

**DET ER BARE GAS  
– UNDERSØGELSER OG ERFARINGER FRA ET  
BEBYGGET JORDDEPONI.**

Civilingeniør, kontorleder Jens-Ole Petersen  
Civilingeniør, Ph.D., Per Loll  
Civilingeniør, kvalitetssikringschef Claus Larsen  
Dansk Miljørådgivning A/S.

Stefan Outzen  
OutzenPro

Agronom Tommy Bøg Nielsen  
Cand. techn. soc. Stella Agger  
Region Sjælland

## **RESUMÉ**

Erfaringerne fra undersøgelserne på et bebygget jorddepot etableret i et opfyldt tidligere bundfældningsbassin for spildevand fra en sukkerfabrik viser, at der kan dannes høje metangaskoncentrationer, der kan udgøre en risiko for indeklimaet i beboelserne. Det vurderes, at det kan være en overset problematik andre steder, hvor bebyggelse er sket oven på jord med højt organisk indhold. Undersøgelserne på lokaliteten viser, at de målte gaskoncentrationer kan variere betydeligt inden for kort afstand bl.a. som følge af geologi og grundvandsforhold. Erfaringerne fra sagen vurderes at kunne inddrages i tilrettelæggelsen af fremtidige undersøgelser af bebyggelser på jorddepoter og i forbindelse med tolkning af måleresultater.

## **BAGGRUND**

I forbindelse med nedlukningen af sukkerfabrikken i Saksøbing er et større område, der tidligere har været anvendt af virksomheden, udlagt til boligformål. Der er opført fire parcelhuse på arealet i perioden fra 2006-2007. Boligerne blev opført uden for den, på daværende tidspunkt, kortlagte del af området, der var blevet kortlagt som følge af påvist olieforurening stammende fra skumhæmmende midler i forbindelse med roeskylningsprocessen. På arealet hvor boligerne er etableret, har der tidligere været et jordbassin, anvendt i tilknytning til sukkerfabrikens spildevandssystem som bundfældningsbassin for skyllevand for roer. Inden boligerne er etableret er bassinet blevet delvist opfyldt med jord. Der er endvidere foretaget en opfyldning af en å, der tidligere løb igennem arealet.

Efter opførelse af de første fire huse har Region Sjælland udført undersøgelser på arealet, som følge af, at der var opstået mistanke om muligheden for tilstedeværelsen af gas. Ved undersøgelserne blev der konstateret kraftigt forhøjede indhold af deponigas flere steder i området for jorddeponiet. Indholdene har resulteret i iværksættelsen af en række supplerende undersøgelser med henblik på at vurdere risikoen i tilknytning til de fire etablerede boliger på jorddeponiet, og der er pt. ved at blive gennemført en gasafværge på to af ejendommene. Der er endvidere iværksat et gasmoniteringsprogram på ejendommene, som løber frem til sommeren 2011.

De hidtidige erfaringer fra gasundersøgelserne på arealet er interessante af flere årsager. Dels peger undersøgelsesresultaterne på en række væsentlige usikkerheder, der skal håndteres i forbindelse med tilrettelæggelse og tolkning af undersøgelsesresultater for deponigas, og dels viser casen, at der kan være oversete gasdannelsesproblemer i boligområder opført i og omkring andre jorddeponier og spildevandsanlæg, hvor der er et højt indhold af organisk materiale.

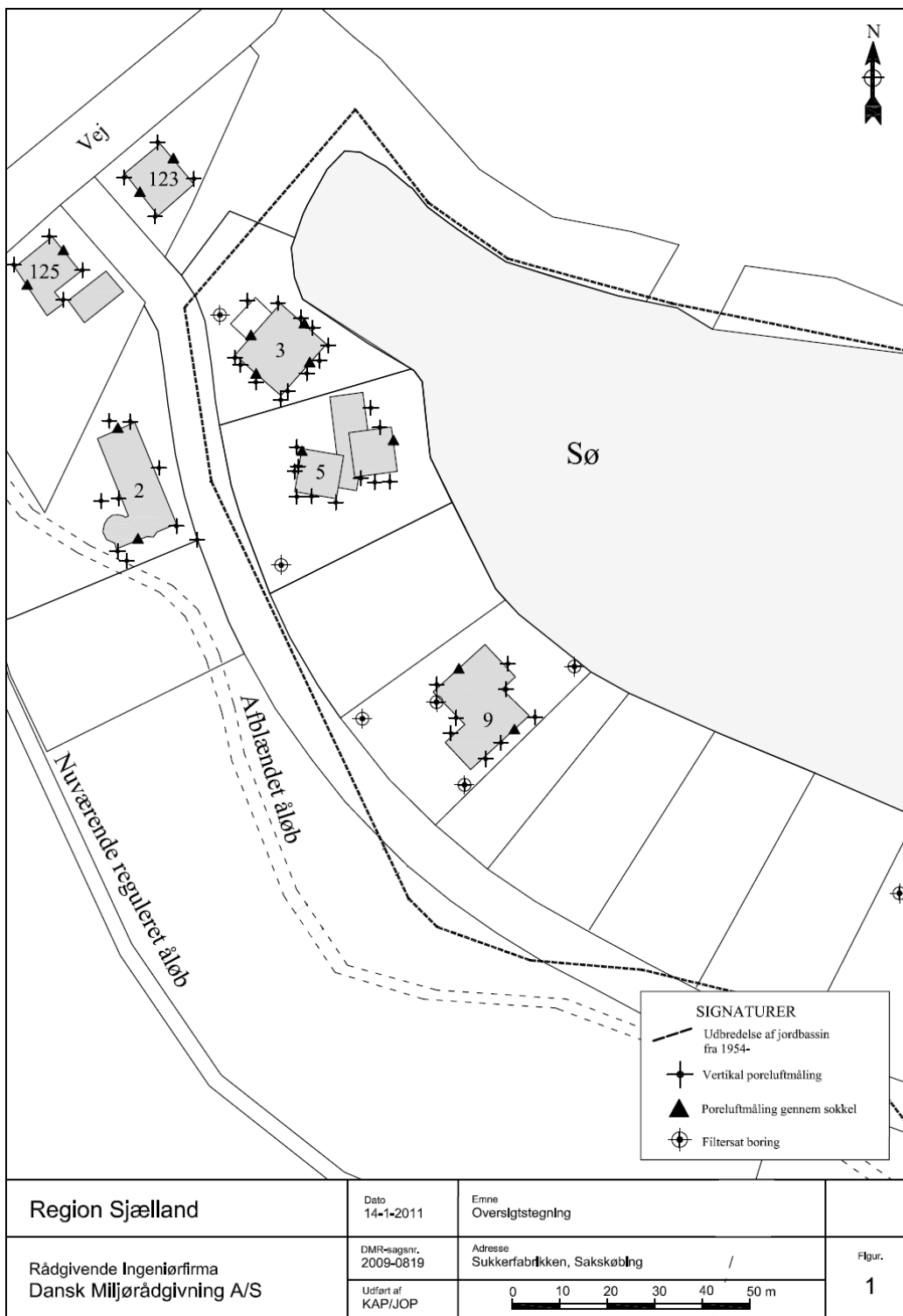
## **FORMÅL**

Formålet med nærværende indlæg er således at uddrage de væsentlige erfaringer vedr. gasundersøgelserne på ejendommene.

## **BESKRIVELSE AF LOKALITET, UNDERSØGELSESFORLØB OG METODE**

### **Lokaliteten**

En oversigtstegning med angivelse af lokaliteten fremgår af figur 1.



**Figur 1:** Situationsplan for lokaliteten med angivelse af placering af prøvetagningspunkter.

Af figur 1 fremgår placeringen af jorddeponiet, udstykningen, det tidligere å-løb samt de fire bebyggede matrikler og to naboejendomme, der ligeledes er inddraget i de hidtidige undersøgelser. Den sø der ligger nord for udstykningen er en del af det tidligere jordbassin, der ikke er opfyldt. Mod sydvest er den omtalte å lagt i et nyt tracé.

### **Undersøgelserforløb**

I alt er der udført gasundersøgelser i flere etaper i perioden fra 2004-2010. Undersøgelserforløbet har været følgende:

I 2004 - 2005 er der af Storstrøms Amt gennemført en række kortlægningsundersøgelser af hele sukkerfabrikken. Her er der udført fire boringer i området for jordbassinet, og på baggrund heraf blev dele af jordbassinet V2-kortlagt, da der blev konstateret 2-4 meter fyldjord, og da der i enkelte prøver blev påvist indhold af mellem- og højt kogende kulbrinter på op til ca. 600 mg/kg TS. Indholdene af kulbrinter er senere vurderet at være relateret til anvendelsen af dieselolie til skumdæmpning i jordbassinet. Der blev ikke foretaget metangasundersøgelser på arealet. Området for boligudstyknings blev ikke kortlagt på daværende tidspunkt.

I 2008 iværksatte Region Sjælland de første gasundersøgelser. I første omgang blev der udført 20 metangasmålinger langs det opfyldte å-løb. Efterfølgende blev der udført 24 målinger omkring de 4 nybyggede ejendomme. På baggrund af disse undersøgelsesresultater hvor der blev konstateret indhold af metan på op til 8,2 % og kuldioxid indhold på op til 33 %, blev det vurderet, at der foregår en forøget mikrobiel omsætning, men at der ikke i målingerne var konstateret koncentrationer der udgjorde en eksplosionsfare i beboelserne. Regionen revurderede herefter kortlægningen, og hele området for jorddeponiet blev V1 kortlagt og grundejerne på de fire bebyggede ejendomme blev tilbudt yderligere undersøgelser. Fremtidig bebyggelse på arealet kan reguleres ved hjælp af §8 i jordforureningsloven.

Efterfølgende er der i forbindelse med 1- årsundersøgelserne på tre af ejendommene bl.a. udført supplerende undersøgelser for metangas. Undersøgelserne er udført af Dansk Miljørådgivning A/S. Her er der konstateret kraftigt forhøjede metankoncentrationer på 67 % og 22 vol % (ren deponigas) og tydelige overtryk i filtersatte boringer på den ene af ejendommene (nr. 9 på situationsplanen). På nr. 3 og 5 er der ikke i første omgang konstateret koncentrationer, der isoleret set blev vurderet at udgøre en risiko. På baggrund af de konstaterede høje metankoncentrationer er der iværksat afværge på nr. 9 og en videregående undersøgelse af metangas på de tre øvrige ejendomme samt på to naboejendomme, der grænser op til jorddeponiet. Endvidere er der opsat gasalarmer i alle boligerne.

Ved den videregående undersøgelse er der konstateret kraftigt forhøjede metankoncentrationer på op til 73% i en måling umiddelbart under gulv på yderligere én af ejendommene (nr. 5), hvor der ligeledes pt. er iværksat afværgetiltag. Endvidere er der konstateret kraftigt forhøjede metankoncentrationer og overtryk i en filtersat boring grænsende op til beboelsen på nr. 3.

Pt. gennemføres der yderligere monitoring af metangasvariationerne på nr. 2 og 3 og nr. 123 og 125.

Forløbet illustrerer, at der har været risiko for at negligere/overse en væsentlig risiko for eksplosionsfare i beboelserne i hele undersøgelsesforløbet, bl.a. som følge af historikken og de kraftigt varierende metangaskoncentrationer, der konstateres i de forskellige målepunkter, der er etableret.

### Metode og risikovurderingsmæssige overvejelser

Undersøgelsesteknisk er metangasmålingerne udført enten med spyd etableret 0,6-1,0 m.u.t. umiddelbart over grundvandsspejlet, der på lokaliteten er beliggende højt og i perioder helt op til ca. 0,7-1,2 m.u.t. Endvidere er en række poreluftssonder etableret under gulv i det kapillarbrydende lag udført gennem soklerne på ejendommene. Endeligt er filtersatte miljøtekniske boringer monteret med prop og kobling til udførelse af gasmålinger.

Der er målt for indhold af metan (CH<sub>4</sub>), O<sub>2</sub> og CO<sub>2</sub>. Gasmålingerne er foretaget i felten med en infrarød gasmåler (IR-måler). I forbindelse med DMR's målinger er der målt i minimum 15 minutter eller til stabilisering af værdier. Endvidere er eventuelle peakværdier af metan registreret. Der er også foretaget målinger af differenstrykket i alle etablerede faste målesonder og boringer.

I tabel 1 er en række værdier angivet, der kan anvendes ved vurdering af analyseresultaterne for metan, kuldioxid og ilt.

Parametre	Metan (CH <sub>4</sub> )	Kuldioxid (CO <sub>2</sub> )	Ilt (O <sub>2</sub> )
Atmosfærisk luft	ingen	0,03 %	20,9 %
Ren deponigas (typiske værdier, jf. /1/)	63,8 %	33,6 %	0,16 %
Typiske baggrunds niveauer, jordluft /2/	Spor	0,1-2 %	<20,6 %
Kvælningsrisiko /1/	-	1,5 % <sup>1</sup>	<18 %
Nedre eksplosionsgrænse (LEL) /1/	5 %	-	>13 %
Acceptkriterier, gaskontrolsystemer /1/	<1 % (20 % af LEL)	<1,5 %	-

<sup>1</sup> Korttidseksposeringsgrænse (10 min)

**Tabel 1:** Værdier for metan, kuldioxid og ilt, der kan inddrages i tolkning af analyseresultater for deponigas.

Ved risikovurdering i forhold til gasproduktionen i sedimentationsbassinet skal det især tages i betragtning, at metan er brand- og eksplosionsfarlig ved en nedre koncentrationsgrænse på fra 5 % og ved en samtidig iltkoncentration over 13 %. Kuldioxid kan selv ved relativt lave koncentrationer på 1,5 % medføre kvælningssymptomer. Bemærk at baggrunds niveauerne i jordluften vil afhænge af den naturlige omsætning i jordmatricen, og der vil således i jord med højt indhold af naturligt forekommende organisk materiale kunne ske nedbrydning, der kan resultere i et højere indhold af kuldioxid og metan, end angivet i tabellen /1/.

## RESULTATER

### Geologi og hydrogeologi

Området for jordbassinet, hvor de fire af de seks beboelser er etableret, er generelt karakteriseret ved, at der er i størrelsesordenen 2,5-4,5 meter fyldjord. Fyldjorden har et varierende indhold af organisk materiale og fyldjorden består generelt øverst af jord tilført i forbindelse med jordopfyldning/terrænregulering af jordbassinet. Der er i denne del af fyldjorden også konstateret mindre indhold af forskelligt affald og slagger. Den underliggende fyldjord vurderes at være sediment der stammer fra sedimentationen af sand, ler og organisk materiale fra roevaskningen i jordbassinet. Fyldjorden er underlejret af et ældre organisk

tørvelag med en mægtighed på ca. 1,5-3 meter. Fra ca. 7 m.u.t. er der konstateret intakte sandaflejringer. Vandspejlet er beliggende højt, lokalt fra mellem ca. 0,7 og 1,2 m.u.t.

### Analyseresultater

Placeringen af poreluftmålepunkter fremgår af figur 1. I tabel 2 og 3 er der foretaget en dataanalyse af de konstaterede koncentrationer af hhv. metan og CO<sub>2</sub> i alle de udførte målepunkter. Hvor der er foretaget flere målinger i samme prøvetagningspunkt, er resultatet af 1. undersøgelsesrunde medtaget for alene at beskrive variationen mellem de udførte prøvetagningspunkter. Alle prøverne er ikke udtaget på samme tidspunkt og dataanalyserne omfatter både gasmålinger udtaget under gulv, med spyd 0,6-1,0 m.u.t. og fra filtersatte boringer. Den tidsmæssige variation og prøvetagningsmetodernes indflydelse på resultaterne er drøftet efterfølgende.

	Antal	Min	Max	25 %	50 %	75 %	90 %
	målepunkter	Metan (vol %)					
Boliger placeret i området for jorddeponi og opfyldt å-løb							
Nr. 2	11	0	4,5	0	0	1,4	3,5
Nr. 3	18	0	40,8	0	0	0,5	7,8
Nr. 5	15	0	73,8	0	0	0	4,8
Nr. 9	14	0	67	0	0,4	23,3	43,8
Boliger placeret uden for området for jorddeponi og opfyldt å-løb							
Nr. 123	6	0	0	0	0	0	0
Nr. 125	6	0	0	0	0	0	0

**Tabel 2:** Metankoncentrationer konstateret i de udførte målepunkter.

	Antal	Min	Max	25 %	50 %	75 %	90 %
	målepunkter	Kuldioxid (vol %)					
Boliger placeret i området for jorddeponi og opfyldt å-løb							
Nr. 2	11	0,8	33,4	2,9	4,9	6,8	25,4
Nr. 3	18	0	25,7	0,5	1,7	2,9	7,9
Nr. 5	15	0,9	24	2,2	4,6	6,8	9,9
Nr. 9	14	0	31,6	0,4	7,3	21	27,8
Boliger placeret uden for området for jorddeponi og opfyldt å-løb							
Nr. 123	6	0	4,2	0,2	0,9	3,4	4,2
Nr. 125	6	0	3,9	0	0	0	2,0

**Tabel 3:** Kuldioxidkoncentrationer konstateret i de udførte målepunkter.

### Diskussion af resultater

Årsagerne til de konstaterede varierende metan- og kuldioxidkoncentrationer på ejendommene kan formentlig findes i en række forskellige faktorer. Den væsentligste årsag til variationerne skal formentlig findes i de geologiske forhold. Der er tale om et terrænnært depot, hvor de deponerede organiske jordaflejringer - der kan give anledning til gasdannelsen - er beliggende ned til maksimalt ca. 7,0 m.u.t., samtidigt med at der er et højtliggende vandspejl ca. 1,0 m.u.t. Dette medfører, at gasdannelsen sker under

grundvandsspejlet. Gasdannelsen vil forventeligt ske med store lokale variationer og samtidigt vil gasbevægelserne inde i jorddepotet være både vertikale og horisontale afhængigt af de lokale aflejringsforhold og permeabilitet. Udslip af gas til overfladen vil derfor forventeligt ske med meget store lokale variationer, både tidsmæssigt og rumligt. Endvidere er der på den aktuelle sag også risiko for, at gasdannelse i det underliggende oprindelige tørvelag kan bidrage til gaskoncentrationerne.

Der er i flere af de etablerede filtersatte boringer konstateret, at der lokalt kan opbygges et betydeligt gastryk på  $>2.500$  pa i depotet. Overtrykket øger risikoen for at gassen kan transporteres væk fra, fra de gaslommer i jorddeponiet, hvor der som følge af den mikrobielle aktivitet opbygges et overtryk. En prøvepumpning har vist, at der uanset det betydelige overtryk er et relativt begrænset gaspotentiale (gasproduktion) i depotet. I praksis vil det sige, at der forventeligt er tale om mindre gaslommer, hvor der over tid kan ske en gasophobning af metan under lavpermeable lag, når den mikrobielle aktivitet lokalt er høj, men at gastrykket hurtigt falder når der sker udluftning af lommen.

Poreluftprøver udtaget med spyd over grundvandsspejlet viser meget store lokale variationer, hvilket ud over ovenstående forhold kan skyldes, at det højtliggende grundvandsspejl medfører, at målingerne i flere tilfælde er udført højere end 1,0 m.u.t., hvilket øger risikoen for fortynding med atmosfærisk luft.

Undersøgelsesteknisk er det generelt erfaringen fra projektet, at de filtersatte boringer monteret med filterstrækninger under grundvandsspejlet og med prop med kobling til gasmåling har været velegnede til at vurdere, om der sker en gasdannelse i jorddepotet. Der er således generelt konstateret forhøjede indhold af metangas og/eller  $\text{CO}_2$  i samtlige filtersatte boringer. Målingerne i boringerne giver dog ikke et direkte mål for, om der faktisk sker indtrængning af deponigas til boligerne.

Der er også konstateret betydelige rumlige og tidsmæssige variationer i gaskoncentrationerne målt under gulv i de kapillarbrydende lag. De rumlige variationer er dels vurderet at være relateret til, at gasindsivningen til det kapillarbrydende lag sker via lokale lodrette transportveje (skorstene). Ved en detaljeret gennemgang af bygningskonstruktionerne har det endvidere vist sig, at det kapillarbrydende lag i flere af boligerne er adskilt af støbebjælker, sokler m.v. der gør, at der kan være flere adskilte luftlommer under bygningerne.

Datagrundlaget til at bedømme de tidsmæssige variationer er relativt spinkelt. Der er bl.a. ikke foretaget kontinuert logning af gaskoncentrationen i monitoringsboringerne. Der er dog foretaget målinger på forskellige tider af året og i forskellige tryk- og vejr-situationer. Desuden har vandspejlet varieret ved de enkelte målerunder. Der er således en lang række variable, der kan forklare konstaterede tidsmæssige variationer i koncentrationerne i de enkelte målepunkter, men der kan ikke på det foreliggende grundlag uddrages entydige konklusioner omkring de tidsmæssige variationer. Resultaterne viser dog generelt, at gentagne målinger i de målestationer, hvor der er konstateret relativt høj gasindhold, bekræfter risikobilledet, og at det således er den stedlige variation, der har været mest betydende for vurderingen af risikoen under de aktuelle forhold.

Som det fremgår af resultaterne, er det også en erfaring, at der skal udvises meget stor forsigtighed ved tolkning af resultaterne. Mindre indhold af metan og/eller kuldioxid kan

indikere, at der lokalt kan ske dannelse af væsentligt større gaskoncentrationer, end man umiddelbart måtte forvente.

## **ERFARINGSOPSAMLING OG PERSPEKTIVERING**

Følgende erfaringer og perspektiver vurderes at kunne uddrages af sagen:

- Historikken for casen viser en ny type af lokaliteter, hvor der som følge af høje indhold af organisk materiale i sediment, tilført jord og/eller naturlige aflejringer kan være potentielle problemer i forhold til deponigas.
- Et terrænnært jorddepot med højt organisk indhold og et højt grundvandsspejl kan resultere i meget høje metan- og kuldioxidkoncentrationer.
- Der ses meget store variationer i metankoncentrationen inden for få meter i den umættede zone. Årsagen er sandsynligvis primært, at gasdannelsen varierer betydeligt. Endvidere sker gasdannelsen under grundvandsspejlet og gastransporten gennem fyldlagene til overfladen sker med store lokale variationer.
- Såfremt gasdannelsen sker under grundvandsspejlet vil vandsøjletryk og jordlagenes permeabilitet kunne virke som barrierer for gassen, og målingerne vil kunne vise store trykvariationer. Lokalt kan der blive opbygget betydelige overtryk.
- Der er iagttaget meget store variationer under gulv, hvilket vurderes at være relateret til, at gasindtrængningen dels sker lokalt via "skorstene" og at det kapillarbrydende lag består af flere adskilte zoner, således at gassen ikke transporteres ud til hele det kapillarbrydende lag.
- Gasmåling på filtersatte boringer monteret med prop med kobling til gasmåling har generelt vist høje indhold af metan og/eller kuldioxid og i flere tilfælde høje overtryk. Filtersatte boringer vurderes velegnede til at vurdere potentialet for, at der sker en gasdannelse i jorddepotet.
- Der skal udvises meget stor forsigtighed ved tolkning af resultaterne. Mindre indhold af metan kan indikere, at der lokalt kan ske dannelse af væsentligt større metangasmængder end man umiddelbart måtte forvente.

## **REFERENCER**

- /1/ Miljøstyrelsen 1993  
Arbejdsrapport nr. 69, 1993, Lossepladsgas
- /2/ Richter, Jörg, 1987  
The soil as a Reactor, Catena Verlag, 1987.