

Klimapåvirkning for brint transporteret i gasnettet

Notat
Oktober 2022

NOTAT

Klimapåvirkning for brint transporteret i gasnettet

I takt med stigende andel ikke-fossilt metan i gasnettet samt fremtidige iblandinger af brint i nettet er der kommet øget interesse for biometanens og brintens drivhuspotentialer [1]. I det følgende beskrives den klimapåvirkning, der er relateret til injektion af brint i gasnettet, hvor klimapåvirkningen for brinttab fra transmission og distribution estimeres. Der sammenlignes på basis af definerede klimapåvirkninger af et metanbaseret gasnet.

Drivhuspotentialer for karbondioxid og metan

IPCC (The Intergovernmental Panel on Climate Change) udgiver såkaldte ”assessment reports”, hvori de angiver klimaeffekt for globale drivhusgasser, herunder metan, lattergas og carbondioxid. Enheden for drivhuspotentialerne er angivet i kilogram carbondioxid-ækvivalenter per kilogram drivhusgas udledt. Drivhuspotentialer bliver angivet med henholdsvis 20 eller 100 års tidshorisont. Beregninger af drivhuspotentialerne er baseret bl.a. på modeller, hvorfor disse kan ændres ud fra ny viden om energiabsorption, levetid eller andre atmosfæriske forhold. IPCC udgiver regelmæssigt nye drivhuspotentialer på baggrund af den nyeste viden. I Tabel 1 kan drivhuspotentialerne ses fra seneste (AR6) og for tidligere udgivne rapporter.

Tabel 1 Drivhuspotentialer for både 20 og 100 år span fra IPCC. [1] [2]

		Drivhuspotentialer for 100 år			
Drivhusgas		Second Assessment Report (SAR)	Fourth Assessment Report (AR4)	Fifth Assessment Report (AR5)	Sixth Assessment Report (AR6)
Carbondioxid	CO ₂	1	1	1	1
Metan	CH ₄	21	25	28	27,2 – 29,8*
Lattergas	N ₂ O	310	298	265	273
		Drivhuspotentialer for 20 år			
Carbondioxid	CO ₂	1	1	1	1
Metan	CH ₄	56	72	84-86**	80,8 – 82,5*
Lattergas	N ₂ O	280	289	264-268**	273

*angiver drivhuspotentialer for fossilt metan

**angiver drivhuspotentialer med klimafeedbacks¹

En betydelig forskel fra tidligere rapporteringer er, at der er angivet et metandrivhuspotentialer for både fossilt metan og ikke-fossilt metan. Forskellen i de to forklares ved, at forbruget af fossilt metan bidrager til en forøgelse af kulstof i atmosfæren, mens ikke-fossilt metan erstatter kulstof, som

¹ Betyder, at en ændring i klimasystemet medfører forøgede klimapåvirkninger

nyligt er blevet emitteret. I et klimaregnskab for klimagas-udledninger vil det betyde, at biometanen (ikke-fossilt metan) vægtes lavere end naturgassen (fossilt metan) [3].

Drivhuspotentiale for brint

Udledt brint er som udgangspunkt ikke defineret som en drivhusgas i IPCC's udgivelser. Der er dog en vis klimaeffekt relateret til brintemission.

Tre primære mekanismer for miljømæssige skader forårsaget af udledt brint i atmosfæren er beskrevet i referencen [4]. Den første er, at frie OH⁻-ioner i atmosfæren vil kunne reagere med udledt brint i stedet for metangasmolekyler, hvilket vil forøge metanens levetid og derved bidrage indirekte til øget klimapåvirkning. Den anden mekanisme er, at med reaktion af brint med OH⁻ vil frie hydrogen-ioner opstå, der vil initiere en reaktionskæde med oxygen, som vil give en højere koncentration af ozon i atmosfæren. Sidste mekanisme er, at reaktionen mellem brint og OH⁻-ioner vil kunne danne vand, der vil medføre en nedkøling af stratosfæren, som vil give en positiv strålingseffekt².

Få videnskabelige referencer har vurderet drivhuspotentialer for brint. I referencen [5] er der estimeret et drivhuspotentiale på 4,3 ud fra en 100-års basis inden for et signifikansniveau mellem 0 og 9,8. I referencen [6] er der estimeret et drivhuspotentiale på 5,8 ud fra en 100-års basis, som indtil videre er den mest citerede værdi for drivhuspotentialer for brint. I dette notat er den mest aktuelle størrelse 4,3 valgt, grundet inddragelsen af flere parametre samt usikkerhedsberegninger.

Drivhuspotentialer bruges til at vurdere effekten af udledning af drivhusgas ift. CO₂. Da det samlede metantab for gasnettet er kendt, kan man således beregne effekten af dette i CO₂-ækvivalenter.

I det følgende vil det estimeres, hvilken klimapåvirkning der tilknyttes, hvis gassammensætningen ændres til fx brint. Brinttabet fra gasnettet vurderes ud fra kendskabet til metantabet fra det nuværende system.

Gastab ved forskellige gassammensætninger

Der er forslag om at iblande brint i gasnettet op til 20 vol%-andel, hvor den resterende gas vil bestå af biometan eller naturgas [7]. Ifølge målinger fra felten [8] har den samlede gasemissionen fra gasnettet 3 årsager:

² Positiv strålingseffekt betyder, at varmestråling bliver holdt tilbage i atmosfæren.

- Læketab (tab fra utætheder fra nettet)
- Diffusion (diffusion af gasmolekyler igennem PE-rørene brugt i distributionsnettet)
- Skader (skader ved bl.a. overgravninger)

I litteraturen er der forskellige modeller for udregninger af lækagehastigheder for gasser bestående af naturgas og hydrogen. I dette notat tages der udgangspunkt i resultaterne fra [9] og [10], hvor lækagehastighederne for metan og brint kan ses som ens, når rørforhold i en MR-station betragtes.

Der er i dette notat udført beregninger af den klimamæssige betydning af emissioner fra gassystemet.

Følgende gassammensætninger betragtes:

- Gas anno 2021 (75 % naturgas og 25 % biometan)
- Gas bestående af 100 vol% biometan
- Gas bestående af 100 vol% brint
- Gas bestående af 80 vol% biometan og 20 vol% brint

Beregning af klimaeffekten er baseret på følgende forudsætninger:

- Højere kulbrinter i gassen er ikke medtaget i undersøgelsen, idet klimapåvirkningen er betydeligt mindre end for metan.
- Trykket i gassystemet er det samme, uafhængigt af hvilken gas der transporteres.
- Der transporteres den samme energi i alle undersøgte cases.
- Emissioner er opdelt i tre kategorier: lækager, diffusion igennem PE-rør og hændelser, som fx skader og planlagte forhold som vedligehold og omlægning af gasrør.
- Brinttabet for hver af de tre kategorier beregnes ud fra de kendte forhold for metantab i det nuværende metanbaserede system.

For lækager i gasnettet beregnes der, med udgangspunkt i at lækagehastigheder for brint og metan er ens

$$\dot{V}_{H_2} = \dot{V}_{CH_4}$$

For diffusion tages der udgangspunkt i permeabiliteten af naturgas og brint igennem PE-rør med en temperatur på 10 °C

$$\dot{V}_{H_2} = \dot{V}_{CH_4} \cdot \frac{P_{e,H_2} \cdot \exp\left(\frac{-E_{e,H_2}}{RT}\right)}{P_{e,CH_4} \cdot \exp\left(\frac{-E_{e,CH_4}}{RT}\right)}$$

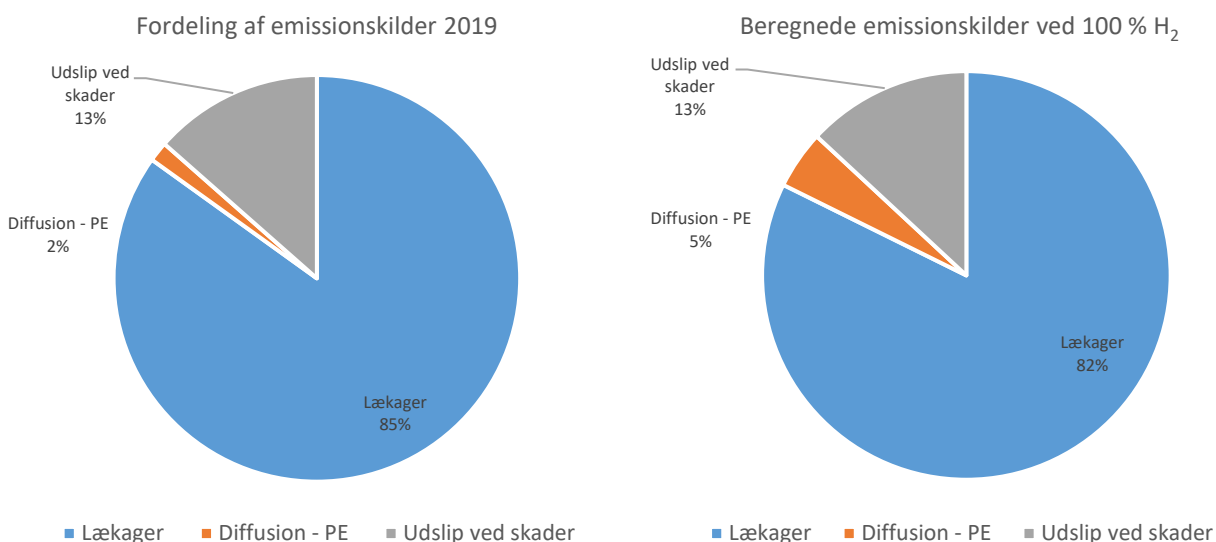
Hvor P er permeabiliteten af gas gennem rørmaterialet, og $\exp\left(\frac{-E_{e,i}}{RT}\right)$ er et udtryk for temperaturafhængigheden af permeabiliteten.

For hændelser, som fx skader, antages det, at det volumen, der går tabt til skader, er det samme volumen for alle gassammensætninger.

$$V_{H_2} = V_{CH_4}$$

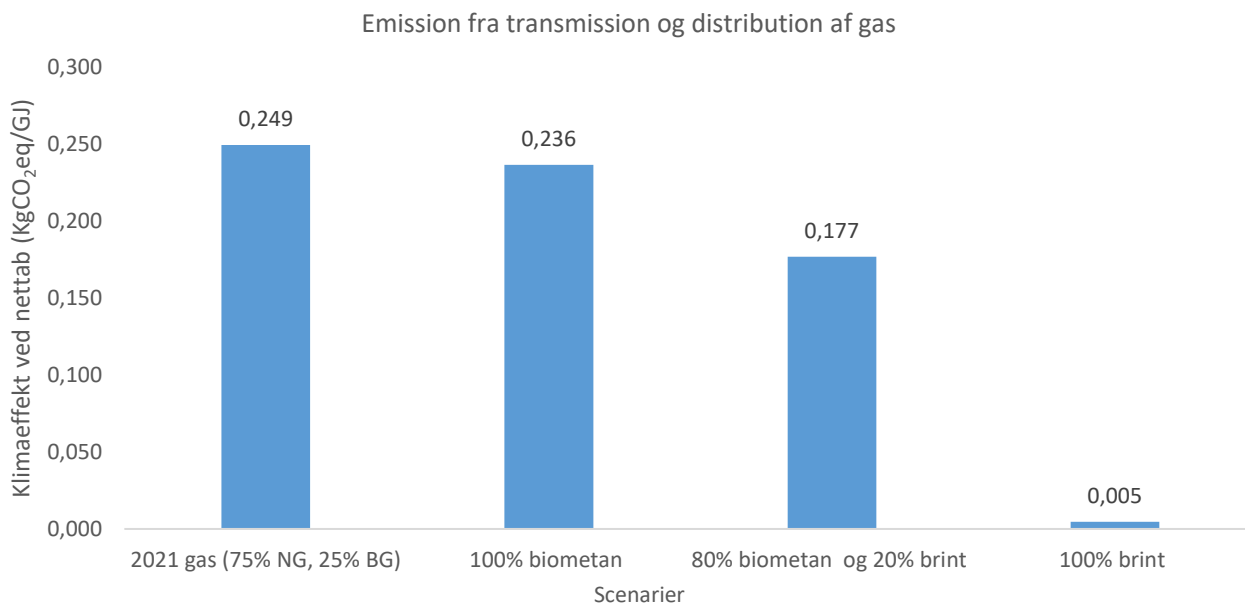
Hvor V er gasvolumenet, der tabes ved hændelser.

Bestemmelsen af emissionstab fra gasnettet er baseret på resultaterne i referencen [8], hvor fordelingen af de nævnte emissionsmekanismer er blevet estimeret. Siden fysiske egenskaber for biometan og naturgas er stort set ens, vil emissionsfordelingen være ens. For diffusionen af brint igennem PE-rør i gasnettet er der taget udgangspunkt i modellerne angivet i referencen [11], hvor størrelserne for permeabilitet er fra [12]. Selvom der regnes på et scenarie med 20 % (vol.) iblandet brint, er forskellen af emissionsfordelingen relativt lille og derfor ikke plottet. Fra nævnte reference er der beregnet et emissionstab på 0,07 % i forhold til det danske forbrug af gas. Den beregnede emissionsfordeling for brint er plottet i Figur 1.



Figur 1 Fordeling af emission målt i 2019 (venstre) og for et scenarie med 100 % brint (højre).

Den transporterede energimængde brugt til analysen er taget fra Energistyrelsen 2020 og sat til at være 94,2 PJ. Drivhuspotentialerne for henholdsvis brint, fossilt metan og ikke-fossilt metan er sat til at være 4,3, 29,8 og 27,9 indenfor en 100-års periode. Samtidigt er fysiske forhold for gasserne, såsom brændværdierne og densiteter, taget fra ISO 6976:2016-standarden. Resultatet er afbildet i Figur 2.



Figur 2 Estimeret klimapåvirkning som følge af emission af brint og metan fra gassystemet for forskellige gassammensætninger med samme energimængde.

Klimapåvirkningen relateret til gastab fra transmission og distribution vist i Figur 2 viser tydeligt, at iblanding af brint er en klar klimamæssig forbedring sammenlignet med udledning af den aktuelle gassammensætning og med rent biometan. Her kan det ses, at 100 % brint svarer til 2 % af klimapåvirkningen af 100 % biometan.

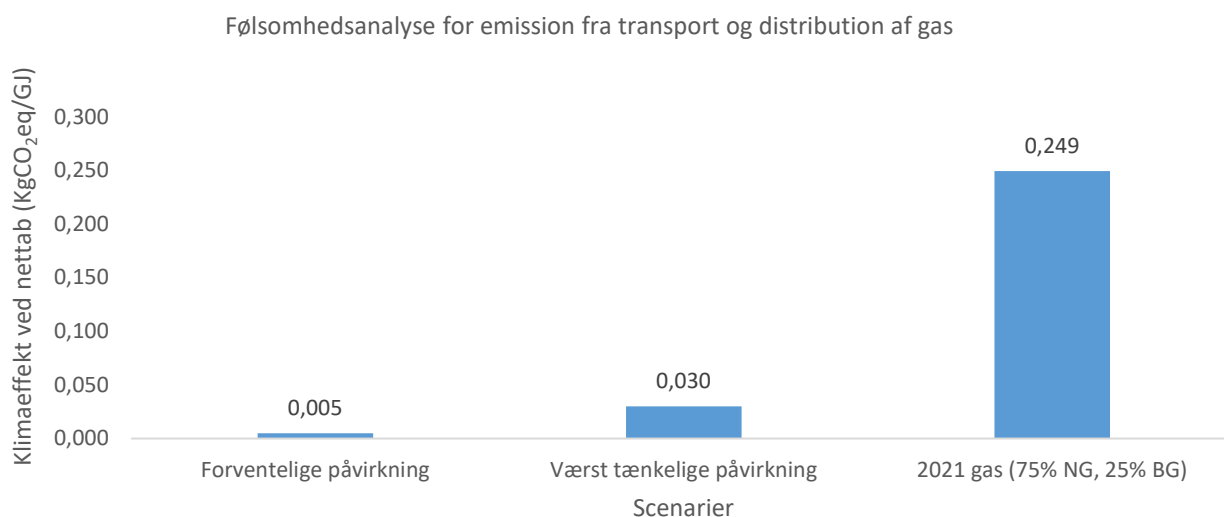
Følsomhedsanalyse

Det kan bemærkes, at fra afsnittet ”Drivhuspotentialer for brint” er der ikke en konsensus om drivhuspotentialer for brint. Det højeste fundne potentiale for brint i litteraturen er fra referencen [15], hvor denne størrelse er anslået til at være 11 ± 5 . Foruden drivhuspotentialer er der heller ikke konsensus om anvendelsen af modeller til bestemmelse af lækagehastigheden for gasblandinger med metan og brint. I analysen er lækagehastigheder sat til at være lige store, dog er der præsenteret en mere traditionel tilgang i referencen [9], hvor følgende Darcy Weisbach-model er foreslået:

$$\frac{\dot{V}_{H_2}}{\dot{V}_{CH_4}} = \frac{\frac{0.354 \cdot \sqrt{\Delta P} \cdot D^{2.5}}{\sqrt{fL\rho_{H_2}}}}{\frac{0.354 \cdot \sqrt{\Delta P} \cdot D^{2.5}}{\sqrt{fL\rho_{CH_4}}}} \Rightarrow \dot{V}_{H_2} = \dot{V}_{CH_4} \cdot \frac{\sqrt{\rho_{CH_4}}}{\sqrt{\rho_{H_2}}}$$

hvilket vil sige, at med ens dimensioner, ruhed og trykforskel i et rørsystem fås en 2,87 gange hurtigere brintlækage sammenlignet med metan.

Der er derfor foretaget en følsomhedsanalyse, der indbefatter den forventelige klimapåvirkning som angivet i Figur 3 og den værst tænkelige klimapåvirkning for emission af brint. Nedenstående figur viser de to forskellige scenarier samt klimapåvirkningen for gassens emission fra gasnettet anno 2021.



Figur 3 Følsomhedsanalyse for emissionstab fra gasnettet for det værst tænkelige og for det forventelige scenarie.

Det kan ses af Figur 3, at selvom det værst tænkelige scenarie betragtes, så er klimapåvirkningen for 2021-gassens emission stadig 8 gange værre end for brintens emission fra gasnettet.

Konklusion

IPCC har ikke angivet et drivhuspotentiale for brint i deres nyeste Assessment Report, men få videnskabelige artikler estimerer forskellige værdier liggende indenfor intervallet 5 ± 1 CO₂-ækvivalenter beregnet inden for en 100-års basis. Til analysen er det nyeste estimat valgt. IPCC har også defineret to nye drivhuspotentialer for metan, afhængigt af om gassen er fossil eller ikke-fossil, hvilket betyder, at fossilt metan bliver vægtet højere i klimaberegningsen.

Der er blevet analyseret for klimapåvirkningen af gastabet med forskellige gassammensætninger i gasnettet. Det er beregnet, at den mindste klimapåvirkning kan ses for ren brint med 50 gange forbedring sammenlignet med gassen anno 2021, hvilket skyldes brintens lave drivhuspotentiale.

Referencer

- [1] IPCC, »Climate Change 2021 - The Physical Science Basis,« IPCC, 2022.
- [2] IPCC, »Global Warming Potentials,« United Nations , 1995-2022. [Online]. Available: <https://unfccc.int/documents>. [Senest hentet eller vist den 26 04 2022].
- [3] IPCC, »Short-lived Climate Forcers (kapital 6, kapital 7),« IPCC, 2022.
- [4] Ilissa B. Ocko, Steven P. Hamburg, »Climate consequences of hydrogen leakage,« Environmental Defense Fund, New York , 2022.
- [5] R. D. OBE, »HYDROGEN FOR HEATING: ATMOSPHERIC IMPACTS - A LITERATURE REVIEW,« The Department for Business, Energy and Industrial Strategy, 2018.
- [6] IPCC, »Climate Change 2007: Working Group,« IPCC, 2007. [Online]. Available: https://archive.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/ch2s2-10-3-6.html. [Senest hentet eller vist den 26 04 2022].
- [7] EVIDA, »Biogas peger på vejen for brint,« EVIDA, 2022.
- [8] Helle G. Nygaard, DGC, »Metantab fra det danske gassystem,« DGC, Hørsholm, 2019.
- [9] R.W.Schefer, W.G.Houf, C.San Marchi, W.P.Chernicoff, L.Englom, »Characterization of leaks from compressed hydrogen dispensing systems and related components,« ScienceDirect , 2005.
- [10] J. B. M. Hvid, »Godt resultat for projektet Brintinjektion i gasnettet,« p. 16, 2020.
- [11] J. Brandrup (Editor), E. H. Immergut (Editor), E. A. Grulke (Editor), Polymer Handbook, 2 Volumes Set, 4th Edition, WILEY, 2003.
- [12] Marie-H'el'ene Klopffer, Philippe Berne, Eliane Espuche, »Development of Innovating Materials for Distributing Mixtures of Hydrogen and Natural Gas. Study of the Barrier Properties and Durability of Polymer Pipes,« HAL, 2015.
- [13] Energinet, »CSR Report 2020,« Energinet, 2020.
- [14] Ørsted, »Brint i Danmark,« Ørsted, [Online]. Available: <https://orsted.dk/vores-groenne-loesninger/havvind/brint-i-danmark>. [Senest hentet eller vist den 27 04 2022].
- [15] Nicola Warwick, Paul Griffiths, James Keeble, Alexander Archibald, »Atmospheric implications of increased Hydrogen use,« Crown Copyright, 2022.