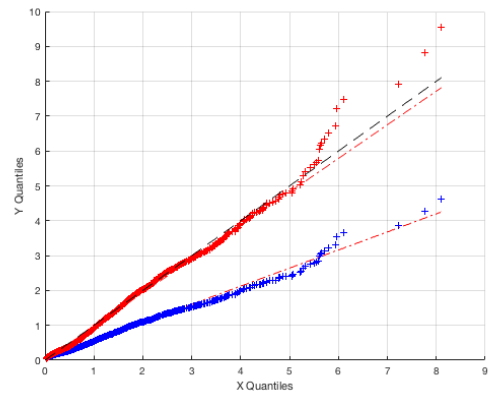
**Tysseelva – RCP8.5**



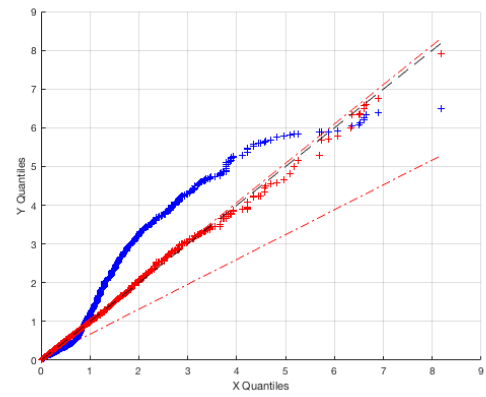
**Tyttbærelva – RCP4.5**



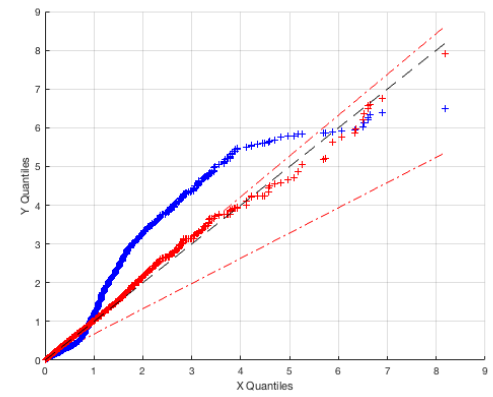
**Tyttbærelva – RCP8.5**



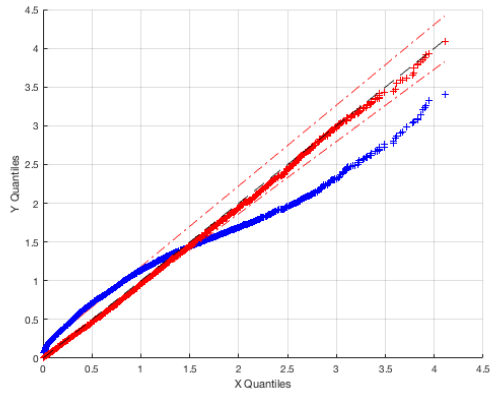
**Valåe – RCP4.5**



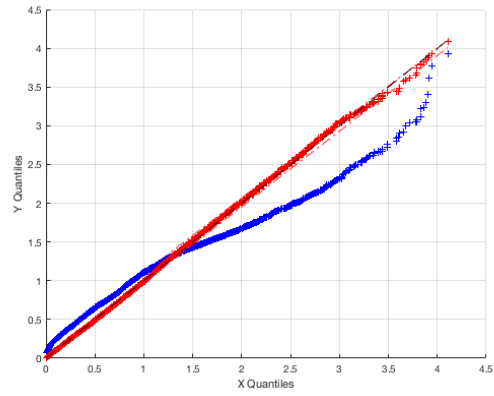
**Valåe – RCP8.5**



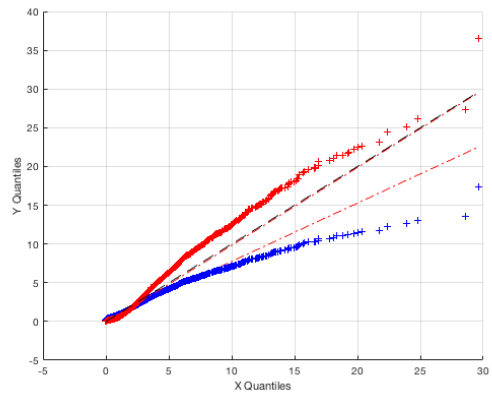
**Vanndøla – RCP4.5**



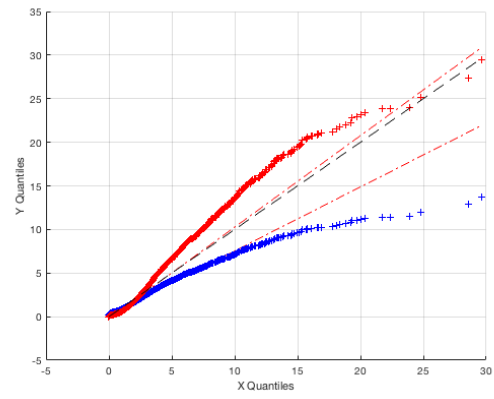
**Vanndøla – RCP8.5**



**Ytre Alsåker – RCP4.5**



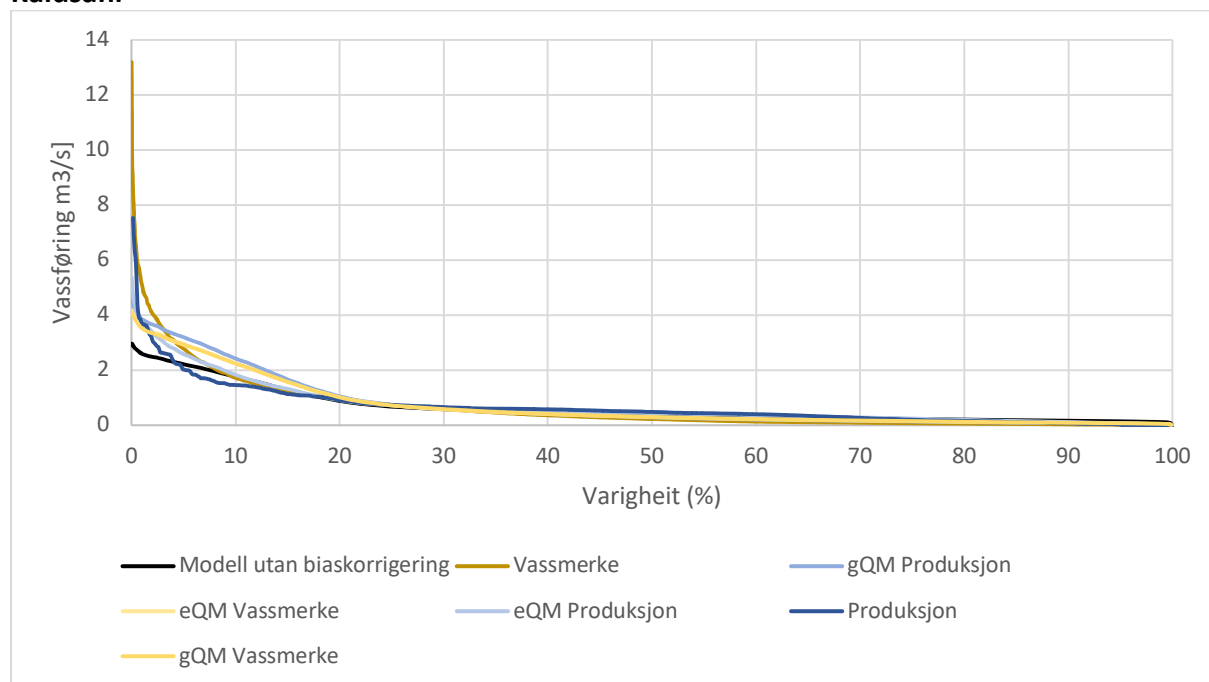
**Ytre Alsåker – RCP4.5**



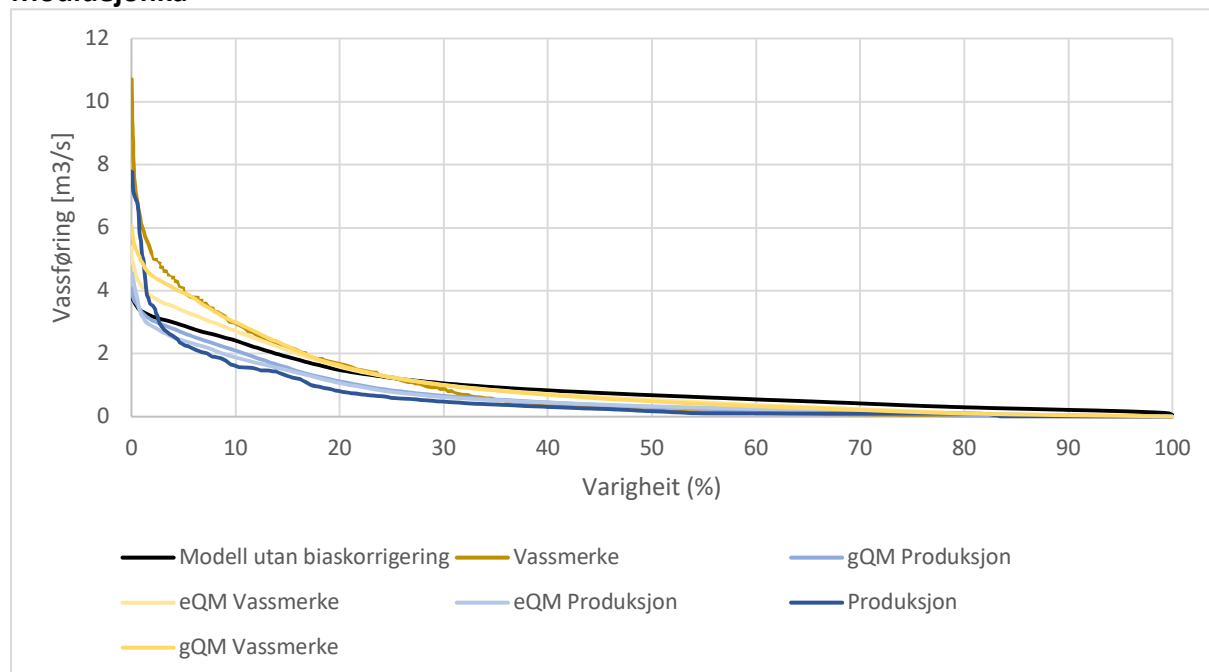
## 8.4 Varigheitskurver for historisk data med

Figurane i dette vedlegget er varigheitskurver med historisk data. Kurvene viser modelldataa, begge observerte dataa og alle biaskorrigeringane. Klimascenariot er RCP4.5. Figurane har vassføring i  $\text{m}^3/\text{s}$  i y-aksen og varigheit i prosent i x-aksen. Det er ein figur per kraftverk.

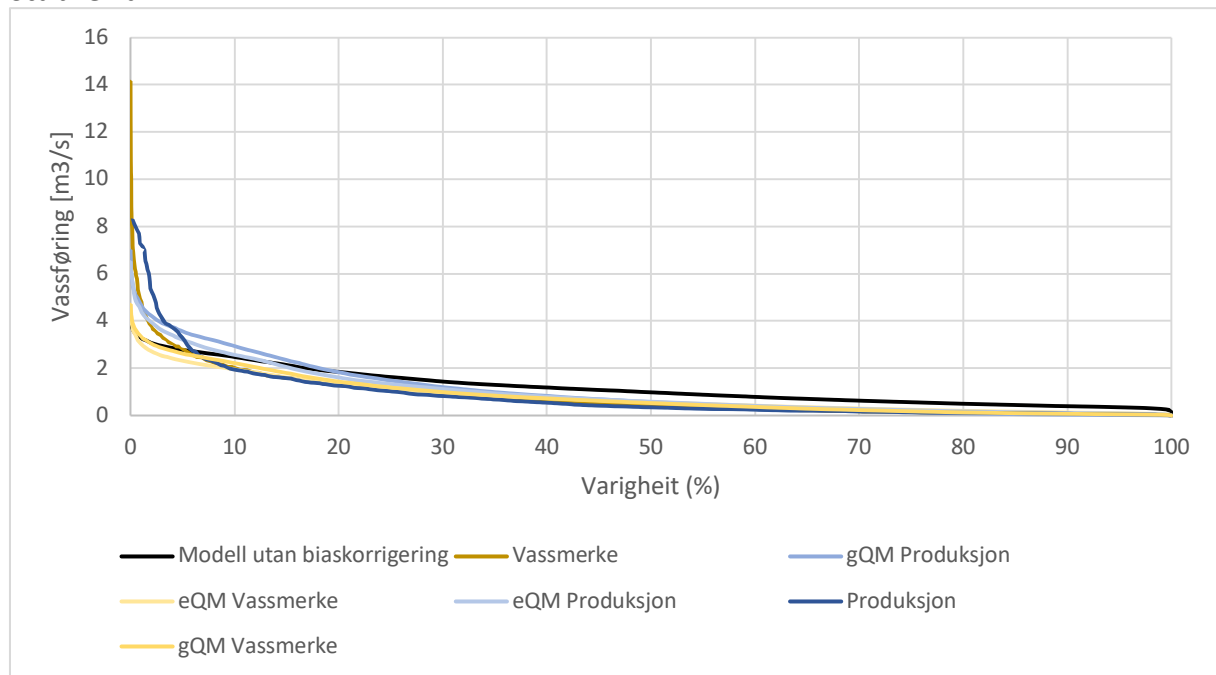
### Kaldsåni



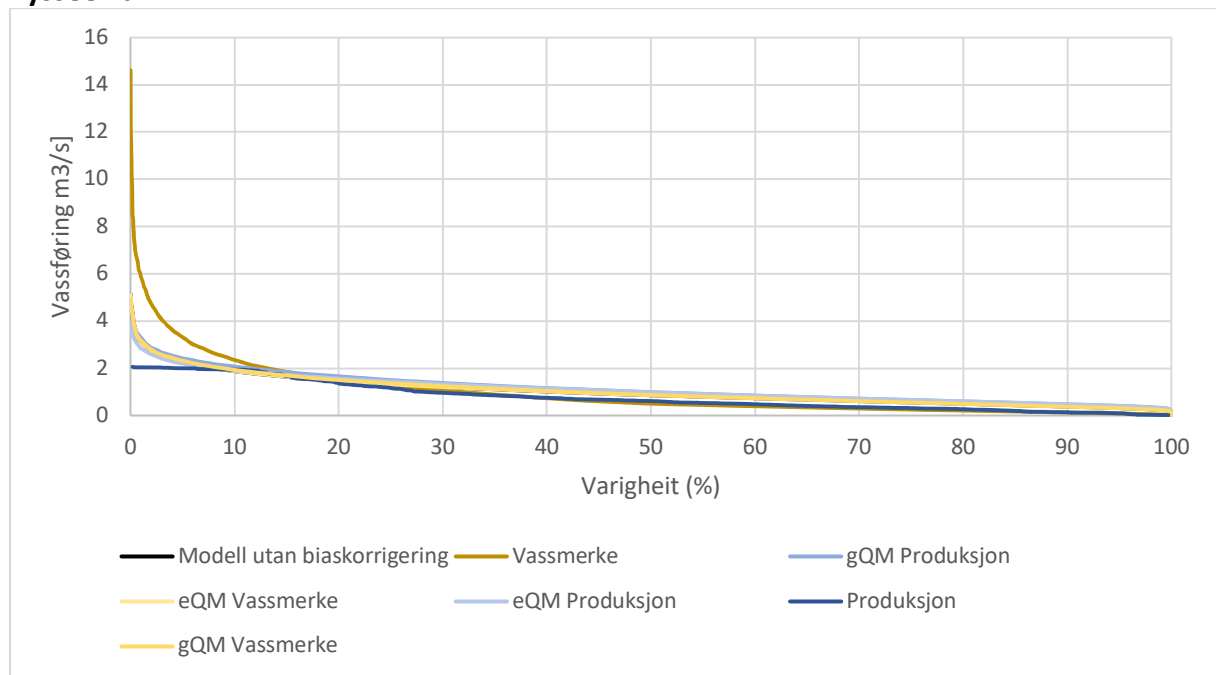
### Mouidejohka



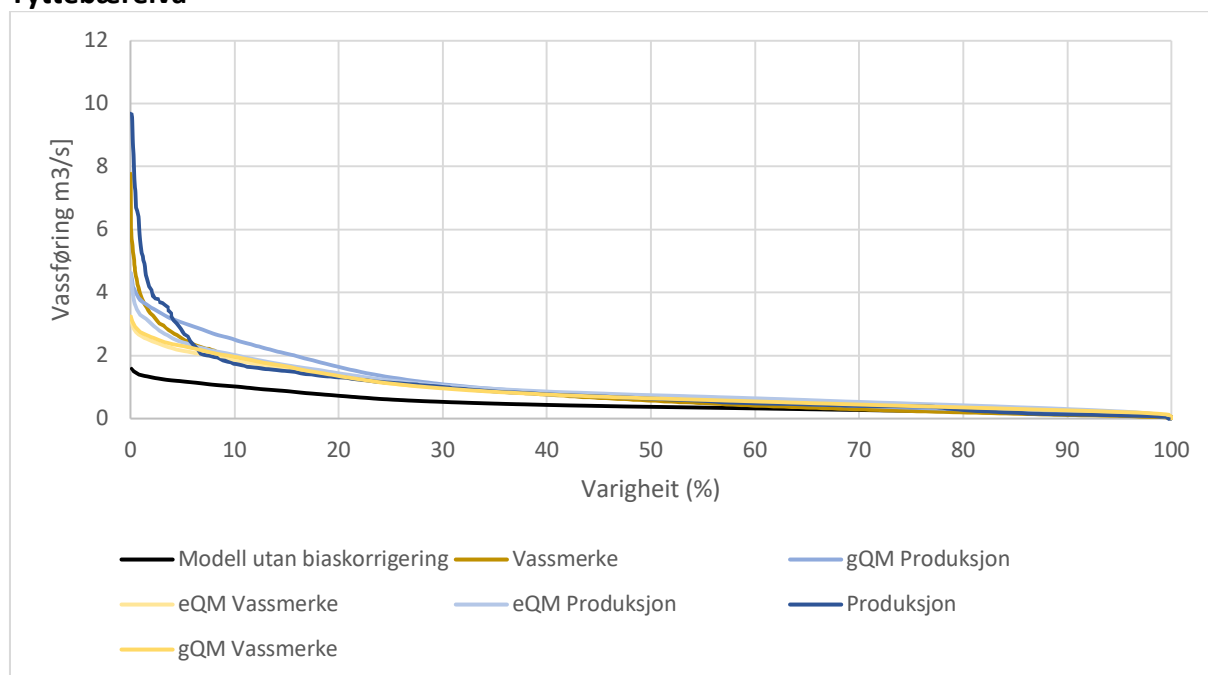
## Stublielva



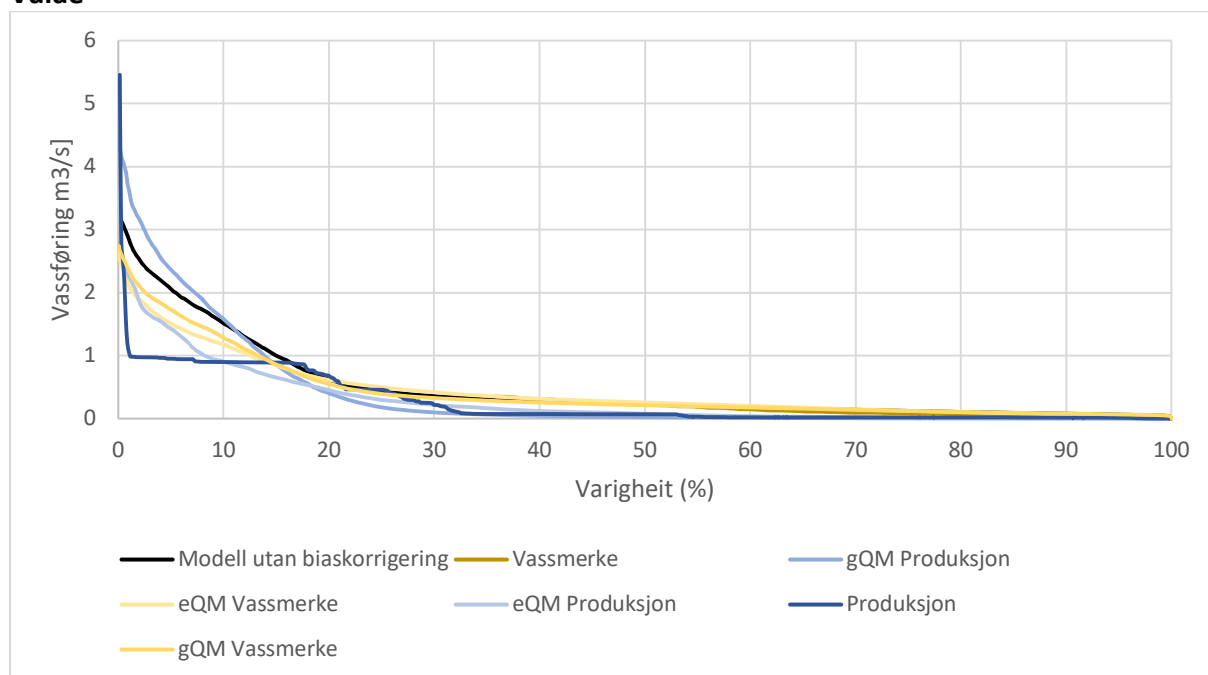
## Tysseelva



## Tyttbærelva

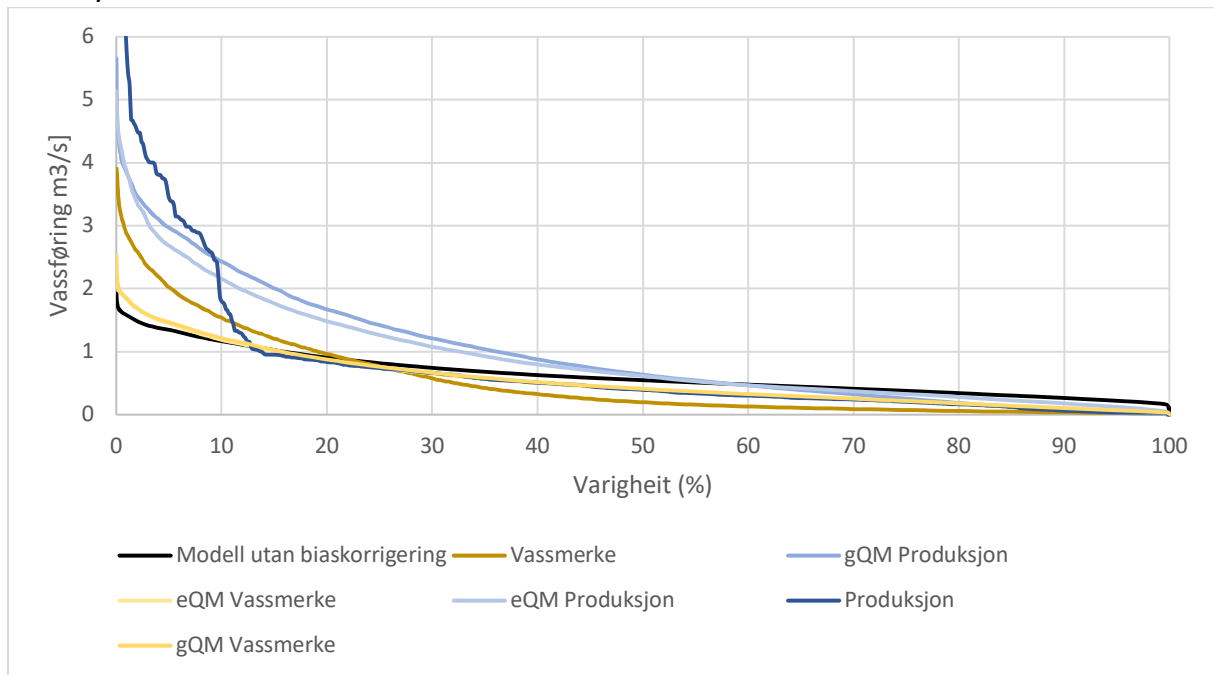


## Valåe





## Vanndøla



## Ytre Alsåker

