

Gassmetning i Otra nedenfor Brokke 2018 - 2019



NORCE

Laboratorium for ferskvannøkologi og innlandsfiske (LFI)

Laboratorium for ferskvannøkologi og innlandsfiske (LFI)

I 2018 ble Uni Research en del av NORCE (Norwegian Research Center)

NORCE LFI, Nygårdsgaten 112, 5008 Bergen, Tel: 55 58 22 28

ISSN nr: ISSN-2535-6623

LFI-rapport nr: 361

Tittel: Gassmetning i Otra nedenfor Brokke 2018 - 2019

Dato: 30.09.2019

Forfattere: Ulrich Pulg, Espen Olsen Espedal og Sebastian Stranzl

Bilder: Alle foto er tatt av Norce LFI.

Geografisk område: Aust-Agder, Norge

Oppdragsgiver: Agder Energi AS

Kontaktperson hos oppdragsgiver: Aleksander Andersen

Antall sider: 19

Emneord: Gassovermetning, luftmetning, overvåking

Sammendrag:

Gassovermetning fra Brokke kraftverk har ligget over 110 % i 35-36 % av tiden i perioden 2018-2019. Toppverdien var 176 % (2018). Årsgangene og intensitet samsvarte med årene før og var preget av 8 uker lange overmetningsperioder i vårløsningene samt kortere perioder ellers knyttet til regnvær (3-10 dager). Som i årene før må det derfor regnes med gassblæresyke for fisk og bunndyr som er rammet av overmetningen. En nøyaktig oppmaling av gasstransport gjennom Hekni kraftverk viste at det ikke forekommer utlufting der. Målinger ovenfor og nedenfor deflektoren på Tjurmo dam vist at den fungerte etter hensikten og luftet vannet godt. Gassovermetning ble redusert med 65-82 %, maksimal gassmetning nedenfor var 107 %, median 103 % TGP.

Det anbefales å fortsette overvåkingen på Brokke og Tjurmo dam og å samarbeide med bl.a. forskningsprosjektene SUPERSAT og DEGAS for å finne løsninger.

Innhold

1. Introduksjon	4
2. Materiale og metoder	5
3. Resultater	5
Gassmetning ved utløp av Brøkke kraftverk 2018 og 2019	5
Gassmetning ovenfor Hekni 2018-2019	8
Gassmetning ved utløp Hekni 2018-2019	10
Gassmetning ved deflektor 2018-2019	14
Effekt av deflektor	16
4. Diskusjon og sammendrag	17
5. Referanser	18

1. Introduksjon

Gassovermetning har blitt dokumentert i Otra nedenfor Bokke kraftverk siden 2011, Overvåkingen 2012-2015 samt en analyse av årsakene er sammenfattet i Pulg et al. (2016). Overvåkingen 2016-2017 finnes i Pulg et al. (2018). Det forekommer lange perioder (opptil flere uker) med gassovermetning over 110 % og toppene når rundt 170 % TGP (Total Gas Pressure). Årsak er bekkeinntak som river med seg luft når det er høy vannføring på fjellet (vårløsning, mye nedbør). Gassovermettet vann transporteres over mange kilometer i elven og kan vanligvis følges til nedenfor Hekni kraftverk (ca. 20 km) men delvis også 30 km til Åraksfjorden.

I denne studien presenteres gassmetningsdata fra Brokke kraftverk i årene 2018 og 2019.

2. Materiale og metoder

NORCE LFI har på oppdrag fra Agder Energi overvåket gassmetning med varighetslogging ved utløpet av Brokke kraftverk mellom 2018 – 2019. Det har også blitt gjennomført varighetslogging ovenfor Tjurrmo dam (ovenfor Hekni), ved deflektoren som er installert ved Tjurrmoen dam og ved utløpet av Hekni kraftverk.

Loggningen er gjennomført ved bruk av robuste feltloggere (Fisch und Wassertechnik) som er tilkoblet internett (GSM modem) og strømnettet (230 V). Målemetoden er basert på et «Weiss-Saturometer» i sonden, og det som registreres er metning av alle gasser i vannet (Total Gass Pressure, TGP) relativt til atmosfærisk lufttrykk. Verdien gjenspeiler derfor gassmetningen som vannet ville hatt ved vannoverflaten selv om det er målt i varierende dyp (10-200 cm). Dataseriene som presenteres her er basert på logging av halvtimesverdier. Gassmetningen er gjengitt i prosent TGP, der 100 % tilsvarer normal gassmetningsgrad. Lavere verdier betyr at vannet er undermettet med gasser, mens høyere verdier betyr at vannet er overmettet. Målerens nøyaktighet er på ± 10 hPa noe som tilsvarer ca. ± 1 % TGP. I følge kanadiske retningslinjer anbefales maksimalt 110 % TGP gassovermetning i vassdrag som er dypere enn 1 m. I grunnere omgivelser og i klekkerier anbefales 103 % TGP som grenseverdi. Nærmere opplysninger finnes i (Pulg et al. 2018; Pulg et al. 2016).

3. Resultater

Gassmetning ved utløp av Brokke kraftverk 2018 og 2019

Ved utløpet av Brokke kraftverk varierte gassmetningen mellom 92 % til 176 % TGP i overvåkingsperioden mellom 01.01.2018 og 31.12.2018. I starten av året frem til 17. februar varierte verdiene mellom lett undermetning til lett overmetning. Mellom 17.02.2019 – 18.04.2019 var loggerne ute av drift grunnet en teknisk feil. Da loggerne ble reparert ble det umiddelbart målt en bølge som steg opp til en maksverdi på 147 % TGP. Denne bølgen hadde en varighet på omtrent 2 dager. I underkant av en uke etter ble en serie av bølger registrert frem til omtrent siste uken av juni, der verdiene steg opp til en maksverdi på 164 % TGP. Fra slutten av juni og frem til midten av august varierte gassmetningen mellom 101 % og 112 % TGP og det var kun noen kortvarige topper som steg over 110 % TGP. Ut august ble det registrert en ny serie med bølger der verdiene steg opp til 137 % TGP. Den første uken av september var verdiene relativt lave og lå mellom

103 % og 105 % TGP, før en ny serie med overmetningsbølger fant sted. Disse bølgene kom tett etter hverandre frem til midten av oktober, og verdiene var kun kortvarig under 110 % TGP mellom dem. Maksverdien i denne serien av bølger ble målt til 155 % TGP. Verdiene lå så under 110 % TGP i omtrent en ukes tid før en ny bølge med verdier opp til 146 % TGP oppstod mot slutten av oktober. Bølgen med høyeste verdi målt i 2018 (176 % TGP) inntraff rundt den 11. november. Denne bølgen hadde en varighet på omtrent 5 dager. Fra 17. november og ut året varierte verdiene mellom lett undermetning til lett overmetning.

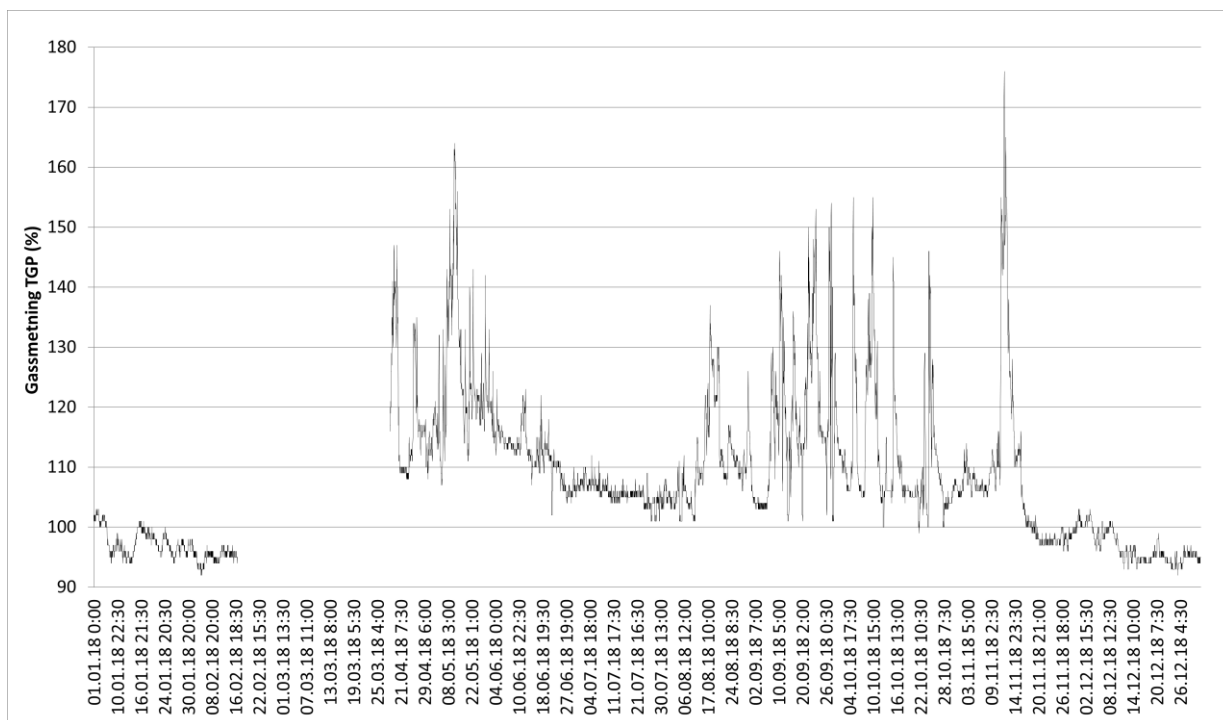


Fig. 1 Gasmetning i utløp til Brokke kraftverk 2018

2019: Ved utløpet av Brokke kraftverk varierte gassmetningen mellom 91 til 149 % TGP i overvåkingsperioden mellom 01.01.2019 og 26.08.2019. Helt i starten av året var det en bølge som strakk seg opp mot 120 % TGP, før gassverdiene utover i januar og februar for det meste viste lett undermetning. I månedsskiftet februar/mars oppstod en ny bølge som strakk seg over ca. 4 dager og nådde en maksverdi av 127 % TGP. I etterkant av denne lå gassmetningen under 110 % TGP frem til slutten av mars hvor det oppstod en ny bølge hvor gassmetningen gikk over 110 % over en kort periode. I tidsrommet 28.03 – 30.04 var loggerne ute av drift grunnet teknisk feil. I starten av mai oppstod en bølge av ca. 2 ukers varighet hvor verdiene steg opp til 121 % TGP. Denne bølgen ble tett etterfulgt av en ytterligere bølge hvor verdiene i stor grad var over 110 % TGP, før det den 20. juli oppstod en større bølge med over 1 ukes varighet der verdiene steg opp til 145 % TGP. Bølgen med de høyeste målte verdiene i 2019 oppstod kort tid etter denne, i starten av juni. Da nådde

verdiene et maksimum på 147 % TGP og verdiene var generelt over 110 % frem til 23. juni. Frem til slutten av juli varierte verdiene i hovedsak mellom 106 og 114 % TGP. I månedsskiftet juli/august var loggerne igjen ute av drift i en ukes tid grunnet tekniske problemer. Den 10. august forekom en overmetningsbølge hvor verdiene steg opp til 122 % TGP, og denne bølgen varte omtrent 5 dager. Etterfulgt av denne kom en rekke mindre bølger utover i august hvor gassmetningen steg opp til 113 %. Gjennomsnittlig verdi var 103,9 % TGP for overvåkingsperioden til og med 26. august 2019. Det ble registrert 24 bølger med gassmetning over 110 % i perioden, og i ca. 35 % av tiden var verdiene 110 % eller høyere.

Målingene 2019 ble gjennomført i beskyttelsesrøret installert av Otra Kraft for å unngå at sondene ble ødelagt av bevegelse i strømmen. Det viste seg imidlertid at de målte verdiene i røret ikke kunne overstige 149 % trolig grunnet bobledanning på sensoren og for lave strømhastigheter. Basert på målte verdier nedenfor (ovf. Tjurrmo dam, ovf Hekni) er det lite sannsynlig at gassverdiene fra Brokke var mindre enn 150 % i 2019. Tvert imot, dataene tyder på at maksimalverdiene var i samme størrelsesorden enn i 2018 (176 %). Dette problemet bør løses snarest ved å bytte røret til et rør med større og flere hull (33 % perforering). Erfaringer med bobledanning ved for lave strømhastigheter tyder på at dataene over ca. 130 % må betraktes som usikker i 2019. Dette gjelder også snitt og persentiler. Nivået opp til ca. 130 %, antall bølger og tid over 110 % betraktes imidlertid som reelle verdier siden disse ikke blir endret av bobledanning.

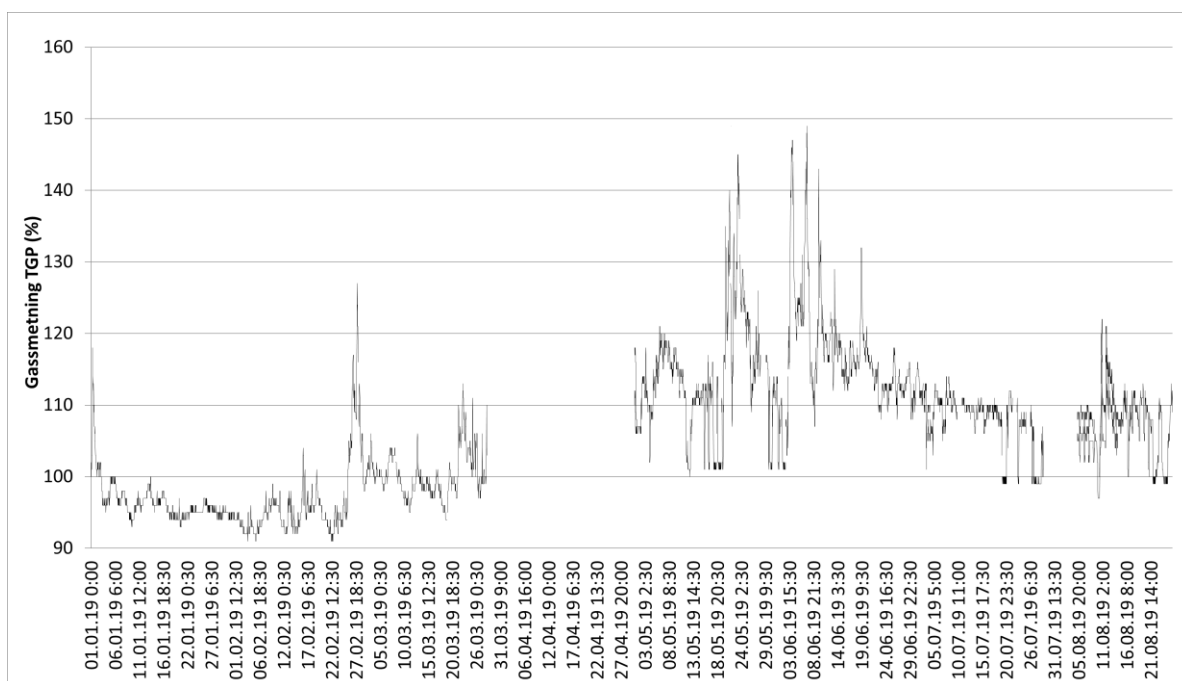


Fig. 2 Gassmetning i utløp til Brokke kraftverk 2019 (1-9, reduserte toppverdier grunnet feil i beskyttelsesrør)

		Utløp Kraftstasjon
2018	min	92 %
	maks	176 %
	middel	108,13 %
	x5	95 %
	x25	99 %
	x50	106 %
	x75	113 %
	x95	133 %
	Antall topper over 110 % TGP	30
	% tid over 110 % TGP	36,3 %
2019	min	91 %
	maks	149 %
	middel	103,87 %
	x5	95 %
	x25	101 %
	x50	102 %
	x75	106 %
	x95	115 %
	Antall topper over 110 % TGP	24
	% tid over 110 % TGP	35 %

Gassmetning ovenfor Hekni 2018-2019

Ovenfor Hekni (rett ovenfor Tjurrmo dam) varierte gassmetningen mellom 93 % og 128 % TGP i overvåkingsperioden 2018. Overvåkingsperioden strakk seg på denne stasjonen mellom 04.10.2018 – 31.12.2018. Det ble registrert fire bølger i løpet av oktober hvor verdiene steg opp til mellom 115 – 119 % TGP. Fra slutten av oktober og en ukes tid inn i november lå verdiene under 110 % TGP og varierte mellom 93 % til 107 % TGP. Den 11.november ble den største bølgen i datasettet registrert. Denne nådde en maksverdi av 128 % TGP og varte omtrent 4 dager. Fra midten av november og ut året lå verdiene lavt og vekslet mellom lett undermetning til lett overmetning.

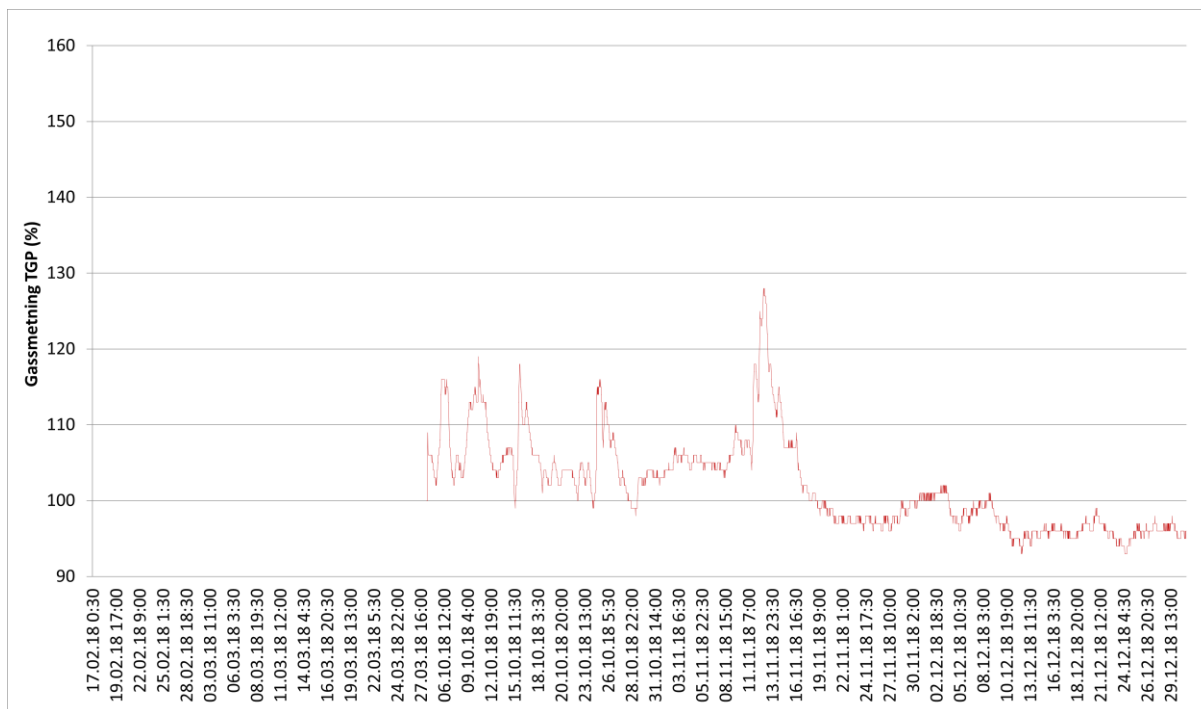


Fig. 3 Gasmetning rett ovenfor Tjurrmo dam ved inntaket til Hekni kraftverk mars-desember 2018.

Ovenfor Hekni varierte gassmetningen mellom 92 til 131 % TGP i overvåkingsperioden mellom 01.01.2019 og 26.08.2019. Den første overmetningsbølgen fant sted mellom 26. februar og 1. mars da verdiene steg opp til 110 % TGP. Etter dette varierte verdiene mellom lett undermetning og lett overmetning før en ny bølge med verdier målt opp til 117 % TGP oppstod mellom 28. mars og 6. april. Like etter denne oppstod en kortere bølge over et par dagers varighet med verdier opp til 119 % TGP. Verdiene varierte så mellom ca. 103 til 107 % TGP i en ukes tid før en rekke flere bølger over 110 % og opp til 119 % TGP fant sted frem mot slutten av mai. Mellom 20. mai og 3. juni var en relativt lang overmetningsperiode hvor verdiene ble målt opp til 128 % TGP. Denne ble umiddelbart etterfulgt av nok en bølge hvor verdiene steg opp til 131 % TGP som er den høyeste målte verdien ved stasjonen i denne overvåkingsperioden. Ut juni lå verdiene for det meste over 110 % TGP. I juli varierte verdiene i hovedsak mellom 107 og 114 % TGP frem til rundt 20. juli hvor verdiene sank og holdt seg under 110 % frem til månedsskiftet juli/august. Første uken av august var det en rekke små topper opp til 112 % TGP før verdiene varierte mellom 101 og 109 % TGP ut resten av overvåkingsperioden.

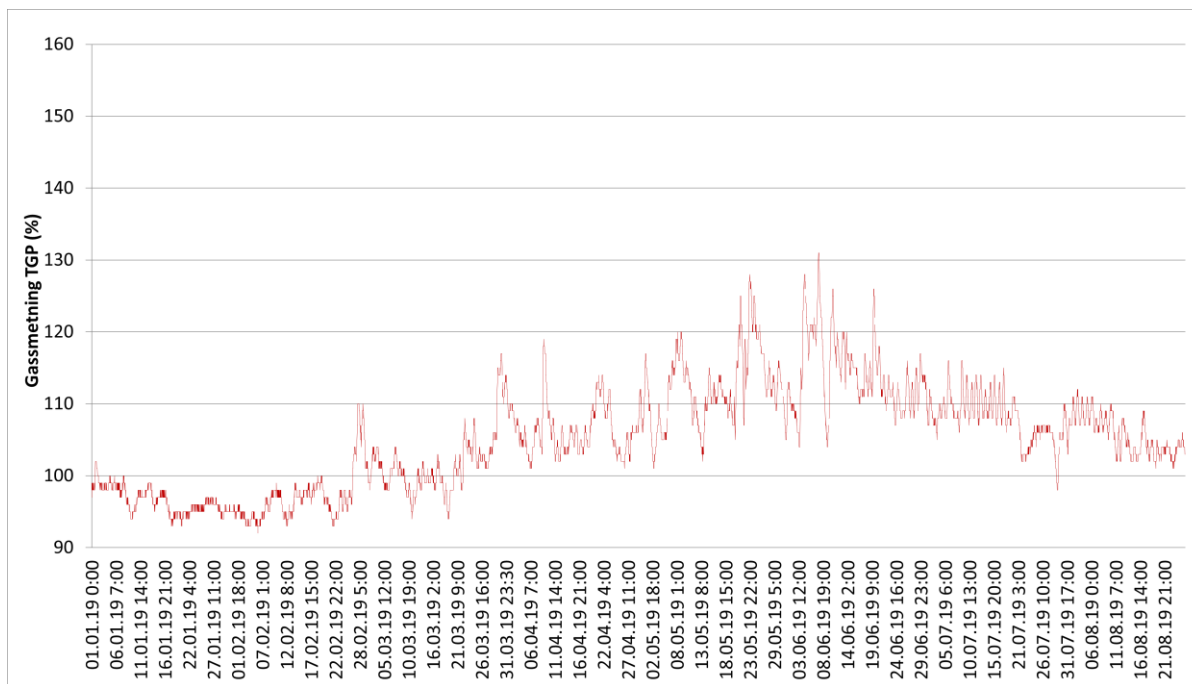


Fig. 4 Gassmetning rett ovenfor Tjurrmo dam ved inntaket til Hekni kraftverk januar-august 2019.

Gassmetning ved utløp Hekni 2018-2019

Ved utløp Hekni varierte gassmetningen mellom 93 % og 125 % TGP i overvåkingsperioden 2018. Også her strakk overvåkingsperioden dette året seg kun fra 4. oktober og ut året. Resultatene ligner veldig på resultatene fra loggeren ovenfor Hekni i samme år. Det ble registrert fire overmetningsbølger i løpet av oktober hvor verdiene steg til mellom 114 % - 116 % TGP. Fra slutten av oktober og litt over en ukes tid inn i november lå verdiene under 110 % TGP og varierte mellom 98 % til 108 % TGP. Den 11. november inntraff den største bølgen i dette datasettet. Denne bølgen ble målt til en maksverdi av 126 % TGP og varte i omtrent 4 dager. Fra midten av november og ut året lå verdiene lavt og vekslet mellom lett undermetning til lett overmetning.

Ved utløp Hekni varierte gassmetningen fra 93 % til 125 % TGP i løpet av 2019 frem til 26.08.2019. Den første bølgen med verdier over 110 % fant sted i månedsskiftet mars/april. Denne bølgen hadde en varighet på omtrent 4 dager og verdiene nådde en topp på 115 % TGP. Fem dager senere oppstod en kortere bølge som nådde samme maksverdi. Den 21. april oppstod en liten bølge over et døgn hvor verdiene steg opp til 111 % TGP. Rundt månedsskiftet april/mai oppstod nok en bølge der verdiene steg opp til 115 % TGP. Den 6. mai steg verdiene opp til 118 % TGP i en bølge som strakk seg over omtrent 6 dagers varighet. I slutten av måneden den 20. mai oppstod den største bølgen i datasettet hvor verdiene steg opp til det høyeste registrerte nivået i datasettet på 125 %

TGP, og bølgen hadde en varighet på omtrent 10 dager. I den første uken av juni oppstod nok en større bølge hvor verdiene nådde en maksverdi på 123 % TGP. Fra midten av juni og frem mot slutten av juli varierte nivåene mellom 106 % og 118 % TGP, før de avtok noe og varierte mellom 99 % og 110 % TGP i resten av overvåkingsperioden.

Ved utløp Hekni var medianverdien 104 % TGP og gjennomsnittlig verdi var 103.8 % TGP i 2018 og 2019. Det er lite forandring i gassmetning ovenfor og nedenfor kraftverk i de presise målingene. De to målestasjonene viser ofte nærmest identiske verdier og det kan ikke regnes med utlufting i kraftverket.

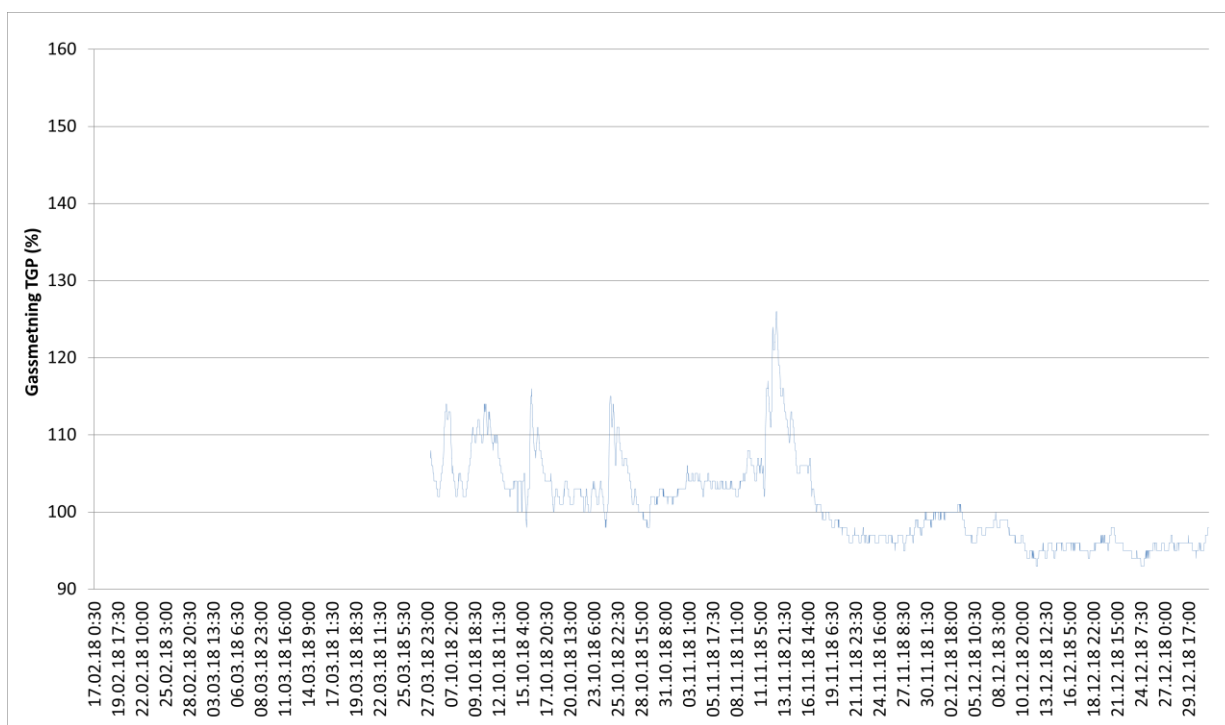


Fig. 5 Gassmetning rett nedenfor utløp Hekni kraftverk ved inntaket til Hekni kraftverk mars-desember 2018.

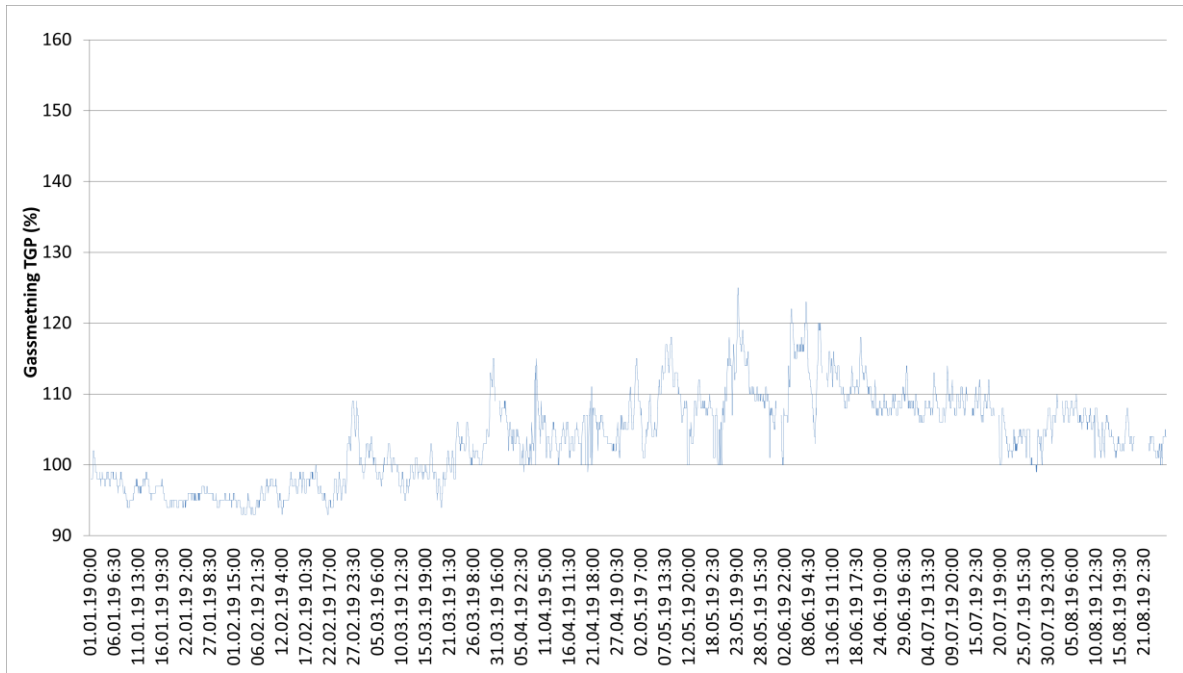


Fig. 6 Gassmetning rett nedenfor utløp Hekni kraftverk januar-august 2019.

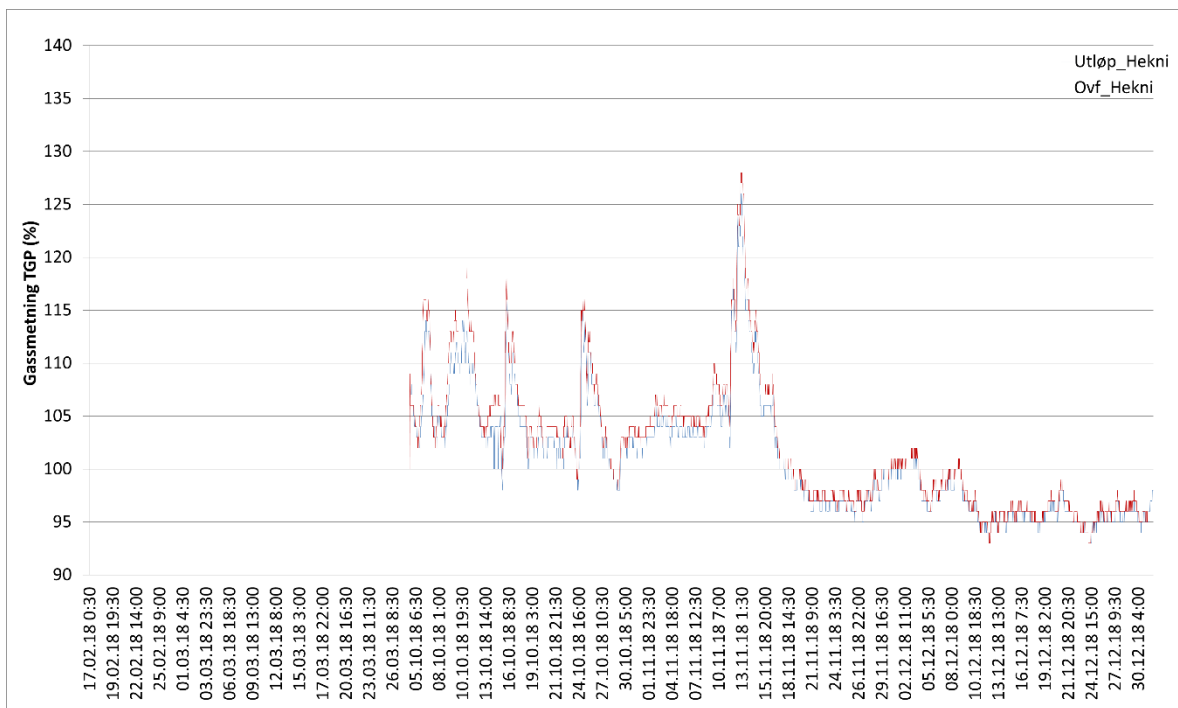


Fig. 7 Gassmetning ovenfor og nedenfor Hekni kraftverk mars-desember 2018.

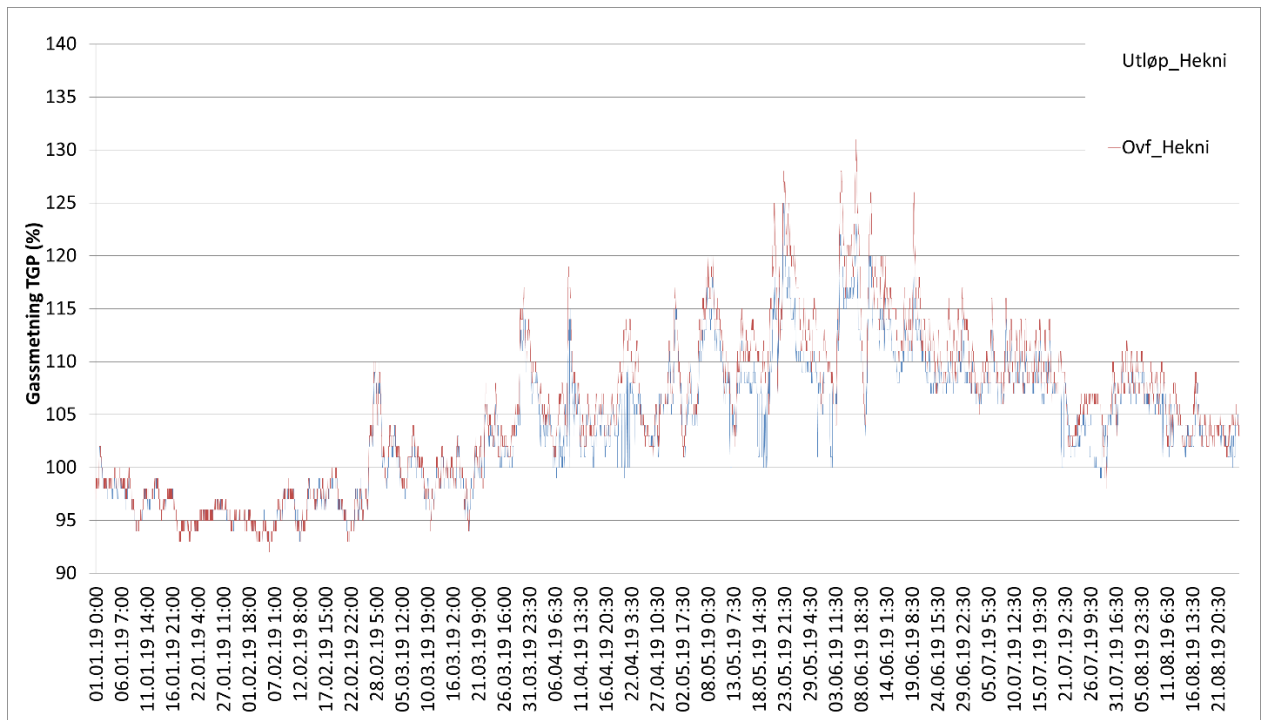


Fig. 8 Gasmetning ovenfor og nedenfor Hekni kraftverk januar-august 2019.

Gassmetning ved deflektor 2018-2019

Ved deflektoren varierte gassmetningen fra 99 % til 106 % TGP i løpet av overvåkingsperioden mellom 04.10.2018 frem til 31.12.2018. De fire bølgene som ble målt ovenfor Hekni og ved utløp Hekni er synlige i løpet av oktober, men disse steg ikke over 105 % TGP ved deflektoren. Bølgen som startet 11. november er også synlig i datasettet fra deflektoren, men denne ble ikke målt til høyere verdier enn 106 % TGP her.

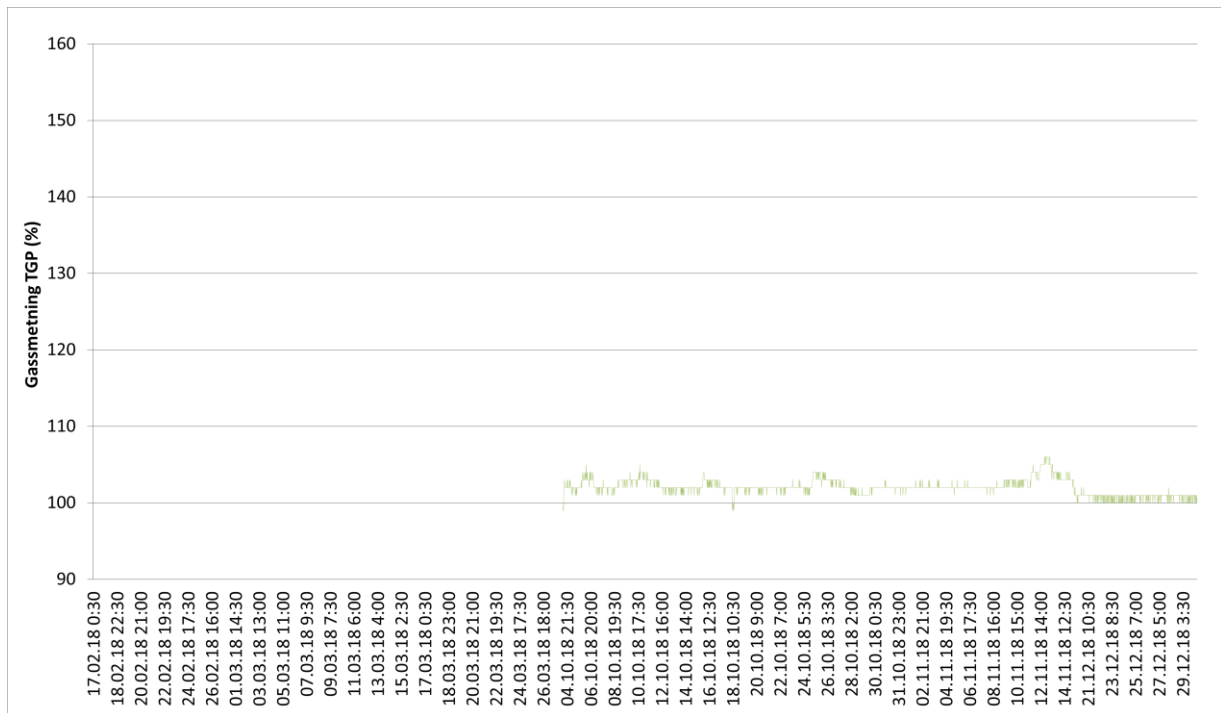


Fig. 9 Gassmetning rett nedenfor deflektor oktober -desember 2018

I 2019 varierte gassmetningen nedenfor deflektoren fra 100 % til 108 % TGP frem til 26.08.2019. Fra starten av året og frem til 26. februar varierte gassmetningen kun mellom 100 % og 102 % TGP. Fra 26. februar til 1. mars ble det observert en liten bølge hvor verdiene steg opp til 105 % TGP. Utover i mars måned varierte nivåene i all hovedsak mellom 101 % og 103 % TGP. I månedsskiftet mars/april oppstod nok en liten bølge hvor verdiene steg opp til 105 % TGP, for så å variere mellom 101 % og 104 % utover i april. I starten av mai oppstod den største bølgen i datasettet, som hadde en varighet på omtrent 12 dager, hvor den høyeste verdien i datasettet på 108 % TGP ble målt. Ved slutten av mai oppstod enda en bølge med noe kortere varighet som tangerte denne verdien. Utover i juni varierte målingene mellom 103 % og 107 % TGP, før de i slutten av måneden stabiliserte seg og varierte mellom 102 % og 105 % i resten av undersøkelsesperioden. Det ble ikke registrert noen bølger over 110 % TGP og deflektoren ser ut til å ha fungert godt etter hensikten.

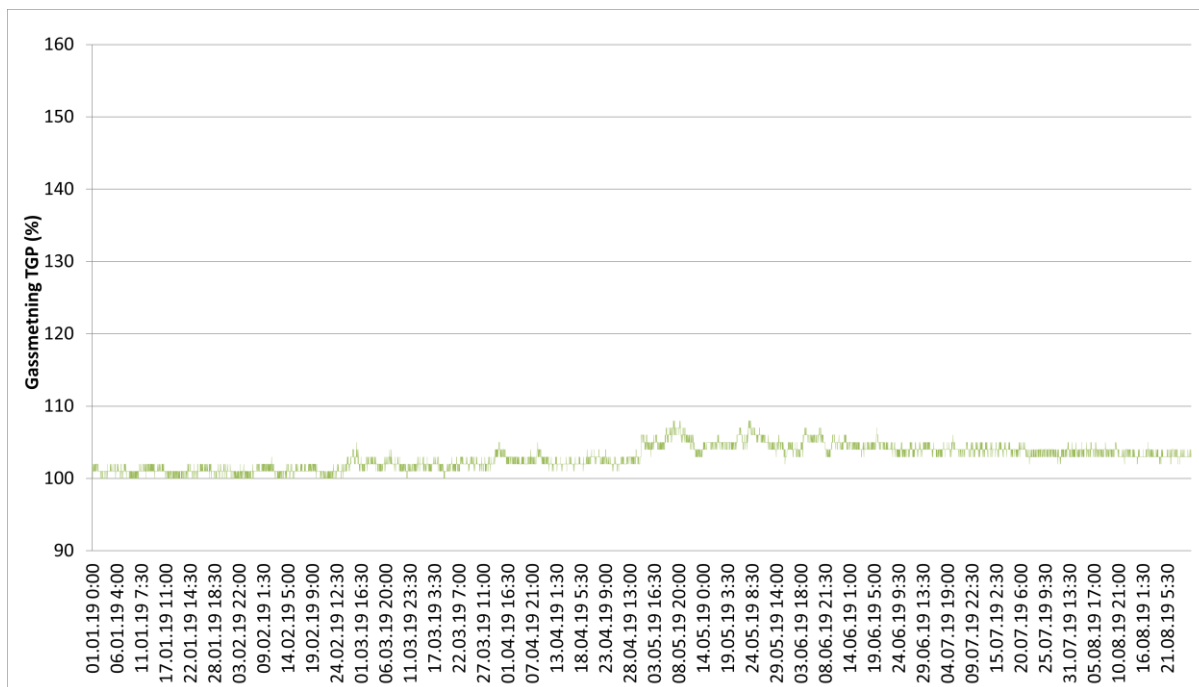


Fig. 10 Gassmetning rett nedenfor deflektor januar-august 2018

Effekt av deflektor

Medianverdien ved deflektoren i perioden fra 04.10.2018 til 31.12.2018 var 102 % TGP og gjennomsnittsverdien 101,4 % TGP. Ved stasjonen ovenfor Hekni var medianverdien 102 % og gjennomsnittsverdien 102,2 % TGP. Effektiviteten av deflektoren kan imidlertid bare bedømmes når det betraktes gassovermetningsbølger. De fem overmetningsbølgene som ble observert ovenfor Hekni i 2018 ble redusert av deflektoren. Bølger mellom 116 og 119 % TGP ovenfor ble redusert til 103 til 105 % nedenfor (-74 % til -82 %). Bølgen med 127 % ble redusert til 106 % noe som tilsvarer en reduksjon i overmetning på 78 %.

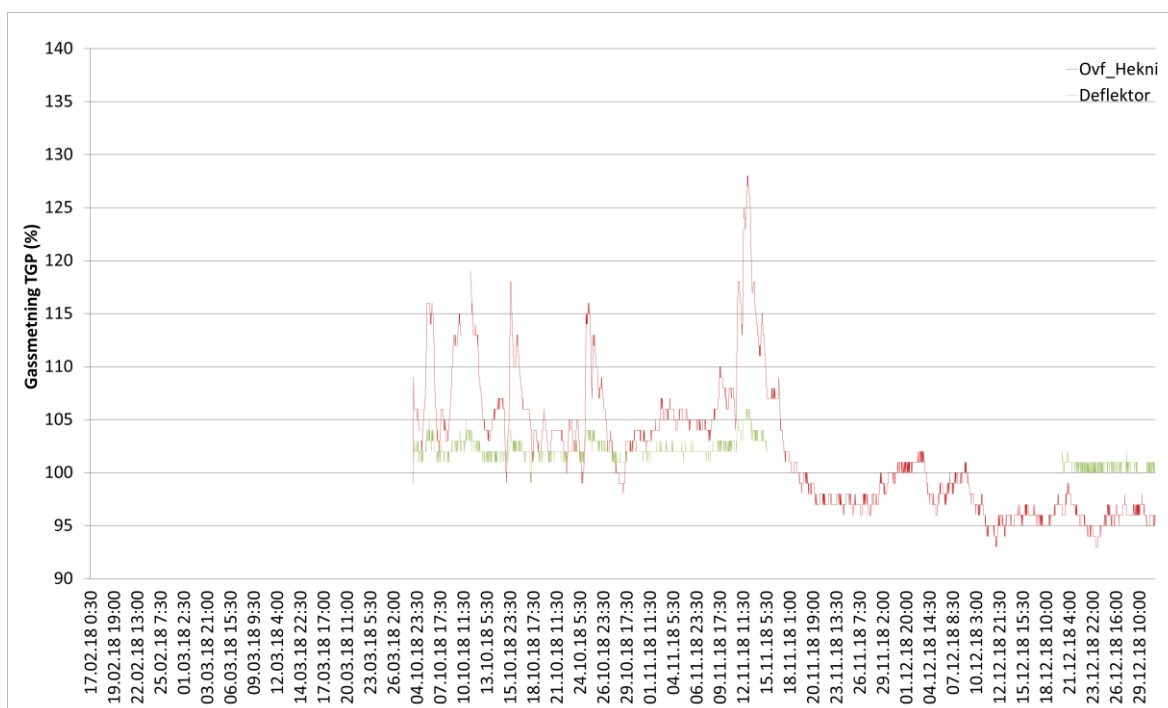


Fig. 11 Gassmetning rett ovenfor og rett nedenfor deflektor 2018

Både medianverdi og gjennomsnittsverdi ved deflektoren var 103 % TGP i perioden 1.1. til 26.08.2019. I 2019 var den langvarige overmetningsperioden om våren inkludert og derfor gjenspeiles utlufting av deflektor også i medianverdiene. Utlufting av kortvarige gassbølger (< 5 dager) samsvarer med tallene fra 2018 (-74 % - 82 %) men effekten reduseres litt i langvarige overmetningsepisoder, der utluftingen varierte mellom 65 % og 77 % (fra henholdsvis 120 % og 131 % til 107 %). Ved undermetning fra Brokke (magasindriften om vinteren) øker deflektoren gassmetningen fra ca. 95 til 101 %.

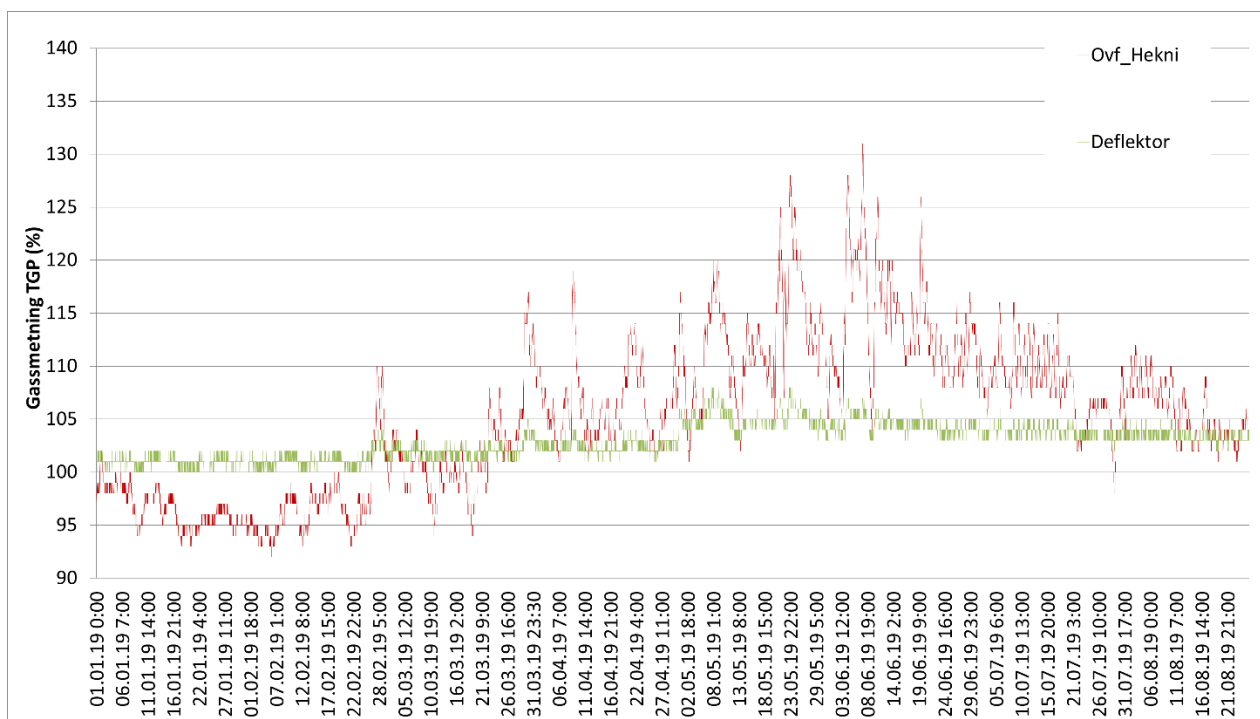


Fig. 12 Gassmetning rett ovenfor og rett nedenfor deflektor 2019

4. Diskusjon og sammendrag

Gassmetningsoververvåkingen 2018-2019 har bidratt med viktige informasjon om effekten av utgassing: Deflektoren fungerer etter hensikten. Det ble ikke observert TGP verdier over 110 % nedenfor deflektoren. Utluftingseffekten ligger mellom 74 % og 82 % ved kortvarige overmetningsbølger (< 5 dager) og 65 % og 77 % ved langvarige overmetningsbølger. Effekter er med dette litt bedre en opprinnelig beregnet (64 %) Denne beregningen var basert på lufting på vanlige terskler. Dette kan forklares ved en reel bedre luftingseffekt grunnet den skjeformete overflaten som sprer vannet i en tynnere film enn vanlige terskler, samt at vannet delvis treffer vegger der det igjen er utsatt for energiomvandling og renner tilbake til elva med stor overflate.

De presise målingene 2018-2019 viser at det er ingen utluftingseffekt i Hekni kraftverk. Målingen fra 2015 der reduserte nivåer ndf. Hekni var dokumentert (Pulg et al. 2018) kan forklares med blanding med tilbakestuet vann fra minstevannføringsstrekning mellom Tjurrmo dam og utløp Hekni. Loggeren var i sin tid plassert lengre nede mellom Hekni og samløpet og kan i spesielle driftssituasjoner ha vært dekket av oppstuet vann nedenfra. Sporet var verdt å følge men det viste seg altså at det ikke er noe utluftingspotensial å hente i Hekni kraftverk.

Gassovermetning fra Brokke kraftverk i 2018 og 2019 har ligget i samme størrelsesorden som i årene før. Maksimalverdien i 2018 var imidlertid litt høyere enn årene før (176 % TGP). Maksimalverdiene 2019 må betraktes som usikker grunnet et beskyttelsesrør med for lav perforering. Her anbefales å heller modellere høye gassmetningsverdier basert på loggeren nedstrøms (Tjurrmo) i denne perioden. Gassbølger og tid over 110 % ble registrert med samme målekvalitet som tidligere (+/- 1 %).

For de neste årene anbefales å fortsette loggingen fra Brokke for å kunne ha kontroll på den faktiske gassmetningen i elven. NFR-Forskningsprosjektet SUPERSAT som fokuserer på økologiske effekter av gassovermetning samt løsninger gjennomføres 2019-2022, delvis i Otra. Dette er en sjelden mulighet å finne ut mer om de virkelige effektene i elven, for eksempel i Rysstadbassenget der det er ørret. Overvåkingen bør derfor samkjøres med dette prosjektet. Også angående løsninger er et samarbeid med SUPERSAT å anbefale siden det her kan spilles inn behovet i Brokke. Dessuten anbefales og se etter flere muligheter til å fremskaffe løsninger på gassovermetningsproblematikken, først og fremst ved samarbeid med DEGAS fra HYDROCEN (enda usikkert om det får støtte fra NFR) og foreslagene vi diskuterte på møtet.

5. Referanser

Pulg, U. , T.E. Isaksen, G. Velle, S. Stranzl, E.O. Espedal, K.W. Vollset, E. Bye-Ingebrigtsen, and B.T. Barlaup. 2018. 'Gassovermetning i vassdrag – en kunnskapsoppsummering. Uni Research Miljø LFI rapport 312. Uni Research Bergen. ISSN 1892-8889 '.

Pulg, U., Sebastian Stranzl, Knut Wiik Vollset, Bjørn Torgeir Barlaup, Espen Olsen, Bjørnar Skår, and Gaute Velle. 2016. 'Gassmetning i Otra nedenfor Brokke kraftverk. ', *LFI-rapport nr. 217. Uni Research Miljø LFI, Bergen*: 67.