



KVALITETSSYSTEM	Område: Avfall
Dok. nr. 6	Delområde: Alle
Tittel: Heggstadmoen deponigass: Beregninger og rapportering	Versjon: 2
Godkjent av: Mari-Anne Mause	Dato: 28.08.2019
Utarbeidet av: Marius Johansen og Aage Heie, COWI AS	Dato: 08.01.2018
Revidert av: Marius Johansen, COWI	Dato: 20.08.2019

Beregninger og rapportering

Formål

Minimere klimagassutslipp fra Heggstadmoen deponi ved sikker og optimal drift av deponigasssystemet.

Omfang

Personell som drifter deponigasssystemet på Heggstadmoen deponi

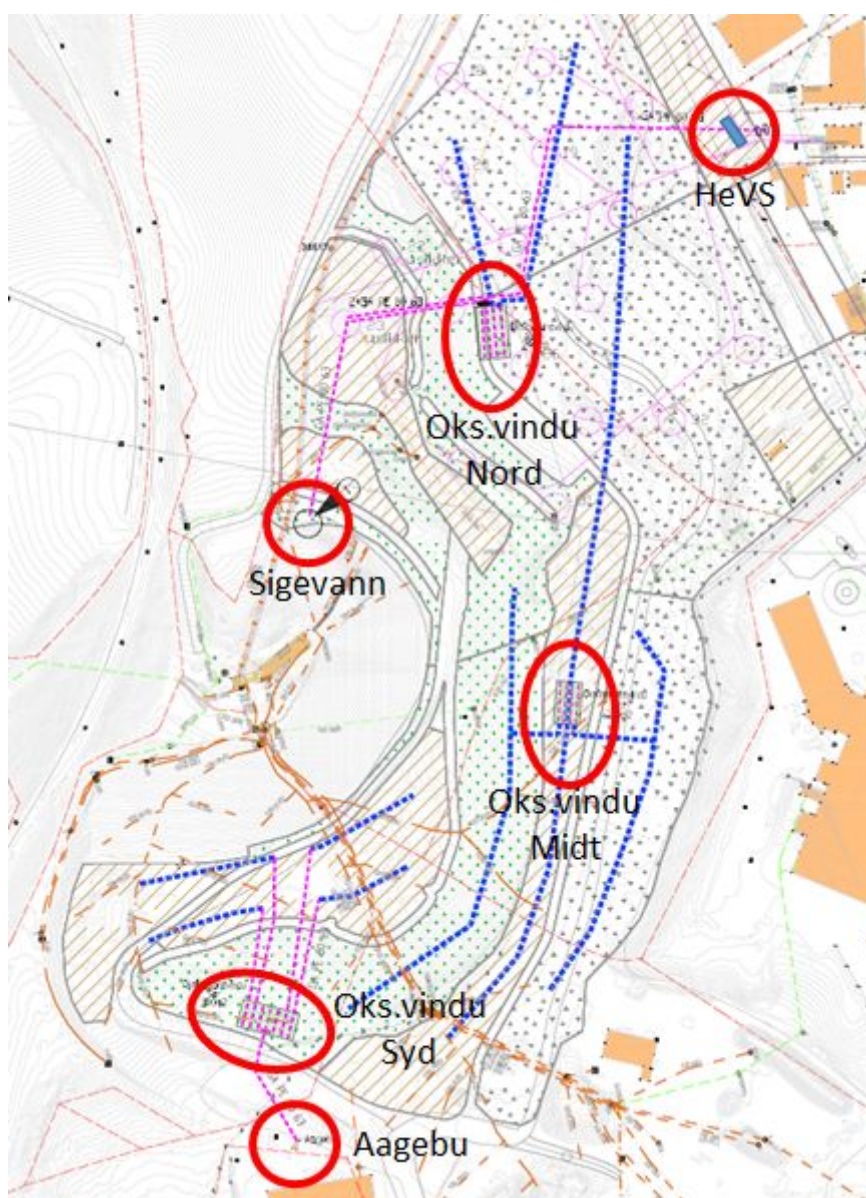
Arbeidsbeskrivelse

Systembeskrivelse

I forbindelse med avslutningsarbeidene på deponiet på Heggstadmoen er det etablert toppdekker og oppsamlingssystemer for deponigass.

Deponigasssystemet er illustrert på tegningen under. Det er en rekke eksisterende gassbrønner som var koblet til Heggstadmoen Varmesentral (HeVS) og Agebu. Disse er nå koblet til oksidasjonsvinduer. Likeledes er det gravd grøfter med perforerte rør som leder gass fram til oksidasjonsvinduerne. Det samme gjelder deponigass som samles opp sammen med sigevann. Gassen hentes fra en kum og ledes fram til oksidasjonsvindu.

Gassen ledes altså passivt fram til de tre oksidasjonsvinduerne hvor hensikten er å omdanne metan (CH_4) til karbondioksid (CO_2), for å redusere utslipp av klimagass fra deponioverflaten til atmosfæren.



Tegnforklaring:

Eksisterende	Planlagt	Merknader
Vannledning	Overvannsledning	- Ledningstrase inn mot gasshus skal tettes med leire for å hindre gassinnslag. Leirproppens lengde skal være min. 1 meter.
Overvannsledning	Sigevannsledning	
Spillvannsledning	Overvannsgrøft	
Gassbrønn	Gassdreneringsgrøft	
Avvanningskum	Sugeledning gass	① Kum for gass fra sigevannsledninger.
	Oksidasjonsvindu	

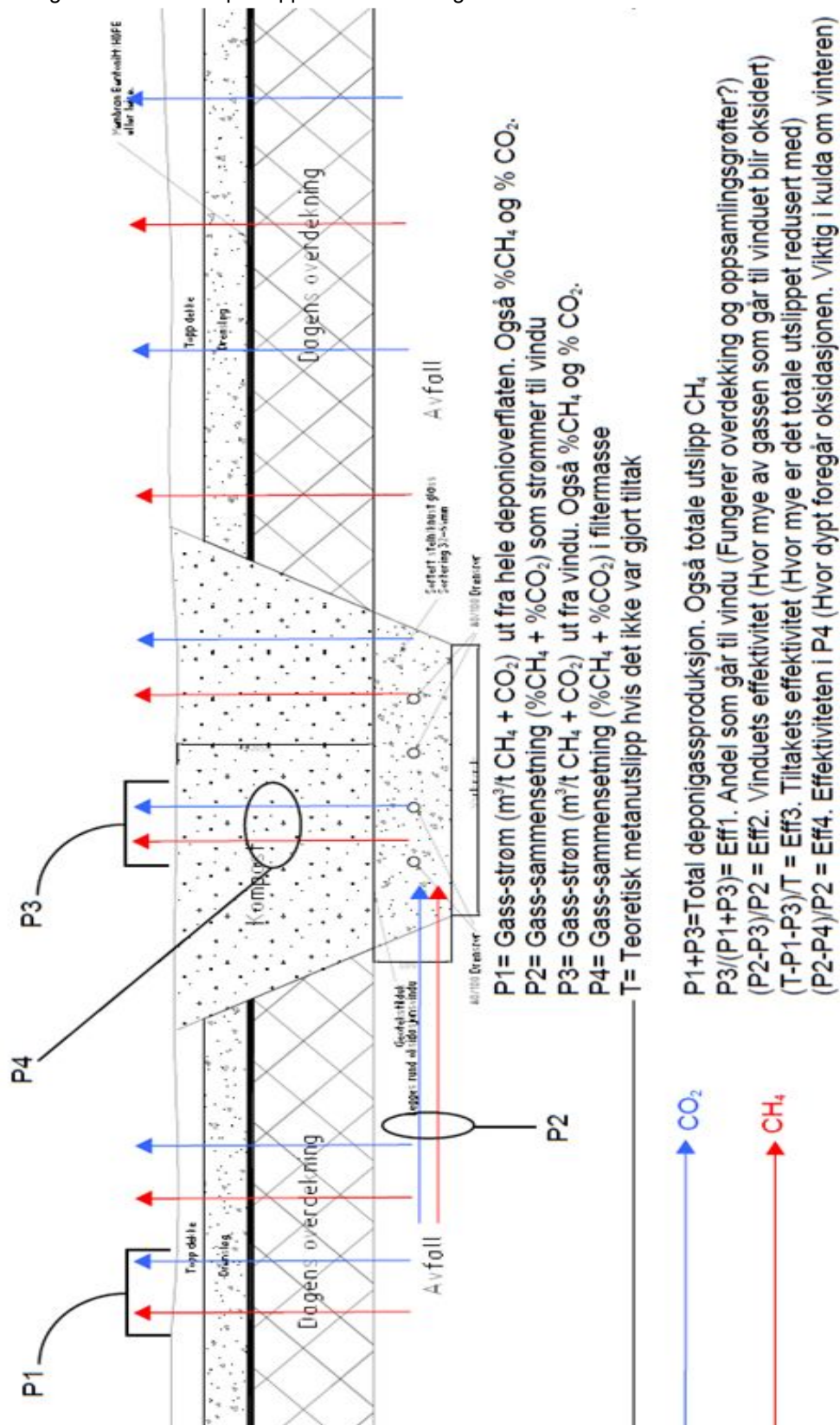
Som en del av dokumentasjon av effekt foretas det målinger av gassammensetningen flere steder. Dette er omtalt i egne prosedyrer:

1. Heggstadmoen deponigass: Måling av gass, temperatur og tilstand på oksidasjonsvinduer.
2. Måling av gass ved Heggstadmoen Varmesentral (HeVS).
3. Måling av gass ved Aagebu.
4. Måling av gass i sigevannsbrønn.
5. Måling av gassemisjon fra overflaten av deponi og oksidasjonsvinduer.

Denne prosedyren omhandler beregninger og rapportering.

Prinsipp for overvåking

Figuren under viser prinsippet for overvåking av effektiviteten.



P1 og P3 – Emisjon fra overflate av deponi og oksidasjonsvinduer

Ved emisjonsmålingene på deponioverflaten foretas et stort antall enkeltmålinger. På oksidasjonsvinduene foretas det 9 målinger. Målingene av CO₂ må korrigeres for bakgrunnsnivået av CO₂ i luft. Denne måles flere ganger i løpet av måleperioden. Korreksjonen gjøres ved å lage en kurve basert på luftmålingene og trekke fra verdien for hvert enkelt målepunkt, evt. ved at det gjøres matematisk. Det er vanlig at det er lokale variasjoner i CO₂-innholdet, så det kan være punkter hvor en får negativ CO₂-konsentrasjon ved korrigeringen. Disse settes til null.

Oksidasjonsvinduer

Beregningen av emisjon fra overflaten av oksidasjonsvinduene gjøres på bakgrunn av middelveiden av alle målingene.

Eksempel på utregning av emisjon av gass hvis det registreres middelvei fra alle målingene på 100 ppm CH₄ og 200 ppm CO₂ i fluksboksen:

Gass-strøm i instrumentets pumpe: 21,5 l/t (det instrumentet COWI vanligvis bruker)

Areal fluksboks: 0,0342 m² (typisk isboks)

Gass-strøm over flaten i bunn av fluksboksen:

$$21,5 \text{ l/t} / 0,0342 \text{ m}^2 = 628 \text{ l gass}/(\text{m}^2 \cdot \text{t})$$

$$100 \text{ ppm CH}_4 = 0,0001 \text{ l CH}_4/\text{l gass}$$

$$200 \text{ ppm CO}_2 = 0,0002 \text{ l CO}_2 / \text{l gass}$$

$$\text{Utslipp av CH}_4: 0,0001 \text{ l CH}_4/\text{l gass} * 628 \text{ l gass}/(\text{m}^2 \cdot \text{t}) = 0,0628 \text{ l CH}_4/(\text{m}^2 \cdot \text{t})$$

$$\text{Utslipp av CO}_2: 0,0002 \text{ l CO}_2 / \text{l gass} * 628 \text{ l gass}/(\text{m}^2 \cdot \text{t}) = 0,125 \text{ l CO}_2/(\text{m}^2 \cdot \text{t})$$

Deponigass består i all hovedsak av CH₄ og CO₂, derfor kan vi si at total emisjon av deponigass per m² overflate er:

$$0,065 \text{ l CH}_4/(\text{m}^2 \cdot \text{t}) + 0,130 \text{ l CO}_2/(\text{m}^2 \cdot \text{t}) = 0,195 \text{ l deponigass}/(\text{m}^2 \cdot \text{t})$$

Totalt emisjon (i l/t) fra oksidasjonsvinduet blir da 0,195 l deponigass/(m² *t) * areal av oksidasjonsvindu.

Deponioverflaten

Beregningen av emisjon fra overflaten av deponiet gjøres ut fra et vektet gjennomsnitt av alle målingene. Årsaken til at vi benytter oss av et vektet gjennomsnitt er at det kan være enkeltpunkter med meget høye konsentrasjoner.

Metoden for beregningen er beskrevet i det følgende:

1. Mål opp totalareal det er gjort emisjonsmålinger på samt hvor mye av totalarealet som er tett dekke (asfalt regnes som tett). OBS: målinger skal kun gjøres utenom tett dekke. I Figur 1 er tett dekke markert med gult mens målt overflate er markert med rødt.



Atot – Adekke = 106587 m²

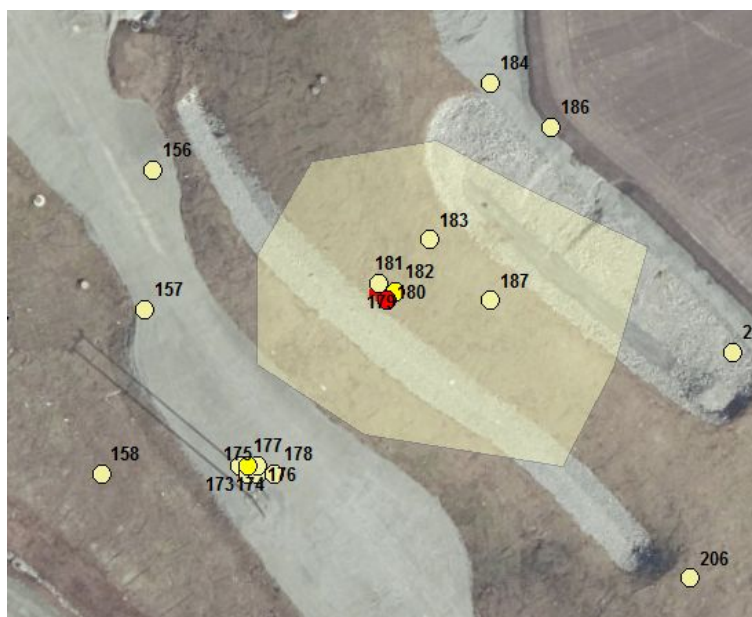
Figur 1 Oppmåling av arealer på Hegstadmoen

2. Hvert målepunkt skal ligge ca. 20 – 25 m fra hverandre og representerer da et areal på ca. 20 m x 20 m.
3. Hvis det registreres spesielt høye konsentrasjoner ønsker vi å avgrense området hvor dette er tilfelle. Det er viktig å vite om det er et lite punktutslipp (sprekk) eller et større område. Hvis det er høy prøvetetthet i et område (mindre enn 20 m mellom målepunkt) må vi finne totalarealet punktene ligger innenfor.
 - Mål ca. 20 m ut fra hvert prøvepunkt dersom målt konsentrasjon er under 1 %.
 - For punkter med konsentrasjon >1% settes arealet for dette punktet lik 1 m² .
OBS: juster hvis den høye konsentrasjonen er registrert i et større område).
 - o Eksempel:
Se Figur 2. Det er kun 12 m mellom punkt 179 og 187, og bare 10 m mellom 183 og 187 . Punkt 179 – 187 blir derfor behandlet som ett punkt.



Figur 2 Eksempel på klynge av målepunkt

- o Det samla arealet ble målt til 1300 m².



Figur 3 Eksempel på utmåling av areal for prøvepunkt

- o Fra Tabell 1 ser vi at det i punkt 179 er målt en metankonsentrasjon som overstiger 1 %. Det ble ikke funnet høye konsentrasjoner utenfor punktet. Punkt 179 blir derfor tildelt et areal på 1 m², mens de andre punktene blir fordelt på totalarealet for klyngen av målepunkter.

Vegpunkt	Sammenslått areal (m ²)	Sammenslått areal (m ²) inkl.enkelt punkt	CH ₄ (GT-40, ppm)	Avl. GA (CH ₄ , %)	CO ₂ målt (ppm)	CO ₂ atm.	CO ₂ emisjon
179	1	1	81000	8,1	5200	532	4668
180	1300	1300	250		900	532	368
181			100		588	532	56
182			500		657	532	125
183			30		573	532	41
187			12		521	532	0

Tabell 1 Eksempel på målte gasskonsentrasjoner

Vegpunkt	Sammenslått areal (m ²)	Sammenslått areal (m ²) inkl.enkelpunkt	ppm CH ₄ målt og middel	PPM (CH ₄ Middel*areal/TOTareal)	ppm CO ₂ målt og middel	PPM (CO ₂ Middel*areal/TOTareal)
180	1300	1300	178	2,176	118	1,439
181				-		-
182				-		-
183				-		-
187				-		-

Tabell 2 Eksempel fra regneark

I Tabell 2 viser vi hvordan vi har tatt gjennomsnittet av konsentrasjonen i prøvepunktene i klyngen, og delt denne konsentrasjonen på arealet som klyngen av prøvepunkter representerer.

- Regn ut gjennomsnittlig konsentrasjon innenfor sammenslått areal.
- Summer samanslått areal
- Del ut resterende areal (totalareal eks. tett dekke minus alle samanslåtte areal) på de enkeltstående punktene.
- Regn ut vektet konsentrasjon for alle målepunkt: Sum av: Målt konsentrasjon * areal som konsentrasjonen gjelder for / totalt areal eks tett dekke.

Totalt emisjon (i l/t) fra deponiet regnes deretter på samme måte som for emisjonen fra oksidasjonsvindue.

Eksempel:

Hvis vi har en vektet konsentrasjon på 64 ppm og en deponioverflate på 106 587 m² blir da total emisjon:

Luftstrøm inn i instrument: 21,5 l/t

Areal prøvetakingsboks: 0,034 m²

Luftstrøm over målt overflate: 21,5 l/t * 0,034 m² = 628 l/t/m²

Emisjon per m² : 64 ppm * 628 l/t/m² * 0,000001 m³/ppm = 0,04 l CH₄/ m²

Emisjon fra hele deponiet: 0,04 l CH₄ / m² * 106 587 m² * 1 m³ /1000 l = 4,3 m³

Rapportering skjer ved beskrivelse av utstyr, prosedyrer, data om klima inkl. lufttrykk, og beregning av emisjon som beskrevet over. Registreringer av H₂S beskrives også. Alle måledata inkl. CO₂-korreksjon vedlegges rapporten.

Måleresultatene illustreres med kart som viser gasskonsentrasjoner i overflaten, både for hele deponiet og for oksidasjonsvindue. Dette for å se om det er hotspots det må gjøre tiltak på, og for å se om det kan være mønster i lokaliseringen av eventuelle hotspots.

P2 – Sammensetning av gass til oksidasjonsvindu

Resultatene går gjennom og det må vurderes om det skal foretas korreksjon av CO₂-verdiene. Hvis det er ren deponigass, dvs. at summen av CH₄ og CO₂ er tilnærmet 100%, skal det ikke korrigeres. Hvis summen er under 100%, er differansen opp til 100 høyst sannsynlig luft som har diffundert ned i avfallet, og da skal det korrigeres ved at en måler CO₂-innholdet i luften og trekker fra en andel som er proporsjonal med luftinnblandingen.

Innhold av 1% CO₂ tilsvarer 10.000 ppm, og innholdet i luft er normalt 350-400 ppm, så dette har kun relevans ved svært lave CO₂-verdier. Grensen er satt ved 1,0% (10.000 ppm), og da blir korreksjonen på ca. 4% av målt verdi, noe som kan tilsvare målefeilen.

Hvis det f.eks. er målt 0,5% CH₄ og 1% CO₂, og det er 380 ppm CO₂ i luft, blir beregningen:

$$\text{Korreksjon for CO}_2: 380 * (100 - 0,5 - 1) / 100 = 374 \text{ ppm} = 0,0374\%$$

$$\text{Korrigert verdi: } 1 - 0,0374 \approx 0,96 \%$$

P2 utgjøres av gjennomsnittet av flere målepunkter for de forskjellige oksidasjonsvinduene:

$$\text{P2 for oksidasjonsvindu sør: } (DR1 + DR2 + DR3 + DR4 + Aagebu) / 5$$

$$\text{P2 for oksidasjonsvindu midt: } (DR1 + DR2 + DR3 + DR4) / 4$$

$$\text{P2 for oksidasjonsvindu nord: } (DR1 + DR2 + \text{Sige vann} + \text{HeVS}) / 4$$

DR = drensledning

HeVS = Heggstadmoen varmesentral

SV = sige vannsledninger

Det regnes altså gjennomsnitt av konsentrasjonene. I P2 kan vi ikke måle gassmengder. Gassmengde inn vil imidlertid være det samme som gassmengde ut, som er målt som P3. Målt andel CH₄ og CO₂ må derfor multipliseres med den totale gassmengden (CH₄ + CO₂) som måles i P3.

Rapportering skjer ved beskrivelse av utstyr, prosedyrer, data om klima inkl. lufttrykk, og beregning av emisjon som beskrevet over. Registreringer av H₂S beskrives også. Alle måledata inkl. CO₂-korreksjon vedlegges rapporten.

Ved målingene i kum ved HeVS, Aagebu og i sige vannskummen får man analysert gassen fra de enkelte brønnene og sige vannsledningene. Dette er ikke nødvendig for utregning av P2, men middels sammensetning ved kilden sammenlignes med målt sammensetning ved innløp til oksidasjonsvindu.

P4 – Gassammensetning i massene i oksidasjonsvinduene

Resultatene går gjennom og det må vurderes om det skal foretas korreksjon av CO₂-verdiene på samme måte som for P2 (se over).

Her måles kun konsentrasjoner, og hensikten er å måle oksidasjonsgraden i 3 forskjellige nivåer (U, M og Ø) på 9 lokasjoner i flaten. Effektiviteten for de forskjellige dybdene i vinduene (alt som konsentrasjoner av CH₄ og CO₂):

$$\text{Eff4U} = (\text{P2-gjennomsnitt P4 U}) / \text{P2}$$

$$\text{Eff4M} = (\text{P2-gjennomsnitt P4 M}) / \text{P2}$$

$$\text{Eff4Ø} = (\text{P2-gjennomsnitt P4 Ø}) / \text{P2}$$

En kan også få indikasjon på graden av oksidasjon ved beregning av forholdet mellom CH₄ og CO₂. Dette beregnes for hvert målepunkt og middelverdi av forholdene på hvert nivå beregnes.

Rapportering skjer ved beskrivelse av utstyr, prosedyrer, data om klima inkl. lufttrykk, og beregning av effektivitet og CH₄/CO₂-forhold som beskrevet over. Resultatene fremstilles grafisk slik at en kan se eventuelle trender i vinduene. Registreringer av H₂S beskrives også. Alle måledata inkl. CO₂-korreksjon vedlegges rapporten.

Eff2 – Oksidasjonsvinduene effektivitet

Av målingene som skal gjøres vil det være utregningen av Eff2 som vil være den viktigste styringsparameteren man må regne på. Denne forteller oss om effektiviteten til oksidasjonsvinduet. Nærmere bestemt hvor stor andel av metanen som går til vinduet som blir oksidert.

$$\text{Eff2} = (P2 - P3) / P2$$

Utgangspunktet for utregning av P2 og P3 er vist foran.

Eff3 – Tiltakets effektivitet

$$\text{Eff3} = (T - P1 - P3) / T$$

T = Teoretisk metanutslipp hvis det ikke var gjort tiltak.

COWI har modellert T basert på historiske data og målte overflateemisjoner fra tiden før avslutning av deponiet se Tabell 1. Beregningene er basert på at 45% av produsert metan oksideres i overflaten.

Tabell 1 Modellerte utslipp fra tiltaksområdet hvis det ikke var gjort tiltak på Heggstadmoen. Tiltaksområdet omfatter område 3 og område 4 på Heggstadmoen. 136 000 m².

Utslipp fra tiltaksområdet ved ingen tiltak							
r	Gassproduksjon tonn/år		Fra oksidasjon i overflate tonn/år	T Gassutslipp tonn/år		T Gassutslipp m ³ /time	
	CH ₄	CO ₂		CH ₄	CO ₂	CH ₄	CO ₂
2017	90	247	111	49	358	8	21
2018	89	246	111	49	356	8	21
2019	89	244	110	49	354	8	20
2020	88	243	109	49	352	8	20
2021	88	241	109	48	350	8	20
2022	87	240	108	48	348	8	20
2023	87	238	107	48	346	8	20
2024	86	237	107	47	344	8	20
2025	86	236	106	47	342	8	20
2026	85	234	105	47	340	7	20
2027	85	233	105	47	338	7	19
2028	84	231	104	46	336	7	19
2029	84	230	104	46	334	7	19
2030	83	229	103	46	332	7	19
2031	83	227	102	45	330	7	19
2032	82	226	102	45	328	7	19
2033	82	225	101	45	326	7	19

2 034	81	22 3	101	45	324	7	19
2 035	81	22 2	100	44	322	7	19
2 036	80	22 1	99	44	320	7	18
2 037	80	22 0	99	44	318	7	18
2 038	79	21 8	98	44	317	7	18
2 039	79	21 7	98	43	315	7	18
2 040	78	21 6	97	43	313	7	18

Tabell 2 Modellerte utslipp fra hele Heggstadmoen hvis det ikke var gjort tiltak på deponiet. Dette er utslipp fra hele område 1, 2 3 og 4. Denne tabellen er kun til informasjon, og er ikke nødvendig i beregning av tiltakets effektivitet.

Utslipp fra hele deponiet ved ingen tiltak							
År	Gassproduksjon tonn/år		Fra oksidasjon i overflate tonn/år	Gassutslipp tonn/år		Gassutslipp m³/time	
	C H ₄	CO ₂	CO ₂	CH ₄	CO ₂	CH ₄	CO ₂
7 201	130	357	161	71	518	11	30
8 201	129	355	160	71	515	11	30
9 201	128	353	159	71	512	11	30
0 202	128	351	158	70	509	11	29
1 202	127	349	157	70	507	11	29
2 202	126	348	156	70	504	11	29
3 202	126	346	156	69	501	11	29
4 202	125	344	155	69	499	11	29
5 202	124	342	154	68	496	11	29
6 202	124	340	153	68	493	11	28
7 202	123	338	152	68	491	11	28
8 202	122	337	152	67	488	11	28
9 202	122	335	151	67	486	11	28
0 203	121	333	150	67	483	11	28
1 203	121	331	149	66	481	11	28
2 203	120	330	148	66	478	11	28
3 203	119	328	148	66	476	10	27
4 203	119	326	147	65	473	10	27
5 203	118	325	146	65	471	10	27
6 203	117	323	145	65	468	10	27
7 203	117	321	145	64	466	10	27
8 203	116	320	144	64	464	10	27
9 203	116	318	143	64	461	10	27

204	11	31	142	63	459	10	27
0	5	7					

Det skal ikke være nødvendig å gjøre nye beregninger av teoretiske metanutslipp hvis det ikke var gjort nye tiltak. Unntakene er selvsagt hvis det framkommer nye opplysninger om deponerte mengder og typer avfall. Eventuelt hvis det utvikles nye og bedre beregningsmodeller.

Referanser

Marius Johansen og Aage Heie, 2017: Driftsplan oksidasjonsvinduer Heggstadmoen – utkast. COWI rapport A63191 til Trondheim kommune, Trondheim 06.10.2017.