

**Metantab fra det danske distributions-
og transmissionsnet
Opgørelse 2019**

**Projektrapport
December 2020**

RAPPORT

Kolofon

Titel: Metantab fra det danske distributions- og transmissionsnet; opgørelse 2019

Rapportkategori: Projekt rapport

Forfatter: Helle Gottschalk Nygaard

Dato for udgivelse: December 2020

Copyright: Dansk Gasteknisk Center a/s

ISBN-nr.: 978-87-7795-435-1

Sagsnummer: 746-51

Sagsnavn: Metanindsats 2019-2020 - Årlige opgørelser

URL: <https://www.dgc.dk/publikationer/soeg>

Arkivering: h:\746\51 Metantab 2019-2020

Indholdsfortegnelse	Side
1 Resumé.....	2
2 Indledning	3
3 Opgørelsesmetode.....	4
3.1 Emissionskilder og rammerne for undersøgelsen.....	5
3.2 Bestemmelse af emissionsfaktorer for hver gruppe af aktiviteter	7
4 Dataindsamling for opgørelsen 2019	9
4.1 Indsamling af aktivitetsdata	9
4.2 Bestemmelse af emissionsfaktorer.....	10
4.2.1 Fugitive emissioner	10
4.2.2 Overgravninger og andre pludseligt opståede hændelser.....	11
4.2.3 Andre udslip	11
4.3 Manglende data og estimationsmetoder	13
4.3.1 Lagre.....	13
4.3.2 Nybro.....	14
4.4 Gasforbrug	14
4.5 Usikkerhedsestimater	14
5 Resultat og konklusion.....	15
Bilag A: Metan-målekampagne 2017-2019	17
Bilag B: Målemetoder	19
B1: HI-FLOW®-samplers	19
B2: GasFind (sporgasmetoden).....	21
B3: High Volume Sampling med FID-måler	24
B4: Lækagesøgning	26

1 Resumé

TCG igangsatte i 2017 en kortlægning af metanemissioner fra det danske gassystem. Dette arbejde er fortsat i 2019-2020 med en fælles opgørelse baseret på målinger, som DGC foretager for Evida og Energinet samt data indsamlet af selskaberne selv. Arbejdet med opgørelserne inkluderer udarbejdelse, planlægning og gennemførelse af måleprogram, indsamling af oplysninger og data samt udarbejdelse af årlig emissionsopgørelse.

I analysen er medtaget den danske gasinfrastruktur, fra gassen ankommer til Danmark ved grænsen, kommer i land fra Nordsøen, eller opgraderet biogas komprimeres og introduceres til gasledningsnettet, indtil det leveres ved forbrugers målerskab eller forlader landet igen ved en af grænserne.

Det samlede metantab fra det danske naturgassystem i 2019 estimeres til

1,7 mio. Nm³ metan.

Det svarer til 0,07 % af det danske gasforbrug og kan omregnes til ca. 31.000 tons CO₂-ækvivalenter.

Af den estimerede emission kommer ca. 50 % af tabet fra distributionsnet og stikledninger, 14 % fra transmissionsnet og det resterende tab fra gaslagre og gasbehandlingsstationen i Nybro.

Tallene er behæftet med en stor usikkerhed (mere end en faktor 3). Den store usikkerhed skyldes primært

- a) Få eller ingen standardiserede målemetoder
- b) Kombinationen af stor spredning i målte værdier samt målingen på en lille delmængde
- c) Manglende målinger og datainformation fra lagre og Nybro (standard værdier benyttet)
- d) Behov for større undersøgelser af metanslippet fra gasrør og stikledninger i distributionsnettet.

Måleprogrammet og dataindsamlingen forventes fortsat fremover, hvorved der opbygges en bedre viden omkring emission af metan. Hermed forventes det, at opgørelserne fremover bliver mere præcise.

2 Indledning

Både i Danmark og i EU er der fokus på emission af drivhusgasser, herunder metan, som udgør hovedkomponenten af gassen i det danske gassystem. Det gælder, uanset om gassen kommer fra Nordsøen, importeres fra Tyskland eller Norge eller produceres på et biogasanlæg.

Gasbranchen har af både sikkerhedsmæssige og økonomiske årsager altid søgt at begrænse lækager og udslip fra gassystemet i forbindelse med overgravninger af rør og vedligehold, men den øgede fokus på emission af klimagasser betyder, at også gasselskaberne løbende skal kvantificere og dokumentere omfanget af metanudslip fra gasnettet.

Sammen med Evida og Energinet igangsatte DGC i 2017 en kortlægning af metanemissioner fra gasdistributions- og gastransmissionssystemet i Danmark. Samtidig deltager DGC i det europæiske gassamarbejde Marcogaz om måle- og opgørelsesmetoder for metanemissioner, som også udarbejder årlige opgørelser over metanemissionen fra det samlede europæiske gassystem.

Der er siden 2017 udført et større antal målinger (mere end 70 måledage i felten) og arbejdet med metoder til opgørelsen af metanemissioner.

Det blev i starten af 2019 besluttet at lave en opdateret opgørelse af metantabet på baggrund af data og målinger samlet for hele 2019. 2019-opgørelsen har været forsinket grundet udfordringer med at indsamle tilstrækkelige data fra distributionsnettet pga. omorganisering og tilretning af datasystemer.

Det samlede metantab i 2019 er opgjort til 0,07 % af det danske naturgasforbrug. Resultatet er behæftet med en stor usikkerhed (mere end faktor 2), da metantab ofte er varierende og/eller kort varighed. Fortsat dataindsamling og målinger vil løbende forbedre den årlige opgørelse.

3 Opgørelsesmetode

Emissioner fra distributions- og transmissionsnet kommer fra forskellige hændelser, udstyr og systemer og kan ikke bestemmes med enkle beregninger eller målinger.

Derfor udregnes den samlede metanemission som summen af emissioner fra de forskellige kilder og driftshændelser.

Den kan beskrives matematisk ved hjælp af nedenstående formel:

$$\text{Estimeret Metan Emission (ME)} \left(\frac{\text{kg}}{\text{år}} \right) = \sum_{i=1}^n AF_i(\text{antal_enheder}) \cdot EF_i \left(\frac{\text{kg}}{\text{enhed}} \right) + \sum_{j=1}^m AF_j(\text{antal_hændelser}) \cdot EF_j \left(\frac{\text{kg}}{\text{hændelse}} \right)$$

AF_i : antal af enheder i (eks. meter rør, kompressorer, M/R-station)

EF_i : gennemsnitsemmission per enhed (emissionsfaktoren)

AF_j : antal af specifik hændelse j (fx overgravning, udluftning)

EF_j : gennemsnitsemmission per hændelse (emissionsfaktoren)

n : antallet af forskellige enheder

m : antallet af forskellige hændelser

Det er i formelen antaget, at der findes mere udstyr/flere hændelser med samme emission. Antagelsen er korrekt for emissioner ved specifikke operationer, som for eksempel en gaskvalitetsanalyse i en gaskromatograf (GC). For andre emissioner - som udsivninger ved utæt eller havareret udstyr - vil omfanget af metanudslippet afhænge specifikt af den enkelte hændelse, det enkelte udstyr og/eller den aktuelle vedligeholdelse og driftssituation.

Det vil ikke være muligt at registrere og beregne/måle alle individuelle emissioner, og derfor er det nødvendigt at etablere nogle grupper af udstyr og situationer, som naturligt er forbundne, eller som ligner hinanden.

Derefter estimeres den enkelte emissionsfaktor for gruppen ved hjælp af måling (sandsynligvis kun en stikprøvemåling) eller beregning.

3.1 Emissionskilder og rammerne for undersøgelsen

I denne opgørelse er metantabet fra det danske naturgasnet estimeret ud fra en vurdering af enkelte emissionskilder. Undersøgelsen inkluderer den danske gasinfrastruktur, fra gassen ankommer til Danmark ved grænsen, kommer ind på land ved Nybro, eller opgraderet biogas komprimeres og introduceres til gasledningsnettet, indtil gassen enten leveres ved forbrugerens målerskab eller forlader landet igen ved en af grænserne. Det vil sige, at emissioner ved anvendelse eller produktion af gassen ikke er medtaget.

Medtaget er

- a) Driftsemissioner fra
 - Kvalitetsmålinger (primært GC og dugpunkt)
 - Kalibrering/eftersyn (primær udslipkilde er udluftning af udstyr inden service)
 - Rørinspektioner med grise
- b) Fugitive emissioner
 - Permeabilitet
 - Utætheder ved samlinger og udstyr
- c) Planlagte og uplanlagte hændelser
 - Vedligeholdelse
 - Overgravninger
 - Om-/tilbygninger

De mulige emissionskilder og hændelser er geografisk og tidsmæssigt spredt og kan hverken måles eller estimeres samlet. For at simplificere opgørelsen inddeles emissionerne i aktivitetsgrupper.

Inddeles udstyret i meget store og omfattende grupper, som fx "det samlede transmissionssystem" eller "alle rør under jorden i DK", vil opgørelsen over metantab indeholde store usikkerheder. Samtidig vil det ikke give meget information i forhold til at minimere udslippet eller forebygge uheldige hændelser.

Hvis der på den anden side anvendes en meget høj detaljeringsgrad (fx hver enkelt samling i gasnettet), bliver registreringsarbejdet meget omfattende og uoverskueligt. Der er en stor risiko for fejl eller for at overse en kilde.

Derfor er der udvalgt et passende detaljeringsniveau, som løbende justeres i forhold til størrelsen på observerede emissioner, tilgængelige data og behov for detaljering. Af praktiske hensyn er komponenter fra den danske infrastruktur inddelt i grupper som vist herunder.

Transmissionsnettet

- Rør
- Kompressorstationer
- M/R-stationer med tilhørende ventiler - behandles som en samlet enhed
- Linjeventiler
- Permeabilitet fra rør (medtages ikke, da rørene er stålrør)
- Udstyr med kendte emissioner (fx GC) - design og drift
- Planlagte hændelser i forbindelse med vedligehold
- Uforudsete hændelser (kategori, størrelse, varighed mv.)

Distributionsnettet

- Biogaskompressorer
- M/R-stationer med tilhørende ventiler - behandles som en samlet enhed
- Linjeventiler
- Permeabilitet fra plastrør
- Udstyr med kendte emissioner (fx GC) - design og drift
- Planlagte hændelser i forbindelse med vedligehold
- Uforudsete hændelser (kategori, størrelse, varighed mv.)
- Rør til fordeling
- Rør til distribution
- Stikledninger og kundemålere

Lagre

Modtagestation Nybro

I opgørelsen er udstyret inddelt i disse meget overordnede klasser og ikke i forhold til for eksempel alder, størrelse, vedligeholdelsesstand og operationstryk, som alle er parametre, der forventes at påvirke et eventuelt metanudslip i mere eller mindre grad. Det er vurderet, at det med de nuværende data ikke vil øge informationen og mulighederne for begrænsning af emissioner med større detaljering.

3.2 Bestemmelse af emissionsfaktorer for hver gruppe af aktiviteter

For hver aktivitetsgruppe er det nødvendigt at bestemme den tilhørende emissionsfaktor – altså hvor meget metan der er for hver aktivitet/udstyr. Der er flere måder at bestemme emissionsfaktorerne på:

Beregning – ud fra informationer om design, tryk, varighed, dimensioner af udstyr og årsag

Denne metode er velegnet til specifikke udslip ved målinger og drift af udstyr, hvor alle data kendes. I undersøgelsen af det danske gasnet er denne metode fx anvendt i forbindelse med permeabiliteten fra plastrør.¹

Metoden er i nærværende undersøgelse også anvendt i forbindelse med ønskede og uønskede hændelser som udluftning og overgravning af gasrør, da det ofte ikke er praktisk muligt at måle i de givne situationer pga. af tid (emission skal stoppes nu) og sikkerhed. Her er det transmissions- og distributionsselskaberne, som selv har foretaget beregningerne.

Måling af enkeltudslip

For enkelt udstyrstyper kan specifikke udslip måles direkte. Det gælder for eksempel ved emission fra gaskedler på en M/R-stationer eller udslip ved ventilation.

¹ Hjuler, K., ”Tab af metan via diffusion”, DGC projektrapport 743.22

Måling på udstyr eller en stikprøve heraf

De fleste (men ikke nødvendigvis de største) kilder til emission er diffuse udslip i forbindelse med små utætheder, samlinger og udstyr. Her bør der foretages en løbende undersøgelse af antal og størrelser af utætheder. Måleopgaven er omfattende, og ofte er det kun muligt at foretage målinger med en **delmængde** (stikprøve). Et gennemsnit af målte værdier udregnes ud fra stikprøvemålingerne. Jo flere stikprøver der tages, jo mere nøjagtig er det endelige estimat.

4 Dataindsamling for opgørelsen 2019

4.1 Indsamling af aktivitetsdata

Indsamlede aktivitetsdata fra gasnettet er design- og driftinformationer om anlæg, udstyr og rør i det danske naturgasnet, som fx længde/design af nedgravede gasrør, antal/design/størrelse af M/R-stationer, information om antal/drift af GC'er, antal/omstændigheder ved overgravninger og meget mere.

For transmissionsnettet og lagre er data indsamlet fra Energinets database over udstyr og komponenter. Medarbejdere fra Energinet har hjulpet med at trække de relevante data fra vedligeholdelsessystemer og andre databaser under arbejdet med projektet. Derudover opgør Energinet årligt firmaets udledning af klimagasser i en rapport. Data fra rapporten er - sammenholdt med information om transmissionsnettets opbygning - anvendt som input til denne rapport. Enkelte informationer er præciseret i dialog med medarbejdere i Energinet.

Evida har udgivet en sikkerhedsteknisk årsrapport over de vigtigste hændelser og ændring det forgangne år. Her findes opsamlede data om udstyr samt vigtige hændelser og betydelige ændringer i gasnettet. Desværre er det ikke standardrutine, at der ved forskellige hændelser (overgravninger) bliver målt eller indsamlet de nødvendige data til at estimere udslip. Historisk findes uofficielle vurderinger ved de forskellige hændelser, som i opgørelsen bruges sammen med officielle data til at estimere et emissionstal. Der arbejdes på en større systematisk indsamling af data fra disse hændelser i 2020.

Aktivitetsdata er kategoriseret i følgende grupper:

- M/R-stationer – transmission (Se bilag A)
- M/R-stationer – distribution (Se bilag A)
- Linjeventiler – transmission (Se bilag A)
- Linjeventiler – distribution (Se bilag A)
- Plastrør – distribution (Se bilag A)
- Antal – stikledninger (Se bilag A)
- Kompressorstationer, transmission (Se bilag A)
- Kompressorstationer, distribution (Se bilag A)
- Større udstyr/anlæg (gaslagre i Stenlille og Lille Torup, Nybro, Egtved, mv.)

- Udstyr med kendte emissioner (fx ventil, GC)
- Planlagte hændelser (fx vedligehold, udluftning)
- Uforudsete hændelser (kategori, størrelse, varighed mv.)
- Informationer og lækagekontrol samt andre hændelsesstatistikker

4.2 Bestemmelse af emissionsfaktorer

4.2.1 Fugitive emissioner

De fleste (men ikke nødvendigvis de største) kilder til emission er diffuse udslip i forbindelse med små utætheder i samlinger og udstyr. Da disse udslip er mange og geografisk spredt over hele landet, vil det være omfattende og tidskrævende at undersøge og måle alle steder med risiko for udslip. For at lave et estimat grupperes udstyret, og der måles på en udvalgt stikprøve. Jo flere stikprøver der tages, jo mere nøjagtigt er det endelige estimat.

I perioden 2017-2019 er metantabet for udvalgte anlæg på transmissions- og distributionsnettet målt for at bestemme de fugitive emissioner fra det danske naturgasnet. En oversigt over disse målinger kan ses i bilag A.

De anvendte målemetoder er beskrevet i bilag B.

Usikkerheden på målingerne er meget varierende og afhænger af målemetode samt de fysiske forhold og betingelser på målestedet. Parametre som vejr, driftsforhold og anlægsdesign kan alle have indflydelse på målenøjagtigheden. I bilag A er der angivet en måleusikkerhed eller en standardafvigelse på det gennemsnitlige måleresultat, hvor det muligt.

Der er observeret stor spredning mellem målinger på sammenlignelige anlægsdele, hvilket øget usikkerheden på det samlede resultat betydeligt. Det skyldes primært, at der på de enkelte anlæg kan findes såkaldte ”super-emittere”, som vil øge emissionen for det enkelte anlæg betydeligt. Opgørelsesmetoden kan have svært ved at håndtere sådanne ”super-emittere”.

4.2.2 Overgravninger og andre pludseligt opståede hændelser

Transmission

Overgravninger og rørskader forekommer sjældent på transmissionsnettet i Danmark. Der er ikke kendskab til overgravninger og andre større hændelser på transmissionsnettet i 2019.

Distribution

Overgravninger eller skader på distributionsnettets rør og stikledninger er desværre en normal, tilbagevendende begivenhed. I 2019 har der i Danmark været 484 anmeldte skader på rørledningerne i distributionsnettet.

Desværre foreligger der ikke estimerer eller målinger af størrelsen på hverken det samlede eller de enkelte udslip. Der er indsamlet historiske data fra årene 2012/2013 til 2018 for estimeret metantab ved overgravninger, ventiler og beskadigelser fra de tre tidligere distributionsselskaber. På baggrund af data er det estimerede gennemsnitligt udslip pr. hændelse over de sidste år udregnet til 300 m³/hændelse med to standardafvigelser på 280 m³/hændelse.

4.2.3 Andre udslip

Funktionstest og service

I forbindelse med service på anlæg og udstyr kan det være nødvendigt for teknikere at udlufte naturgas til atmosfæren, så udstyr kan udskiftes, repareres eller kalibreres.

Hos Energinet (transmission) noterer teknikeren disse hændelser, og der laves et estimat af metanmængden, som indgår i den samlede opgørelse.

For Evida (distribution) registreres der ikke systematisk udslip ved service. Derfor har en måletekniker fra DGC været med ude på et par tilsynsbesøg. Her er udslip målt, beregnet og estimeret for alle arbejdsprocesser, hvorefter der er lavet et samlet estimat af udslip under service.

Lækageinspektion – distributionsnet

I bilag B4 er der beskrevet en metode til at lækagesøge gasinstallationer i distributionsområderne. Søgning foregår i bil, og der kan søges mellem 10 og 60 km pr. dag, afhængig af fremkommeligheden i området (bykørsel/landvej). Metoden har vist sig effektiv til at finde lækager på gasnettet, men da

mange parametre har indflydelse på kvantificeringen af lækagen (vind, afstand, bygning etc.) har det været svært at kvantificere de fundne lækager. De fundne lækager vurderes at være større end 25 m³/år, da disse udslip er svære at se, men mindre end 150 m³, da disse typisk opdages på anden vis. Derfor er en gennemsnitlig udslipstørrelse estimeret til 100 m³/år. Usikkerheden er relativt høj, og det forventes, at udslippene er mellem 0-500 m³/år.

Stikledninger

På distributionsnettet er der over 400.000 stikledninger. Mange af dem har tilhørende tilslutning og målerskab. En opgørelse fra Marcogaz¹ viser, at udslippet i gennemsnit for Europa er 1,52 kg/kunde/år.

En del af de større udslip vil findes, når der laves lækagesøgning og er derfor medtaget i opgørelsen for lækageinspektion. Dog har DGC vist, at der er utætheder ved fx målerskabe, som er så små, at de ikke findes ved lækagesøgningen. Det forventes, at disse kan findes på en del af stikledningerne/målerskabene.

I denne opgørelse er det estimeret, at Marcogaz-estimatet kan deles i to lige dele, hvor halvdelen kommer fra disse små udslip og den anden halvdel fra større udslip, som ses ved lækagesøgning.

Derfor medregnes et ekstraudslip på 0,76 kg/kunde/år specifikt for stikledninger.

Pigging af transmissionsrør

I forbindelse med årets målekampagne blev det observeret, at en relativt stor mængde gas ventileres i forbindelse med afsendelse og modtagelse af piggingsudstyr. Udslippet blev estimeret til 1200 m³/afsendelse-modtagelse. En sådan hændelse sker efter vedligeholdelsesplanen 6,9 gange i gennemsnit per år.

Hos Energinet estimeres udslippet i forbindelse med operationen og er derfor inkluderet i opgivelsen af den samlede metanemission fra selskabet.

4.3 Manglende data og estimationsmetoder

Desværre har det ikke været muligt inden for projektets rammer at indsamle og måle metantabsdata fra alt udstyr i det danske gastransmissions- og -distributionsnet.

Det forventes, at lageret i Stenlille, lageret i Lille Torup samt modtagestationen ved Nybro bidrager signifikant til det samlede udslip. Da der ikke er fremskaffet danske data fra anlæggene, anvendes gennemsnitsdata for Europa udarbejdet af Marcogaz¹ og data estimeret på anden vis.

4.3.1 Lagre

I ”*Survey Methane Emissions for Underground Gas Storage (UGS) Facilities in Europe- Technical Report, WG-ME-17-19_D038*” foreslås det at anvende en emissionsfaktor som nedenstående for et standardgaslager.

347 kg metan/(1 million m³ gasoplagringskapacitet)/år

I Danmark har de to lagre tilsammen en kapacitet på i alt 948 mio. Nm³. Det medfører et samlet estimat for metanemission fra de danske lagre på 400.000 m³/år. Usikkerheden på estimatet er vurderet til at være omkring en faktor 3.

¹ Marcogaz-opgørelser over metanemissioner i Europa (findes på Marcogaz' hjemmeside)

- Survey Methane Emissions for Gas Transmission in Europe - Update 2017
- Technical Report, WG-ME-17-09_D011
- Survey Methane Emissions for Gas Distribution in Europe - Update 2017
- Technical Report, WG-ME-17-25_D049
- Survey Methane Emissions for Underground Gas Storage (UGS) Facilities in Europe
- Technical Report, WG-ME-17-19_D038
- Survey Methane Emissions for LNG Terminals in Europe
- Technical Report, WG-ME-17-22_D044
- Assessment of methane emissions for gas Transmission and Distribution system operators - MARCOGAZ - 2019 WG_ME-485

4.3.2 Nybro

Nybro Gasbehandlingsanlæg på Nybrovej 185, 6851 Janderup modtager naturgas fra Nordsøen til bearbejdning, rensning og kontrol samt viderefremstilling til gasnettet. I 2019 modtog stationen ca. 3000 mio. Nm³ gas fra Nordsøen, hvilket er mindre end året før, da feltet Tyra er lukket ned.

Der findes ingen standardemissionsfaktor for gasbehandlingsanlæg, og derfor er et estimat besværliggjort. Fra tidligere møde på anlægget er det oplyst, at emissioner fra måleudstyret alene udgør 14.000 m³/år. Derudover forventes betydelige emissioner fra de forskellige procesanlæg. Anlægget vurderes at være på størrelse med og at have udstyr som lageret i Stenlille. Derfor estimeres udslippet til at være i størrelsesorden 200.000 m³/år.

4.4 Gasforbrug

Energinet laver månedligt en statistik over gasforbruget i Danmark. For 2019 gælder, at det danske gasforbrug var 2750 mio. Nm³ naturgas med en gennemsnitlig metankoncentration på 91,2 % svarende til 2500 mio. Nm³ metan.

4.5 Usikkerhedsestimat

Usikkerheden på de enkelte data er estimeret ud fra en kombination af måleusikkerhed, standardafvigelser på målinger og estimater omkring data, som ofte er begrænset eller meget usikker.

I de fleste tilfælde antages det, at data er fordelt efter en log-normalfordeling. Desværre er datamængden ikke tilstrækkelig til en eftervisning, men antagelsen er baseret på information om emissionerne

- Emissioner kan ikke være negative
- Der findes få "super-emittere"
- De få fordelinger, der observeres, er log-normal

5 Resultat og konklusion

Data indsamlet i løbet af året er opsamlet i tabellen sidst i afsnittet.

Det samlede metantab fra den danske gasinfrastruktur estimeres til

1,7 mio. Nm³ metan i 2019.

Det svarer til 0,07 % af det danske gasforbrug.

Bruges en GWP¹-faktor på 25 kan det omregnes til omkring 31.000 tons CO₂-ækvivalenter.

Tallene er behæftet med en stor usikkerhed, som skyldes

- e) Begrænset/ingen standardiserede metoder til opgørelse, estimat og måling af emissioner
- f) Store variationer i de målte metanudslip for sammenligneligt udstyr
- g) Emissioner er målt på en større, men ikke tilstrækkelig delmængde af udstyret
- h) Manglende målinger og datainformation fra gaslagrene og gasbehandling i Nybro
- i) Behov for større undersøgelser af metanslippet fra gasrør og stikledninger i distributionsnettet.

Flere målinger samt bedre dataopsamling vil være med til at sikre en bedre opsamling i de kommende år.

¹ Global warming potential - IPCC AR4 Fourth Assessment Report

	Emission	% af DK-gasforbrug	Usikkerheds-interval
	Tusind Nm ³ /år	%	Tusind Nm ³ /år
Distribution			
M/R-stationer ¹	100	0,004	50-200
DR-stationer ¹	4,5	0,0002	1,5-10
Bionaturgas-kompressor ¹	150	0,006	50-250
Fordelingsnet ¹	21	0,001	10-60
Distributionsnet ¹	126	0,005	75-400
Stikledninger ²	275	0,01	90-550
Tab ved vedligehold og eftersyn af MR-station ¹	1	0,00004	0,5-2
Permeabilitet ³	17	0,001	15-19
Overgravninger ⁴	145	0,006	70-290
Sum distribution	840	0,04	370-1800
Transmission			
M/R-stationer ¹	75	0,003	25-225
Egtved ¹	15	0,001	8-30
St. Andst ¹	1,8	0,000	0,6-3,6
Bevtoft kompressorstation ¹	21	0,001	13-25
Dragør Border ^{1,5}	4	0,000	3,4-4,6
Linjeventiler, enkeltstående ¹	24	0,000	12-48
Sluser ¹	12	0,001	4-48
Tab ved vedligehold og andre udluftninger ⁶	61	0,002	30-120
Tab ved afsendelse af grise ¹	8	0,000	6-10
Måleudstyr ⁷	13	0,001	10-18
Sum transmission	235	0,01	125-540
Andet			
Nybro ⁸	200	0,007	50-800
Måleudstyr Nybro ⁹	14	0,0005	10-20
Lagre ¹⁰	400	0,02	100-1200
Samlet	1700	0,07	730-3900

¹ Data fra det danske måleprogram – se tabel i bilag A for flere detaljer

² Her er kun medtaget mindre udslip, da større udslip findes ved lækagesøgning på distributionsnettet. Estimeret ud fra "Survey Methane Emissions for Gas Distribution in Europe - Update 2017- Technical Report, WG-ME-17-25_D04"

³ Beregnet jf. Hjuler, K., "Tab af metan via diffusion", DGC-projektrapport 743.22

⁴ Estimeret fra historiske data og antal hændelser i 2019

⁵ 2800 m³ kommer fra anlæg ejet af det svenske gasselskab Swedegas

⁶ Data fra Energinet fra trukket data til pigging

⁷ Fratrukket bedrag fra Egtved, Bevtoft og St. Andst

⁸ Vurderet ud fra målinger på andre anlæg i transmissionsnettet

⁹ Tal fra besøg på Nybro gasanlæg 2017

¹⁰ Estimeret fra emissionsfaktorer fra "Survey Methane Emissions for Underground Gas Storage (UGS) Facilities in Europe - Technical Report", WG-ME-17-19_D038

Bilag A: Metan-målekampagne 2017-2019

Distribution

	Installeret 2019	Antal målt 2017	Gennemsnit 2017	Antal målt 2019	Gennemsnit 2019	Gennemsnit Alle målt
M/R-stationer	515 samt 50 BMR	17	190 m ³ /år/station ²	32 ¹	170 m ³ /år/station ²	180 m ³ /år/station ²
DR-stationer	468	0	Ingen data	13	10 m ³ /år/station ³	10 m ³ /år/station ³
Bionaturgaskompressorer	49 ⁴	0	Ingen data	2 ⁵	3000 m ³ /år/station	3000 m ³ /år/station ⁶
Stikledninger	403.750 stk. (inkl. 407.330 målere) I alt 7300 km <1 bar (1,9 km stål) 1984 km >1 bar (12 km stål)	0	Ingen data	ca. 300-350 km rørledning med tilhørende stikledninger	0,08 lækage pr km distributionsledning ⁷	0,08 lækage pr km distributionsledning ⁶
Fordelingsnet	2595 km	0	Ingen data			
Distributionsnet	15734 km	0	Ingen data			
Tab ved vedligehold og eftersyn af MR-stationer ⁸	Ca. 1000 gange/år ⁹	0	Ingen data	2	1 m ³ /test ¹⁰	1 m ³ /test

¹ Heraf er 4 gentaget i 2017 og 2019 for at følge udviklingen.

² Usikkerheden på den enkelte måling er omkring 15 %. Der er stor variation fra station til station med den laveste på <1 m³/år til 1000 m³/år, hvilket giver en usikkerhed på ± 400 m³/år/station. Der er ikke set en betydelig ændring fra 2017 til 2019.

³ Usikkerheden på den enkelte måling er omkring 15 %. Der er mindre variation fra station til station med den laveste på <1 m³/år til 56 m³/år, hvilket giver en usikkerhed på ± 16 m³/år/station.

⁴ Ændres løbende, da flere biogastilslutninger installeres (tallet er opgivet ved udgangen af 2019). Der er stor forskel i størrelse på disse, og en mere detaljeret inddeling bør laves. Der er fundet hhv. 500 og 5500 m³/år på de undersøgte anlæg.

⁵ Biogaskompressorerne varierer meget i størrelse og design, men der er målt en lille og en stor.

⁶ Behæftet med stor usikkerhed – på op til ca. 5000 m³/h.

⁷ Desværre har det vist sig, at målemetoden ikke kan anvendes til egentlig bestemmelse af lækagernes størrelse, men det forventes, at metantabet er > 50-100 m³/år/lækage, da der er en tydelig indikator. Usikkerheden på estimatet er mange 100 %, og der arbejdes p.t. på at forbedre metoden.

⁸ Målingerne indeholder en kombination af måling, estimat og vurdering ved deltagelse i et vedligeholdelsesbesøg.

⁹ Forskel på serviceintervaller og indhold er ikke medtaget i estimatet.

¹⁰ Usikkerheden er stor på denne måling, men variationen (også på test 2020) er overraskende lille.

Transmission

	Installeret 2019	Antal målt 2017	Gennemsnit 2017	Antal målt 2019	Gennemsnit 2019	Gennemsnit Alle målt
M/R-stationer	42 ¹	5 ²	1700 m ³ /år/station	5	4000 m ³ /år/station ³	1900 m ³ /år/station
Egtved ⁴	1	2 driftssituationer	15.000 m ³ /år ⁵	0	Ingen data	15.000 m ³ /år ⁶
St. Andst ⁷	1	0	Ingen data	1	1.800 m ³ /år	1.800 m ³ /år ⁸
Bevtoft ⁹	1	0	Ingen data	1	21.000 m ³ /år	21.000 m ³ /år ¹⁰
Dragør Border ¹¹	1 +1			1+1	4.000 m ³ /år	4.000 m ³ /år ¹²
Linjeventiler, enkeltstående	32	2	60 m ³ /år/sted	2	720 m ³ /år/sted ¹³	720 m ³ /år/sted
Sluse til piging	24 ¹⁴	0	Ingen data	10	790 m ³ /år/rør	790 m ³ /år/rør
Tab ved vedligehold og eftersyn af MR-stationer	42 stationer 1-2 eftersyn	0	Ingen data	Ikke planlagt	Ingen data	Ingen data ¹⁵
Tab ved afsendelse af grise	6,9 gange/år (gns.) ¹⁶	0	Ingen data	Estimat ¹⁷	Ingen data	1200 m ³ /gang

¹ I beregningerne er kun medtaget 39, da Egtved, St. Andst, Bevtoft er rapporteret for sig.

² Heraf er en gentagelse i både 2017 og 2019.

³ Der var meget stor variation på målingerne fra 200 m³ på den med mindst udslip til >15.000 m³/år på den M/R-station med mest. Denne station havde et for højt flow i dugpunktmålingen. Tages den ud af målingen, fås under 1000 m³/år/station. En super-emitter på en station er medtaget med halv vægt, da den ikke forventes gentaget på flere stationer.

⁴ Emissioner fra måleudstyr, sluser og M/R-station er inkluderet i opgørelsen. Derfor er dette trukket ud i anden opgørelse.

⁵ Der er målt i to driftssituationer: Normal (1 kg/h) og Bleed (6 kg/h, 20 dage/år).

⁶ Usikkerheden er ± 4500 m³/år.

⁷ Emissioner fra måleudstyr og M/R-station er inkluderet i opgørelsen. Derfor er dette trukket ud i anden opgørelse.

⁸ Usikkerheden er ± 1600 m³/år.

⁹ Emissioner fra måleudstyr og M/R-station er inkluderet i opgørelsen. Derfor er dette trukket ud i anden opgørelse.

¹⁰ Usikkerheden er ± 6000 m³/år – dog lidt svær at estimere.

¹¹ 2800 m³ kommer fra anlæg ejet af Swedegas.

¹² Usikkerheden er ± 600 m³/år.

¹³ En enkelt var 5-10 gange højere end de andre.

¹⁴ I beregningerne er anvendt 16 (minus 2 på Nybro og 6 ved Egtved).

¹⁵ Hos Energinet vurderer teknikeren, hvor meget der lukkes ud. Energinet har angivet et samlet udslip på al service i årsopgørelsen.

¹⁶ Oplyst af Energinet (Jørn Gade).

¹⁷ Estimeret ud fra rørvolumen.

Bilag B: Målemetoder

Der findes mange forskellige metoder til at kvantificere metanemissioner, og området er i konstant udvikling. Der er endnu ikke fundet en generel standard til måling af fugitive metanemissioner¹.

Til kvantificering benytter DGC en af nedenstående metoder. Der skrives en målerapport for hver kvantificering med alle observerede detaljer, således at transmissions- og distributionselskaberne efterfølgende kan udbedre eventuelle fejl og mangler.

B1: HI-FLOW®-sampler



Figur 1 Billede af HI-FLOW® sampler fra Bacharach

Beskrivelse af metoden

HI-FLOW® Sampler fra Bacharach er et instrument designet specielt til måling på udslip af metan fra samlinger, pakninger og lignende i et naturgasnet.

Instrumentet består af en lille blæser (op til 290 l/min) med tilhørende flowmåler. Hertil er koblet en opsamlingslange med forskellige former for mundstykker – ligesom en almindelig støvsuger (se Figur 1).

I rygsækken er der ud over blæseren installeret 2 målere til måling af metankoncentrationen i den indsugede luft og en til måling af baggrund:

1. To katalytiske oxidationssensorer, som virker i koncentrationsintervallet 0-5 % (vol.) metan (på både prøvegas og baggrund)
2. En sensor til måling af termisk ledningsevne i koncentrationsintervallet 5-100 % (vol.) metan (prøvegas)

¹ Som eksempel på projekter, der prøver at forbedre og standardisere målinger af metanemissioner, er MetHarmo-projektet inden for biogas. Præsentationer fra workshop den 1. feb. 2018 i Lund er anvendt.

Instrumentet er ATEX-godkendt og kan derfor bruges på gasanlæg.

Når størrelsen af en given lækage skal måles, vælges et passende mundstykke (flangepakke, pose eller bælg), og HI-FLOW® sampleren startes.

Det er vigtigt at være omhyggelig med at sikre, at hele lækagen samles op. Samtidig skal det sikres, at der er tilgang af luft fra omgivelserne, så lækagen ikke forstørres af undertryk.

HI-FLOW® sampleren beregner lækagestørrelsen ud fra formlen:

$$\begin{aligned} & \text{Estimeret Metan Emission (ME)} \left(\frac{l}{min} \right) \\ &= flow \left(\frac{l}{min} \right) * \frac{(C_{metan,ud(\%)} - C_{metan,baggrund(\%)})}{100\%} * k \end{aligned}$$

Hvor k er response factor for en given gas

Estimeret i laboratoriet for dansk naturgas til 0.89

Evaluering

HI-FLOW® sampleren blev afprøvet på kendte emissioner i laboratoriet og udendørs. Målefejlen ved lave koncentrationer var under 0,1 l/min. Producenten opgiver måleusikkerheden til maks. 5 % på flow og 5 % på koncentration og 15 % i alt. Test i laboratoriet og kalibrering viser, at instrumentet ligger fint inden for grænserne. De 15 % måleusikkerhed skyldes, at selve metoden også har en indbygget fejlmargen.

Det anbefales ikke at anvende metoden ved høje udslip og dårlige vejrforhold, da der er stor sandsynlighed for forkerte målinger.

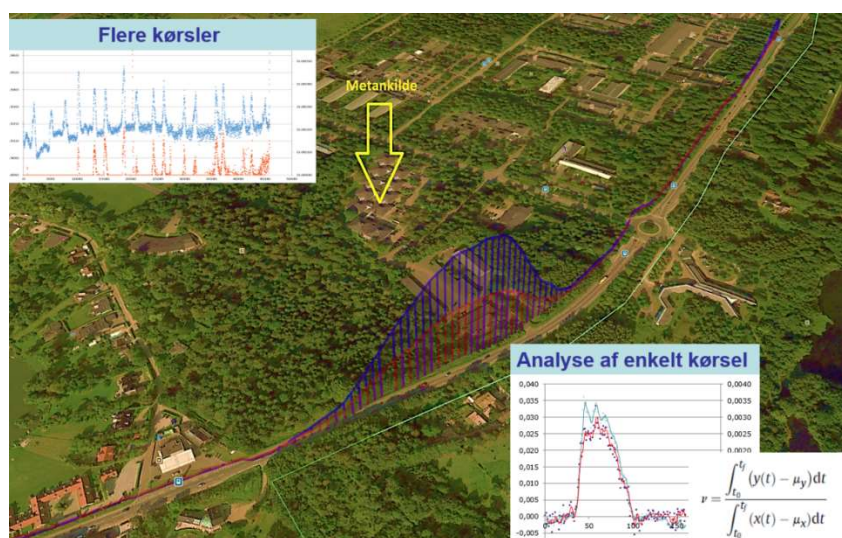
I litteraturen findes artikler, som stiller spørgsmålstegn ved anvendelsen af HI-FLOW® sampleren. Det er vist, at der i nogle tilfælde opnås fejlmålinger, når metankoncentrationen i gassen overstiger de 5 %, og der skiftes måleprincip¹. Ved høje metankoncentrationer (>10 %) vil katalysesensoren stadig vise resultater under 5 %. Forsøg i laboratoriet har vist, at vi godt kan genskabe fejlen, men ved omhyggelig brug og langsom tilslutning til målesonde kan det sikres, at måleområdet skifter hver gang. Det er vigtigt, at brugeren er oplært i dette.

¹ Howard, T., Ferrara, T.W., Townsend-Small, A.; Sensor transition failure in the high flow sampler: Implications for methane emission inventories of natural gas infrastructure; Journal of the Air & Waste Management Association, vol 65 2015, pp856-862

Samme artikel påpeger, at kalibrering af den katalytiske sensor kan være nødvendig oftere end per 30 dage, som angivet i manualen. Vi har valgt at kalibrere måleren før og efter hver målekampagne (1-2 dage) for at sikre, at der måles korrekt. Der er ikke observeret betydelige uoverensstemmelser mellem før og efter målingerne.

Den største observeret udfordring ved brug af måleren på de danske anlæg har faktisk været den relativt høje detektionsgrænse på 0,05 l/min. De fleste fundne lækager er heldigvis mindre end det. Ved at kombinere HI-FLOW® sampleren med en kalibreret sniffer (måler ned til 10 ppm) har det været muligt at måle små lækager præcist også.

B2: GasFind (sporgasmetoden)



Figur 2 Eksempel på sporgasmåling

Beskrivelse af metoden

GasFind måler ved hjælp af *den dynamiske sporgasdispersionsmetode*. Metoden bygger i høj grad på data og er en metode udviklet af andre ^{1, 2}. U.S. Environmental Protection Agency (EPA) er i

¹ Tierney A, Foster-Wittig, Eben D, Thoma, Roger B, Green, Gary R, Hater, Nathan D, Swan, Jeffrey P, Chanton, Development of a mobile tracer correlation method for assessment of air emissions from landfills and other area sources, Atmospheric Environment, Volume 102, February 2015, Pages 323-330, ISSN 1352-2310, <http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosenv.2014.12.008>. (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S135223101400956X>)

² Mønster, J., Scheutz, C., & Kjeldsen, P. (2014). Quantifying greenhouse gas emissions from waste treatment facilities. Kgs. Lyngby: DTU Environment.

Jacob G. Mønster, Jerker Samuelsson, Peter Kjeldsen, Chris W. Rella, Charlotte Scheutz, Quantifying methane emission from fugitive sources by combining tracer release and downwind measurements – A sensitivity analysis based on multiple field surveys, Waste Management, Volume 34, Issue 8, August 2014, Pages 1416-1428, ISSN 0956-053X,

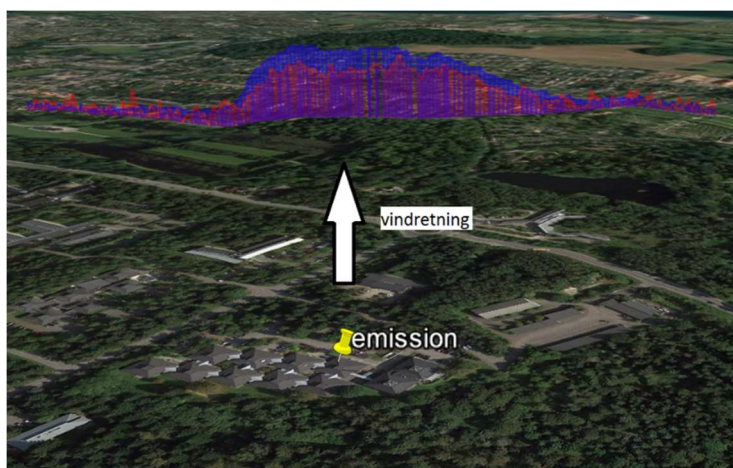
gang med at udvikle en metodebeskrivelse "OTM 33B", som skal anvendes til fastlæggelse af metanemission vha. sporgas, men det endelige arbejde er ikke afsluttet.

Den dynamiske sporgasdispersionsmetode måler metankoncentrationen nedvinds for et anlæg i forhold til koncentrationen af en sporgas (her anvendt acetylen), som frigives i en kendt mængde på anlægget. Målingen sker på 0,5-2 kilometers afstand fra anlægget for at sikre korrekt opblanding af metan og acetylen. Da koncentrationerne af både sporgas (2-50 ppb) og metan (1,7-5 ppm) er lave ved målepunktet væk fra anlægget, skal luften analyseres med en gasanalysemetode, som er følsom i ppm- og ppb-områder. Emissionen af metan udregnes som et forhold mellem målte koncentrationer af sporgas og metan.

DGC's måling udføres med en Los Gatos Research (LGR) Ultra-Portable Acetylene Methane Analyser, som anvender OA-ICOS, off-axis integrated cavity output spektroskopi med detektionsgrænser ned til få ppb af både metan og acetylen. Målingen udføres i bil, og der køres ca. 20 km/h.

For at sikre minimal responstid og forsinkelse i målingerne kombineres lasermåleren med en vakuumpumpe, som sættes til at sikre et flow på 5-6 l/min. gennem udstyret.

Data fra måleinstrumentet kombineres med data fra GPS, som fastlægger den præcise position under målingen. En vindmåler opsættes et passende sted nær acetylenudslippet og bruges til at kontrollere de faktiske vejrforhold under målingerne. Målingerne kan ikke foretages i regnvejr, da acetylen vil blive absorberet i regnen. Nedenstående viser et eksempel på en måling.

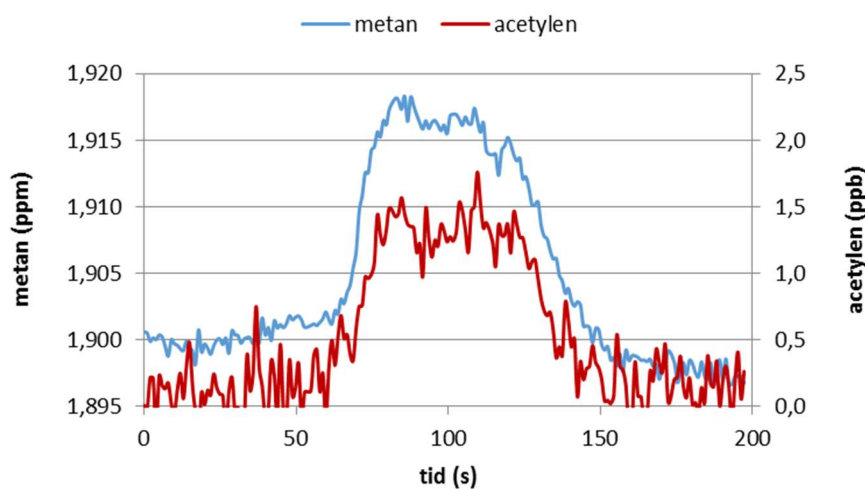


Figur 3 Metan og acetylen som funktion af position
(blå = metan; rød = acetylen)

I Figur 3 er der vist et eksempel på en typisk måling. Her ses metan- og acetylenkoncentrationen som funktion af bilens placering under en måling.

Ved den pågældende måling var baggrunden ca. 1,9 ppm, og koncentrationsændringen som følge af en kontrolleret metanemission var ca. 0,02 ppm.

Den maksimale acetylenkoncentration var ca. 1,5 ppb. Sammenhørende måledata er vist i grafen (Figur 4), som også er udgangspunktet for beregning af metanemissionen. Metanemissionen beregnes ud fra forholdet mellem metan- og acetylenkoncentrationen (begge koncentrationer korregeret for baggrunden), det kendte acetylenudslip (fra flasker) på anlægget og forholdet mellem gassernes densitet.



Figur 4 Metan og acetylen som funktion af tid

Beregning af udslippet:

1) Det integrerede areal for signalet som funktion af tid (Figur 4)

v er udregnet ud fra integraler over tid:

$$v = \frac{\int_{t_0}^{t_f} (y(t) - \mu_y) dt}{\int_{t_0}^{t_f} (x_y(t) - \mu_x) dt}$$

For de enkelte måleresultater (resultatet af en måling på den valgte strækning) vurderes usikkerheden og nøjagtigheden ud fra tre forskellige kriterier. Derudover vurderes den målte top visuelt for eventuelle anormaliteter.

Evaluering af anvendelsen

Sporgasmetoden og GasFind kan anvendes til at bestemme samlede emissioner fra større anlæg. Detektionsgrænsen for metoden afhænger af de fysiske forhold, som vejr, andre kilder og kørselsforhold.

DGC og Force har gennemført sammenligningsprøvning med godt resultat. I øjeblikket er Rambøll ved at efterprøve metoden på biogasanlæg. Vi regner med, at der kommer yderligere standarder på området.

Anvendelse og fokuspunkter

Metoden kan bedst anvendes til emissioner over 0,5 kg/h, og det anbefales at undersøge, om der findes andre alternative off-site-målemetoder, som kan anvendes, når et anlæg har en lav emission, men en vis størrelse og udbredelse.

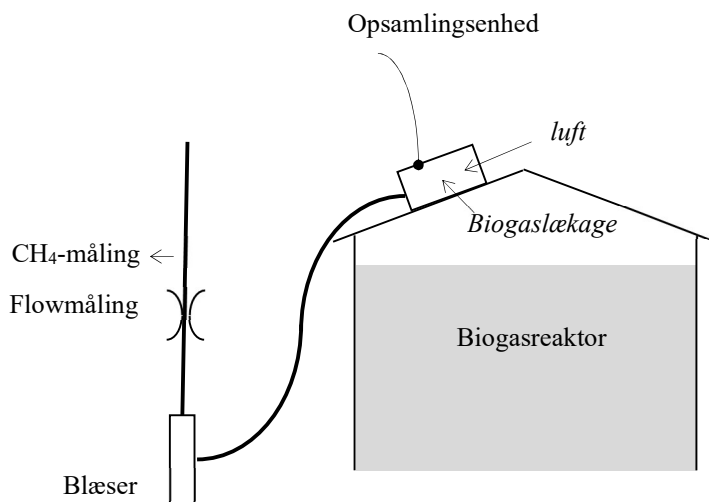
B3: High Volume Sampling med FID-måler



Figur 5 Målepunkt ved High Volume Sampling

Beskrivelse af metoden

Først identificeres lækager ved at undersøge anlægget med en kombination af sniffer og FLIR-kamera. Herefter kvantificeres metanmængden fra de enkelte lægekager. Det sker ved, at stedet, hvorfra lækagen er, afdækkes, og den udsivende gas opsamles ved hjælp af en blæser, som vist i nedenstående principfigur.



Figur 6 Principskitse for High Volume-målinger

Figur 7 viser et eksempel på et målepunkt. Her er en balje placeret over en lækage, og der er lagt et skørt af plastik rundt for at sikre, at lækagen udsuges ind i analysesystemet. Sammen med luft bortsuges den udsivende metan vha. af en blæser. Det er vigtigt, at skørtet ikke slutter tæt, idet det kan betyde, at der dannes undertryk, og der *suges* gas ud.

Metanbestemmelsen sker ved at måle flowet af den opsamlede gas/luft-blanding og koncentrationen af metan i gassen. Flowbestemmelsen sker vha. en måleblænde, og CH₄-koncentration måles med en FID-analysator.

Metoden kan også anvendes til at suge på en hel bygning. Dog skal det sikres, at der ikke opstår undertryk, og at gasudskiftningen er tilstrækkelig for en stabil måling. Det kan være tidskrævende.

I princippet virker metoden som HI-FLOW® sampleren, men da den anvendte blæser er større, er det nemmere at indfange hele lækagen. Desuden er FID-måleren mere pålidelig end HI-FLOW®-samplersens analysesystem. Det kan være mere tidskrævende at klargøre en High Volumen måling, og det anvendte udstyr er tungere, kræver strøm, og alle dele ikke er ATEX-godkendt.



Figur 7 Eksempel på målepunkt ved High volume-måling

Evaluering

High Volume Sampling med FID-måler kan anvendes til at kvantificere mange forskellige typer udslip. Både måling og opstilling af udstyr kan være tidkrævende.

Selvom der er en risiko for, at en emission overses, anses metoden på nuværende tidspunkt at være en af de mest nøjagtige metoder.

Anvendelse og fokuspunkter

P.t. anvendes metoden især i forbindelse med større undersøgelser på større anlæg, og det skal forventes, at der skal bruges en del tid og ressourcer, hvis alle emissionspunkter skal medtages – især hvis nogle steder er svære at komme til.

Anvendelsen på enkeltbygninger ved at måle på luften ind og ud af bygningen kan være aktuel i forbindelse med måling på mindre M/R-stationer og biogaskompressor.

Det er ved at blive undersøgt, om målehastighed og detektionsgrænse kan forbedres ved at anvende lasermålinger i stedet for FID til bestemmelse af metankoncentrationen. Fordelen med laseren er, den kan måle helt ned til ppb-niveauer.

B4: Lækagesøgning

Beskrivelse af metoden

Lækagesøgningen af metan bliver foretaget med en Los Gatos Research (LGR) Ultra-Portable Acetylene/Methane Analyser.

Instrumentet kan kort beskrives som et laserbaseret instrument med en detektionsgrænse ned til få ppb af metan/acetylen og en målefrekvens på 1 sekund.

I luften i Danmark er der normalt en baggrundskoncentration på omkring 2 ppm, altså 1000 gange mere end instrumentets opløsning.

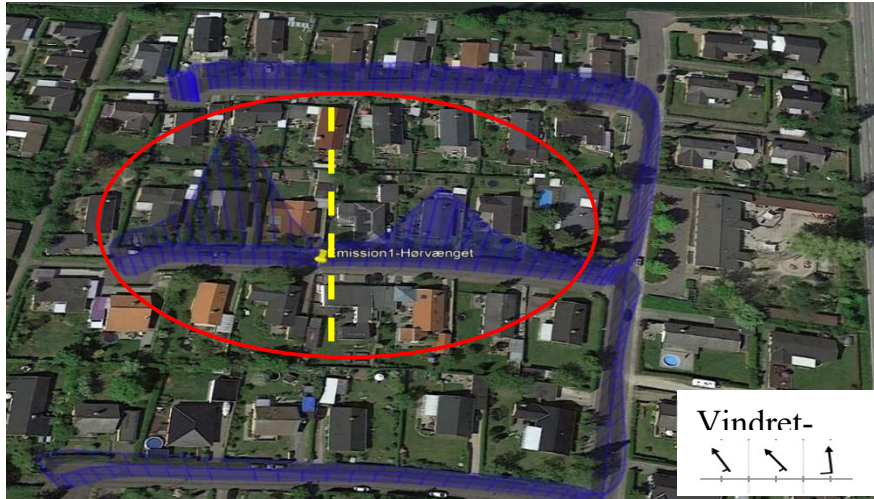
Instrumentet er placeret i en målebil og kombineret med GPS, således at den præcise position for prøvetagningen og målingen er kendt.

Der suges luft og metan ind til målecellen med en pumpe og igennem et filter for at beskytte optikken. Dette giver en forsinkelse på 7 sekunder, fra luftprøven tages, til den faktisk analyseres. Målte metandata skal således flyttes til den position, der var på GPS'en, 7 sekunder før metandata måles af instrumentet, hvilket vil svare til den position, hvor prøven blev taget.

Normalt køres med en hastighed på omkring 10-20 km/h ved målingerne. En forsinkelse på 7 sekunder svarer dermed til et geografisk flyt på mellem 19-39 m. Figur 8 viser et eksempel på resultatet af en lækagesøgning fra stikledninger, hvor det målte lækagesignal er forskudt i forhold til kilden (den gule stiplede linje).

Evaluering

Metoden er velegnet til at finde lækager på distributions- og stikledninger samt målerskabe, da emissioner ned til ca. 25 m³/år kan observeres. Desværre er metoden endnu ikke moden til kvantificering.



Figur 8 Den blå graf viser metankoncentration (i ppm) som funktion af position. Her ses forskydning af metan toppene ift. den gule stiplede linje (i det røde markerede område) ud fra kørsel i to retninger på samme vej. Resultatet er fra en måling udført i Ølstykke.