

NGU Rapport 2007.014

Måling og vurdering av gassutlekking fra den
nedlagte avfallsfyllingen i Fredlydalen,
Trondheim kommune

Rapport nr.: 2007.014		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen
Tittel: Måling og vurdering av gassutlekking fra den nedlagte avfallsfyllingen i Fredlydalen, Trondheim			
Forfatter: Berge, Ø., Brimi, A.O., Drange, K., Dørheim, N., Eliassen, R.O., Fremo, G., Frøland, S.L., Hancke, R., Hansen, M.R., Hole, M.P., Holt, Y., Kjøgllum, K.T., Martinsen, M., Martinsen, T., Moltzau, E.J., Nag, S., Neerland, E., Salomonsen, S.N., Sigesmund, Ø.T., Tronstad, I., Ulla, K.M., Valved, H., Østebød, T.B., og Ottesen, R.T.		Oppdragsgiver: Trondheim kommune	
Fylke: Sør-Trøndelag		Kommune: Trondheim	
Kartblad (M=1:250.000)		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1621 IV Trondheim	
Forekomstens navn og koordinater:		Sidetall: 72	Pris: 436
Feltarbeid utført: Sept/okt 2006		Rapportdato: 30. januar 2007	Ansvarlig: R.T. Ottesen <i>R.T. Ottesen</i>
Prosjektnr.: 296000			
Sammendrag:			
<p>Med tanke på fremtidig arealbruk og planer om ny kommunedelplan for Tempe, Sluppen og Sorgenfri, er det viktig å få kartlagt forekomst og konsekvenser av deponigass fra det gamle kommunale avfallsdeponiet i Fredlydalen. Studenter ved kurset Anvendt Geokjemi, NTNU, har i den forbindelse målt innhold av metan, karbondioksid og oksygen i 117 målepunkter på og like ved det antatte området for deponiet.</p> <p>Det ble observert setninger over store deler av området. Ved hjelp av infrarød gassanalysator ble det påvist metan i 37 kummer, karbondioksid i 58 kummer og for lite oksygen i 3 kummer. Dette viser at det per i dag skjer en gassproduksjon i avfallsdeponiet, og at det både produseres metan og karbondioksid. Hvor langt avfallsdeponiet er kommet i nedbrytningsprosessen av det organiske avfaller er usikkert, og det er vanskelig å anslå hvor lenge produksjonen fortsatt vil foregå. Mye tyder likevel på at gassutslipp vil være et problem i mange år framover. Resultatene tyder også på at problemområdet kan være større en først antatt både pga horisontal gassmigrasjon og/eller at det faktiske deponiområdet er større enn det som er antydnet på kommunens kart.</p> <p>Den forenkla risikovurderingen viser både eksplosjonsfare og kjemisk helsefare knyttet til lave oksygen- og høye karbondioksidkonsentrasjoner. Sammen med anbefalingene for videre arbeid vil dette gi et godt utgangspunkt for grundigere undersøkelser og tiltak for å begrense mulige effekter. Det bør gjøres undersøkelser som belyser hele omfanget av deponigassproblemet, også i forhold til andre forurensende forbindelser som flytende organiske forbindelser (VOC), og særlig med tanke på gassinntregning i bygg.</p>			
Emneord:	Metan	Karbondioksid	
Oksygen	Risikovurdering	Deponigass	
Deponi			

Forord

Denne rapporten er et resultatet kurset KJ3071 Anvendt geokjemi som ble undervist av professor II Rolf Tore Ottesen på NTNU høsten 2006. Kurset er et problembasert læringskurs og årets oppgave var å måle og vurdere gassutlekking fra den nedlagte avfallsfyllingen i Fredlydalen i Trondheim. Trondheim kommune var oppdragsgiver. Gassmålingene (Metan, karbondioksid og oksygen) ble utført med utstyr utlånt av Trondheim Energiverk.

23 studenter tok kurset. De ble delt inn i 6 grupper som alle fikk samme oppgave: "Måling og vurdering av gassutlekking fra den nedlagte avfallsfyllingen i Fredlydalen i Trondheim". Hver gruppe leverte en skriftlig rapport som ble karactersatt av ekstern sensor. Denne rapporten er en sammenstilling av de 6 studentrapportene, og den offisielle rapporten fra prosjektet som er overlevert til oppdragsgiveren. Forfatterne er satt i alfabetisk rekkefølge. Alle studentene bidro meget aktivt og engasjerte i sine respektive grupper.

I tillegg til gassmålingene, ble det gjennomført en undersøkelse i 12 kommuner (Bergen, Bodø, Bærum, Drammen, Fredrikstad, Lillehammer, Oslo, Porsgrunn, Rana, Sarpsborg, Sandnes og Stavanger) for å kartlegge hvor omfattende problemstillingen med gassutlekking fra nedlagte fyllplasser og gassinntrenging i bygg er nasjonalt plan. Resultatene fra denne undersøkelsen blir rapportert i en egen rapport.

Innhold

Innledning	1
Mål for oppgaven	2
Problemer knyttet til deponier	2
Ulykker knyttet til deponigass i Norge	2
Myllypuro, Helsinki, Finland	3
Love Canal, City of Niagara Falls, New York, USA	3
Avfallsdeponier på dagsorden	4
Deponigass	4
Dannelse av deponigass	5
Faktorer som virker inn på deponigassproduksjon	7
Gassmigrasjon	8
Gassinntregning i bygg	10
Administrativ norm for gass i arbeidsatmosfære	10
Gassutvikling i kloakk/ avløpsrør og kummer	11
Beskrivelse av det undersøkte området	11
Grunnforhold.....	11
Dagens arealbruk	12
Historikk.....	13
Geotekniske undersøkelser av området	15
Vertikalprofil tvers over Fredlydalen	16
Setninger.....	18
Metoder	18
Kartlegging av deponier.....	18
Kartlegging av kummer på og rundt deponiet i Fredlydalen.....	18
Måling av deponigass	19
Reproduserbarhet.....	19
Referansemålinger	20
Måling i kartlagte kummer, Fredlydalen	20
Meteorologiske forhold	20
Statistikk.....	20
Kartfremstilling	21
Forenklet risikovurdering	21
Resultater	22
Reproduserbarhet.....	22
Referansemålinger	22
Målinger i kartlagte kummer, Fredlydalen	22
Meteorologiske forhold	36
Diskusjon	37
Kvalitetssikring av data	37
Deponigass i Fredlydalen.....	37
Risikovurdering	47
Fareidentifisering	47
Risikokarakterisering.....	48
Eksplosjonsfare.....	48
Kjemisk helsefare	48
Spredning av forurensning	48

Konklusjon for undersøkelsene i Fredlydalen	49
Anbefalinger for videre arbeid	50
Referanser	51
Vedlegg A Koordinater til de ulike kummene	53
Vedlegg B Måleresultater for alle gruppene	54
Vedlegg C Kumtyper	60
Vedlegg D Måleresultater for de tette kummene	61
Vedlegg E Måleresultater for de åpne kummene	62
Vedlegg F Måleresultater fra dobbelmålinger (reproduserbarhet).....	63
Vedlegg G Måleresultater fra referansemålinger	64
Vedlegg H Meteorologiske data	65

Innledning

Når det gjelder problemer knyttet til nedlagte avfallsdeponier i Norge, har hovedfokuset vært på sivevann. Mange områder med nedlagte deponier ligger i dag på sentrumsnære tomter og er derfor attraktive til blant annet boligformål. For å kunne ta de riktige beslutningene i forbindelse med endringer i arealbruk, er det også viktig å skaffe seg en oversikt over deponienes tilstand med hensyn til produksjon av deponigass og andre faktorer av betydning. De mulige helsefarene som et nedlagt deponi representerer bør vurderes nøye, og utfordringene ved endret arealbruk tilknyttet nedlagte deponier bør tillegges større fokus enn det som har vært.

I Trondheim er det tre nedlagte kommunale avfallsdeponier; Ladedalen, Fredlydalen og Sluppen (Carstens, 1993). Ladedalen deponi ble undersøkt høsten 2005. Da ble det målt i 169 punkter (sluk, kummer og drenering langs bygg). Det ble påvist metan i 32 punkter, hvorav 15 oversteg nedre eksplosjonsgrense på 5 volum prosent.. I tre målepunkter var forholdet mellom metan (CH_4) og oksygen (O_2) i eksplosjonsintervallet. Det ble målt karbondioksid (CO_2) over normen for arbeidsmiljø i 37 punkter, hvorav 11 hadde over 5 volum prosent. I mange kummer var konsentrasjonene av metan og karbondioksid så høye at det kan medføre helsefare å bevege seg ned i disse (Kvennås, 2005).

Fredlydalen avfallsdeponi ble tatt i bruk på 50-tallet og avsluttet i 1970. Deponiet ble drevet etter Bradfordmetoden; hvert lag med søppel ble dekt med et lag kvabb (finkornet sand). Avfallet ble deponert usystematisk; husholdningsavfall, industriavfall og noen gamle bilvrak ble deponert om hverandre over hele fyllingen. Det ble ikke ført journal over hva som ble dumpet (Holden, 2006 personlig meddelse).

Undersøkelsen av Fredlydalen deponi ble utført høsten 2006 på oppdrag fra Trondheim kommune. Bakgrunnen for undersøkelsen av området er planene om ny kommunedelplan for byomforming i området Sluppen, Tempe og Sorgenfri, og ønsket om å sette problematikken rundt nedlagte avfallsdeponier på dagsorden. Økt press på sentrumsnære områder fører til at en vurderer endret arealbruk i området. For å sikre riktig arealbruk kreves det god informasjon om forholdene på området. Undersøkelsen ble utført av studenter i faget KJ3071 Anvendt Geokjemi ved NTNU, Trondheim.

Erfaringene fra undersøkelsen av Ladedalen og Fredlydalen deponier egner seg godt som utgangspunkt for undersøkelse av Sluppen gamle deponi, i tillegg til å være nyttige for andre kommuner som ønsker undersøkelser av sine nedlagte deponier.

Mål for oppgaven

Målet for undersøkelsen:

- Måle innholdet av metan, karbondioksid og oksygen i tilgjengelige kummer, sluk og drenering langs bygg.
- Gjennomføre en forenklet risikovurdering i forhold til eksplosjonsfare og kjemisk helsefare basert på resultatene fra gassmålingene.
- Rapporten har til hensikt å dokumentere
 - Gassinholdet i målepunktene, samt gi en geografisk oversikt over hvor det er påvist gass.
 - Meteorologiske data; temperatur, trykk og nedbør.
 - Risikovurdering

Problemer knyttet til deponier

Mediebildet av ulykker direkte tilknyttet deponigass er heller snevert. Heller ikke ulykker hvor en har gått ned i kummer og blitt skadet eller omkommet pga oksygenmangel er mye omtalt. Dette betyr ikke at slike ulykker ikke forekommer. I dette avsnittet trekkes tre ulykker som har skjedd i Norge, frem. Også andre aspekter ved deponier enn deponigass, kan også forårsake problemer. Eksempler fra Finland og USA viser konsekvensene av manglende kunnskap ved bruk av gamle avfallsdeponier til boligområder.

Ulykker knyttet til deponigass i Norge

På Sluppen er det registrert to tilfeller av ulykker tilknyttet deponigass. Den første skjedde i 1969/70 da to anleggsarbeidere som utførte vedlikehold på kloakk og avrenningskummene døde av kvelning nede i kummen (Holden, 2006, pers. med.). Den andre ulykken var en eksplosjon i et arkivrom hos Sluppen Autoservice i 1987. En mann var nær ved å miste livet da det man antar var metangass fra bakken eksploderte mens han var i bygningen (Klungtveit, 2005).

På Rommen avfallsdeponi i Oslo ble det i 1995 gjort en tilsvarende undersøkelse for deponigass som den som nå er gjort på Sluppen. På grunnlag av resultatene derfra ble det laget et system for brenning av gassen fra avfallsdeponiet. De såkalte koplingskummene er en del av dette anlegget (Hallaas, 2005; Rosland og Nordahl-Olsen, 1995). I en rapport utarbeidet av Oslo kommune med hensyn til nedleggelse av Grønmo søppelfylling i Oslo, påpekes det at vedlikehold av gassanlegget er viktig i fremtiden. I den forbindelse henvises det til den såkalte "Rommen-ulykken" hvor et barn ble sterkt skadet etter å ha brukt ild nær en av koplingskummene (Oslo, 2006).

Myllypuro, Helsinki, Finland

Myllypuro er et område som ligger 10 km fra Helsinki sentrum i Finland. På området finnes nye og gamle Herttoniemi deponier. Pga omfattende luktproblemer ble gamle Herttoniemi avfallsdeponi stengt i 1953. I 1954 ble nye Herttoniemi deponi åpnet. Her ble husholdningsavfall deponert sammen med dyreskrotter, oljeavfall, avfall fra et gassverk og avfall fra en margarinfabrikk. Selv om sivevann med toksiske forbindelser lekket ut til den nærliggende stranden og drepte skogen i nærheten, stengte ikke fyllingen før i 1962, ikke av miljøhensyn men på grunn av plassmangel. På 70-tallet var det stort behov for boliger, og Myllypuro var et attraktivt og sentrumsnært område i nærheten av metroen. Myndighetene besluttet, uten tanke på miljøhensyn, å bygge 11 boligblokker. I 1975-76 ble fyllingen tildekket med noe ren jord og byggingen satte i gang. Under byggearbeidet var mange arbeidere plaget av oppkast og hodepine, og i 2000 var kun 4 av dem fortsatt i live. På 90-tallet begynte man å merke effekter av setninger. Sprekker i murene og ødelagte dreneringsrør måtte gjentatte ganger utbedres. Beboerne klaget også på lukt. Det ble gjennomført miljøtekniske undersøkelser hvor man fant toksiske forbindelser som cyanid, PAH, PCB, tungmetaller og olje. Konsentrasjonene var så høye at de overskred alle retningslinjer dramatisk. I 1999 besluttet Helsinki kommune å rive alle 11 blokkene og gjøre området om til en park (Korpilaakso et al., 2000). Helsinki kommune kjøpte de privateide leilighetene og skaffet nye leiligheter til leieboerne i de kommunale leilighetene. I 2001 var de fleste husene revet. Avfallet ligger fortsatt begravd i jorda, men tett isolering forhindrer avrenning både horisontalt og vertikalt (Pukkala og Pönkä, 2001). I en epidemiologisk undersøkelse (Pukkala og Pönkä, 2001) ble det rapportert om økt forekomst av kreft og astma. Dette tyder på en sammenheng mellom toksisk avfall og økt risiko for sykdom.

Love Canal, City of Niagara Falls, New York, USA

Love Canal er et boligområde i byen Niagara Falls i staten New York i USA. Navnet kommer fra entreprenøren William T. Love, som på 1800-tallet hadde en visjon om å skape et idealsamfunn basert på en kanal som skulle forbinde øvre og nedre del av Niagara-elven. Kanalen ville gi hydroelektrisk kraft til industri, samtidig som den ville bli en ferdselsåre for skipstrafikk. På grunn av en landsdekkende konjunkturedgang, manglende finansiering og oppfinnelsen av vekselstrøm, ble bare en liten del av kanalen gravd (Ecumenical Task Force of the Niagara Frontier, 1998). Kanalen var da ca 900 m lang, 3-5 m dyp og 30-35 m bred. Frem til tidlig på 1900-tallet ble kanalen bare brukt som badeplass. I 1920 ble området solgt på auksjon og deretter ble det brukt som deponi for kjemisk avfall og noe husholdningsavfall. Mellom 1942 og 1953 dumpet firmaet Hooker Chemicals and Plastics Corporation ca 21 800 tonn av minst 200 ulike kjente kjemikalier i kanalen. Da kanalen i 1953 var full, ble den dekket med jord (NYSDoH, 2006). Samme år kjøpte "Niagara Falls Board of Education" området for US \$1, samtidig som Hooker Chemicals frasa seg alt ansvar knyttet til eventuelle problemer med deponiet. Det ble bygget en skole midt på fyllingen og bolighus i området rundt. Fra slutten av 1950-tallet til tidlig på 1970-tallet ble det registrert kjemikalielukt, kjemikalier som dukket opp i kjellere og hager, og mindre eksplosjoner og branner. Uvanlig

mye regn i 1976 og 1977 førte til meget høye grunnvannsnivåer. Påfølgende undersøkelser i kjellere i området viste tallrike flyktige organiske kjemikalier som kan føre til alvorlig helsefare (NYSDoH, 2006). Beck besøkte området og skrev i en artikkel i EPA Journal (Beck, 1979) at ”en kunne se rustne deponeringsfat komme opp gjennom grunnen i hagene. Trær og hager ble sorte og døde. Et helt svømmebasseng hadde løsnet fra fundamentet og fløt nå på en liten innsjø av kjemikalier. Overalt hadde luften en flau, kvelende lukt. Barn kom tilbake fra lek med brannsår på hender og ansikter.” Høsten 1978 erklærte president Jimmy Carter at området skulle klassifiseres som katastrofeområde. Skolen ble stengt og de nærmeste boligene ble kjøpt av staten. I epidemiologiske undersøkelser er det rapportert om fødselsdefekter, spontanaborter og høye nivåer av hvite blodlegemer, en forløper til leukemi (Beck, 1979; NYSDoH, 2006).

Avfallsdeponier på dagsorden

I Norge har det først i de senere årene vært fokus på problematikken rundt avfallsdeponier. Det er fremdeles mange avfallsdeponier i de større byene hvor det ikke har blitt gjort undersøkelser eller tiltak. Ulykkene på Rommen og Sluppen viser at ulykker knyttet til deponigass skjer, men at det er vanskelig å si i hvilket omfang. Eksempelene fra Finland og USA viser at løsninger som virker fornuftige og billige på kort sikt kan bli meget dyre på lang sikt. I begge disse eksemplene var valget av sted for ny bebyggelse påvirket av det store behovet for nye boliger. Når Trondheim kommune nå opplever økt press på sentrumsnære områder og skal utvikle ny kommunedelplan for området hvor Fredlydalen gamle deponi ligger, er det viktig ha eksempler som disse med i betraktningene. Det er ønskelig med økt fokus på andre aspekter ved deponigassproblematikken enn bare sige vann, da effektene av deponigass kan være minst like alvorlige.

Deponigass

Deponigass er en blanding bestående av hundrevis av ulike gasser, dannet under anaerob og aerob nedbrytning av avfall. Metan og karbondioksid er hovedkomponentene med henholdsvis 45 - 60 % og 40 - 60 % av det totale volumet. Andre gasser som inngår, men i mindre mengder, er nitrogen, oksygen, ammonium, sulfider, karbonmonoksid, hydrogen, og flyktige organiske stoffer (VOC) som trikloretylen, benzen og vinyl klorid (ATSDR, 2001; Jensen, 2005). Tabell 1 viser de vanligste komponentene i deponigass, hva de typisk utgjør i volumprosent og litt om deres egenskaper.

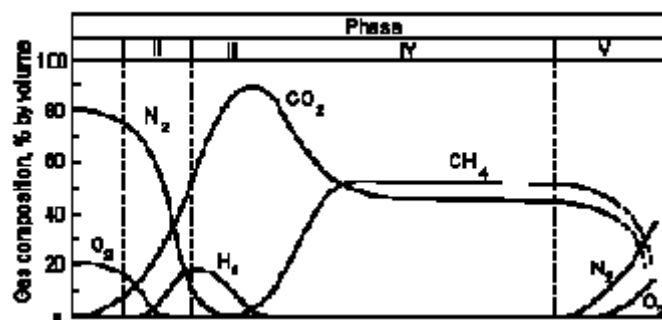
Metan fungerer som transportgass for andre kjemiske forbindelser, som VOC og cyanid, og øker dermed mobiliteten og flyktigheten for disse. Mange av disse stoffene kan være helseskadelige (Jensen, 2005).

Tabell 1 Oversikt over de mest typiske deponigass- komponentene (ATSDR, 2001; Heie, 2006).

Komponent	Vol%	Egenskaper
Metan (CH ₄)	45 – 60	Farge- og luktløs gass som forekommer naturlig. Omtrent 21 ganger sterkere klimagass enn karbondioksid. Eksplosivt i 5 % – 15 % blanding med luft.
Karbondioksid (CO ₂)	40 - 60	Fargeløs, luktløs og noe sur. Klimagass. Finnes naturlig i små mengder i atmosfæren (0,03 %)
Nitrogen (N ₂)	2 – 5	Utgjør normalt 79 % av atmosfæren. Lukt-, smak- og fargeløs.
Oksygen (O ₂)	0,1 – 1	Utgjør normalt 21 % av atmosfæren. Lukt-, smak- og fargeløs.
Ammoniakk (NH ₃)	0,1 – 1	Fargeløs gass med sterk lukt
Ikke metanholdige organiske forbindelser (NMOC, VOC)	0,01 - 0,6	Flyktige stoffer som mobiliseres av deponigasser
Sulfider	0 – 0,1	Forårsaker ubehagelig lukt selv ved små mengder. Lukt av råttent egg.
Hydrogengass (H ₂)	0 – 0,2	Lukt- og fargeløs
Karbonmonoksid (CO)	0 - 0,2	Lukt- og fargeløs

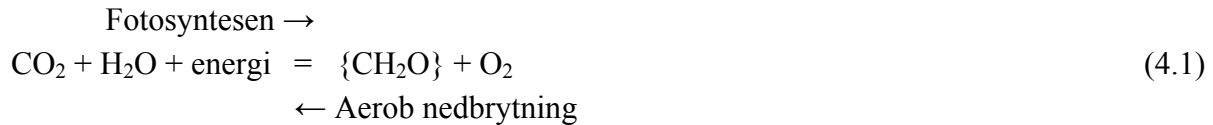
Dannelse av deponigass

Det er tre dannelsesprosesser for deponigass; bakteriell nedbrytning, fordampning og kjemiske reaksjoner. Det meste av deponigassen dannes ved bakteriell nedbrytning av organisk materiale, forårsaket av bakterier i selve avfallet eller det omkringliggende jordsmonnet. Mesteparten av avfallet som tradisjonelt har gått til deponering er av organisk karakter, slik som matavfall, tekstiler, tre, papir og hageavfall (ATSDR, 2001). Bakteriell nedbrytning kan deles inni fem faser. Figur 1 viser de fem ulike fasene.



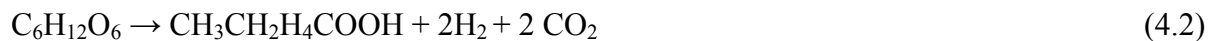
Figur 1: De ulike fasene i bakteriell nedbrytning av organisk materiale (Heie, 2006).

Fase I: Grunnlaget for dannelse av deponigass ved bakteriell nedbrytning er den kjemiske energien som blir lagret i organisk materiale ved fotosyntesen:



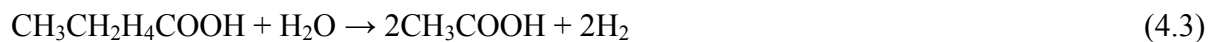
Ved deponering vil det til å begynne med foregå en aerob nedbrytning, der oksygen forbrukes under dannelse av karbondioksid og energi (likning 4.1, fase i figur 1). Den aerobe nedbrytningen tar dager eller måneder ettersom hvor mye oksygen som er tilgjengelig.

Fase II: Etter hvert som oksygenet er brukt opp vil anaerobe prosesser ta over og nedbrytningen går over til fase II. I fase II vil fermenterende bakterier bryte ned organisk materiale i henhold til likning 4.2 under dannelse av syrer og alkoholer.



Deponiet vil under denne fasen bli veldig surt. Ettersom syre blander seg med jord i fyllinga, vil næringsstoffer løses opp, og gjøre nitrogen og fosfor tilgjengelig for det voksende antallet bakterier i deponiet.

Fase III: I fase III vil acetogene bakterier bryte ned syrer dannet i fase II til acetat og organisk syre (likning 4.3).



Dette gjør deponiet mindre surt og metandannende bakterier begynner å vokse fram.

Fase IV: Metanogene og acetogene bakterier lever i en symbiose der de acetogene bakteriene danner forbindelser som metandannende bakterier konsumerer, mens de metandannende bakteriene forbruker karbondioksid og acetat som ville vært giftig for de acetogene bakteriene i for store mengder (likning 4.4).



Fase IV er den stabile metanogene fasen der metangass typisk utgjør 45 - 60 % av volumet, mens karbondioksid utgjør 40 - 60 %. Det vil fortsatt være utslipp av metangass i 50 år etter at avfallet ble deponert. Det kan også dannes gass over en lengre periode enn dette.

Fase V: Den siste fasen, fase V, inntreffer når produksjon av metan og karbondioksid etter hvert avtar. Mindre gasskonsentrasjon fører til mindre overtrykk i deponiet og nitrogen- og oksygenrik luft trenger inn (ATSDR, 2001; Jensen, 2005).

Faktorer som virker inn på deponigassproduksjon

Det er en rekke faktorer som virker inn på dannelsen av deponigass:

Avfallsets sammensetning: Avfallsets sammensetning har innflytelse på både komponenter i og volumet av deponigass samt reaksjonshastigheter. Høyt innhold av organisk materiale fører til større produksjon av deponigass som metan, karbondioksid, nitrogen og hydrogensulfider, ved bakteriell nedbrytning. Industriavfall, bygge- og anleggsavfall og kjemisk avfall fører i større grad til produksjon av flyktige stoffer (volatile organic compounds VOC) ved avgassing og kjemiske reaksjoner (Andersen et al., 2001).

Deponiets alder: Nyere avfall (yngre enn 10 år) vil generelt produsere mer deponigass ved bakteriell nedbrytning og avgassing enn eldre avfall (eldre enn 10 år). Avfallsfyllinger begynner normalt å produsere merkbart med metan innen 1 – 3 år. Maksimal gassproduksjon er vanligvis fra 5 -7 år etter deponering. Det meste av gassen er produsert innen 20 år, men likevel vil mindre mengder metan produseres i deponiet 50 år eller mer etter deponering. Ulike deler av deponiet vil være i ulike faser i nedbrytningen på samme tid, avhengig av tid etter deponering og sammensetning av avfall. Innholdet av organisk avfall er avgjørende for hvor lenge gassproduksjonen pågår (Andersen et al., 2001).

Oksygentilførsel: Metanproduksjonen ved bakteriell nedbrytning forutsetter anaerobe forhold, med andre ord at oksygen ikke er tilstede. Det betyr at mer oksygen i fyllingen, fører til at den aerobe fasen (fase I i figur 1) varer lenger. Løst sammensatt materiale inneholder mer oksygen, og den aerobe nedbrytningen av organisk avfall til karbondioksid og vann vil vare lenger enn i kompakt avfall. Metanproduksjonen ved anaerobe bakterier begynner først etter at all oksygen er brukt opp. Dermed vil gjenværende oksygen eller tilførsel av oksygen i fyllingen hindre dannelse av metangass. Dersom atmosfærisk oksygen trenger inn i fyllingen vil den anaerobe nedbrytningen øyeblikkelig opphøre. Ved anaerobe forhold vil metangassproduksjonen igjen ta til (ATSDR 2001, Andersen et al., 2001).

Vanninnhold: Vanninnholdet i fyllinga er av stor betydning for nedbrytningsprosessen og dermed gassproduksjonen. Et lavt vanninnhold virker begrensende for dannelsen av gass, særlig i eldre deler av avfallsdeponiet. Dette skyldes at den største mikrobielle aktiviteten foregår i de vannmettede områdene av fyllingen og i deler av fyllingen som ligger like over grunnvannsspeilet. Høyt vanninnhold fører til effektiv utveksling av næringsstoffer, substrat, buffere og mikroorganismer mellom de ulike områdene i fyllingen. Vannet begrenser også inhibitorer av gassproduksjonen ved fortynning, hindrer tilførsel av oksygen til eldre deler av fyllingen og sørger dermed for anaerobe forhold (Andersen et al., 2001).

Hydrogen, pH og alkalinitet: Hydrogen dannes av gjærende og acetogene bakterier i fase II og III. Høy konsentrasjon av hydrogen fører til senking av pH og dermed et surere miljø, noe som påvirker produksjonen av metan. Metanproduksjonen er mest effektiv i pH – intervallet

6 – 8. Hvor godt avfallet buffer påvirker i hvor stor grad pH endres. Bufferevnen er avhengig av avfallets innhold og det øvrige jordsmonnets bestanddeler (Andersen et al., 2001).

Næringsstoffer, sulfat og inhibitorer: Næringsstoffer og innhold av sulfater påvirker gassproduksjonen. Næringsstoffer som nitrogen, fosfor, kalsium, magnesium, kobber, kobolt, molybden og selen er nødvendig for bakteriell nedbrytning av organisk avfall og dermed dannelse av deponigass. For høye konsentrasjoner av sulfat i deponiet hindrer metanproduksjon. Makro- ioner som natrium, kalium, kalsium og magnesium kan også virke som inhibitorer på metanproduksjonen ved høye nok konsentrasjoner (Andersen et al., 2001).

Temperatur: Temperaturen er av betydning på gassproduksjonen da høye temperaturer fører til større mikrobiell aktivitet og dermed større produksjon av deponigass. Laboratorieforsøk viser at metangassproduksjonen øker drastisk med stigende temperatur (Andersen et al., 2001).

For di gassproduksjonen avhenger av en rekke faktorer vil innholdet og sammensetningen av gasser variere med tiden og i ulike deler av fyllingen. Store deler av fyllingen kan ha neglisjerbar produksjon, mens sentrale deler kan ha en gassproduksjon vesentlig over gjennomsnitt (ATSDR, 2001; Andersen et al., 2001).

Gassmigrasjon

Gassmigrasjon vil si gasstransport i den umettede sonen både i avfallsdeponiet og den omkringliggende jorden. Gassmigrasjonen er styrt av to ulike mekanismer, diffusjon som følge av konsentrasjonsforskjeller, og konvektiv transport som følge av trykkforskjeller. Diffusjon skyldes molekytlære krefter som gjør at stoff beveger seg fra et område med høy konsentrasjon til et område med lavere konsentrasjon. Diffusjon avhenger, i tillegg til konsentrasjonsgradienter, av jordens porøsitet og vanninnhold. Metan diffunderer omtrent 1,65 ganger hurtigere enn karbondioksid (Andersen et al., 2001).

Konvektiv transport drives av trykkgradienten mellom to områder, og fører gass fra området med høyt trykk til området med lavere trykk. Også temperaturforskjeller vil kunne føre til konvektiv gassmigrasjon. Konvektiv gassmigrasjon som følge av trykkforskjeller kan skyldes flere faktorer som gassproduksjon i avfallsdeponiet, variasjoner i atmosfæretrykket, forandring i grunnvannsstanden og undertrykk i bygninger (Andersen et al., 2001). Det er en rekke faktorer som påvirker gassmigrasjonen:

Permeabilitet: Den viktigste faktoren for gassmigrasjon er gjennomtrengeligheten til jordlaget gassen migrerer gjennom. Gasspermeabiliteten avhenger også av vanninnholdet i jorden. Jordsmonn med høy permeabilitet som sand og grus er lettere gjennomtrengelig enn jordtyper med lav permeabilitet som silt og leire. Avfallet i seg selv har svært ulike permeabilitet, og forsøk har vist at nyere avfallsdeponier har forholdsvis høy permeabilitet.

Ettersom deponiet blir eldre og avfallet setter seg vil permeabiliteten synke. I eldre avfallsdeponier er det også funnet forholdsvis høy permeabilitet, noe som kan skyldes av avfallet før i tiden ikke ble komprimert like godt som i dag. Geologiske forhold er også en faktor for gassmigrasjonen, og det vil derfor være geografiske forskjeller i utbredelsen av gass (Andersen et al., 2001)

Menneskeskapt migrasjonsveier: Mange potensielle migrasjonsveier er menneskeskapt i forbindelse med rør og ledninger i jorden. Da rør og ledninger i mange tilfeller fører inn i bygninger under jorden, vil mange av disse kunne lede deponigass inn i omkringliggende bygg (Andersen et al., 2001).

Trykk i avfallsdeponiet: Den mikrobielle nedbrytningen av fast organisk materiale til metangass og karbondioksid, fører til en trykkendring i deponiet da molekyler i gassform tar mer plass enn molekyler i fast form. Hvor stort overtrykket blir i deponiet avhenger av hvor stor gassproduksjonen er og hvor lett gassen slipper ut av deponiet (Andersen et al., 2001).

Deponiets utforming: Deponiets utforming er av betydning for gassmigrasjonen. Stort forhold mellom overflate og volum fører til større utslipp. Mengde og type dekke er også av betydning for transport av gass gjennom overflaten. Fast dekke hindrer vertikal migrasjon av deponigass (Jensen, 2005).

Meteorologiske forhold: De meteorologiske forholdene som atmosfæretrykk, nedbør, temperatur, årstidsvariasjoner og vind er av stor betydning for gassmigrasjonen. Det har vært særlig fokus på atmosfæretrykk som en viktig faktor for gassmigrasjonen, men også de andre faktorene er av betydning. Det er ikke atmosfæretrykket i seg selv som kan medføre gassmigrasjon, men intensiteten av trykkforskjellen. En hurtig senking i atmosfæretrykk vil kunne føre til konvektiv transport av gass ut fra avfallsdeponiet. Ved lavtrykk vil det være størst tendens til gassmigrasjon. Virkningen av atmosfæretrykket vil også avhenge av permeabiliteten og porøsiteten i jordlaget. Nedbør kan ha betydning på gassmigrasjonen på tre måter:

- Permeabiliteten i det øvre jordlaget avtar ved at porene fylles med vann, noe som øker den horisontale gassmigrasjonen.
- Vanninnholdet i de dypere jordlag stiger, og migrasjonen vil etter hvert avta.
- Det stigende vanninnholdet i porene i fyllingen fortrenger poregassen, og øker gassmigrasjonen.

Også her vil permeabiliteten i jordlaget være av betydning. Generelt vil gassmigrasjonen øke ved stigende temperatur, men temperaturen må ses i sammenheng med andre faktorer. Gassmigrasjonen vil også variere med årstid som følge av temperatur, nedbør, tide, lavtrykk osv (Jensen, 2005, Andersen et al., 2001).

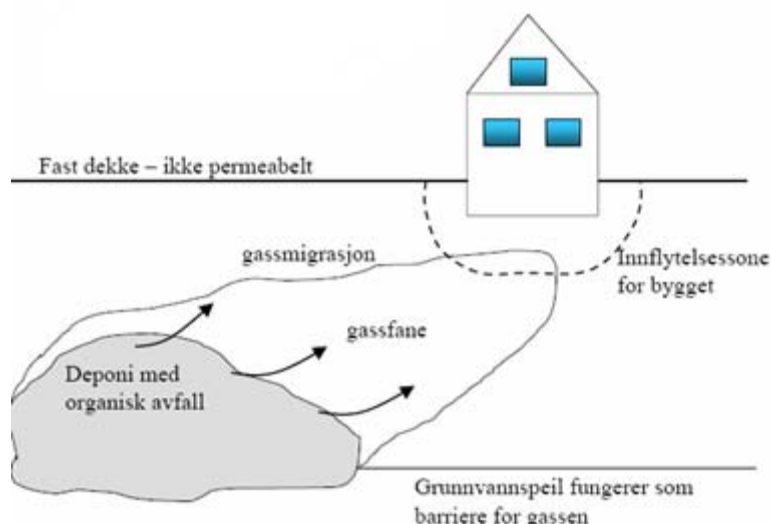
Grunnvannsspeil: Som følge av gassens lave diffusjon i vann vil grunnvannet virke som en barriere for gassmigrasjonen. Migrasjon av gass forekommer derfor normalt i umettede deler

av fyllingen. Ved meget høyt overtrykk i deponiet kan gassmigrasjon forekomme under grunnvannsspeilet dersom de geologiske forholdene tillater det. Plutselige endringer i grunnvannsspeilet kan gi en pumpeeffekt, der trykket i porene endres og gir en konvektiv gasstransport. Dersom deponiet er lokalisert i fjæra, vil grunnvannsspeilet endre seg med flo og fjære (Jenssen, 2005, Andersen et al., 2001).

Gassinntregning i bygg

Det er viktig å kjenne til hvordan gass migrerer og hvilke faktorer som spiller inn på gassmigrasjon fordi mange bygninger er lokalisert på eller i nærheten av tidligere avfallsdeponier. I slike tilfeller kan det være fare for at gass migrerer inn i bygget, noe som kan føre til risiko for liv og helse. Faktorer som er avgjørende for hvorvidt gass trenger inn i bygg er: innendørs- og utendørs trykkforskjeller, endringer i atmosfæretrykk, sprekker i husets nedre deler i kontakt med bakken, kapillærbrytende sjikt under overflatedekket, avstanden til grunnvannsspeilet og jordmassenes permeabilitet og porøsitet (Jensen, 2005).

Det er normalt undertrykk i bygninger i forhold til massene rundt. Dermed skjer det en naturlig migrasjon av gass mot bygget dersom deponigassen befinner seg innenfor innflytelsessonen til bygget. Innflytelsessonen er den delen av terrenget som påvirkes av undertrykket fra bygningen og avhenger av permeabiliteten og porøsiteten i jordsmonnet, størrelsen på bygget og trykkdifferansen. Innflytelsessonen er typisk på noen meter rundt og under bygget (Jensen, 2005). Figur 2 viser hvordan deponigass kan migrere inn i nærliggende bygg.



Figur 2: Gassinntregning fra avfallsdeponiet til nærliggende bygninger (Jenssen, 2005).

Administrativ norm for gass i arbeidsatmosfære

Metan er brennbart dersom metankonsentrasjonen er mellom 5 - 15 volum % og konsentrasjonen av oksygen samtidig er over 13 volum %. Karbondioksid føles ubehagelig ved relativt lave konsentrasjoner og er kvelende for mennesker ved høye konsentrasjoner.

Den laveste konsentrasjonen som er dødelig er 9 volum % ved 5 minutters eksponering. Bevisstløshet kan inntreffe ved 1 vol%. Arbeidstilsynets grense for akseptabel konsentrasjon på en arbeidsplass er 0,5 volum % CO₂ (Kvennås, 2005). Tabell 2 gir oversikt over helseeffekter ved ulike oksygenkonsentrasjoner.

Tabell 2 Helseeffekter ved ulike oksygenkonsentrasjoner (ATSDR, 2001).

Vol % O₂	Helseeffekter
21	Normal oksygenkonsentrasjon.
17	Forringet nattsyn (ikke merkbart før normal oksygenkonsentrasjonen er gjenopprettet). Økt pustevolum og økt hjerteslagfrekvens.
14 - 16	Økt pustevolum og økt hjerteslagfrekvens. Meget dårlig muskelkoordinering. Rask utmattelse og tidvis opphold i respirasjon.
6 - 10	Kvalme, oppkast, dårlig ytelsesevne og bevisstløshet.
< 6	Krampeaktiv pust, krampetrekninger og død i løpet av minutter.

Gassutvikling i kloakk/ avløpsrør og kummer

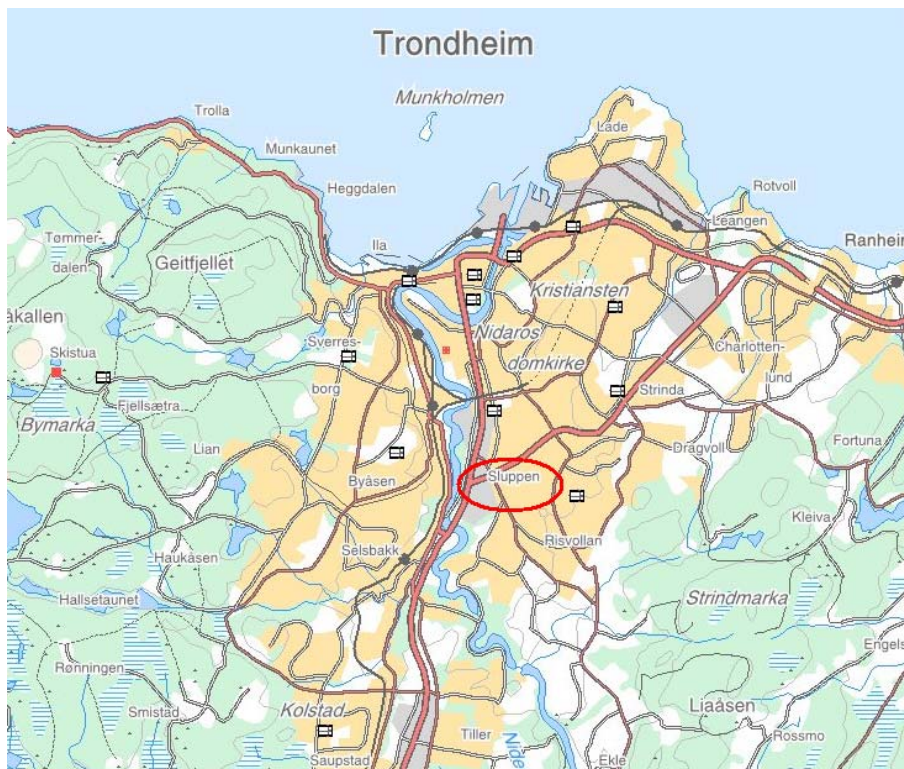
Ved bruk av hule rør til kloakk og drenering, vil deponigass kunne vandre inne i selve røret. Det kan også forekomme forhøyede konsentrasjoner av metan og karbondioksid som følge av anaerobe nedbrytningsprosesser i selve kloakken. Ved målinger av metan i kloakken kan det derfor være vanskelig å skille mellom innsig fra deponigass og metan som finnes der fra før (Andersen et al., 2001).

Beskrivelse av det undersøkte området

Grunnforhold

Det undersøkte området ligger langs E6 i Fredlydalen på Sluppen ca. tre kilometer sør for Trondheim sentrum (Figur 3).

Fredlydalen var opprinnelig en ravedal som strakk seg fra Nidarvoll og ned mot Nidelva. Topografisk kart fra 1952 viser at landskapet varierte fra ca 24 til 80 moh. Området er i dag tilnærmet flatt med en svak helning ned mot Nidelva og ligger på høyde rundt kote 40 (Dahl, 1952). Fredlydalen består opprinnelig av finkornige løsmasser som leire og silt, kalt hav- og fjordavsetninger. Denne typen avsetninger ble dannet i fjordene under isavsmeltingen, og strandforskyvning har ført avsetningene til lavere nivå (Reite et al., 1999).



Figur 3: Fredlydalens plassering i Trondheim (Trondheim Kommune 2006)

Det er ikke registrert noen grunnvannsbrønner på deponiområdet. Boringer gjort i områdene rundt viser at det er fra 26 m til 103 m med løsmasser, men det er ikke oppgitt hvor høyt grunnvannsspeilet er (NGU, 2006). Det er likevel sikkert at grunnvannsspeilet står høyere enn Nidelvas vannstand, og der det er leire er ofte grunnvannsspeilet høyt (Storrø og Jæger, 2006).

Dagens arealbruk

Det undersøkte området (Figur 4) har en utstrekning på omtrent 140 dekar, hvorav 58 % er tette flater som asfalt eller bygninger og 42 % er åpne flater dekket av gress og grus. I dag er området øst for Bratsbergvegen stort sett åpent landskap med gruslagt idrettsbane og lekeplass tilknyttet Nidarvoll skole. Unntaket er selve skolegården som er asfaltert, og parkeringsplasser i forbindelse med Nidarvoll sykehjem og bebyggelsen i Klæbuveien 212. Området vest for hovedveien og ned mot omkjøringsveien er asfalterte flater med forretningsbygg, verkstedhaller og lagerplasser.



Figur 4: Fredlydalen med dagens arealbruk (Trondheim Kommune 2006)

Historikk

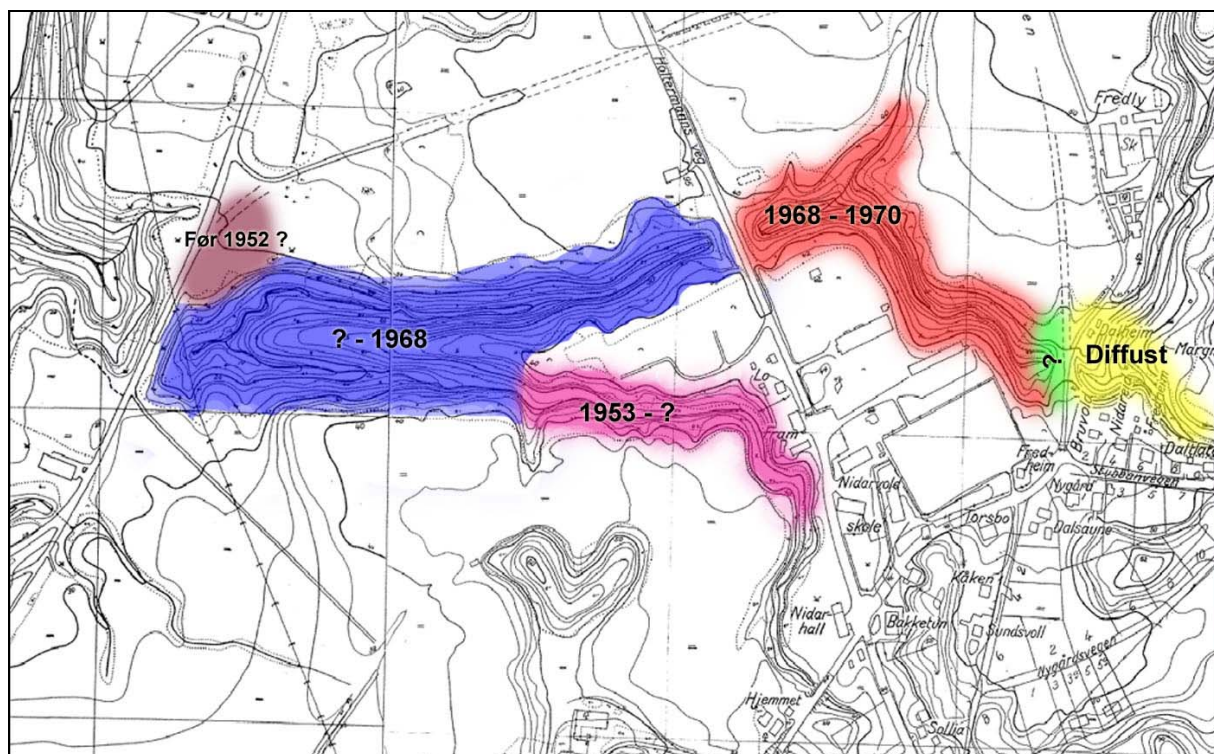
Trondheim kommune overtok all renovasjon i byen i 1918. På Sluppen gård i Strinda kommune ble det bygd et behandlingsanlegg for avfallet. I 1953 var både Sluppen og Tvereggdalen fylt opp, og Fredlydalen ble beregnet til å dekke byens behov i de neste ti årene (Carstens, 1993).



Figur 5 Trondheim Renholdsverks anlegg på Sluppen på 1930 tallet (Carstens, 1993)

Avfallet ble først deponert i den dype sidedalen vest for Bratsbergveien, og senere i hoveddalen ned mot Siemens. Fra 1968 ble det fylt avfall i dalen øst for Bratsbergveien (Figur 6). Fyllingen ble drevet som en Bradford-fylling og fyllingshøyden var på maksimalt 20 m. Det var ingen sortering av avfallet, som hovedsakelig består av husholdnings- og forretningsavfall, industriavfall og noen bilvrak. Massene ble i begynnelsen lagt ut i 2 – 2,5 m tykke lag, dekket av tynne lag med silt, men etter hvert ble ikke denne standarden fulgt i samme grad. Området var kommunalt deponi fram til 1970. Dalene fra Nidarvoll og ned mot Sluppen ble dermed Renholdsverkets hovedfyllplass i over tyve år (Carstens, 1993; Finborud, 1983). Lars Holden, driftsleder ved Renholdsverket, kunne opplyse om at det verken ble foretatt bunntetting eller drenering ved deponiet. Videre opplyste han om at Renholdsverket på den tiden kun hadde lett utstyr (7 – 8 tonn), og at avfallet derfor ikke ble tilfredsstillende komprimert (Holden, 2006). Ved bygging av omkjøringsveien over Sluppen, ble masser omplassert på deponiområdet (Finborud, 1983).

Figur 6 viser fyllingshistorien for Fredlydalen ut i fra opplysningene over. Kartet er fra 1952. Fyllingen følger den tidligere ravinedalen som nå er fylt igjen. Området merket med grønt skal representere området hvor det skal ha blitt fylt avfall av Strinda kommune. Det er ikke opplysninger over alder eller størrelser for disse innfyllingene. Det gule området kan ha blitt utfylt med avfall fra privatpersoner. Her er det heller ikke opplysninger om alder og størrelse. Det lilla området øverst og til venstre på kartet står ikke nevnt i teksten over. Grunnen til at det er merket av som mulig fylling, er at det her ut i fra kart fra 1913, var en liten sidedal. Denne dalen har blitt fylt igjen før kartet over ble laget, og fyllingen må derfor være eldre enn kartet. Om gjenfyllingen skyldes avfallsdumping eller annen masseutfylling er uvisst.



Figur 6: Oversikt over alder på ulike deler av fyllingen i Fredlydalen.

Geotekniske undersøkelser av området

Etter gjenfyllingen av dalene er det utført en rekke grunnundersøkelser i forbindelse med oppsetting av industribygg og lignende. I følge Leif I. Finborud (1983) synes alle undersøkelserne å bekrefte at kartet fra 1913 gir et noenlunde riktig bilde av den gjenfylte dalen med sideraviner.

Avfall kan kompakteres og endre struktur p.g.a. trykk og nedbrytning og kan derfor føre til at grunnen over synker sammen. Dette kalles setninger. På grunn av fare for setninger er derfor de fleste industribyggene hvor det har blitt gjort grunnundersøkelser, plassert på original grunn.

Sluppenveien 5, avmerket Visma i figur 4, er derimot delvis fundamentert på peler rammet gjennom søppelfyllingen og ned til fast, original grunn. Det kan også nevnes at Trafo ved innkjøringen til Biltilsynet har synlig skjevsetning. Dette bygget er i samsvar med kartet fundamentert over søppelfyllingen (Finborud, 1983). Et annet bygg som har blitt merket av setninger, er et lite bygg på vestre side av Shellstasjonen (Figur 4). Det er også tegn til setninger andre steder på området. Dette gjelder særlig på parkeringsplasser hvor kravene til stabile grunnforhold ikke er like store som for bygg.

I forbindelse med Union Eiendoms bygging av boliger i Klæbuveien 212, i den østlige del av av det undersøkte området, foretok Multiconsult en grunnundersøkelse på det aktuelle området med sondering, prøvetaking og sjaktgraving. De konkluderte med at grunnen i hovedsak består av leire og noe sandblandet leire, med oppfylte grusige masser i øvre lag. Det er ikke kommentert hvor disse grusige massene kommer fra. I et punkt er det funnet avfall ned til 2,5 m dybde, og i et annet punkt et 20 cm tykt lag bestående av plast- og isolasjonsrester. Multiconsult vurderte at det ikke var behov for videre kjemiske analyser, til tross for mulig gassutvikling fra deponiet. Dette fordi en gassproduksjon av betydning ikke ble funnet sannsynlig der bygget skulle plasseres. Det ble likevel foreskrevet et nedlagt lufterør for å dokumentere at gass ikke er et problem. Ved registrert gassutvikling vil det bli ført rør med vifte over taket vest for bygget slik at gassen kan trekke ut (Årbogen, 2003b). Det ble videre påpekt fra kommunens side at igangsettingstillatelse ikke kunne gis før Fylkesmannens miljøvernnavdeling hadde sett på saken, og at det måtte utarbeides en risikovurdering (Gismervik og Berg, 2003). Fylkesmannen konkluderte med at prosjektet ikke krevde spesiell tillatelse etter forurensningsloven, forutsatt at Multiconsult leverte en sluttrapport (Årbogen, 2003a). Det ble ikke utarbeidet noen risikovurdering. Sluttrapporten viser til at det ble registrert søppelholdig masse under graving for vann- og avløpsledninger, og det ble derfor lagt ned lufterør i tilknytning til bygget. Rørene vil lede eventuell gass ut i friluft og kan også brukes som målepunkter i fremtiden (Årbogen og Lillebø, 2004).

I forbindelse med SFTs kartlegging i 1990 ble det gjort en undersøkelse for å vurdere eventuell forurensning fra A/S Deponis metallslamdeponi på nedsiden av omkjøringsveien. Det ble gjort analyser fra grunnvann, sigevann og sedimenter. Normal grunnvannstand i

området er trolig fra 1,8 – 6,45 meter under bakkenivå. Det ble også registrert at vannet steg med 3,5 m på tre dager, noe som tyder på at leiren ikke er tett. Analysene av grunnvannet den gang viste ingen tegn til forurensning (Misund, 1989).

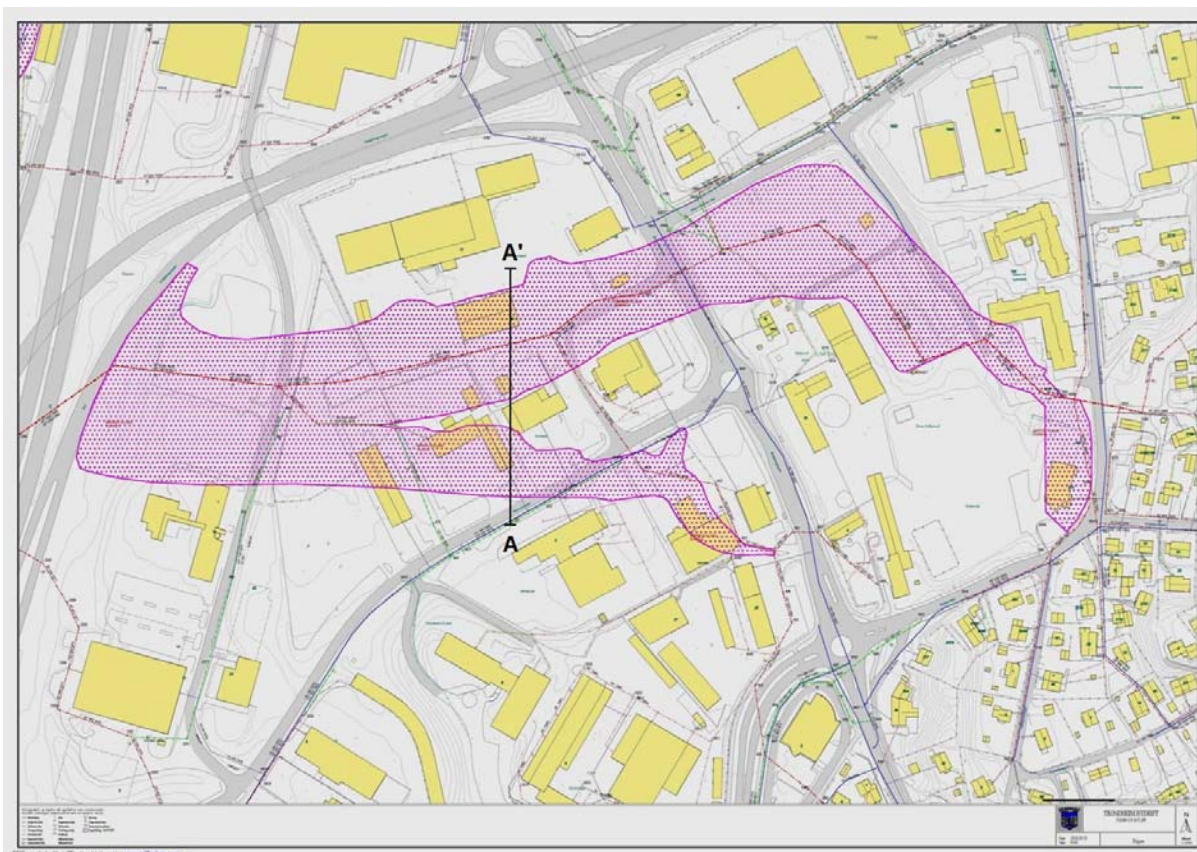
SFT's kartleggingen fra 1990 viste også at masser fra det gamle gasskraftverket på Kalvskinnet ble deponert i Fredlydalen (Langedal, 2006. pers.med.). Disse massene inneholder mest sannsynlig cyanid (OLF, 2006), benzen, pyridin, kresol og benzopyren (Langedal, 2006, pers. med.).

Vertikalprofil tvers over Fredlydalen

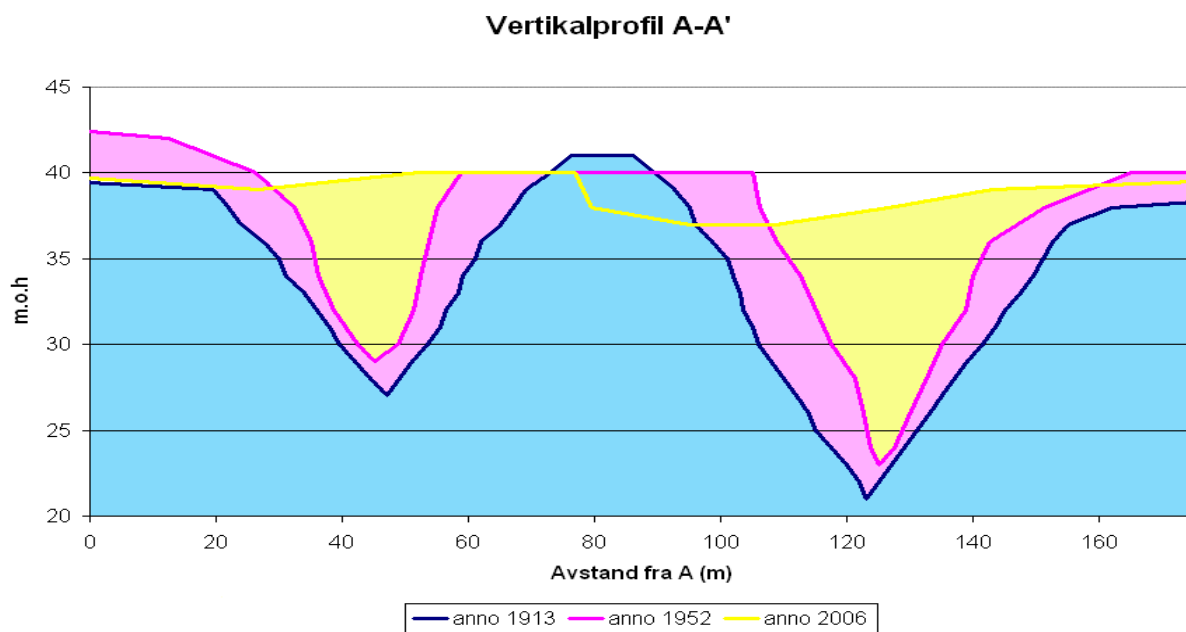
To historisk kart fra området er blitt studert. Det eldste kartet er datert 1913 med målestokk 1:1000 og er laget av Nordenfjeldske Opmålingsseksjon. Det andre kartet er datert 1952 med målestokk 1:2500 og er fra Ingeniør Dahls Opmålingskontor.

I følge det eldste kartet var topografien en helt annen da enn den var i 1952 eller i dag. I 1913 var området preget av to ravinedaler fra øst som ble slått sammen til en hoveddal. Hoveddalen endte ut i Nidelva i vest. Disse dalene var den opprinnelige Fredlybekkdalen med nordre og søndre sidedal. Topografiendringene skyldes at disse dalene har blitt brukt som offentlig avfallsdeponi, og er derfor blitt utfylt (Finborud, 1983). Figur 7 viser antatt utbredelse av avfallsfyllingen (Trondheim kommune, 2006). Avfallsfyllingen følger de gamle ravinedalene.

De to historiske kartene fra henholdsvis 1913 og 1952 er sammen med et digitalt kart fra Trondheim Kommunes nettsider blitt benyttet for å konstruere en vertikalprofil, A til A', i retning fra sør mot nord (Figur 8). Profilet strekker seg tvers over de to sidedalene rett før de slås sammen til Fredlybekkdalen. Ut i fra profilet kan det tydelig ses at menneskelig aktivitet har endret topografien i området.



Figur 7: Oversikt over antatt lokalisering for avfallsfylling med påtegnet profil



Figur 8: Vertikal profil fra A til A' Plasseringen av profilet er vist på figur 7.

Setninger

Det er naturlig å anta at avfallet plassert i deponiet er av en heterogen masse. Dette vil føre til at nedbrytningen vil foregå med forskjellig hastighet forskjellige steder i fyllingen. Bygninger som står oppå fyllingen risikerer setningsskader i det nedbrytningen av avfallet finner sted (Figur 9). Ved slike setningsskader vil gassen kunne migrere lettere inn i bygget. Det ble observert flere sprekker og liknende på flere bygg i området.



Figur 9: Eksempler på setningsskader på bygg på fyllinga

Metoder

Kartlegging av deponier

En del av oppgaven gikk ut på å få oversikt over status for nedlagte deponier i noen norske byer. Hver gruppe fikk ansvar for å undersøke forholdene i to kommuner og følgende kommuner ble valgt ut: Bergen, Bodø, Bærum, Drammen, Fredrikstad, Lillehammer, Rana, Oslo, Porsgrunn, Sandnes, Sarpsborg og Stavanger. Hensikten var å undersøke om gassutlekking fra gamle deponier oppfattes som en utfordring i lokal arealplanlegging. På SFT's hjemmesider (SFT, 2006) er det mulig å finne lokaliteter hvor det er registrert forurenset grunn. I denne databasen opptrer ”kommunale deponier” og ”deponier” som underkategorier. Med dette som bakgrunn ble de respektive kommunene kontaktet per telefon og e-post. Kommunene bidro velvillig med den informasjonen de hadde om nedlagte deponiområder.

Kartlegging av kummer på og rundt deponiet i Fredlydalen

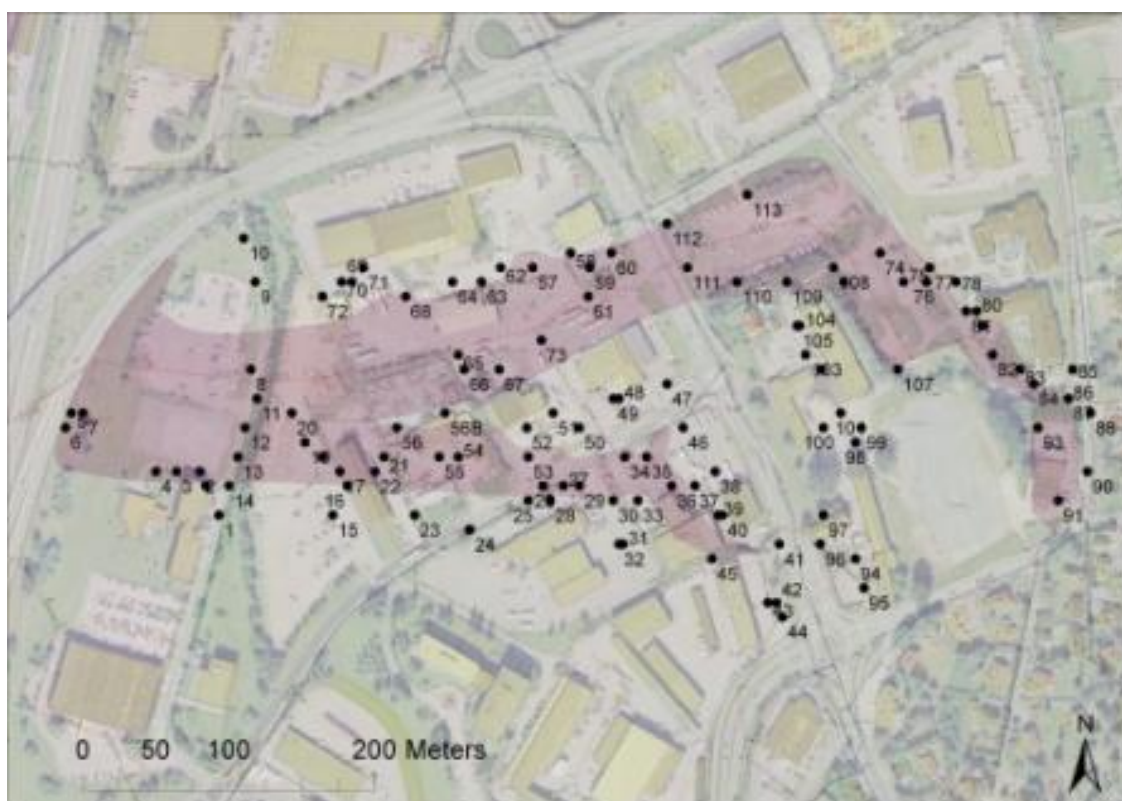
Kartlegging av kummer på og rundt det gamle deponiet i Fredlydalen ble gjort ved hjelp av et kart (Figur 7) som viste hvor man antar at avfallsdeponiet befinner seg. Alle tilgjengelige

kummer på det antatte fyllingsområdet, samt en del målepunkter rundt de antatte grensene for fyllingen, ble notert. Tilsatt ble 113 målepunkter identifisert. Disse målepunktene ble klassifisert til tre ulike typer (Figur 10. Alle gruppene målte gass i de samme 113 kummene.

- Åpne kummer, som er for overflatevann.
- Lukkede kummer, som er for kloakk.
- Tette/åpne rør, som er takrenner og lignende på hus.



Figur 10: Åpen kum, lukket kum og målepunkt i nedløpsrør på hus.



Figur 11: Kart som viser målepunktene i forhold til de antatte grensene til fyllinga

Måling av deponigass

Reproduserbarhet

For å være sikker på at måleapparatet ga reproduserbare målinger, ble det utført dobbeltmålinger med to minutters mellomrom i 20 av kummene i Fredlydalen.

Referansemålinger

I den hensikt å sammenligne målingene fra Fredlydalen med målinger fra andre lokaliteter ("friske", ikke deponier) ble det gjort referansemålinger i 26 kummer fordelt med 21 lokaliteter på Stavset på Byåsen, og 5 på Møllenberg.

Måling i kartlagte kummer, Fredlydalen

Gruppene utførte målinger av volumprosent oksygen, karbondioksid og metan i alle 113 kummene hver sin dag i uke 39, samt noen dager i uke 40. Hver gruppe målte i noen ekstrapunkter i tillegg.



Figur 12: Måling av gass i kummer.



Figur 13: Infrarød gassanalysator (GA 94A).

Målingene ble utført med en infrarød gassanalysator (GA 94A) (Wingaard, 1994).

En gummislange tilkopledd apparatet ble benyttet for å komme et stykke ned i kummen. Luften ble pumpet gjennom slangen og inn i apparatet i ca 40 sekunder før mengden O_2 , CO_2 og CH_4 ble bestemt. Apparatet ble også benyttet til måle barometrisk trykk (mBar). Det ble i tillegg benyttet en GPS for å måle inn posisjon for hver kum.

Meteorologiske forhold

Værdata fra de aktuelle dagene i måleperioden er hentet fra værstasjonen på Trondheim Havn. Det ble også hentet lufttrykksdata fra Det Norske Meteorologiske Institutt sin klimadatabase EKLIMA. Dataene ble hentet fra stasjon nummer 68860 på Voll i Trondheim. Denne værstasjonen befinner seg 127 m.o.h. Beregnet trykk ved havnivå ble oppgitt, og det var derfor mulig å interpolere verdiene til 40 m.o.h slik at de kunne sammenliknes med det aktuelle området i Fredlydalen.

Statistikk

Det er utført enkle statistiske beregninger på måleresultatene. Beregningene er aritmetisk gjennomsnitt, median, maksimalverdi, minimumsverdi og standardavvik. Alle beregningene

er utført med funksjoner i Microsoft Excel. Kumulativ frekvensfordeling ble fremstilt i dataprogram utviklet ved NGU.

Kartfremstilling

For å fremstille kart over konsentrasjonene av de ulike gassene i målepunktene, ble det benyttet et elektronisk kart verktøy, ArcGIS. Studentene fikk hjelp til å bruke dette programmet på NGU. Dataene over konsentrasjonene med tilhørende geografiske koordinater var allerede lagt inn i programmet. Det ble brukt funksjoner i programmet til å gi hvert punkt en fylt sirkel som indikerer hvor mange prosent av den aktuelle gassen det fantes i punktet. ArcGIS ble også benyttet til å lage tegnforklaring, nordpil og målestokk. Når kartene var ferdig ble de eksportert fra programmet til JPG-format. Adobe Photoshop ble brukt i etterkant til å legge konturen av fyllingen over kartene.

Forenklet risikovurdering

En risikovurdering har til hensikt å avklare:

- Spredning av forurensning gjennom deponigass.
- Miljømessige konsekvenser av eventuell spredning av deponigass.
- Helsemessige konsekvenser tilknyttet arealbruk.
- Mulige tiltak for å redusere risikoen.

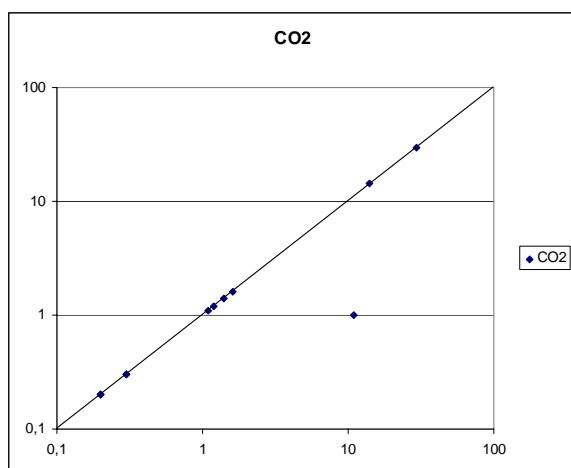
Risikovurderingen blir gjennomført med utgangspunkt i SFTs veileder 99:01 ”Risikovurdering av forurenset grunn” (Vik et al., 1999), og miljøstyrelsen i Danmarks veileder ”metode til risikovurdering af gasproducerende lossepladser” (Nilausen et al., 2001). I følge den danske veilederen bør en ta utgangspunkt i gassproduksjonsraten og gasskonsentrasjonene. Gassinntrengning i bygninger og lignende vil ikke skje med konstant flyt, men kan variere mye bare i løpet av få timer. Alle mekanismer som styrer gassmigrasjon er ikke kjent, og derfor er det vanskelig å lage en presis beskrivelse av de forholdene som gir mest gassmigrasjon. Pga denne usikkerheten, avviker risikovurdering av gassproduserende deponier fra risikovurdering av forurenset jord (Andersen et al., 2001).

En fullstendig risikovurdering som beskrevet i disse to veilederne krever meget omfattende og ressurskrevende undersøkelser. De største farene knyttet til deponigass er kjemisk helsefare, eksplosjonsfare og fare for spredning av forurensning. I denne fasen, og med de tilgjengelige ressurser, er det derfor hensiktsmessig å gjennomføre en forenklet risikovurdering som omhandler disse farene. I denne rapporten vil det bli gitt en forenklet risikovurdering som tar for seg dette. I tillegg vil det bli gitt anbefalinger for videre arbeid. Dette vil være et godt utgangspunkt for videre undersøkelser og tiltak.

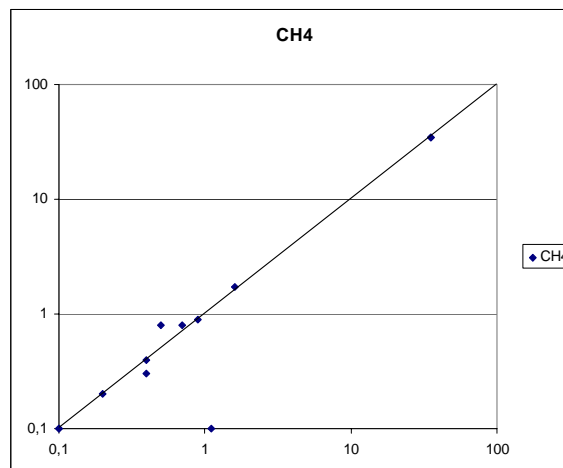
Resultater

Reproduserbarhet

Resultatene fra dobbeltmålinger av karbondioksid og metan i samme kum er plottet mot hverandre (en måling på x-aksen, den andre på y-aksen) i figur 14 og 15. Måleresultatene er reproduserbare vedlegg F.



Figur 14: Dobbeltmålinger av CO₂ i kummer.



Figur 15: Dobbeltmålinger av CH₄ i kummer.

Referansemålinger

Oksygenkonsentrasjonen ble målt til 21,5 – 22,5 vol%, som ligger i intervallet for normale verdier i atmosfæren. Det ble ikke målt metan i noen av kummene, men det ble målt lave konsentrasjoner av karbondioksid i 5 av de 21 kummene som ble undersøkt på Byåsen. Resultatene fra disse målingene finnes i vedlegg G.

Målinger i kartlagte kummer, Fredlydalen

Alle måleresultatene er vist i vedlegg B, D og E og koordinatene i vedlegg A. I tabell 3-5 er resultatene for alle kummer, åpne og lukkede kummer gitt som gjennomsnitt, median, minimums- og maksimumsverdi.

Tabell 3: Resultat fra alle kummer. *) over apparatets deteksjonsgrense.

Gass	Min	Maks	Median	Gjennomsnitt	Antall målinger
O ₂	0,5	21,9	21,5	20,9	646
CO ₂	0,0	31,8	0,0	0,7	646
CH ₄	0,0	*	0,0	0,4	646

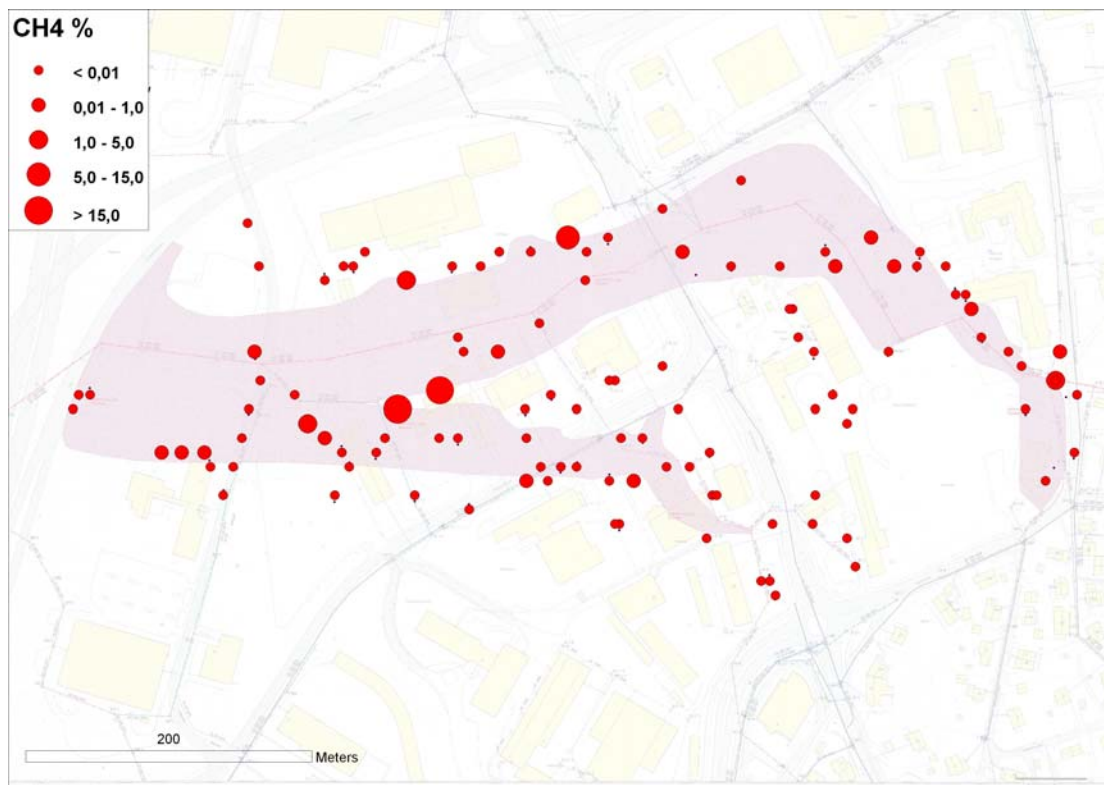
Tabell 4: Resultat fra åpne kummer.

Gass	Min	Maks	Median	Gjennomsnitt	Antall målinger
O₂	10,4	21,9	21,5	21,3	409
CO₂	0,0	10,4	0,0	0,2	409
CH₄	0,0	2,1	0,0	0,03	409

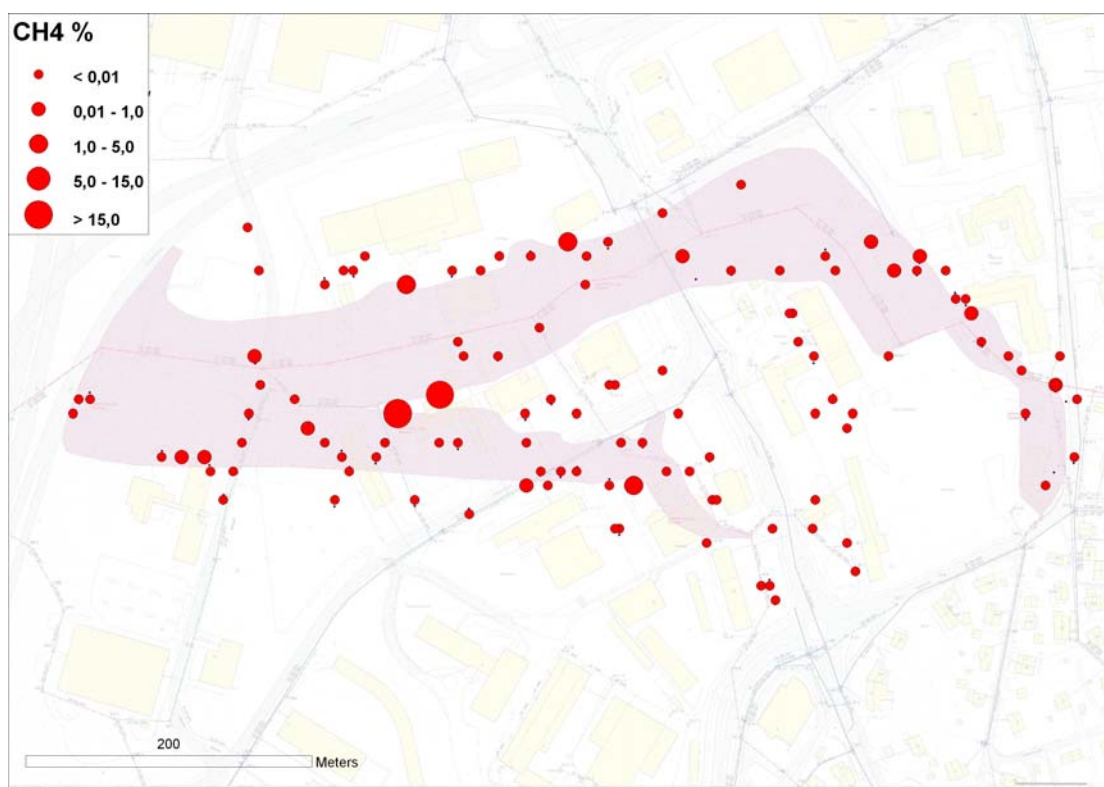
Tabell 5: Resultat fra lukkede kummer. *) over apparatets deteksjonsgrense.

Gass	Min	Maks	Median	Gjennomsnitt	Antall målinger
O₂	0,5	21,9	21,5	20,1	237
CO₂	0,0	31,8	0,1	1,6	237
CH₄	0,0	*	0,0	0,9	237

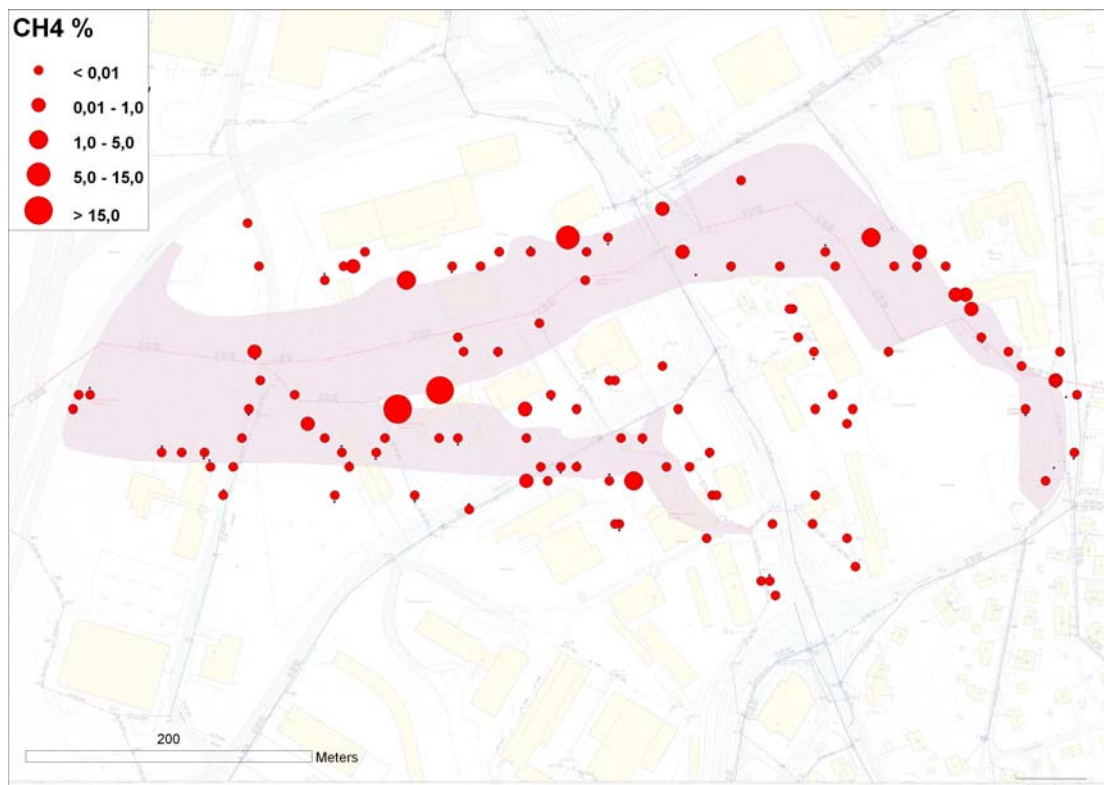
Det ble målt karbondioksid på alle deler av fyllingen. Det ble også målt karbondioksid i kummer som ligger utenfor fyllingens antatte område. 11,3 % av kummene hadde en gjennomsnitts konsentrasjon som ligger over arbeidstilsynets norm. Metan ble funnet i kummer over hele området. Konsentrasjonen var størst i de eldre delene av fyllingen og i det man antar er ytterkantene av ravinedalene. Det ble påvist metan i 33 % av kummene i området. 3 av de målte kummene hadde oksygenkonsentrasjoner lavere enn 15 vol%. Utover dette er oksygennivået akseptabelt. Figur 16 -32 viser kart over fordeling av metan, karbondioksid og oksygen i kummene på de forskjellige måledagene.



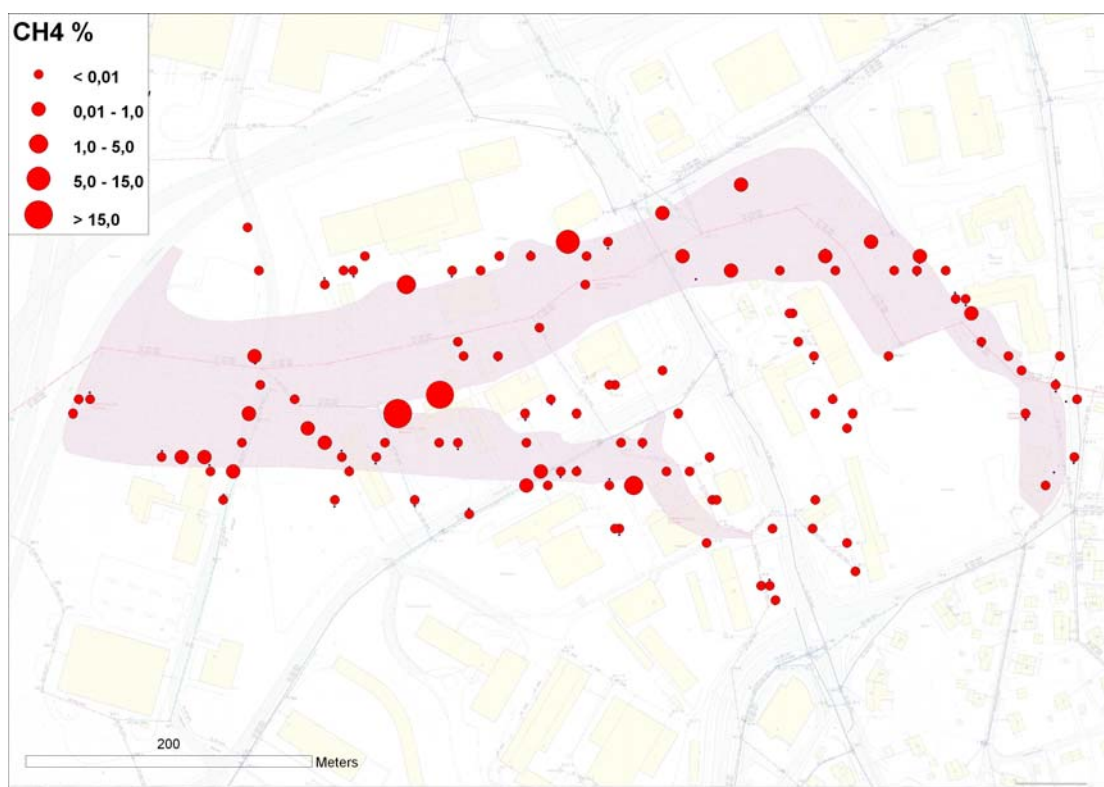
Figur 15: Metaninnhold målt i kummer den 25.09.2006



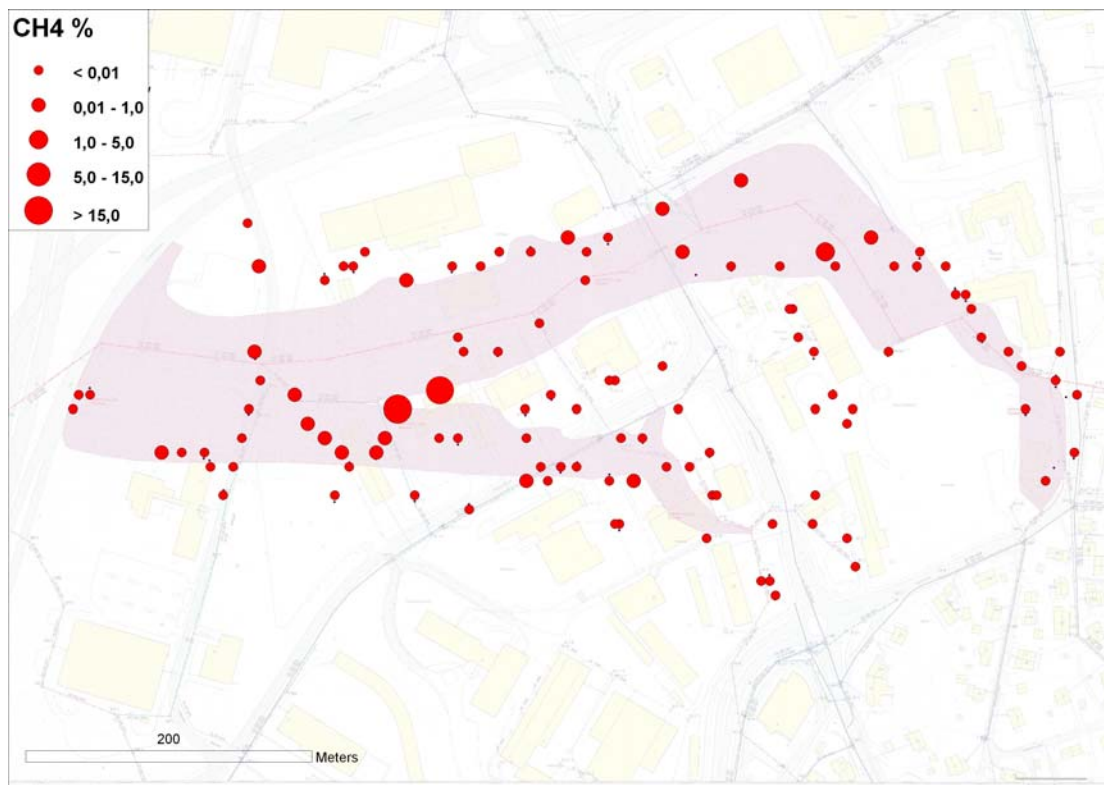
Figur 16 Metaninnhold målt i kummer den 26.09.2006



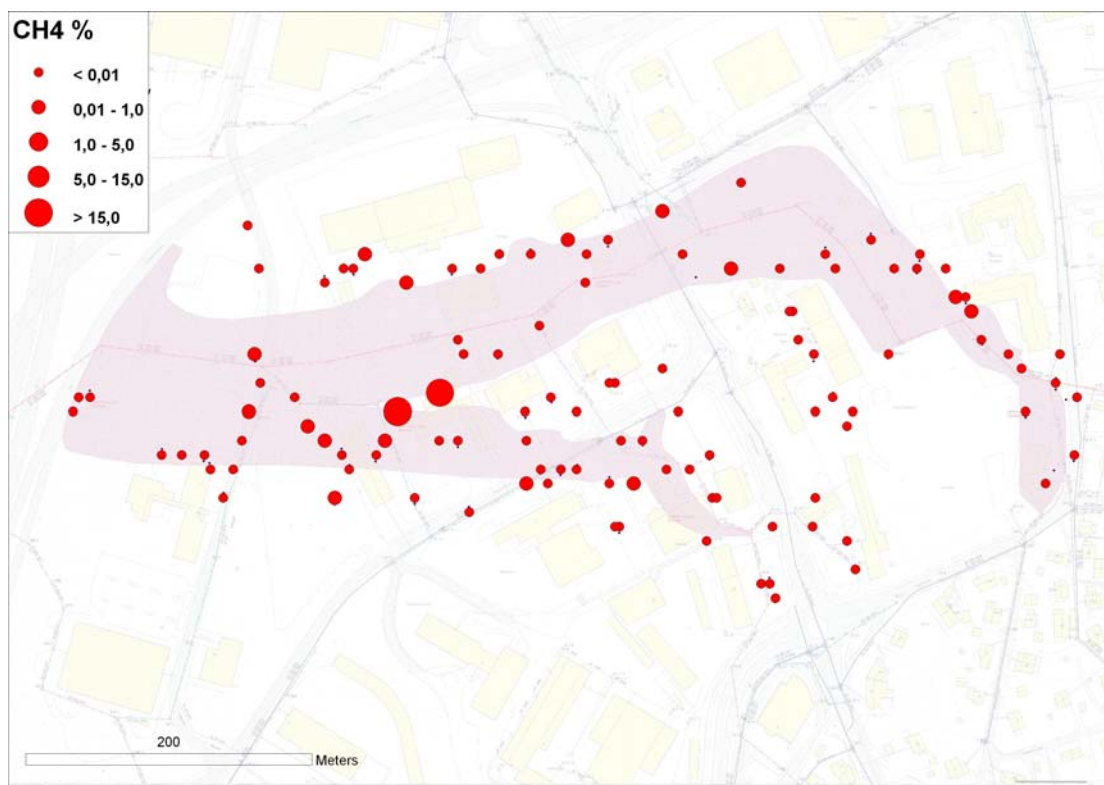
Figur 17 Metaninnhold målt kummer den 27.09.2006



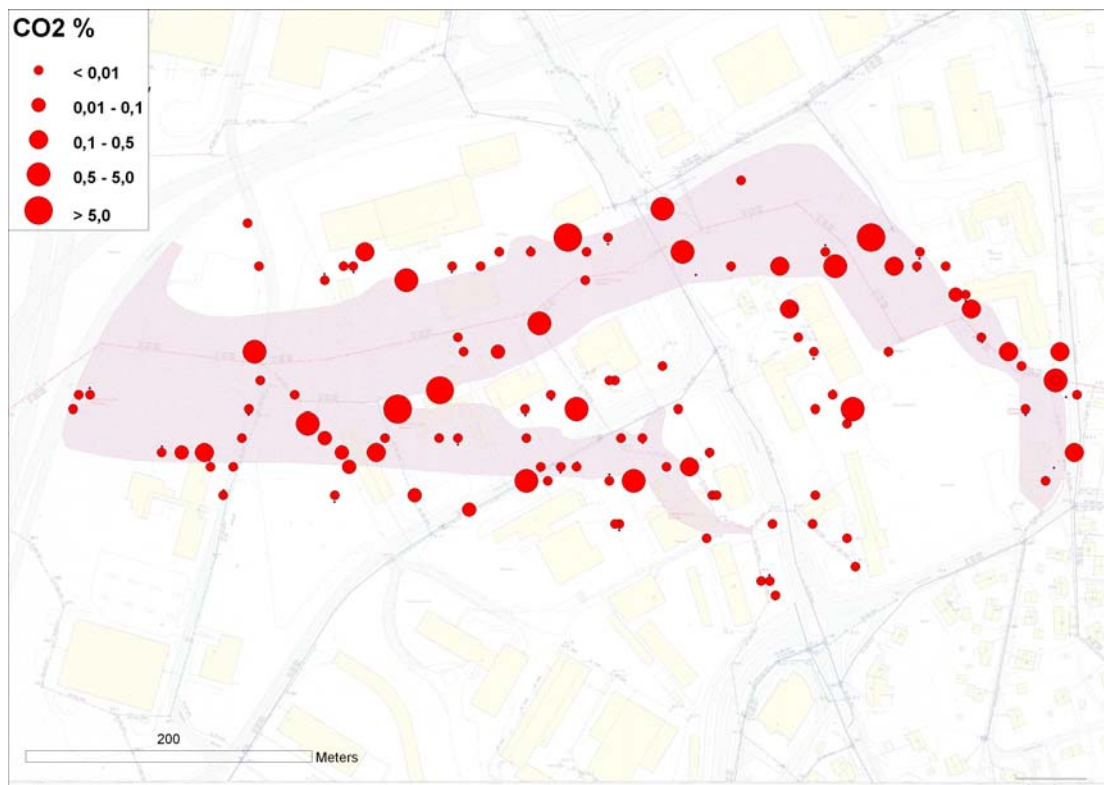
Figur 18 Metaninnhold målt i kummer den 28.09.2006



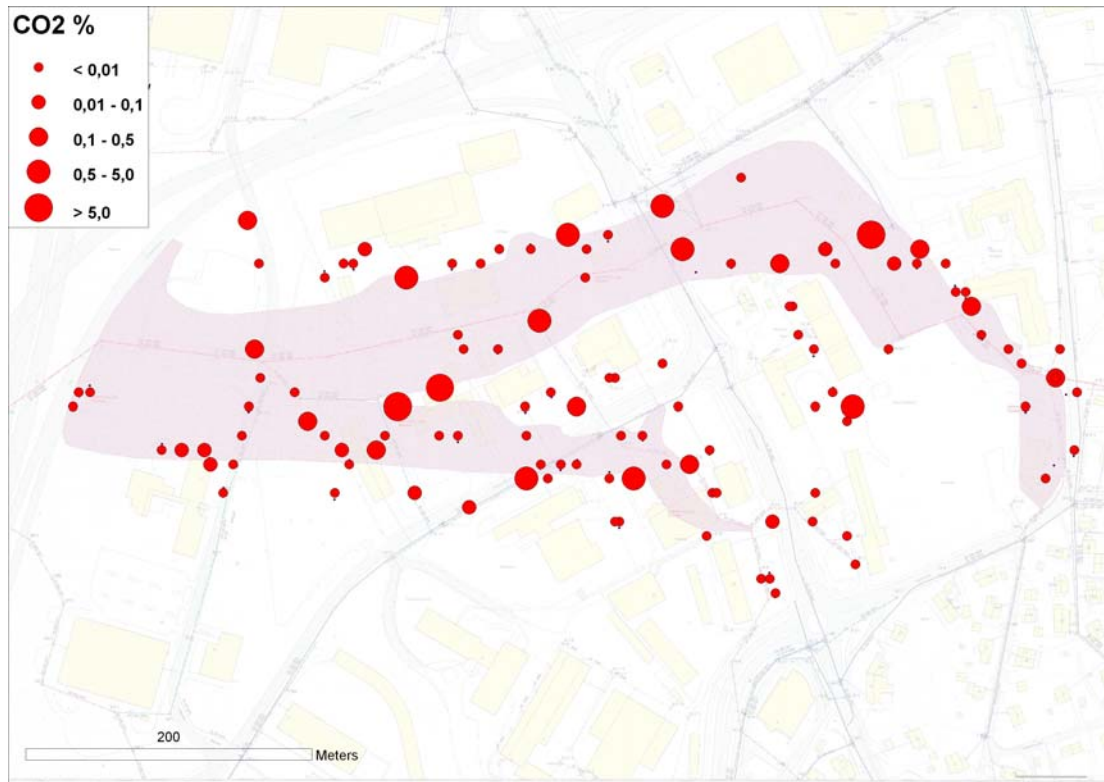
Figur 19 Metaninnhold målt i kummer den 29.09.2006



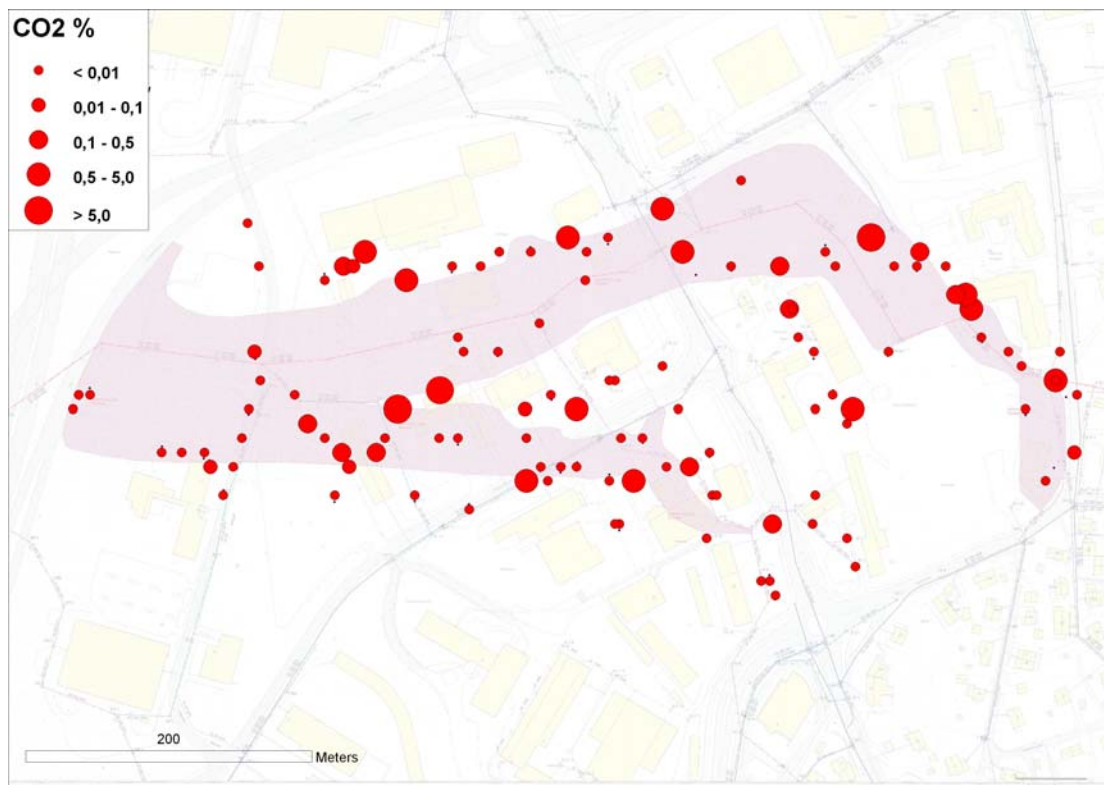
Figur 20 Metaninnhold målt i kummer den 03.10.2006



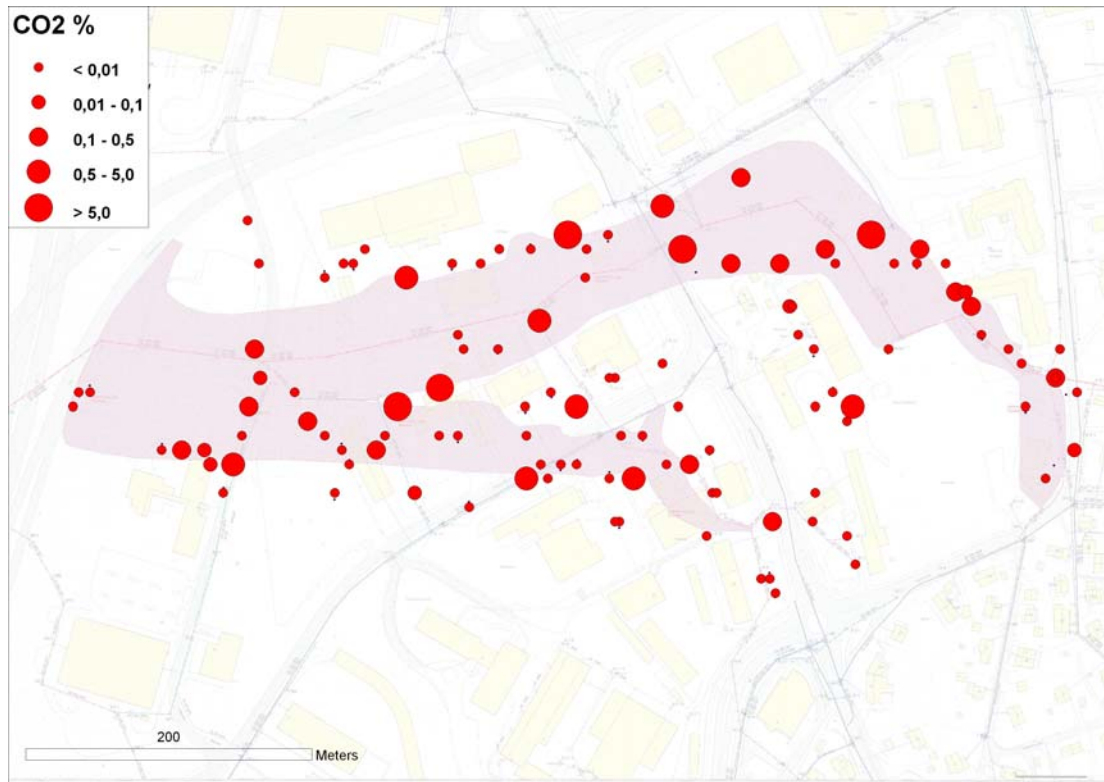
Figur 21 Innhold av karbondioksid målt i kummer den 25.09.2006



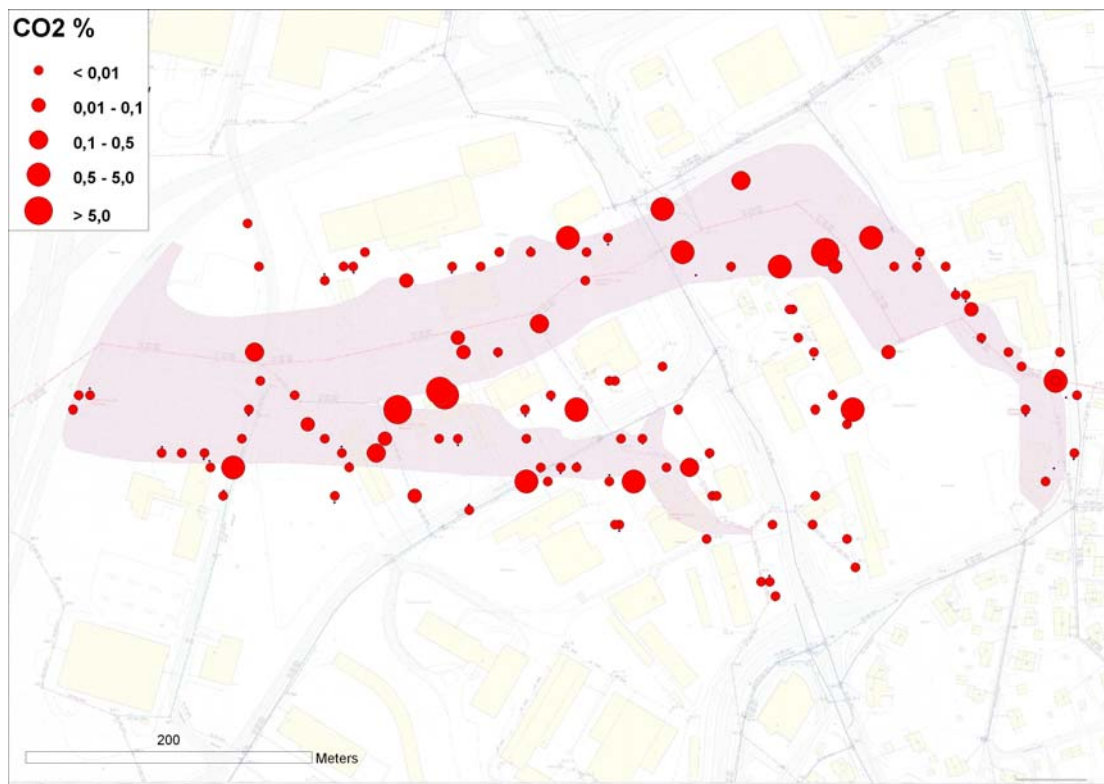
Figur 22 Innhold av karbondioksid målt i kummer den 26.09.2006



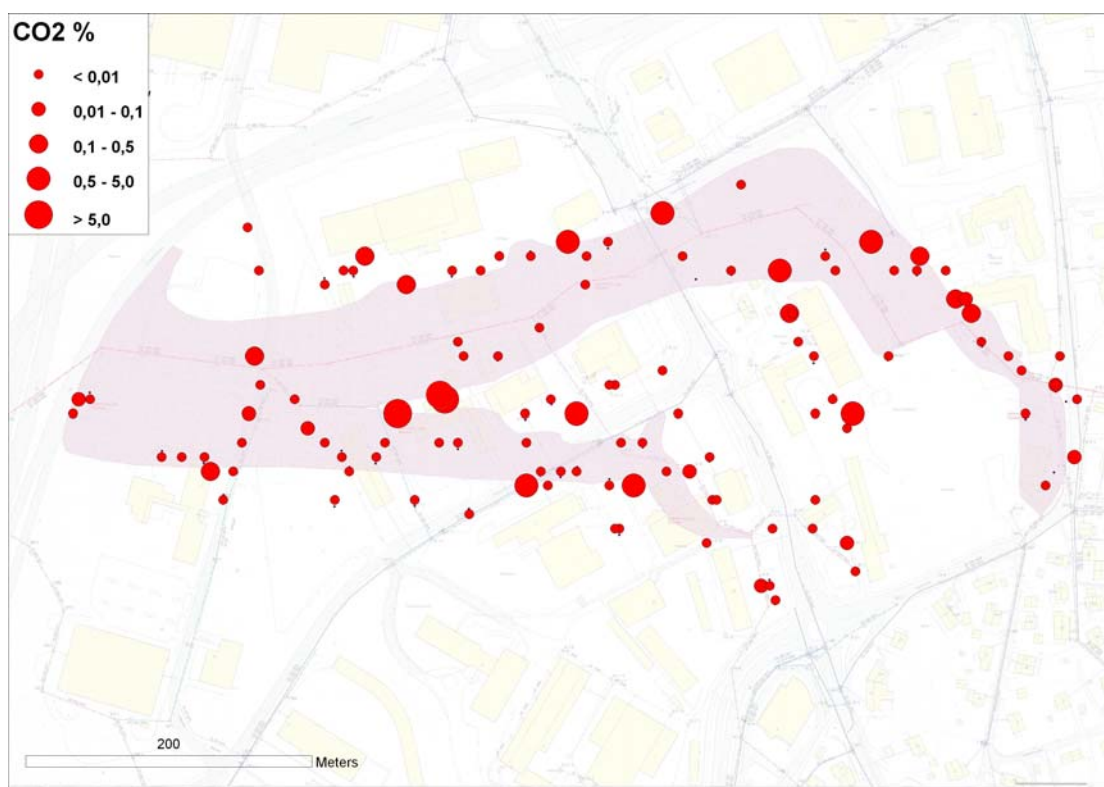
Figur 23 Innhold av karbondioksid målt i kummer den 27.09.2006



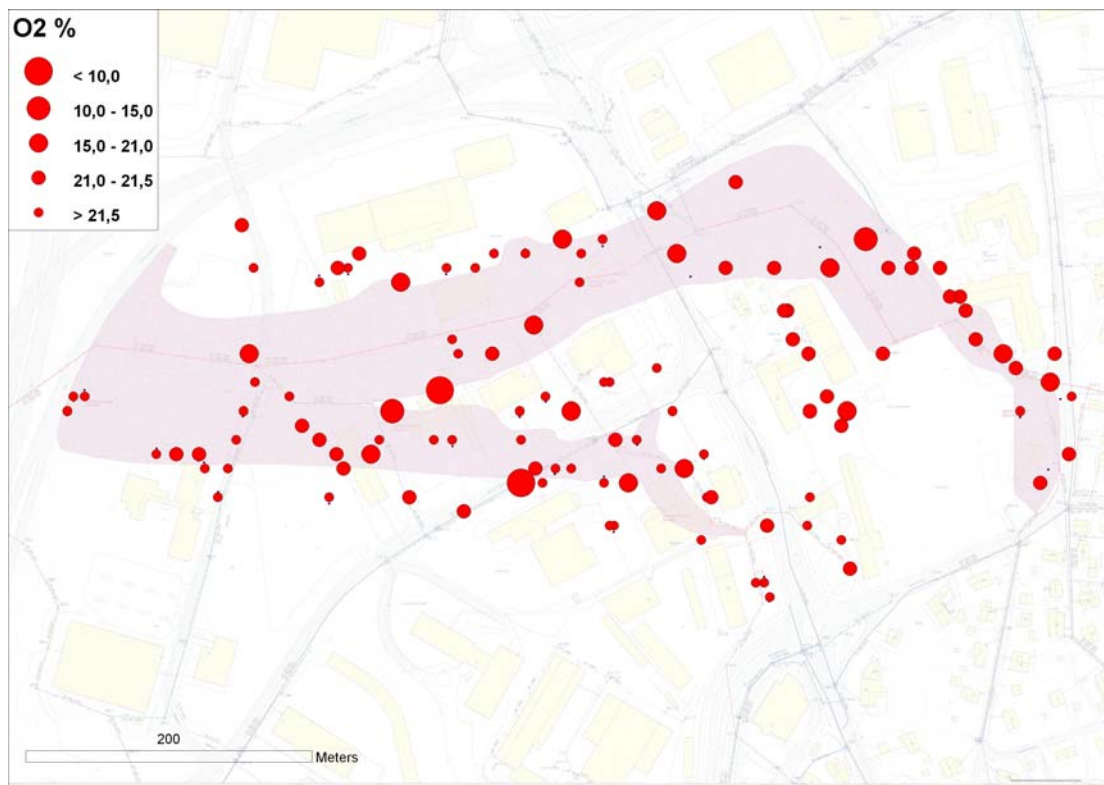
Figur 24 Innhold av karbondioksid målt i kummer den 28.09.2006



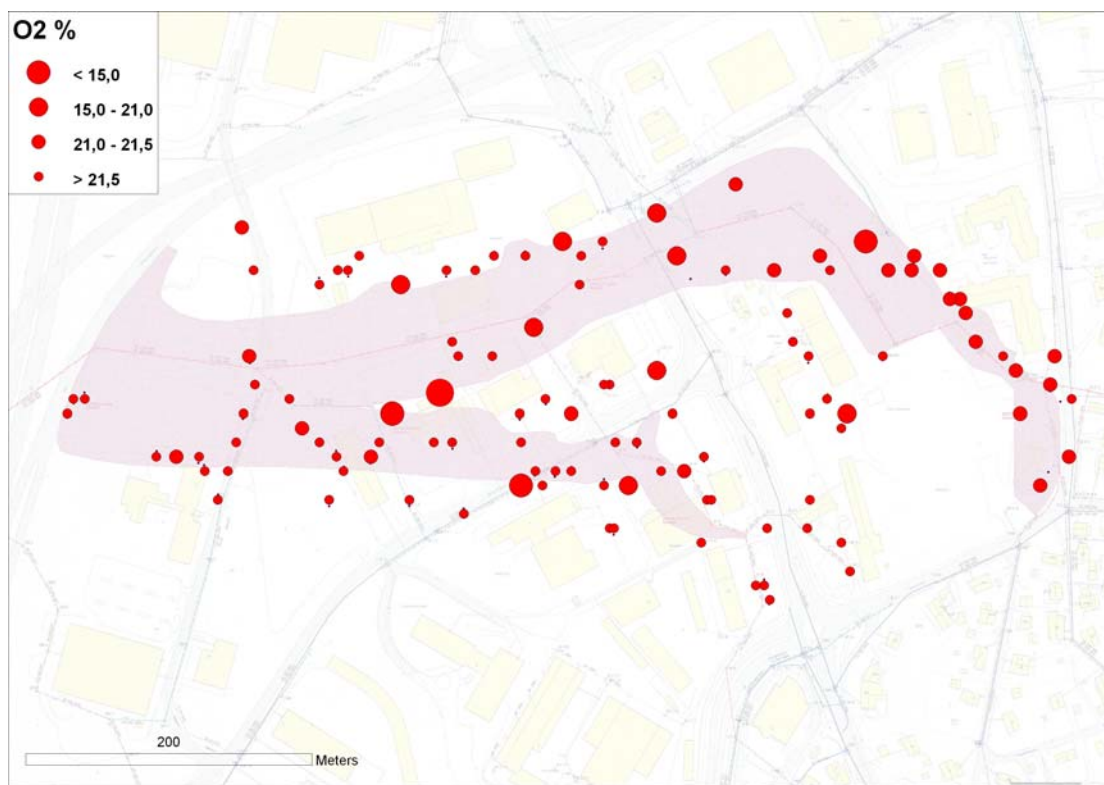
Figur 25 Innhold av karbondioksid målt i kummer den 29.09.2006



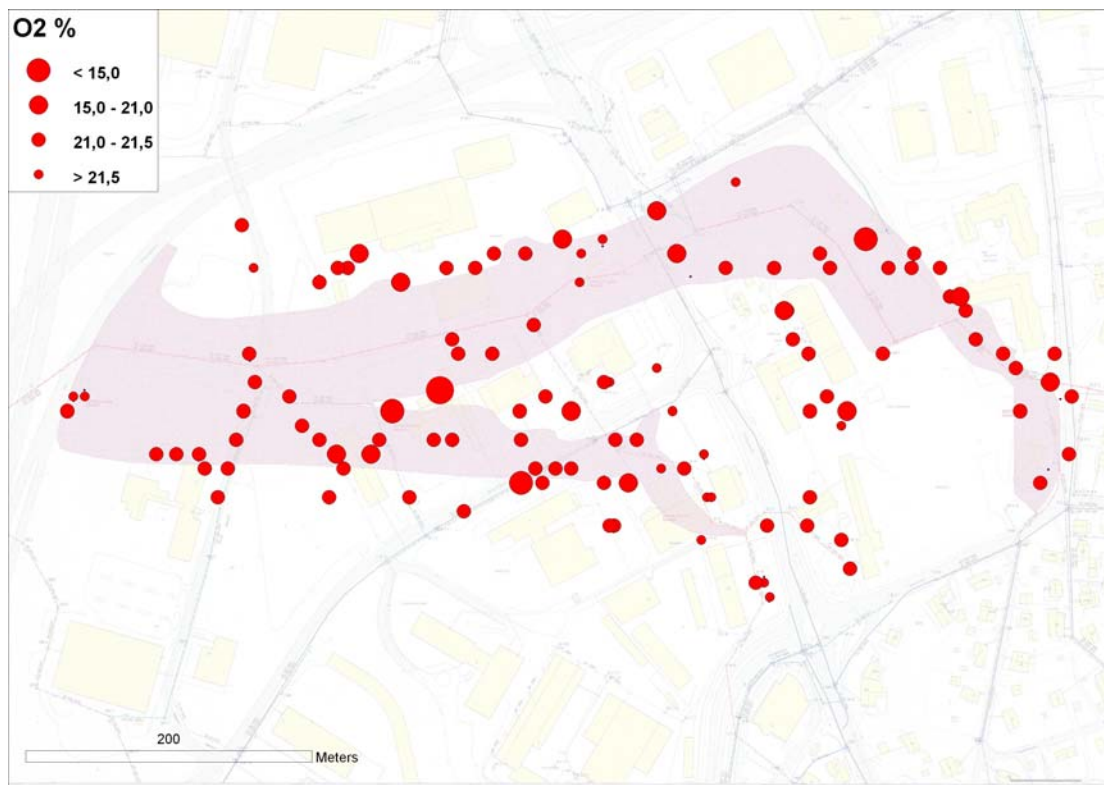
Figur 26 Innhold av karbondioksid målt i kummer den 03.10.2006



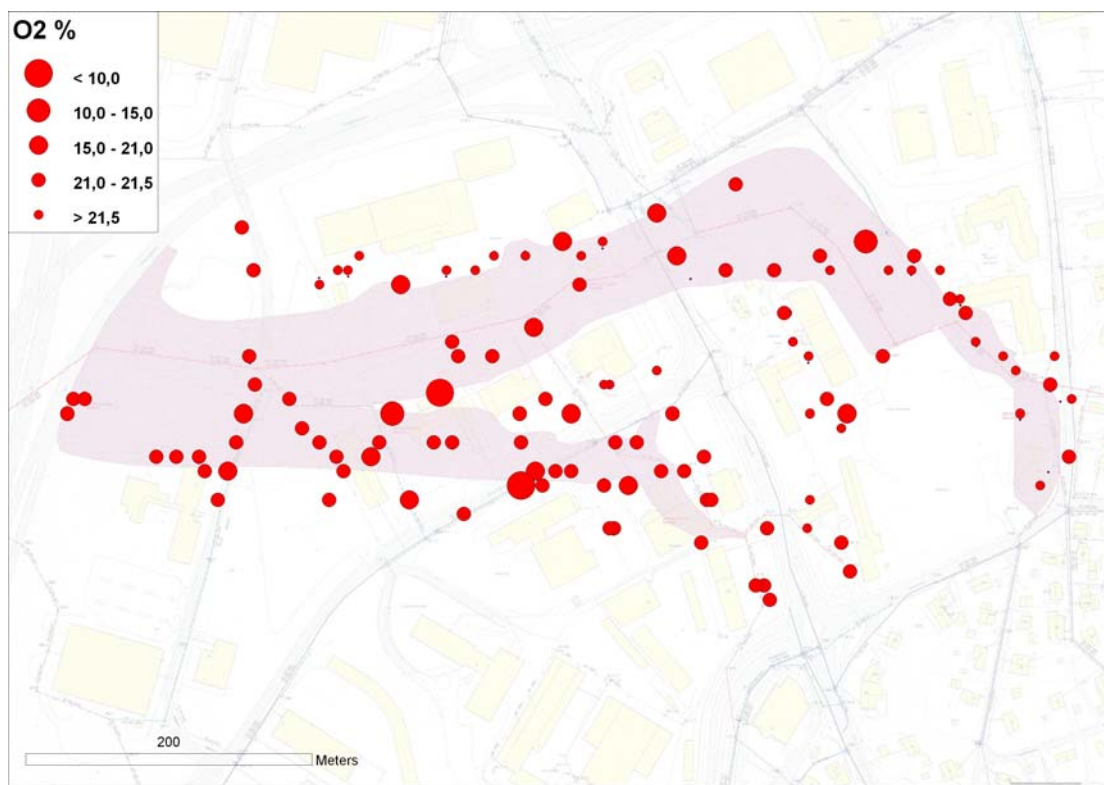
Figur 27 Oksygeninnhold målt i kummer den 25.09.2006



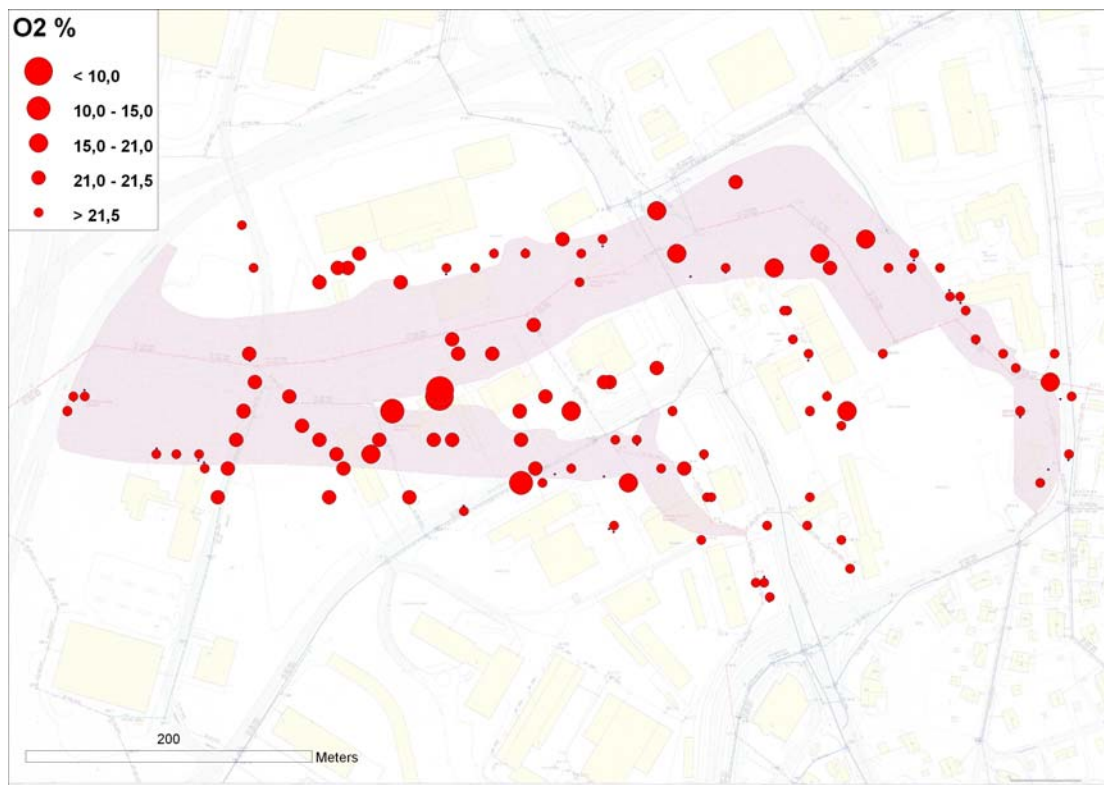
Figur 28 Oksygeninnhold målt i kummer den 26.09.2006



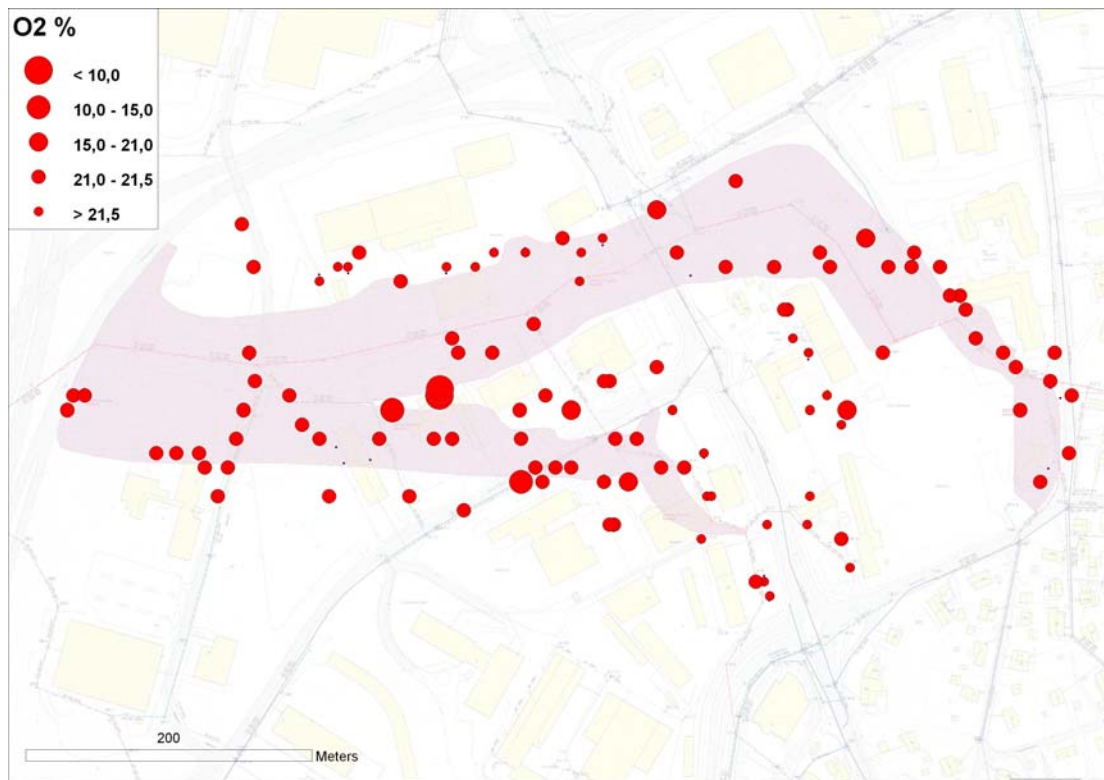
Figur 29 Oksygeninnhold målt i kummer den 27.09.2006



Figur 30 Oksygeninnhold målt i kummer den 28.09.2006

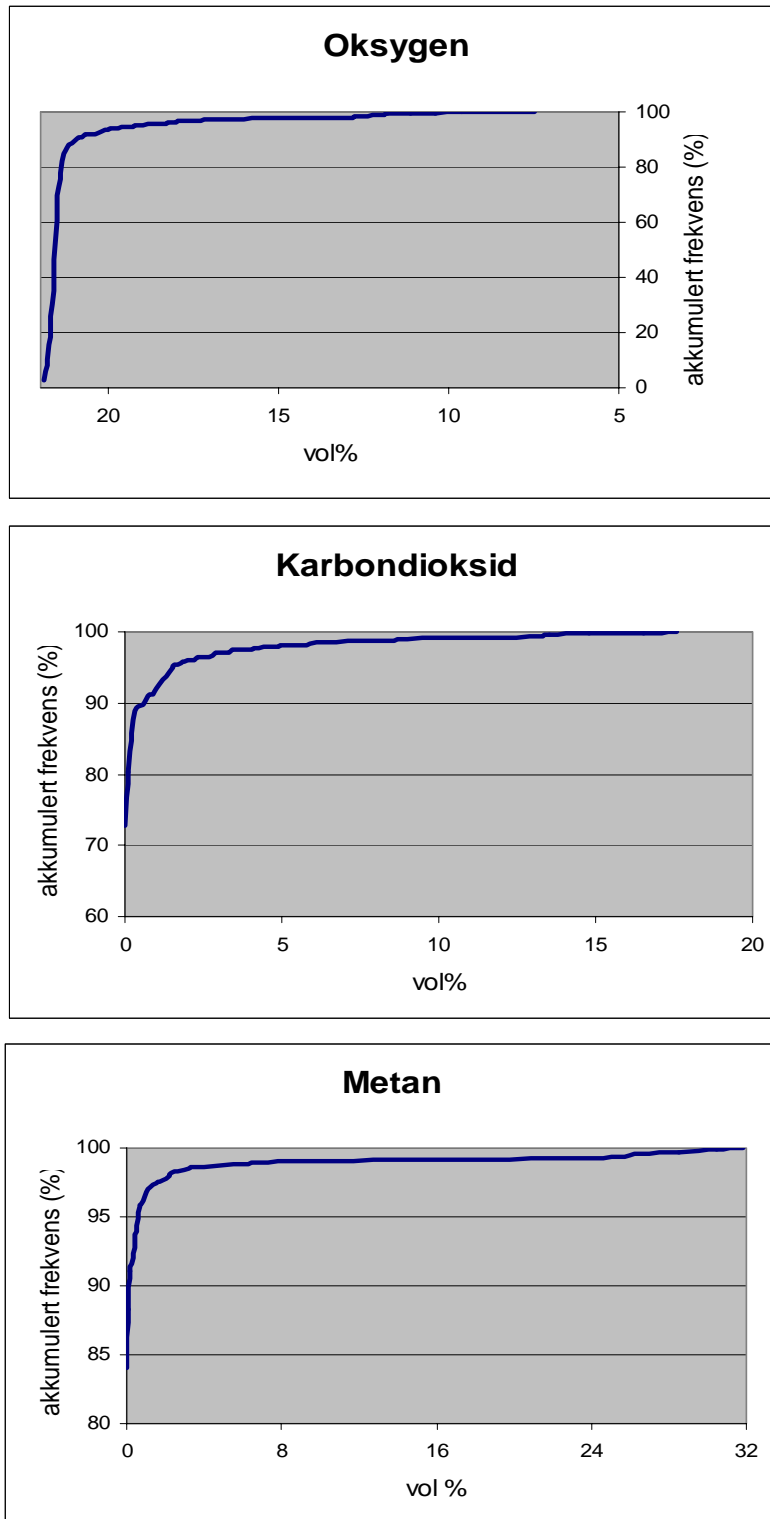


Figur 31 Oksygeninnhold målt i kummer den 29.09.2006

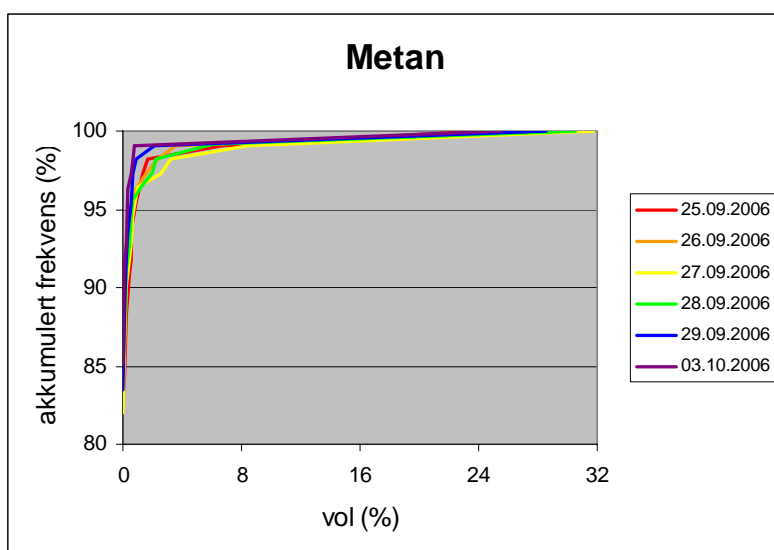
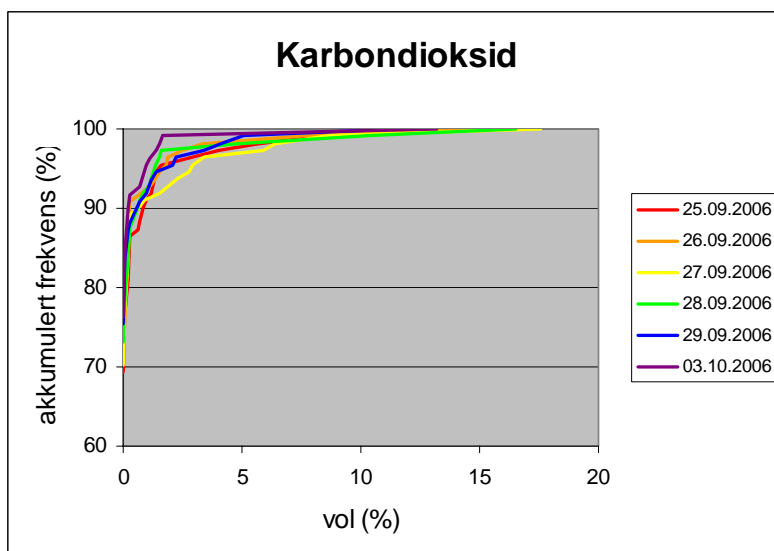
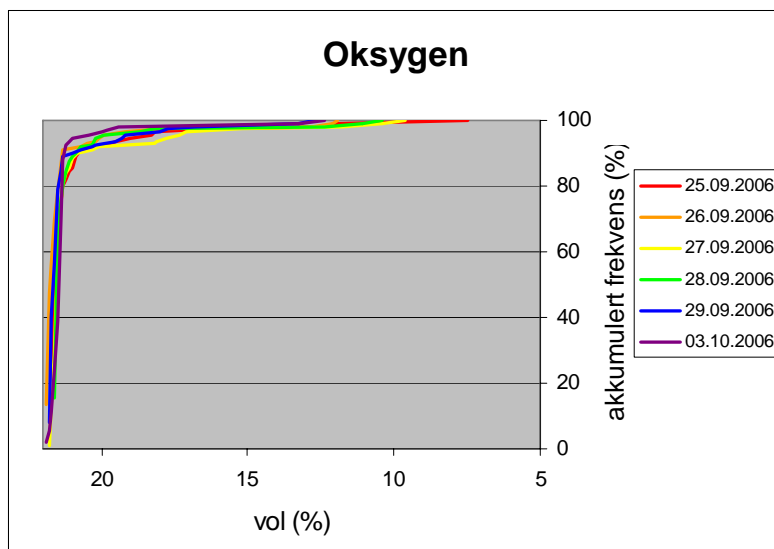


Figur 32 Oksygeninnhold målt i kummer den 03.10.2006

Figur 33 Kumulativ frekvensfordeling for alle målte konsentrasjoner av oksygen (vol %), karbondioksid (vol %) og metan (vol %).

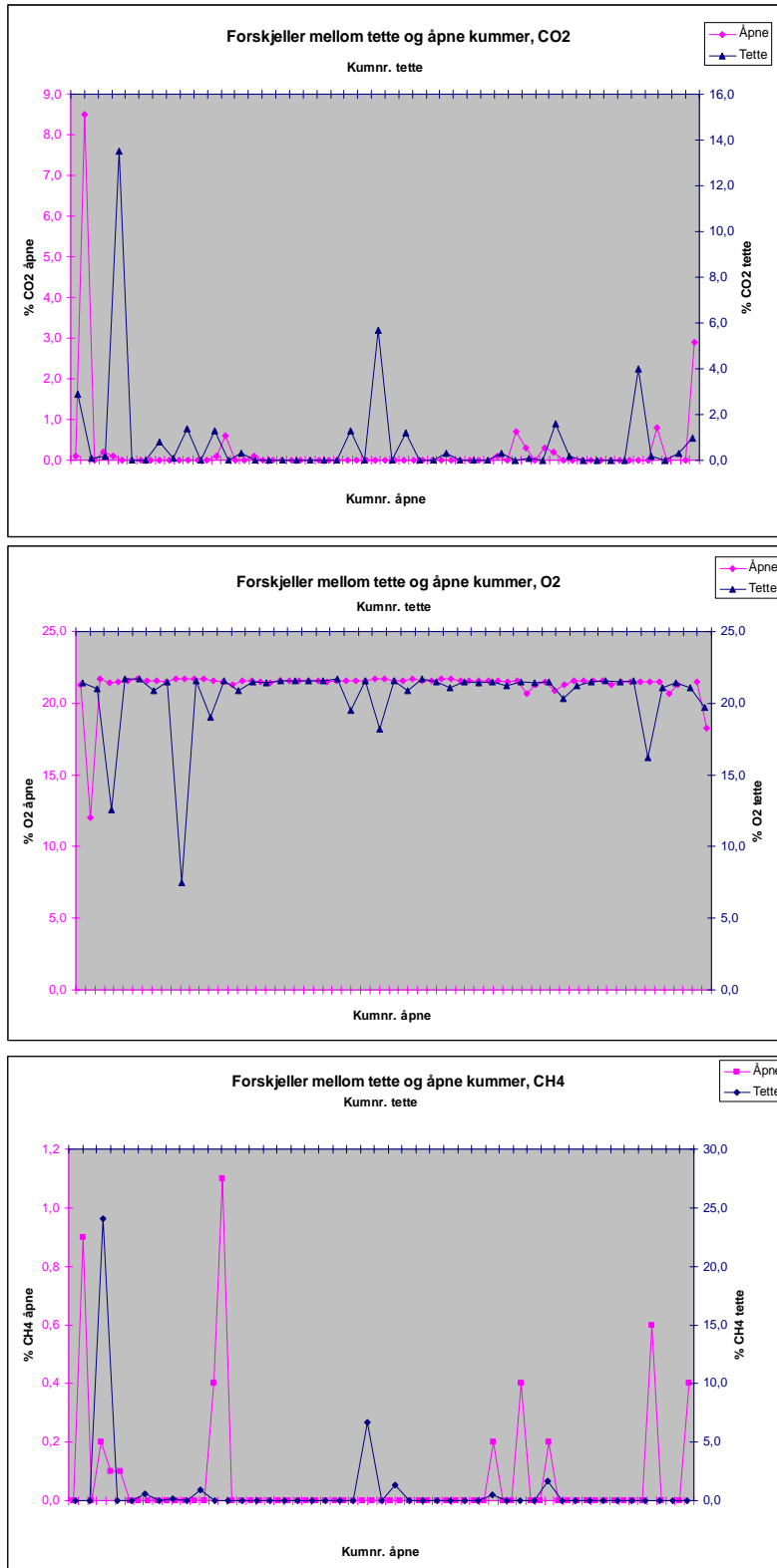


Figur 33 Kumulative frekvensfordelingen for målte konsentrasjoner av hver gass fordelt utover dagene da målingene ble utført.



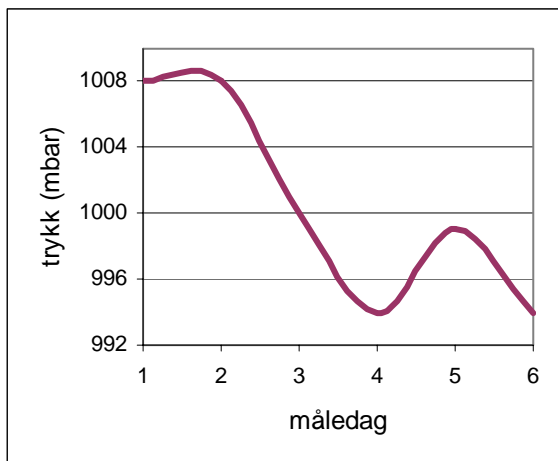
Figur 34 viser forskjellen mellom målingene av tette og åpne kummer framlagt i den forstand at de rosa aksene samt rosa dataserie gjelder for åpne kummer, mens de blå aksene og blå dataserie gjelder for tette kummer.

Figur 34 Forskjeller i gasskonsentrasjon mellom åpne og tette kummer

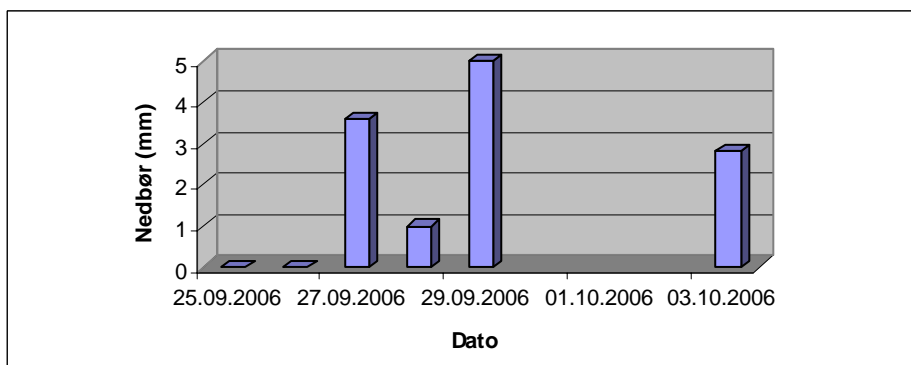


Meteorologiske forhold

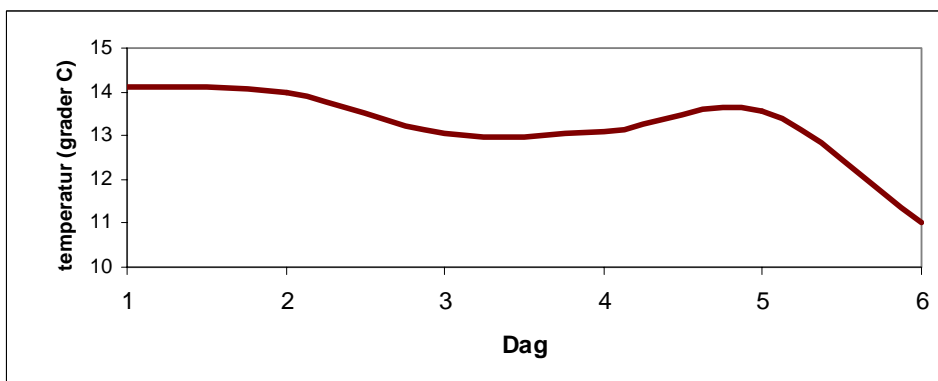
Figur 35 viser atmosfærisk trykk (mbar) i de dagene det ble utført gassmålinger. Målingene ble utført i en periode med noe varierende trykk, mellom 993 og 1009 mbar. Nedbørsmengde og temperaturforhold i måleperioden er dokumentert i figurene 36 og 37. Temperaturen varierte mellom 11 og 14 grader C. Det kom opptil 5 mm nedbør pr dag i måleperioden.



Figur 35: Grafen viser trykk (mbar) i måleperioden.



Figur 36: Nedbør i Trondheim de dagene det ble utført målinger.



Figur 37: Temperaturen i Trondheim de dagene de ble utført målinger.

Diskusjon

Kvalitetssikring av data

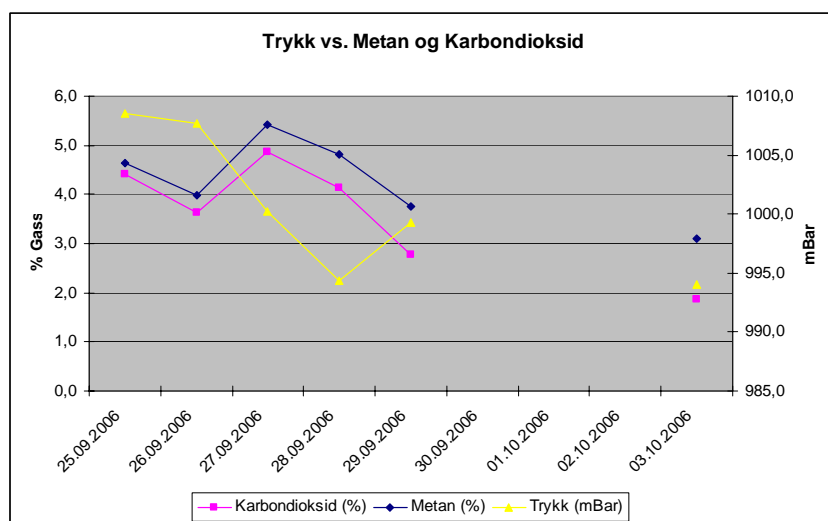
Figur 14 og 15 angir dobbeltmålinger for henholdsvis karbondioksid og metan, og viser at de fleste punktene ligger langs, eller på, regresjonslinjen. Dette betyr at konsentrasjonen i dobbeltmålingene i stor grad er de samme. For CO₂ i figur 14 er det kun et punkt som avviker fra regresjonslinjen, mens det for CH₄ i figur 15 er et punkt som skiller seg markant ut. For CH₄ ligger ikke punktene like markant på regresjonslinjen som for CO₂. Dette skyldes hovedsakelig et avvik på 0,1 vol% fra første måling, slik at avviket i realiteten er mindre. Dobbeltmålingene gir dermed ikke mistanke om feil i måleapparatene. Det kan også tenkes at metankonsentrasjonen i kummene, varierer mer enn konsentrasjonen av karbondioksid. Avvikene for de ulike gassene stammer fra 2 ulike kummer. Det ble gjort dobbeltmålinger i 20 kummer og det er tilstrekkelig til at en kan konkludere med at resultatene er reproducerbare.

Referansemålingene (vedlegg G) gir et godt grunnlag for å anta at metan påvist i kummene i Fredlydalen ikke stammer fra kloakk eller avrenningsvann. Det ble målt lave konsentrasjoner i noen kummer på Byåsen, men nedre del av Nilsbyen er et relativt nytt boligfelt bygget på drenert myr, noe som kan gi CO₂-gass i kummene. Konsentrasjonene er imidlertid målt til 0,1 - 0,3 vol% noe som er lavere enn arbeidstilsynets norm. Målingene fra Møllenberg viser ingen CO₂ i kloakken, og dermed er det lite trolig at CO₂-konsentrasjonen i Fredlydalen stammer fra kloakk. Dermed er det sannsynlig at målt mengde karbondioksid og metan stammer fra deponigasser fra den gamle fyllingen. Konsentrasjonen for oksygen er forholdsvis stabil. Målinger av oksygen som er under 21,5 vol% i Fredlydalen, skyldes trolig andre, ikke målte gasser, gasser fra fyllingen som fortrenger oksygen i kummene.

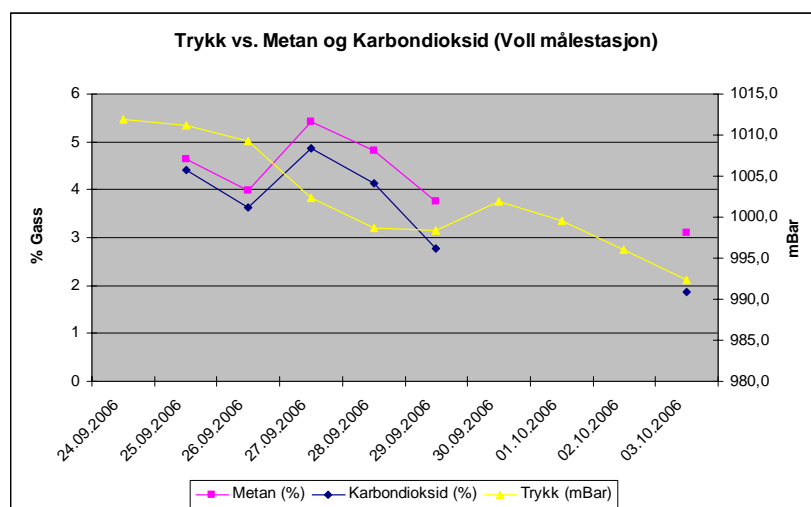
Deponigass i Fredlydalen

Det ble totalt gjort 646 målinger i denne undersøkelsen fordelt ut over en måleperiode på seks dager. Alle gangene ble det gjort målinger av metan, oksygen og karbondioksid, samt trykk. Datagrunnlaget for denne undersøkelsen er betydelig større enn det som for eksempel ble utført ved Ladefyllinga høsten 2005. I Ladefyllinga ble det med tilsvarende utstyr målt deponigass i 169 kummer, men det ble kun gjort målinger en gang per punkt (Kvennås, 2005). Størrelsen av datagrunnlaget er dermed god i denne undersøkelsen. Imidlertid måtte undersøkelsen, på grunn av tidspress, utføres i uke 39 og 40. Det var ikke mulig å vente på optimale meteorologiske betingelser. Flere meteorologiske faktorer påvirke gassmigrasjonen ut fra deponiet. Det ble ikke observert noen klare trender som samsvarer med teorien, da værforholdene i perioden ikke endret seg drastisk. Værforholdene gav heller ikke "worst case scenario" noen av dagene. Det er en fare for at det i denne undersøkelsen har kartlagt "normalmålinger" og at situasjonen kan være mye mer alvorlig enkelte dager under "optimale" meteorologiske forhold for migrasjon av deponigass.

Trykket synker jevnt over hele måleperioden bortsett fra mellom 28. og 29. september. Andel metan og karbondioksid stiger en gang i løpet av perioden fra 26. september til 27. september, ellers er også gassverdiene synkende Figur 38.



Figur 38: Trykk målt i felt sammenlignet med målinger av metan og karbondioksid



Figur 39 Trykk målt ved Voll værstasjon indikerer at trykket er synkende

Målingene fra Voll værstasjon viser et fallende trykk for hele måleperioden (Figur 39).

Under gassmålingene i kummer på Ladefyllingen var det atmosfærisk trykk som spilte mest inn for migrasjon av gass ut av fyllingen (Marianne Kvennås, 2005). Forfatteren henviser til Teknologiprogrammet jord og grunnvannsforurensning, Miljøprosjekt N648 2001, hvor det står at migrasjon av gass ut av en fylling vil være størst i en periode med lavtrykk. Migrasjonen vil være spesielt stor når trykkfallet varer mer enn to døgn og er større enn 15 mBar.

Figur 25 viser at trykket var synkende over minst tre døgn i begynnelsen av måleperioden. I følge teorien skal da mer karbondioksid og metan migrere fra deponiet. Resultatene stemmer ikke utelukkende med teorien, da gassmigrasjonen synker fra 25. til 26. september og fra 27. til 28. september, selv om trykket er fallende. Fra 26. september til 27. september ser det derimot ut som om gassmigrasjonen stiger kraftig sammenfallende med et trykkfall. Over de tre døgnene med synkende lavtrykk, synker trykket med 14,2 mBar. Dette burde være svært gunstige forhold for gassmigrasjon i følge resultatene fra Miljøprosjekt N648 2001 (Nilausen et al., 2006).

Siden målingen som ble tatt 3. oktober ikke ble utført i tidsmessig sammenheng med de andre dataene, er det vanskelig å si noe om utviklingen av trykk og gassmigrasjon for denne. Det som kan bemerkes er at både trykk og gassmigrasjon har gått ned fra nest siste måling. Figur 39 viser at trykket synker svakt fra 24. september til 26. september. Migrasjon av gass er samtidig synkende. Fra 26. september til 27. september synker derimot trykket sterkere, samtidig som migrasjon av gass stiger kraftig. Det at migrasjonen stiger kraftig når trykkfallet er brattest støtter teorien om økt migrasjon ved trykkfall. Fra 27. september til 29. september synker trykket ytterligere. I samme periode synker gassmigrasjonen kraftig. Dette tyder på at det er andre faktorer enn atmosfærisk trykk som spiller kraftig inn. Trykket fortsetter å synke mot siste måledag 3. oktober, men det er fortsatt ingen økning i migrasjon av metan og karbondioksid. Ved vurdering av alle meteorologiske data og gasskonsentrasjon, virker det som om trykk og nedbør er de faktorene har størst betydning for mengden deponigass i kummene.

Den kumulative frekvensfordelingen for alle målinger av oksygen (Figur 33) viser at 90 % av målingene hadde en oksygenkonsentrasjon på mer enn 21 vol%, noe som tilsvarer det normale. I 3 % av målingene ble det funnet oksygenkonsentrasjoner lavere enn 17 vol%, noe som kan medføre fysisk ubehag. Den kumulative frekvensfordelingen for alle målinger av karbondioksid (figur 33) viser at 72 % av målingene hadde en CO₂ - konsentrasjon på 0 vol%, og at 10 % av målingene hadde CO₂ - konsentrasjoner over arbeidsdirektoratets norm (0,5 vol%). I 84 % av målingene var metankonsentrasjonen 0 vol% (Figur 19), og 91 % av målingene hadde en metankonsentrasjon mindre enn 0,2 vol%. Omtrent 1,3 % av alle målingene hadde en metankonsentrasjon på mer enn 5 vol% og under 1 % av alle målingene hadde en metankonsentrasjon på over 15 vol%. Den prosentvise andelen av målinger innen eksplosjonsintervallet for metan var omtrent 0,5 %.

De høyeste metanvediene og de laveste oksygennivåene er påvist i utkanten av de eldste delene av fyllinga, mens høyt innhold av karbondioksid i deponigassene er spredt ut over hele fyllingen (Figurene 11, og 16-32).

Sammenlikning at resultatet fra gassmålingene i kummene utenfor NAF, Falch og Statens Vegvesen (henholdsvis kum nr. 58, 56 og 25) med omrisset av fyllingens antatte grenser (Figur 7), tyder på at gasskonsentrasjonen er størst i de eldre deler av fyllingen og i kanten av

fyllingens antatte område. Samtidig er setninger mest tydelige i det en antar er de dypeste delene av fyllingen - mellom Velo og Scania og på parkeringsplassen utenfor Siemens. Setninger og høye gasskonsentrasjoner i ytterkanten kan skyldes at gassen migrerer horisontalt mot kantene og presses opp der de møter mindre permeable jordlag. Det er sannsynlig at massene i selve fyllingen er mer permeable enn de omkringliggende jordlagene og derfor vil gassen migrere opp der den møter større motstand enn i selve fyllingen.

Kummene i bakgården til Falch hadde høyest konsentrasjon av metan og karbondioksid. Årsaken kan være at gass trenger opp fra flere kanter, da dette området ser ut til å ligge på en forhøyning mellom de to ravinedalene (Figur 7 og 8). Funn av karbondioksid på skolegården til Nidarvoll skole (kum 99) kan bety at fyllingen er større enn først antatt eller at forholdene ligger spesielt godt til rette for gassmigrasjon i dette området.

Metan og karbondioksid ble hovedsakelig funnet i lukkede kummer. På fotballbanen og området utenfor Nidarvoll skole ble det derimot målt innhold av metan og karbondioksid i åpne kummer (nr. 108, 110, 111 og 113). Dette til tross for tilførsel av atmosfærisk oksygen. Det er derfor stor sannsynlighet at konsentrasjonen av deponigass er større enn målt i disse områdene. Resultatene viser også her tendensen til gassmigrasjon ut mot kanten av det antatte området for fyllingen.

Ut i fra deponiets alder kan en anta at deler av fyllingen er inne i den stabile metandannende fasen (fase IV). Dette medfører at det fortsatt blir produsert store mengder metan og karbondioksid. Avfallet i fyllingen er mellom 36 og 53 år gammelt og en kan derfor anta at det skjer metandannende reaksjoner i hele fyllingen, dersom forutsetningene for dannelse av deponigass er tilstede.

Mange av målepunktene hvor det ble påvist høye konsentrasjoner av metan og karbondioksid og lave verdier av oksygen lå like ved bygninger som til daglig benyttes til blant annet kontorer og verksteder (Tabell 6). Det bør gjennomføres en bygningsteknisk vurdering av disse byggene med henblikk på mulighet for gassinntrenging.

Tabell 6 Bygg i nærheten av kummer med anormale verdier av deponigass..

<i>Kum nummer</i>	<i>Bygg i nærheten</i>	<i>Bruksområde bygget</i>
16	Sluppenveien 5 (Visma Collectors, STH Engineering AS, G4S, Holden Regnskap, Revisjonskompaniet Midt-Norge AS, Alfsen og Gunderson AS distriktskontor Trondheim)	Kontorbygg
17		
22		
25	Statens vegvesen	Kontorbygg
33	Expert og Fokus Bank	Butikk/Kontorbygg
56	Falch Redning	Kontorbygg/verksted/ hundegård
56b		

58	NAF	Kontorbygg/verksted
68	Scania	Kontorbygg
74	Nidarvoll skole	Skole
86	Klæbuveien 212	Bolig
99	Nidarvoll skole	Skole
108		
108b		
109	Nidarvoll skole, Statoil og Shell (Fotballbane)	Skoleaktiviteter/ fritidsaktiviteter
111		
112		

Ved Sluppenveien 5 ble det utført målinger i nedløpsrørene fra takrennene (merket 16, 17 og 22 i figur 11). Det ble i alle disse målepunktene påvist små mengder metan og karbondioksid. Bygget bør kontrolleres for riss og sprekker.

Ved kum nummer 25 (Figur 11) ble det målt lave konsentrasjoner av metan, karbondioksid og oksygen. Dermed må det være andre gasser tilstede i denne kummen, men disse gassene ble ikke detektert med instrumentet som ble benyttet. Noen dager i måleperioden luktet det vondt ved denne kummen, noe som sammen med måleresultatene indikerer tilstedeværelsen av andre gasser i denne kummen (Figur 39). Hvilke gasser dette kan være er vanskelig å si noe om, men mistanken om sulfidgasser, nitrogen, VOC eller andre gasser som kan være svært helseskadelige er så stor at denne kummen må undersøkes med annet apparatur for å bestemme hvilke gasser som faktisk er tilstede. Ikke så langt unna kum nummer 25 ligger Statens vegvesen sine lokaler. Målinger i åpne kummer i samme område viste ingen unormale verdier.



Figur 39: Kum nummer 25 ved Statens vegvesen (Foto: Privat)

Alle målingene ved kum nummer 33 viste metan og karbondioksid. Målingene av karbondioksid lå mellom 1 til 2,3 vol %, mens metan innholdet varierte mellom 0,8 og 2,6 vol %. Kum nummer 33 ligger like foran lokalene til Expert og Fokus bank (Figur 40). Dersom det er sprekker eller andre åpninger i fundamentet til dette bygget vil gassen kunne migrere inn. Det er en kjeller i dette bygget, men bruksområdet til denne kjelleren vites ikke. Muligheten for at konsentrasjon av karbondioksid er høyere enn Arbeidstilsynets norm inne i bygget er til stede dersom bygget fundament ikke er helt inntakt.



Figur 40: Måling ved kum nummer 33 ved Expert og Fokus Bank (Foto: Privat)



Figur 41: Kum 56 og 56B i bakgården til Falck redningstjeneste (Foto: Privat)

I bakgården til Falch Redning ble det gjort målinger i to kummer, kum nummer 56 og 56b (Figur 41). I kum nummer 56 ble det målt mellom 24,1 % og 31,8 % metan alle de seks gangene det ble målt. Oksygenivået lå mellom 10,4 % til 13,3 %, mens karbondioksid lå mellom 11,6 % og 17,6 %. I kum nummer 56b ble det gjort målinger to dager. Begge dagene ble det målt mer metan i denne kummen enn apparatet klarte å detektere. Mengden oksygen ble målt til 0,5 % og 2,3 %, mens mengden karbondioksid lå mellom 28,1 % og 31,8 %. Ingen av målingene gjort i disse kummene ligger i det eksplosive området, da det er alt for mye metan og for lite oksygen, til stede nede i kummen. Spørsmålet er hva som skjer ved kummens overflate, eller umiddelbart ovenfor kummen når metan blandes med luft. Da kan man fort risikere at metan bli såpass ”utvannet” av oksygen at den kommer inn i det eksplosive området. Det samme kan man risikere dersom kummen, som er tett, åpnes.

Ved kum nummer 58 ligger Norges Automobil Forbund, NAF, avdeling Sør-Trøndelag sine lokaler (Figur 42), og i disse lokalene er det både kontorer og verksted. Målingene gjort den 25. september, 27. september og den 28. september alle innenfor metans eksplosive område, da metanforekomsten mellom 5 % og 15 %, samt at oksygenivået er klart høyere enn 13 %. Konsentrasjon av karbondioksid var også høye de fire første dagene det ble gjort undersøkelser. Bygget må kontrolleres for eventuell gassinntregning.



Figur 42: Kum nummer 58 ved NAF. (Foto: Privat)

Det ble gjort en del målinger rundt Nidarvoll skole, blant annet i skolegården. De fleste målingene gjort i dette området viste ingen tegn til metan eller karbondioksid, men det ble i noen få kummer målt karbondioksid. Alle målepunktene rundt Nidarvoll skole ligger på utsiden av deponiet.

Midt på skolegården til Nidarvoll skole ligger kum nummer 99, som var en tett kum (Figur 43). I denne kummen ble det ikke målt metan, men mellom 1,3 % og 4,1 % karbondioksid. Det er svært usikkert hvor karbondioksiden kommer fra. En mulighet kan være at gassen migrerer fra deponiet og at dette rørsystemet er tilknyttet mot deponiet.



Figur 43: Kum nummer 99 ved Nidarvoll skole (Foto: Privat)

I skogen like bak skolen ble det målt ved kum nummer 108. Dette er en åpen kum innenfor deponiet. Her ble det målt opp til 5,1 % karbondioksid og 2,1 % metan. Dette er relative høye verdier i en åpen kum. Kummen burde ha gode muligheter for utskiftning av luft, og konsentrasjonen med metan og karbondioksid er derfor verdt å merke seg. Dette er også i et område like ved der skolens elever leker.

Ved skolens parkeringsplass ble det målt i kum nummer 74 (Figur 44). Denne åpne kummen er innenfor antatt utbredelse av deponiet.



Figur 44: Kum nummer 74 ved Nidarvoll skole. (Foto: Privat)

Nord for Nidarvoll skole ligger det en fotballbane over fyllingen (Figur 45). Det ble gjort fem målinger i kummer i området rundt fotballbanen. Alle de fem målepunktene befinner seg på deponiet, men alle ligger i ytterkanten av det som er deponiets antatte utstrekning. Av disse fem kummene ble det målt unormale verdier i kum nummer 109, 111 og 112.

Kum nummer 109 og 111 ligger opp mot Nidarvoll skole. I kum nummer 111 ble det målt opp til 5,9 % karbondioksid og 1 % metan. I kum nummer 109 ble ikke målt metan, men opp til 2,2 % karbondioksid, mens det i kum nummer 112 ble målt opp mot 2,8 % karbondioksid og kun 0,4 % metan.



Figur 45: Fotballbanen like ved Nidarvoll skole. På høyre side ligger Nidarvoll skole, mens det røde bygget rett frem er Nidarvoll sykehjem. (Foto: Privat)

Ved kum nummer 86 som ligger oppe ved Klæbuveien 212 ble det målt både karbondioksid og metan. På det meste ble det målt 1,7 % metan og 1,6 % karbondioksid. Denne kummen ligger like ved et nytt leilighetskompleks. I følge Multiconsult er det tatt høyde for et mulig gassproblem ved bygging av huset (Årbogen, 2003 a og b).

Det kan virke som mengden karbondioksid er høy i området fra Nidarvoll skole, mot Baard Iversens veg og mot Nidarvoll sykehjem. Metanverdiene i dette området er relativt lave. I dette området er det målt større mengder karbondioksid flere steder, men ikke mye metan. Det er mulig at denne delen av deponiet befinner seg i en annen fase av nedbrytningen, nærmere fase II eller III i figur 1. Dersom dette stemmer, har ikke metandannelse i fase IV kommet i gang ennå.

Målinger utført over seks dager er ikke godt nok til å danne et helhetlig bilde av hvordan gasskonsentrasjonen og gassmigrasjonen varierer over tid og etter ulike faktorer. Det er like vel nok antall målinger til å fastslå at dannelse av deponigass fremdeles foregår i deponiet og at det skjer en gassmigrasjon i området. Konsentrasjonen av metan og karbondioksid kan tenkes å være høyere under andre forhold. Gjentatte målinger er viktig for å kartlegge det reelle problemet tilknyttet deponigass. Viktigheten av flere målinger kommer tydelig frem for målingene i kum 58, der resultater fra kun en måling ikke nødvendigvis ville vært nok til å påvise metan- og oksygenkonsentrasjoner innenfor eksplosjonsintervallet. Det er kun blitt

gjennomført målinger i et utvalg av alle kummer i og ved deponiområdet. For å få et helhetlig bilde av deponiet, bør det utføres målinger i de resterende kummene, og gjerne over lengre tid. I tillegg bør det gjøres grundigere undersøkelser av hvilke andre gasser som produseres i deponiet og i hvilket omfang. Flere kummer visste unormalt lavt innhold av oksygen, men ikke tilsvarende høye innhold av metan eller karbondioksid. En nærmere undersøkelse av type avfall som er deponert, vil kunne gi et bedre bilde av helse- og miljømessige farer.

Risikovurdering

Fareidentifisering

I forbindelse med deponigass er det identifisert tre ulike typer fare: eksplosjonsfare, kjemisk helsefare og fare for spredning av forurensning. Eksplosjonsfare: Metan er brennbart dersom metankonsentrasjonen er mellom 5 - 15 vol% og konsentrasjonen av oksygen samtidig er over 13 vol% (Kvennås, 2005). Kjemisk helsefare: Den største risikoen knyttet til kjemisk helsefare er lave oksygenkonsentrasjoner pga at metan og karbondioksid fortrenger oksygen, samt høye konsentrasjoner av karbondioksid. Dette kan medføre fare for liv og helse f eks ved arbeid i kummer. Helseeffekter ved ulike konsentrasjoner av oksygen og karbondioksid er gitt i tabell 7 og 8.

Tabell 7 Helseeffekter ved ulike konsentrasjoner av CO₂ (Kvennås, 2005).

Vol % CO ₂	Helseeffekter
0,5	Arbeidstilsynets grense for akseptabel konsentrasjon på arbeidsplass.
1	Bevisstløshet.
9	Laveste dødelige konsentrasjon ved 5 minutters eksponering.

Tabell 8 Helseeffekter ved ulike oksygenkonsentrasjoner (ATSDR, 2001).

Vol % O ₂	Helseeffekter
21	Normal oksygenkonsentrasjon.
17	Forringet nattsyn (ikke merkbart før normal oksygenkonsentrasjonen er gjenopprettet). Økt pustevolum og økt hjerteslagfrekvens.
14 - 16	Økt pustevolum og økt hjerteslagfrekvens. Meget dårlig muskelkoordinering. Rask utmattelse og tidvis opphold i respirasjon.
6 - 10	Kvalme, oppkast, dårlig ytelsesevne og bevisstløshet.
< 6	Krampeaktiv pust, krampetrekninger og død i løpet av minutter.

Fare for spredning av forurensning: Metangass fungerer som en transportgass for andre kjemiske forbindelser, som VOC og cyanid. Deponigass vil derfor bidra til spredning av helsefarkige stoffer. I Fredlydalen ble det deponert både husholdningsavfall og industriavfall, og omplassering av massene i forbindelse med gravearbeid, vil kunne føre til spredning av tungmetaller og industrikjemikalier.

Risikokarakterisering

De høye verdiene av metan og karbondioksid som er registrert på området, skyldes mest sannsynlig deponigass fra avfallet deponert i Fredlydalen. Deponigass kan føre til eksplosjonsfare, kjemisk helsefare og spredning av forurensning.

Eksplosjonsfare

I kum 58 utenfor NAF ble det registrert oksygen- og metankonsentrasjoner i et blandingsforhold som er eksplosivt. I flere andre kummer var konsentrasjonene i et slikt blandingsforhold at kun små endringer i gasskonsentrasjonene vil kunne føre til eksplosjonsfare. Slike endringer oppstår ved forandring i ytre faktorer, som f eks meteorologiske forhold og endringer i grunnvannspeilet. Da gassen migrerer via rørsystemer, vil en eventuell eksplosjon kunne spre seg til andre deler av området. Gassinntrening i bygg kan føre til eksplosjonsfare innendørs dersom forholdene ligger til rette.

Kjemisk helsefare

Den største risikoen knyttet til kjemisk helsefare er lave oksygenkonsentrasjoner pga at metan og karbondioksid fortrenger oksygen, samt høye konsentrasjoner av karbondioksid. Dette kan føre til fare for liv og helse, f eks ved arbeid i kummer. I flere av kummene var konsentrasjonene av metan og karbondioksid så høye og konsentrasjonene av oksygen så lave, at en ikke bør bevege seg ned i disse. I tillegg kommer risikoen knyttet til helseskadelige forbindelser som transporteres med deponigassen. Ved gassinntrengning i bygg øker risikoen for kjemisk helsefare innendørs, enten fordi oksygen fortrenses eller fordi deponigassen bærer med seg helseskadelige forbindelser. Fortrengning av oksygen vil være av størst helsemessig omfang i kjellere og andre lukkede rom der oksygen utenfra ikke kan slippe til.

Spredning av forurensning

Det er deponert industriavfall på området, men det er ikke kjent hva, hvor mye og hvor. Metan fungerer som transportgass for helseskadelig stoffer som VOC og cyanid, og deponigassen kan føre til spredning av slik forurensning og helsefarlige stoffer. I tillegg vil eventuell graving og omdisponering av masser kunne spre forurensingen til andre områder.

Konklusjon for undersøkelsene i Fredlydalen

Innholdet av metan, karbondioksid og oksygen ble målt i totalt 117 målepunkter (kummer, sluk og drenering ved bygg). Av disse ble 111 målt ved hver målerunde, totalt 6 ganger. 11,3 % av kummene hadde en gjennomsnittskonsentrasjon av CO₂ over arbeidstilsynets norm på 0,5 %. Det ble målt metan i 33 % av kummene i området. I 3 av kummene ble det målt oksygenkonsentrasjoner under 15 %. Konsentrasjonene av metan og karbondioksid var, i noen av kummene, så høye, og konsentrasjonene av oksygen så lave, at en ikke bør bevege seg ned i disse. Det er en fare for at gass kan trenge inn i nærliggende bygg dersom faktorer for gassmigrasjon – og inntrengning er tilstede. Det ble observert setninger på flere steder av området. Setningene var størst og mest synlige i de delene av fyllingen som etter kartet er de dypeste.

Resultatene tyder på at influensområdet for deponigassene kan være større enn først antatt; pga horisontal gassmigrasjon og/eller at det faktiske deponiområdet er større enn det som er antydnet på Trondheim kommunes kart over antatt utbredelse av den nedlagte avfallsfyllingen i Fredlydalen.

Basert på risikovurderingen kan man konkludere med at det både er eksplosjonsfare på området og kjemisk helsefare ved arbeid i flere kummer. Kjemisk helsefare øker i forbindelse med gassinntrengning i bygg. Det kan også konkluderes med at deponigass og tilhørende masser kan bidra til spredning av forurensning.

Anbefalinger for videre arbeid

- Måling av gass i alle kummer, sluk og drenering langs bygg.
- Tiltak for å begrense eksplosjonsfare og sørge for at allmennheten ikke har tilgang til kummer hvor det er målt høye gasskonsentrasjoner. Der det er hensiktsmessig kan kummer og sluk fylles med pukk, slik at tilgjengelig volum for gass blir mindre, eller en kan etablere svanehalser, slik at gassen kan luftes ut.
- Byggtekniske undersøkelser av samtlige bygninger på og like utenfor fyllingens antatte område.
- Innendørs gassmålinger i byggene til NAF, Falck, Statens Vegvesen og Nidarvoll skole, med tanke på arbeidstilsynets normverdier.
- Intervjue brukere av bygninger i området for å avdekke forekomst av subjektive helseplager som f eks hodepine og tretthet.
- Grundig kartlegging av andre gasser i tette kummer utenfor Statens Vegvesen.
- I forbindelse med en eventuell kommunedelplan for Tempe-Sluppen-Sorgenfri bør fremtidig arealbruk på områder som ligger ved kanten av eller på forhøyninger i forbindelse med nedlagte deponier, vurderes nøye. Det anbefales å regulere slike områder til LNF (landbruk, natur og fritid) fremfor boligformål.
- Det er muligens behov for strakstiltak ved NAF og Falck for å unngå eksplosjonsfare.

Det er i dag for lite kunnskap om risiko knyttet til arealbruk på nedlagte avfallsdeponier. Derfor er det viktig og ønskelig med større fokus på problemstillingen, både gjennom media og i faglige fora.

Referanser

- Andersen, CE, Andersen, L, Block, KS, Bote, TV, Kjeldsen, P og Nilausen, L: 2001: Metode for risikovurdering av gasproduserende lossesplasser. Miljøprosjekt nr. 648,2001.
- ATSDR, 2001. Landfill Gas Primer. An Overview for Environmental Health Professionals. Department of Health and Human Services, U.S.A.
- Beck, EC, 1979, The Love Canal Tragedy, EPA Journal,
- Berntsen, M, Mikkelsen, O, Nordahl-Olsen, T, Svarstad EM, 1997. Stubberud avfallsfylling 1947-1963. Deponeringshistorie og utbredelse. Rapport fra Etat for miljørettet helsevern og næringsmiddeltilsyn, Oslo Kommune.
- Carstens, S, 1993. Med fortida som fremtidsvisjon. Trondheims Renholdsverk 75 år. Trondheim: Skipnes Offsettrykkeri AS.
- Christensen, TB, 2006, Gamle synder forpester miljøet, Miljøjournalen 2006,
- Dahl, 1952. Kart fra Ingeniør Dahls Kartoppmaaling. I: Trondheim kommunes kartarkiv.
- Ecumenical Task Force of the Niagara Frontier E, 1998, Love Canal Collection - Background on the Love Canal, University Archives, University Libraries, State University of New York at Buffalo, Lastet ned: 17.11.2006,
http://ublib.buffalo.edu/libraries/projects/lovecanal/background_lovecanal.html
- Finborud, LI, 1983. Notat fra geoteknisk seksjon ved Plankontoret i Trondheim kommune.
- Gismervik, S, Berg, T, 2003, Klæbuveien 212 - Avklaring om forurenset grunn, helsevern Brev fra Miljøenheten Trondheim kommune,
- Hallaas ET, 2005. Rommen avfallsdeponi. NGI, Oslo
- Heie, A, 2006, Deponering. Forelesning I anvendt geokjemi 19.09.2006, Institutt for vann og miljøteknikk NTNU.
- Hille, I, Oslo kommune, Eiendoms- og byfornyelsesetaten, 2006.
- Holden, L, Trondheim Renholdsverk, personlig meddelelse, 2006.
- Holt Y, Anvendt geokjemi, NTNU, 2006.
- Jensen, H, 2005. Sammenhengen mellom forurenset grunn og inneklima i bygninger. NGU-rapport 2005.049.
- Klungtveit, HS, 2005, Sluppen kan også ha gassproblem., Adresseavisen, Trondheim.
- Korpilaakso M, Lappalainen K, Sahi T, 2000. Myllypuro Case - One of the most serious environmental accidents ever in Finland. In: ENvironmental Economics.
- kTSensor, 2006, IR Sensor fysikk, Lastet ned: 27.10.2006,
<http://www.ktsensor.no/IRfysikk.html>
- Kvennås, M, 2005. Måling og vurdering av gassutlekking, Ladefyllinga - Trondheim. 411382-1, Multiconsult, Trondheim.
- Langedal L., 2006. Miljøenheten, Trondheim kommune, personlig meddelelse.
- Misund, A, 1989. Undersøkelser av metallslamdeponi på Sluppen. NGU-rapport 1989.163, NGU, 2006, Kart, Arealis, Norges Geologiske Undersøkelse, Lastet ned: 23.11.2006,
www.ngu.no/kart/arealisNGU/
- NYSDoH, 2006. Love Canal Follow-up Health Study. New York State Department of Health, Centre for Environmental Health,
- OLF, 2006, Cyanid i bakken ved kraftverk i Helsingfors, OLF - Oljeindustriens Landsforening, Lastet ned: 05.12.2006,
- Oslo, 2006, Grønmo avfallsanlegg, Oslo Kommune, Lastet ned: 19.11.2006,
http://www.renovasjonsetaten.oslo.kommune.no/om_ren/vare_anlegg/gronmo/
- Pukkala E, Pönkä A, 2001. Increased Incidence of Cancer and Asthma in Houses Built on a Former Dump Area. Environmental Health Perspectives 109:1121-1124.

- Reite, AJ, Sveian H, Erichsen E, 1999. Trondheim kommune løsmassekart M: 50 000. : Gråsteinen nr 5.
- Rosland P, Nordahl-Olsen T, 1995. Rommen avfallsfylling 1959-1969. Deponihistorie, utbredelse og utslipp av deponigass og forurenset sivevann. Avdeling for miljørettet helsevern, Oslo.
- SFT, 2006, Forurenset grunn, Statens Forurensningstilsyn, Lastet ned: 23.11.2006, <http://www.sft.no/grunn/>
- Sigvaldsen L, 2006.
- SSB, 2003, SSB, Lastet ned: 08.12.2006, <http://www.ssb.no/emner/01/05/avfall/>
- Storrø, G, Jæger Ø, NGU, 2006. Personlig meddelelse
- UiB, Transmittans, Lastet ned: 27.10.2006, <http://www.kj.uib.no/ft-ir-norsk/transmisjon.htm>
- Vik, EA, Breedveld G, Farestveit, T, 1999. Veiledning om Risikovurdering av Forurenset Grunn. SFT-veileder 99:01
- Wingaard SK, 1994. Bruksanvisning Infrarød Gassanalysator (GA 94A) Programversjon 1.13.
- Årbogen O, 2003a, Boligbygg Klæbuveien 212, Notat fra Multiconsult
Referat fra møte med Fylkesmannen i Sør-Trøndelag, Multiconsult.
- Årbogen O, 2003b. Notat 3. Byggetomt Klæbuvn 212. Multiconsult, Trondheim.
- Årbogen O, Lillebø TE, 2004, Union Eiendom. Nybygg Klæbuvn 212
Sluttrapport - miljøoppfølging, Multiconsult.

Vedlegg A Koordinater til de ulike kummene

Tabell A.1: Kartkoordinater til kummene i undersøkelsen.

Kum	X	Y	Kum	X	Y	Kum	X	Y
1	569 805	7030789	38	570 136	7030803	76	570 283	7030938
2	569 784	7030812	39	570 137	7030773	77	570 284	7030937
2B	569 782	7030807	40	570 140	7030779	78	570 305	7030936
3	569 770	7030812	41	570 184	7030764	79	570 318	7030906
4	569 758	7030814	42	570 180	7030723	80	570 319	7030913
5	569 773	7030867	43	570 175	7030719	81	570 314	7030925
6	569 732	7030861	44	570 179	7030703	82	570 322	7030886
7	569 742	7030868	45	570 135	7030744	83	570 350	7030873
7B	569 782	7030971	46	570 121	7030838	84	570 355	7030864
8	569 823	7030870	47	570 105	7030870	85	570 380	7030870
9	569 830	7030942	48	570 069	7030859	86	570 379	7030858
10	569 822	7030968	49	570 064	7030854	87	570 377	7030853
11	569 829	7030862	50	570 048	7030842	88	570 404	7030862
12	569 818	7030814	51	570 032	7030838	89		
13	569 814	7030823	52	570 018	7030832	90	570 387	7030798
14	569 807	7030814	53	570 019	7030831	91	570 375	7030788
15	569 882	7030787	54	569 965	7030816	92		
16	569 874	7030808	55	569 953	7030813	93	570 364	7030822
17	569 885	7030821	56	569 937	7030842	94	570 237	7030747
18	569 862	7030819	56b	569 957	7030853	95	570 240	7030729
19	569 858	7030841	57	570 010	7030958	96	570 209	7030760
20	569 851	7030881	58	570 039	7030960	97	570 223	7030783
21	569 911	7030822	59	570 051	7030951	98	570 234	7030832
22	569 905	7030811	60	570 067	7030958	99	570 235	7030839
22B	569 896	7030822	61	570 092	7031000	100	570 207	7030835
23	569 951	7030760	62	568 989	7030953	101	570 225	7030854
24	569 975	7030776	63	569 979	7030945	102	570 215	7030877
25	570 014	7030785	64	569 955	7030938	103	570 198	7030900
26	570 006	7030793	65	569 966	7030887	104	570 197	7030909
27	570 024	7030797	66	569 972	7030879	105	570 196	7030909
28	570 029	7030790	67	569 993	7030875	106	570 221	7030934
29	570 055	7030807	68	569 939	7030934	107	570 276	7030872
30	570 068	7030801	69	569 889	7030939	108	570 198	7030959
31	570 081	7030762	70	569 881	7030945	108B	570 193	7030951
32	570 071	7030766	71	569 877	7030949	109	570 180	7030937
33	570 086	7030797	72	569 873	7030934	110	570 163	7030944
34	570 084	7030802	73	570 016	7030907	111	570 135	7030934
35	570 084	7030810	73b	570032	7030878	112	570 103	7030980
36	570 110	7030805	74	570 254	7030963	113	570 172	7031002
37	570 127	7030803	75	570 267	7030944			

Merk:

Alle gruppene har oppgitt koordinater lest av fra gps-apparatet. Her er det gr. 3 sine avlesninger som er gitt.

Vedlegg B Måleresultater for alle gruppene

Tabell B.1: Måleresultater 25.september, gruppe 1.

Kum	Prosentvis gass				Kum	Prosentvis gass				Kum	Prosentvis gass			
	O2	CO2	CH4	Trykk		O2	CO2	CH4	Trykk		O2	CO2	CH4	Trykk
1	21,7	0,0	0,0	1009	38	21,6	0,0	0,0	1008	76	21,5	0,0	0,0	1008
2	21,4	0,2	0,2	1009	39	21,6	0,0	0,0	1008	77	21,4	0,0	0,0	1008
2B	21,7	0,0	0,0	1009	40	21,5	0,0	0,0	1008	78	21,5	0,0	0,0	1008
3	21,5	0,1	0,1	1009	41	21,4	0,0	0,0	1008	79	21,2	0,3	0,5	1008
4	21,6	0,0	0,1	1009	42	21,6	0,0	0,0	1008	80	21,5	0,0	0,0	1008
5	21,7	0,0	0,0	1009	43	21,6	0,0	0,0	1008	81	21,4	0,1	0,0	1008
6	21,7	0,0	0,0	1009	44	21,6	0,0	0,0	1008	82	21,5	0,0	0,0	1008
7	21,6	0,0	0,0	1009	45	21,6	0,0	0,0	1008	83	20,9	0,3	0,0	1008
7B					46	21,6	0,0	0,0	1008	84	21,5	0,0	0,0	1008
8	20,9	0,8	0,6	1009	47	21,7	0,0	0,0	1008	85	21,3	0,2	0,2	1008
9	21,6	0,0	0,0	1009	48	21,7	0,0	0,0	1008	86	20,3	1,6	1,7	1008
10	21,5	0,0	0,0	1009	49	21,7	0,0	0,0	1008	87	21,6	0,0	0,0	1008
11	21,7	0,0	0,0	1009	50	19,5	1,3	0,0	1009	88	21,6	0,0	0,0	1008
12	21,7	0,0	0,0	1009	51	21,6	0,0	0,0	1009	89				
13	21,7	0,0	0,0	1009	52	21,6	0,0	0,0	1009	90	21,2	0,2	0,0	1008
14	21,7	0,0	0,0	1009	53	21,6	0,0	0,0	1009	91	21,5	0,0	0,0	1008
15	21,6	0,0	0,0	1009	54	21,7	0,0	0,0	1009	92				
16	21,4	0,1	0,0	1009	55	21,6	0,0	0,0	1009	93	21,6	0,0	0,0	1008
17	21,3	0,1	0,0	1009	56	12,6	13,5	24,1	1009	94	21,6	0,0	0,0	1008
18	21,5	0,1	0,4	1009	56b					95	21,5	0,0	0,0	1008
19	21,3	0,6	1,1	1009	57	21,6	0,0	0,0	1009	96	21,6	0,0	0,0	1008
20	21,6	0,0	0,0	1009	58	18,2	5,7	6,7	1009	97	21,6	0,0	0,0	1008
21	21,6	0,0	0,0	1009	59	21,7	0,0	0,0	1009	98	21,3	0,0	0,0	1008
22	21,0	0,2	0,0	1009	60	21,7	0,0	0,0	1009	99	16,2	4,0	0,0	1008
22B					61	21,6	0,0	0,0	1009	100	21,5	0,0	0,0	1008
23	21,5	0,1	0,0	1008	62	21,6	0,0	0,0	1009	101	21,5	0,0	0,0	1008
24	21,5	0,1	0,0	1008	63	21,6	0,0	0,0	1009	102	21,5	0,0	0,0	1008
25	7,5	1,4	0,2	1008	64	21,6	0,0	0,0	1009	103	21,5	0,0	0,0	1008
26	21,4	0,0	0,0	1008	65	21,6	0,0	0,0	1009	104	21,5	0,0	0,0	1008
27	21,6	0,0	0,0	1008	66	21,6	0,0	0,0	1009	105	21,1	0,2	0,0	1008
28	21,6	0,0	0,0	1008	67	21,5	0,1	0,2	1009	106	20,7	0,8	0,6	1008
29	21,6	0,0	0,0	1008	68	20,9	1,2	1,3	1009	107	21,3	0,0	0,0	1008
30	21,6	0,0	0,0	1008	69	21,7	0,0	0,0	1009	108				
31	21,6	0,0	0,0	1008	70	21,5	0,0	0,0	1008	108B				
32	21,6	0,0	0,0	1008	71	21,1	0,3	0,0	1008	109	21,1	0,3	0,0	1008
33	19,0	1,3	0,9	1008	72	21,6	0,0	0,0	1008	110	21,5	0,0	0,0	1008
34	21,5	0,0	0,0	1008	73	20,7	0,7	0,0	1009	111	18,3	2,9	0,4	1008
35	21,6	0,0	0,0	1008	73b					112	19,7	1,0	0,0	1010
36	21,6	0,0	0,0	1008	74	12,0	8,5	0,9	1008	113	21,4	0,0	0,0	1008
37	20,9	0,3	0,0	1008	75	21,3	0,3	0,4	1008					

Tabell B.2: Måleresultater 26. september, gruppe 2.

Kum	Prosentvis gass				Kum	Prosentvis gass				Kum	Prosentvis gass			
	O2	CO2	CH4	Trykk		O2	CO2	CH4	Trykk		O2	CO2	CH4	Trykk
1	21,8	0,0	0,0	1008	38	21,8	0,0	0,0	1007	76	21,5	0,0	0,0	1006
2	21,6	0,1	0,1	1008	39	21,9	0,0	0,0	1007	77	21,3	0,2	0,1	1006
2B	21,7	0,1	0,0	1008	40	21,8	0,0	0,0	1007	78	21,4	0,0	0,0	1006
3	21,4	0,1	0,2	1008	41	21,6	0,1	0,0	1007	79	21,3	0,2	0,2	1006
4	21,8	0,0	0,0	1008	42	21,7	0,0	0,0	1007	80	21,4	0,0	0,0	1006
5	21,8	0,0	0,0	1008	43	21,8	0,0	0,0	1007	81	21,4	0,0	0,0	1006
6	21,8	0,0	0,0	1008	44	21,8	0,0	0,0	1007	82	21,5	0,0	0,0	1007
7	21,8	0,0	0,0	1009	45	21,8	0,0	0,0	1007	83	21,6	0,0	0,0	1007
7B					46	21,8	0,0	0,0	1007	84	21,5	0,0	0,0	1007
8	21,5	0,3	0,4	1008	47	21,9	0,0	0,0	1009	85	21,4	0,0	0,0	1007
9	21,8	0,0	0,0	1008	48	21,9	0,0	0,0	1009	86	21,3	0,2	0,1	1007
10	21,5	0,2	0,0	1009	49	21,9	0,0	0,0	1009	87	21,6	0,0	0,0	1007
11	21,8	0,0	0,0	1008	50	21,3	0,3	0,0	1008	88	21,6	0,0	0,0	1007
12	21,8	0,0	0,0	1008	51	21,9	0,0	0,0	1008	89				
13	21,9	0,0	0,0	1008	52	21,8	0,0	0,0	1008	90	21,4	0,0	0,0	1007
14	21,8	0,0	0,0	1008	53	21,9	0,0	0,0	1008	91	21,5	0,0	0,0	1006
15	21,9	0,0	0,0	1008	54	21,9	0,0	0,0	1008	92				
16	21,8	0,0	0,0	1008	55	21,9	0,0	0,0	1008	93	21,5	0,0	0,0	1006
17	21,6	0,1	0,0	1008	56	12,1	14,8	26,6	1008	94	21,8	0,0	0,0	1007
18	21,8	0,0	0,0	1008	56b					95	21,8	0,0	0,0	1007
19	21,5	0,3	0,9	1008	57	21,8	0,0	0,0	1009	96	21,8	0,0	0,0	1007
20	21,9	0,0	0,0	1008	58	19,9	3,3	3,5	1009	97	21,8	0,0	0,0	1007
21	21,6	0,0	0,0	1008	59	21,9	0,0	0,0	1009	98	21,7	0,0	0,0	1007
22	21,5	0,2	0,0	1008	60	21,8	0,0	0,0	1009	99	20,1	1,3	0,0	1007
22B					61	21,8	0,0	0,0	1009	100	21,7	0,0	0,0	1007
23	21,6	0,1	0,0	1008	62	21,7	0,0	0,0	1009	101	21,7	0,0	0,0	1006
24	21,6	0,1	0,0	1008	63	21,8	0,0	0,0	1009	102	21,6	0,0	0,0	1006
25	11,9	1,1	0,1	1008	64	21,8	0,0	0,0	1009	103	21,6	0,0	0,0	1007
26	21,6	0,0	0,0	1008	65	21,8	0,0	0,0	1009	104	21,6	0,0	0,0	1006
27	21,8	0,0	0,0	1008	66	21,8	0,0	0,0	1009	105				
28	21,8	0,0	0,0	1008	67	21,8	0,0	0,0	1009	106	21,7	0,0	0,0	1007
29	21,8	0,0	0,0	1008	68	20,7	1,8	2,3	1009	107	21,6	0,0	0,0	1007
30	21,8	0,0	0,0	1008	69	21,9	0,0	0,0	1009	108	21,5	0,1	0,0	1007
31	21,8	0,0	0,0	1008	70	21,8	0,0	0,0	1009					
32	21,9	0,0	0,0	1008	71	21,7	0,1	0,0	1009	109	21,3	0,2	0,0	1007
33	17,9	1,9	1,5	1008	72	21,9	0,0	0,0	1009	110	21,6	0,0	0,0	1007
34	21,8	0,0	0,0	1008	73	20,5	1,1	0,0	1009	111	19,2	2,5	0,4	1007
35	21,7	0,0	0,0	1008	73b					112	20,2	1,5	0,0	1009
36	21,8	0,0	0,0	1007	74	12,8	7,8	0,6	1006	113	21,4	0,0	0,0	1006
37	21,4	0,2	0,0	1007	75	21,4	0,1	0,1	1006					

Tabell B.3: Måleresultater 27.september, gruppe 4.

Kum	Prosentvis gass				Kum	Prosentvis gass				Kum	Prosentvis gass			
	O2	CO2	CH4	Trykk		O2	CO2	CH4	Trykk		O2	CO2	CH4	Trykk
1	21,4	0,0	0,0	1001	38	21,5	0,0	0,0	1000	76	21,8	0,0	0,0	1000
2	21,2	0,1	0,1	1001	39	21,5	0,0	0,0	1000	77	21,3	0,3	0,2	1000
2B	21,3	0,1	0,0	1001	40	21,5	0,0	0,0	1000	78	21,7	0,0	0,0	1000
3	21,1	0,3	0,7	1001	41	21,2	0,2	0,0	1000	79	21,4	0,3	0,5	1000
4	21,5	0,0	0,0	1000	42	21,5	0,0	0,0	1000	80	21,6	0,1	0,0	1000
5	21,4	0,0	0,0	1001	43	21,5	0,0	0,0	1000	81	21,5	0,2	0,0	1000
6	21,4	0,0	0,0	1001	44	21,5	0,0	0,0	1000	82	21,7	0,0	0,0	1000
7	21,4	0,0	0,0	1001	45	21,5	0,0	0,0	1000	83	21,7	0,0	0,0	1000
7B	21,2	0,2	0,0	1001	46	21,5	0,0	0,0	1000	84	21,7	0,0	0,0	1000
8	21,1	0,3	0,4	1001	47	21,6	0,0	0,0	1000	85	21,7	0,0	0,0	1000
9	21,4	0,0	0,0	1001	48	21,6	0,0	0,0	1000	86	21,3	0,2	0,0	1001
10	21,4	0,0	0,0	1001	49	21,6	0,0	0,0	1000	87	21,7	0,0	0,0	1000
11	21,3	0,1	0,0	1001	50	20,1	0,9	0,0	1000	88	21,6	0,0	0,0	1001
12	21,0	0,3	0,2	1000	51	21,5	0,0	0,0	1000	89				
13	21,5	0,0	0,0	1000	52	21,5	0,0	0,0	1000	90	21,5	0,1	0,0	1000
14	17,8	2,9	0,1	1000	53	21,5	0,0	0,0	1000	91	21,6	0,0	0,0	1000
15	21,5	0,0	0,0	1000	54	21,5	0,0	0,0	1000	92				
16	21,5	0,0	0,0	1000	55	21,5	0,0	0,0	1000	93	21,7	0,0	0,0	1000
17	21,4	0,0	0,0	1000	56	10,4	17,6	31,8	1000	94	21,5	0,0	0,0	1000
18	21,5	0,0	0,1	1000	56b					95	21,5	0,0	0,0	1000
19	21,2	0,3	0,7	1000	57	21,6	0,0	0,0	1000	96	21,6	0,0	0,0	1000
20	21,5	0,0	0,0	1000	58	18,2	6,4	8,4	1000	97	21,6	0,0	0,0	1000
21	21,4	0,0	0,0	1000	59	21,7	0,0	0,0	1001	98	21,6	0,0	0,0	1000
22	20,9	0,2	0,0	1000	60	21,6	0,0	0,0	1001	99	17,3	3,4	0,0	1000
22B					61	21,5	0,0	0,0	1000	100	21,6	0,0	0,0	1000
23	21,0	0,1	0,0	1000	62	21,7	0,0	0,0	1000	101	21,4	0,0	0,0	1000
24	21,4	0,0	0,0	1000	63	21,7	0,0	0,0	1000	102	21,6	0,0	0,0	1000
25	9,6	1,5	0,2	1000	64	21,7	0,0	0,0	1000	103	21,6	0,0	0,0	1000
26	21,0	0,0	0,1	1000	65	21,5	0,0	0,0	1001	104	21,6	0,0	0,0	1000
27	21,5	0,0	0,0	1000	66	21,5	0,0	0,0	1001	105	21,4	0,1	0,0	1000
28	21,4	0,0	0,0	1000	67	21,5	0,0	0,0	1001	106	21,6	0,0	0,0	1000
29	21,5	0,0	0,0	1000	68	20,3	2,3	3,2	1000	107	21,5	0,0	0,0	1000
30	21,5	0,0	0,0	1000	69	21,6	0,0	0,0	1000	108	21,4	0,2	0,1	1000
31	21,5	0,0	0,0	1000	70	21,6	0,0	0,0	1000	108B	17,8	4,8	2,5	1001
32	21,5	0,0	0,0	1000	71	21,6	0,0	0,0	1000	109	21,3	0,2	0,0	1000
33	17,1	2,3	2,6	1000	72	21,7	0,0	0,0	1000	110	21,4	0,2	0,2	1001
34	21,4	0,0	0,0	1000	73	20,8	0,6	0,0	1000	111	15,2	5,9	1,0	1001
35	21,5	0,0	0,0	1000	73b					112	18,1	2,8	0,4	1000
36	21,5	0,0	0,0	1000	74	11,8	8,7	1,0	1000	113	21,3	0,2	0,1	1001
37	21,2	0,2	0,0	1000	75	21,7	0,0	0,0	1000					

Tabell B.4: Måleresultater 28.september, gruppe 3.

Kum	Prosentvis gass				Trykk	Kum	Prosentvis gass				Trykk	Kum	Prosentvis gass				Trykk
	O2	CO2	CH4	Trykk			O2	CO2	CH4	Trykk			O2	CO2	CH4	Trykk	
1	21,5	0,0	0,0	995	38	21,6	0,0	0,0	994	76	21,5	0,0	0,0	993			
2	21,5	0,0	0,0	995	39	21,6	0,0	0,0	994	77	21,3	0,2	0,2	993			
2B	21,3	0,1	0,0	995	40	21,6	0,0	0,0	994	78	21,4	0,0	0,0	993			
3	21,5	0,0	0,0	995	41	21,2	0,2	0,0	993	79	21,2	0,6	0,6	994			
4	21,5	0,0	0,0	995	42	21,6	0,0	0,0	993	80	21,0	0,6	0,4	993			
5	21,6	0,0	0,0	995	43	21,5	0,0	0,0	993	81	21,3	0,2	0,1	993			
6	21,5	0,0	0,0	995	44	21,6	0,0	0,0	993	82	21,5	0,0	0,0	994			
7	21,6	0,0	0,0	995	45	21,6	0,0	0,0	993	83	21,5	0,0	0,0	994			
7B					46	21,6	0,0	0,0	994	84	21,5	0,0	0,0	994			
8	21,4	0,1	0,2	995	47	21,6	0,0	0,0	994	85	21,5	0,0	0,0	994			
9	21,6	0,0	0,0	995	48	21,6	0,0	0,0	994	86	20,9	0,8	0,4	994			
10	21,5	0,0	0,0	995	49	21,5	0,0	0,0	994	87	21,5	0,0	0,0	994			
11	21,5	0,0	0,0	995	50	20,2	0,6	0,0	994	88	21,5	0,0	0,0	994			
12	21,5	0,0	0,0	995	51	21,5	0,0	0,0	994	89							
13	21,5	0,0	0,0	995	52	21,1	0,1	0,6	994	90	21,3	0,1	0,0	993			
14	21,5	0,0	0,0	995	53	21,5	0,0	0,0	994	91	21,5	0,0	0,0	993			
15	21,5	0,0	0,0	995	54	21,5	0,0	0,0	995	92							
16	21,1	0,1	0,0	995	55	21,5	0,0	0,0	995	93	21,5	0,0	0,0	993			
17	20,4	0,3	0,0	995	56	11,1	16,5	30,5	995	94	21,5	0,0	0,0	993			
18	21,4	0,0	0,0	995	56b					95	21,5	0,0	0,0	993			
19	21,2	0,2	0,7	995	57	21,5	0,0	0,0	995	96	21,5	0,0	0,0	993			
20	21,4	0,0	0,0	995	58	18,7	4,8	6,1	995	97	21,5	0,0	0,0	993			
21	21,4	0,0	0,0	995	59	21,6	0,0	0,0	996	98	21,6	0,0	0,0	993			
22	20,7	0,3	0,0	995	60	21,6	0,0	0,0	996	99	19,9	1,5	0,0	993			
22B					61	21,6	0,0	0,0	995	100	21,5	0,0	0,0	993			
23	21,5	0,0	0,0	995	62	21,5	0,0	0,0	995	101	21,5	0,0	0,0	993			
24	21,5	0,0	0,0	995	63	21,5	0,0	0,0	995	102	21,5	0,0	0,0	993			
25	12,4	1,1	0,2	994	64	21,5	0,0	0,0	995	103	21,5	0,0	0,0	993			
26	21,5	0,0	0,0	994	65	21,5	0,0	0,0	995	104	21,5	0,0	0,0	993			
27	21,5	0,0	0,0	994	66	21,5	0,0	0,0	995	105	21,0	0,3	0,0	993			
28	21,4	0,0	0,0	994	67	21,5	0,0	0,0	995	106	21,4	0,0	0,0	994			
29	21,5	0,0	0,0	994	68	20,7	1,4	2,0	995	107	21,5	0,0	0,0	994			
30	21,5	0,0	0,0	994	69	21,4	0,1	0,1	995	108	21,3	0,0	0,0	994			
31	21,5	0,0	0,0	994	70	21,1	0,2	0,0	995	108B							
32	21,5	0,0	0,0	994	71	20,5	0,7	0,0	995	109	21,2	0,2	0,0	994			
33	18,2	1,6	2,2	994	72	21,5	0,0	0,0	995	110	21,5	0,0	0,0	994			
34	21,5	0,0	0,0	994	73	21,5	0,0	0,0	995	111	20,2	1,4	0,2	994			
35	21,5	0,0	0,0	994	73b					112	20,3	1,2	0,1	996			
36	21,6	0,0	0,0	994	74	10,4	10,4	1,2	993	113	21,8	0,0	0	996			
37	21,2	0,3	0,0	994	75	21,5	0,0	0,0	994								

Tabell B.5: Måleresultater 29.september, gruppe 5.

Kum	Prosentvis gass				Kum	Prosentvis gass				Kum	Prosentvis gass			
	O2	CO2	CH4	Trykk		O2	CO2	CH4	Trykk		O2	CO2	CH4	Trykk
1	21,5	0,0	0,0	999	38	21,7	0,0	0,0	999	76	21,7	0,0	0,0	1000
2	21,7	0,0	0,0	999	39	21,7	0,0	0,0	999	77	21,7	0,0	0,0	1000
2B	21,6	0,0	0,0	999	40	21,7	0,0	0,0	999	78	21,7	0,0	0,0	1000
3	21,7	0,0	0,0	999	41	21,7	0,0	0,0	999	79	21,7	0,1	0,0	1000
4	21,6	0,0	0,1	999	42	21,7	0,0	0,0	999	80	21,7	0,0	0,0	1000
5	21,6	0,0	0,0	999	43	21,7	0,0	0,0	999	81	21,7	0,0	0,0	1000
6	21,6	0,0	0,0	999	44	21,7	0,0	0,0	999	82	21,7	0,0	0,0	1000
7	21,6	0,0	0,0	999	45	21,6	0,0	0,0	999	83	21,7	0,0	0,0	1000
7B					46	21,7	0,0	0,0	999	84	21,7	0,0	0,0	1000
8	21,5	0,2	0,3	999	47	21,5	0,0	0,0	999	85	21,8	0,0	0,0	1000
9	21,6	0,0	0,1	999	48	21,5	0,0	0,0	999	86	21,0	0,7	0,0	1000
10	21,6	0,0	0,0	999	49	21,5	0,0	0,0	999	87	21,7	0,0	0,0	1000
11	21,5	0,0	0,0	999	50	20,2	0,7	0,0	999	88	21,8	0,0	0,0	1000
12	21,5	0,0	0,0	999	51	21,5	0,0	0,0	999	89				
13	21,5	0,0	0,0	999	52	21,5	0,0	0,0	999	90	21,7	0,0	0,0	1000
14	21,3	1,0	0,0	999	53	21,5	0,0	0,0	999	91	21,6	0,0	0,0	1000
15	21,5	0,0	0,0	999	54	21,5	0,0	0,0	999	92				
16	21,5	0,0	0,0	999	55	21,5	0,0	0,0	999	93	21,8	0,0	0,0	1000
17	21,5	0,0	0,1	999	56	13,3	11,6	28,5	999	94	21,7	0,0	0,0	999
18	21,5	0,0	0,1	999	56b	0,5	31,8	>> *	999	95	21,7	0,0	0,0	999
19	21,4	0,1	0,5	999	57	21,7	0,0	0,0	999	96	21,7	0,0	0,0	999
20	21,5	0,0	0,1	999	58	21,3	0,7	0,3	999	97	21,8	0,0	0,0	999
21	21,3	0,1	0,4	999	59	21,8	0,0	0,0	999	98	21,6	0,0	0,0	1000
22	20,7	0,3	0,2	999	60	21,8	0,0	0,0	999	99	16,8	4,1	0,0	1000
22B	21,4	0,0	0,2	999	61	21,7	0,0	0,0	999	100	21,8	0,0	0,0	1000
23	21,5	0,1	0,0	999	62	21,7	0,0	0,0	999	101	21,7	0,0	0,0	1000
24	21,7	0,0	0,0	999	63	21,6	0,0	0,0	999	102	21,7	0,0	0,0	1000
25	12,7	1,2	0,2	999	64	21,6	0,0	0,0	999	103	21,7	0,0	0,0	1000
26	21,4	0,0	0,0	999	65	21,4	0,1	0,0	999	104	21,8	0,0	0,0	1000
27					66	21,5	0,1	0,0	999	105	21,7	0,0	0,0	1000
28	21,6	0,0	0,0	999	67	21,5	0,0	0,0	999	106	21,4	0,1	0,0	1000
29	21,7	0,0	0,0	999	68	21,4	0,1	0,2	998	107	21,6	0,1	0,0	1000
30					69	21,5	0,0	0,0	999	108	17,7	5,1	2,1	1000
31	21,7	0,0	0,0	999	70	21,5	0,0	0,0	999	108B				
32					71	21,5	0,0	0,0	998	109	19,5	2,2	0,0	1000
33	19,3	1,2	0,9	999	72	21,5	0,0	0,0	999	110	21,6	0,0	0,0	1000
34	21,6	0,0	0,0	999	73	21,4	0,2	0,0	999	111	18,0	3,4	0,7	1000
35	21,6	0,0	0,0	999	73b					112	20,3	1,4	0,1	999
36	21,7	0,0	0,0	999	74	19,2	2,1	0,7	1000	113	21,3	0,2	0,1	1000
37	21,3	0,2	0,0	999	75	21,6	0,0	0,0	1000					

* Tegnet >> indikerer at det var så høy måleverdi at måleapparatet ikke klarte å vise det.

Tabell B.6: Måleresultater 3.oktober, gruppe 6.

Kum	Prosentvis gass				Trykk	Kum	Prosentvis gass				Trykk	Kum	Prosentvis gass				Trykk
	O2	CO2	CH4	Trykk			O2	CO2	CH4	Trykk			O2	CO2	CH4	Trykk	
1	21,4	0,0	0,0	994	38	21,7	0,0	0,0	994	76	21,4	0,0	0,0	993			
2	21,4	0,0	0,0	994	39	21,7	0,0	0,0	994	77	21,2	0,2	0,0	993			
2B	21,2	0,2	0,0	994	40	21,7	0,0	0,0	994	78	21,5	0,0	0,0	993			
3	21,4	0,0	0,0	994	41	21,6	0,0	0,0	993	79	21,3	0,2	0,3	993			
4	21,4	0,0	0,0	994	42	21,7	0,0	0,0	993	80	21,3	0,1	0,0	993			
5	21,4	0,1	0,0	995	43	21,5	0,1	0,0	993	81	21,2	0,2	0,1	993			
6	21,4	0,0	0,0	995	44	21,6	0,0	0,0	993	82	21,5	0,0	0,0	993			
7	21,4	0,0	0,0	995	45	21,7	0,0	0,0	993	83	21,5	0,0	0,0	993			
7B					46	21,6	0,0	0,0	994	84	21,5	0,0	0,0	993			
8	21,3	0,2	0,3	994	47	21,4	0,0	0,0	994	85	21,4	0,0	0,0	993			
9	21,4	0,0	0,0	994	48	21,4	0,0	0,0	994	86	21,3	0,1	0,0	993			
10	21,4	0,0	0,0	995	49	21,4	0,0	0,0	994	87	21,5	0,0	0,0	994			
11	21,4	0,0	0,0	994	50	19,4	1,5	0,0	994	88	21,5	0,0	0,0	994			
12	21,3	0,1	0,1	994	51	21,2	0,0	0,0	994	89							
13	21,4	0,0	0,0	994	52	21,3	0,0	0,0	994	90	21,3	0,1	0,0	993			
14	21,4	0,0	0,0	994	53	21,3	0,0	0,0	994	91	21,4	0,0	0,0	993			
15	21,3	0,0	0,1	994	54	21,3	0,0	0,0	994	92							
16					55	21,2	0,0	0,0	994	93	21,5	0,0	0,0	993			
17					56	13,2	13,2	25,5	994	94	21,5	0,1	0,0	993			
18	21,3	0,0	0,1	994	56b	2,3	28,1	>> *	994	95	21,6	0,0	0,0	993			
19	21,3	0,1	0,3	994	57	21,8	0,0	0,0	995	96	21,6	0,0	0,0	993			
20	21,3	0,0	0,0	994	58	21,4	1,0	0,7	995	97	21,6	0,0	0,0	993			
21	21,1	0,0	0,3	994	59	21,9	0,0	0,0	995	98	21,6	0,0	0,0	993			
22					60	21,9	0,0	0,0	995	99	20,0	1,7	0,0	993			
22B					61	21,8	0,0	0,0	995	100	21,6	0,0	0,0	993			
23	21,3	0,0	0,0	994	62	21,8	0,0	0,0	995	101	21,6	0,0	0,0	993			
24	21,3	0,0	0,0	994	63	21,8	0,0	0,0	995	102	21,6	0,0	0,0	993			
25	12,4	1,4	0,2	994	64	21,7	0,0	0,0	995	103	21,6	0,0	0,0	993			
26	21,3	0,0	0,0	994	65	21,5	0,0	0,0	995	104	21,5	0,0	0,0	993			
27	21,4	0,0	0,0	994	66	21,5	0,0	0,0	995	105	21,3	0,2	0,0	993			
28	21,4	0,0	0,0	994	67	21,5	0,0	0,0	995	106	21,4	0,0	0,0	993			
29	21,4	0,0	0,0	994	68	21,5	0,3	0,6	995	107	21,4	0,0	0,0	993			
30	21,4	0,0	0,0	994	69	21,6	0,0	0,0	994	108	21,4	0,0	0,0	994			
31	21,4	0,0	0,0	994	70	21,6	0,0	0,0	994	108B							
32	21,4	0,0	0,0	994	71	21,3	0,3	0,1	995	109	21,3	0,7	0,0	993			
33	19,8	1,0	0,8	994	72	21,6	0,0	0,0	995	110	21,4	0,0	0,1	994			
34	21,4	0,0	0,0	994	73	21,5	0,0	0,0	995	111	21,5	0,0	0,0	994			
35	21,4	0,0	0,0	994	73b	20,8	0,8	0,1	994	112	21,0	1,1	0,1	995			
36	21,4	0,0	0,0	994	74	20,4	1,0	0,0	993	113	21,5	0,0	0,0	994			
37	21,3	0,1	0,0	993	75	21,4	0,0	0,0	993								

* Tegnet >> indikerer at det var så høy måleverdi at måleapparatet ikke klarte å vise det.

Vedlegg C Kumtyper

T = Tett

Å = Åpen

Tabell C.1: Kumtype

Kum	Type	Kum	Type	Kum	Type
1	Å	38	Å	76	T
2	Å	39	Å	77	T
2B	T	40	T	78	Å
3	Å	41	T	79	T
4	Å	42	Å	80	T
5	T	43	T	81	T
6	Å	44	T	82	Å
7	Å	45	T	83	Å
7B	T	46	Å	84	T
8	T	47	Å	85	Å
9	Å	48	T	86	T
10	Å	49	Å	87	Å
11	Å	50	T	88	Å
12	Å	51	Å	89	
13	Å	52	T	90	T
14	Å	53	Å	91	T
15	Å	54	Å	92	
16	T	55	Å	93	Å
17	Å	56	T	94	T
18	Å	56b	T	95	T
19	Å	57	Å	96	Å
20	Å	58	T	97	T
21	Å	59	Å	98	Å
22	T	60	Å	99	T
22B	Å	61	Å	100	Å
23	T	62	T	101	Å
24	Å	63	Å	102	Å
25	T	64	Å	103	Å
26	Å	65	Å	104	Å
27	Å	66	Å	105	T
28	Å	67	Å	106	Å
29	Å	68	T	107	Å
30	Å	69	T	108	Å
31	Å	70	T	108B	Å (grus)
32	T	71	T	109	T
33	T	72	Å	110	Å
34	Å	73	Å	111	Å
35	T	73b	T	112	T
36	Å	74	Å	113	Å
37	T	75	Å		

Vedlegg D Måleresultater for de tette kummene

Tabell G.1: Måleresultater for de tette kummene.

Kum	Type	CO2 (vol%)						Metangass (vol%)						Oksygen (vol%)					
		25.9.06	26.9.06	27.9.06	28.9.06	29.9.06	3.10.06	25.9.06	26.9.06	27.9.06	28.9.06	29.9.06	3.10.06	25.9.06	26.9.06	27.9.06	28.9.06	29.9.06	3.10.06
2B	T	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,7	21,7	21,3	21,3	21,6	21,2
5	T	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,7	21,8	21,4	21,6	21,6	21,4
7B	T			0,2						0,0						21,2			
8	T	0,8	0,3	0,3	0,1	0,2	0,2	0,6	0,4	0,4	0,2	0,3	0,3	20,9	21,5	21,1	21,4	21,5	21,3
16	T	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,4	21,8	21,5	21,1	21,5	
22	T	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3		0,0	0,0	0,0	0,0	0,2		21,0	21,5	20,9	20,7	20,7	
23	T	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,5	21,6	21,0	21,5	21,5	21,3
25	T	1,4	1,1	1,5	1,1	1,2	1,4	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	7,5	11,9	9,6	12,4	12,7	12,4
32	T	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,6	21,9	21,5	21,5		21,4
33	T	1,3	1,9	2,3	1,6	1,2	1,0	0,9	1,5	2,6	2,2	0,9	0,8	19,0	17,9	17,1	18,2	19,3	19,8
35	T	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,6	21,7	21,5	21,5	21,6	21,4
37	T	0,3	0,2	0,2	0,3	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,9	21,4	21,2	21,2	21,3	21,3
40	T	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,5	21,8	21,5	21,6	21,7	21,7
41	T	0,0	0,1	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,4	21,6	21,2	21,2	21,7	21,6
43	T	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,6	21,8	21,5	21,5	21,7	21,5
44	T	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,6	21,8	21,5	21,6	21,7	21,6
45	T	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,6	21,8	21,5	21,6	21,6	21,7
48	T	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,7	21,9	21,6	21,6	21,5	21,4
50	T	1,3	0,3	0,9	0,6	0,7	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,5	21,3	20,1	20,2	20,2	19,4
52	T	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	21,6	21,8	21,5	21,1	21,5	21,3
56	T	13,5	14,8	17,6	16,5	11,6	13,2	24,1	26,6	31,8	30,5	28,5	25,5	12,6	12,1	10,4	11,1	13,3	13,2
56b	T					31,8	28,1					>>	>>					0,5	2,3
58	T	5,7	3,3	6,4	4,8	0,7	1,0	6,7	3,5	8,4	6,1	0,3	0,7	18,2	19,9	18,2	18,7	21,3	21,4
62	T	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,6	21,7	21,7	21,5	21,7	21,8
68	T	1,2	1,8	2,3	1,4	0,1	0,3	1,3	2,3	3,2	2,0	0,2	0,6	20,9	20,7	20,3	20,7	21,4	21,5
69	T	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	21,7	21,9	21,6	21,4	21,5	21,6
70	T	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,5	21,8	21,6	21,1	21,5	21,6
71	T	0,3	0,1	0,0	0,7	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	21,1	21,7	21,6	20,5	21,5	21,3
73b	T						0,8						0,1						20,8
76	T	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,5	21,5	21,8	21,5	21,7	21,4
77	T	0,0	0,2	0,3	0,2	0,0	0,2	0,0	0,1	0,2	0,2	0,0	0,0	21,4	21,3	21,3	21,3	21,7	21,2
79	T	0,3	0,2	0,3	0,6	0,1	0,2	0,5	0,2	0,5	0,6	0,0	0,3	21,2	21,3	21,4	21,2	21,7	21,3
80	T	0,0	0,0	0,1	0,6	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	21,5	21,4	21,6	21,0	21,7	21,3
81	T	0,1	0,0	0,2	0,2	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	21,4	21,4	21,5	21,3	21,7	21,2
84	T	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,5	21,5	21,7	21,5	21,7	21,5
86	T	1,6	0,2	0,2	0,8	0,7	0,1	1,7	0,1	0,0	0,4	0,0	0,0	20,3	21,3	21,3	20,9	21,0	21,3
89																			
90	T	0,2	0,0	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,2	21,4	21,5	21,3	21,7	21,3
91	T	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,5	21,5	21,6	21,5	21,6	21,4
92																			
94	T	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,6	21,8	21,5	21,5	21,7	21,5
95	T	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,5	21,8	21,5	21,5	21,7	21,6
97	T	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,6	21,8	21,6	21,5	21,8	21,6
99	T	4,0	1,3	3,4	1,5	4,1	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,2	20,1	17,3	19,9	16,8	20,0
105	T	0,2		0,1	0,3	0,0	0,2	0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	21,1		21,4	21,0	21,7	21,3
109	T	0,3	0,2	0,2	0,2	2,2	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,1	21,3	21,3	21,2	19,5	21,3
112	T	1,0	1,5	2,8	1,2	1,4	1,1	0,0	0,0	0,4	0,1	0,1	0,1	19,7	20,2	18,1	20,3	20,3	21,0

Vedlegg E Måleresultater for de åpne kummene

Kum	Type	CO2 (vol%)						Metangass (vol%)						Oksygen (vol%)					
		25.9.06	26.9.06	27.9.06	28.9.06	29.9.06	3.10.06	25.9.06	26.9.06	27.9.06	28.9.06	29.9.06	3.10.06	25.9.06	26.9.06	27.9.06	28.9.06	29.9.06	3.10.06
1	Å	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,7	21,8	21,4	21,5	21,5	21,4	
2	Å	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	21,4	21,6	21,2	21,5	21,7	21,4	
3	Å	0,1	0,1	0,3	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,7	0,0	0,0	21,5	21,4	21,1	21,5	21,7	21,4	
4	Å	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	21,6	21,8	21,5	21,5	21,6	21,4	
6	Å	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,7	21,8	21,4	21,5	21,6	21,4	
7	Å	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,6	21,8	21,4	21,6	21,6	21,4	
9	Å	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	21,6	21,8	21,4	21,6	21,6	21,4	
10	Å	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,5	21,5	21,4	21,5	21,6	21,4	
11	Å	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,7	21,8	21,3	21,5	21,5	21,4	
12	Å	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	21,7	21,8	21,0	21,5	21,5	21,3	
13	Å	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,7	21,9	21,5	21,5	21,5	21,4	
14	Å	0,0	0,0	2,9	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	21,7	21,8	17,8	21,5	21,3	21,4	
15	Å	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	21,6	21,9	21,5	21,5	21,5	21,3	
17	Å	0,1	0,1	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	21,3	21,6	21,4	20,4	21,5	21,3	
18	Å	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,1	0,0	0,1	21,5	21,8	21,5	21,4	21,5	21,3	
19	Å	0,6	0,3	0,3	0,2	0,1	0,1	1,1	0,9	0,7	0,7	0,5	21,3	21,5	21,2	21,2	21,4	21,3	
20	Å	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	21,6	21,9	21,5	21,4	21,5	21,3	
21	Å	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,3	21,6	21,6	21,4	21,4	21,3	21,1	
22B	Å					0,0						0,2						21,4	
24	Å	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,5	21,6	21,4	21,5	21,7	21,3	
26	Å	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	21,4	21,6	21,0	21,5	21,4	21,3	
27	Å	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,6	21,8	21,5	21,5		21,4	
28	Å	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,6	21,8	21,4	21,4	21,6	21,4	
29	Å	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,6	21,8	21,5	21,5	21,7	21,4	
30	Å	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,6	21,8	21,5	21,5		21,4	
31	Å	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,6	21,8	21,5	21,5	21,7	21,4	
34	Å	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,5	21,8	21,4	21,5	21,6	21,4	
36	Å	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,6	21,8	21,5	21,6	21,7	21,4	
38	Å	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,6	21,8	21,5	21,6	21,7	21,7	
39	Å	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,6	21,9	21,5	21,6	21,7	21,7	
42	Å	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,6	21,7	21,5	21,6	21,7	21,7	
46	Å	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,6	21,8	21,5	21,6	21,7	21,6	
47	Å	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,7	21,9	21,6	21,6	21,5	21,4	
49	Å	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,7	21,9	21,6	21,5	21,5	21,4	
51	Å	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,6	21,9	21,5	21,5	21,5	21,2	
53	Å	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,6	21,9	21,5	21,5	21,5	21,3	
54	Å	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,7	21,9	21,5	21,5	21,5	21,3	
55	Å	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,6	21,9	21,5	21,5	21,5	21,2	
57	Å	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,6	21,8	21,6	21,5	21,7	21,8	
59	Å	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,7	21,9	21,7	21,6	21,8	21,9	
60	Å	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,7	21,8	21,6	21,6	21,8	21,9	
61	Å	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,6	21,8	21,5	21,6	21,7	21,8	
63	Å	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,6	21,8	21,7	21,5	21,6	21,8	
64	Å	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,6	21,8	21,7	21,5	21,6	21,7	
65	Å	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,6	21,8	21,5	21,5	21,4	21,5	
66	Å	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,6	21,8	21,5	21,5	21,5	21,5	
67	Å	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	21,5	21,8	21,5	21,5	21,5	21,5	
72	Å	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,6	21,9	21,7	21,5	21,5	21,6	
73	Å	0,7	1,1	0,6	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,7	20,5	20,8	21,5	21,4	21,5	
74	Å	8,5	7,8	8,7	10,4	2,1	1,0	0,9	0,6	1,0	1,2	0,7	12,0	12,8	11,8	10,4	19,2	20,4	
75	Å	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,1	0,0	0,0	0,0	21,3	21,4	21,7	21,5	21,6	21,4	
78	Å	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,5	21,4	21,7	21,4	21,7	21,5	
82	Å	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,5	21,5	21,7	21,5	21,7	21,5	
83	Å	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,9	21,6	21,7	21,5	21,7	21,5	
85	Å	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	21,3	21,4	21,7	21,5	21,8	21,4	
87	Å	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,6	21,6	21,7	21,5	21,7	21,5	
88	Å	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,6	21,6	21,6	21,5	21,8	21,5	
93	Å	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,6	21,5	21,7	21,5	21,8	21,5	
96	Å	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,6	21,8	21,6	21,5	21,7	21,6	
98	Å	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,3	21,7	21,6	21,6	21,6	21,6	
100	Å	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,5	21,7	21,6	21,5	21,8	21,6	
101	Å	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,5	21,7	21,4	21,5	21,7	21,6	
102	Å	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,5	21,6	21,6	21,5	21,7	21,6	
103	Å	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,5	21,6	21,6	21,5	21,7	21,6	
104	Å	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,5	21,6	21,6	21,5	21,8	21,5	
106	Å	0,8	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	20,7	21,7	21,6	21,4	21,4	21,4	
107	Å	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,3	21,6	21,5	21,5	21,6	21,4	
108	Å		0,1	0,2	0,0	5,1	0,0		0,0	0,1	0,0	2,1		21,5	21,4	21,3	17,7	21,4	
108B	Å			4,8						2,5					17,8				
110	Å	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	21,5	21,6	21,4	21,5	21,6	21,4	
111	Å	2,9	2,5	5,9	1,4	3,4	0,0	0,4	0,4	1,0	0,2	0,7	18,3	19,2	15,2	20,2	18,0	21,5	
113	Å	0,0	0,0	0,2	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,1	0	0,1	21,4	21,4	21,3	21,8	21,3	21,5	

Vedlegg F Måleresultater fra dobbelmålinger (reproduserbarhet)

Prøve nr	O ₂	O ₂	CO ₂	CO ₂	CH ₄	CH ₄	Trykk
2	21.9	22	0	0	0	0	992
3	22	22	0	0	0	0	992
8	21.8	21.8	0.2	0.2	0.4	0.3	992
19	21.9	21.9	0.1	0	0.2	0.2	992
20	22	22	0.1	0	0	0	992
25	13	12.6	1.4	1.4	0.5	0.8	992
33	19.5	19.5	1.2	1.2	1.6	1.7	993
50	19.5	19.4	1.6	1.6	0.1	0.1	993
55	21.8	21.9	0	0	0	0	993
56	13	12.2	14.1	14.3	35	35	993
56b	13	2.9	29.3	29.3	35	35	993
58	21.3	21.2	11	1	0.9	0.9	993
67	21.8	21.8	0	0	0.1	0.1	993
68	21.5	21.5	0.3	0.3	0.7	0.8	993
73	21.9	21.9	0	0	0	0	994
74	21.8	21.8	0	0	0	0	994
86	21.7	21.6	0.3	0.3	0.4	0.4	994
109	21.7	21.7	0.2	0.2	0	0.1	994
111	21.9	21.9	0	0	0	0	994
112	20.8	20.8	1.1	1.1	1.1	0.1	994

Vedlegg G Måleresultater fra referansemålinger

Referansemålinger for O₂, CO₂ og CH₄. Kum 1-21 er på Nilsbyen, Byåsen, kum 22-26 er på Møllenberg. Begge i Trondheim. Nr 1-15 er i Nils Uhlin Hansens vei, nr 16-21 i Overlege Bratts vei.

Nr	x-koordinat	y-koordinat	O ₂	CO ₂	CH ₄	Trykk	Kum	Sted/merknad
1	63.3874	10.3237	22.2	0	0	990	Åpen	NUH 30
2	63.3895	10.3176	22.1	0	0	989	Lukket	NUH 26
3	63.3882	10.3184	22	0	0	990	Lukket	Sti
4	63.3889	10.3225	22	0	0	990	Åpen	NUH 42
5	63.3868	10.3265	22	0	0	990	Åpen	NUH 42 levegg
6	63.3862	10.3254	21.8	0	0	990	Lukket	NUH 50c
7	63.3863	10.3249	21.8	0	0	990	Åpen	NUH 50b
8	63.3863	10.3251	21.8	0	0	990	Åpen	NUH 50d
9	63.3865	10.3253	21.8	0	0	990	Åpen	mellom garasjer
10	63.3865	10.3252	21.8	0	0	990	Lukket	mellom garasjer
11	63.3867	10.3252	21.5	0.2	0	991	Lukket	NUH 32/garasjer
12	63.3864	10.3251	21.1	0.3	0	991	Lukket	NUH 32/garasjer
13	63.387	10.3245	21.4	0.3	0	990	Lukket	Innkjørsel NUH 28-50
14	63.387	10.3243	21.6	0.1	0	990	Lukket	Innkjørsel NUH 28-50
15	63.3871	10.3243	21.7	0	0	990	Lukket	NUH fortau
16	63.3874	10.3248	21.4	0.3	0	989	Lukket	OB start
17	63.3875	10.3248	21.7	0	0	989	Åpen	OB start
18	63.3877	10.3241	21.7	0	0	989	Åpen	innkjørsel OB12-14
19	63.3878	10.3233	21.6	0	0	989	Åpen	
20	62.3878	10.3224	21.6	0	0	988	Lukket	
21	62.3878	10.3225	21.6	0	0	988	Åpen	
22	-	-	22.0	0	0	1002	Åpen	Wesselsgate / Weidemannsvei
23	-	-	22.1	0	0	1003	Åpen	Wesselsgate / Øvre Møllenbergsgate
24	-	-	22.1	0	0	1005	Åpen	Wesselsgate / Nedre Møllenbergsgate
25	-	-	22.1	0	0	1005	Tett	Nedre Møllenbergsgate mot øst
26	-	-	22.1	0	0	1005	Åpen	Nedre Møllenbergsgate / Gamle Kongevei

Vedlegg H Meteorologiske data

Time	NB_mm:Trondheim	Time	NB_mm:Trondheim
23.09.2006 00:00	0	25.09.2006 07:00	0
23.09.2006 01:00	0	25.09.2006 08:00	0
23.09.2006 02:00	0	25.09.2006 09:00	0
23.09.2006 03:00	0	25.09.2006 10:00	0
23.09.2006 04:00	0	25.09.2006 11:00	0
23.09.2006 05:00	0	25.09.2006 12:00	0
23.09.2006 06:00	0,2	25.09.2006 13:00	0
23.09.2006 07:00	0	25.09.2006 14:00	0
23.09.2006 08:00	0	25.09.2006 15:00	0
23.09.2006 09:00	0	25.09.2006 16:00	0
23.09.2006 10:00	0	25.09.2006 17:00	0
23.09.2006 11:00	0	25.09.2006 18:00	0
23.09.2006 12:00	0	25.09.2006 19:00	0
23.09.2006 13:00	0	25.09.2006 20:00	0
23.09.2006 14:00	0	25.09.2006 21:00	0
23.09.2006 15:00	0	25.09.2006 22:00	0
23.09.2006 16:00	0	25.09.2006 23:00	0
23.09.2006 17:00	0	26.09.2006 00:00	0
23.09.2006 18:00	0	26.09.2006 01:00	0
23.09.2006 19:00	0	26.09.2006 02:00	0
23.09.2006 20:00	0	26.09.2006 03:00	0
23.09.2006 21:00	0	26.09.2006 04:00	0
23.09.2006 22:00	0	26.09.2006 05:00	0
23.09.2006 23:00	0	26.09.2006 06:00	0
24.09.2006 00:00	0	26.09.2006 07:00	0
24.09.2006 01:00	0	26.09.2006 08:00	0
24.09.2006 02:00	0	26.09.2006 09:00	0
24.09.2006 03:00	0	26.09.2006 10:00	0
24.09.2006 04:00	0	26.09.2006 11:00	0
24.09.2006 05:00	0	26.09.2006 12:00	0
24.09.2006 06:00	0	26.09.2006 13:00	0
24.09.2006 07:00	0	26.09.2006 14:00	0
24.09.2006 08:00	0	26.09.2006 15:00	0
24.09.2006 09:00	0	26.09.2006 16:00	0
24.09.2006 10:00	0	26.09.2006 17:00	0
24.09.2006 11:00	0	26.09.2006 18:00	0
24.09.2006 12:00	0	26.09.2006 19:00	0
24.09.2006 13:00	0	26.09.2006 20:00	0
24.09.2006 14:00	0	26.09.2006 21:00	0
24.09.2006 15:00	0	26.09.2006 22:00	0
24.09.2006 16:00	0	26.09.2006 23:00	0
24.09.2006 17:00	0	27.09.2006 00:00	0
24.09.2006 18:00	0	27.09.2006 01:00	0
24.09.2006 19:00	0	27.09.2006 02:00	0
24.09.2006 20:00	0	27.09.2006 03:00	0
24.09.2006 21:00	0	27.09.2006 04:00	0
24.09.2006 22:00	0	27.09.2006 05:00	0
24.09.2006 23:00	0	27.09.2006 06:00	0
25.09.2006 00:00	0	27.09.2006 07:00	0
25.09.2006 01:00	0	27.09.2006 08:00	0
25.09.2006 02:00	0	27.09.2006 09:00	0
25.09.2006 03:00	0	27.09.2006 10:00	0
25.09.2006 04:00	0	27.09.2006 11:00	0
25.09.2006 05:00	0	27.09.2006 12:00	0
25.09.2006 06:00	0	27.09.2006 13:00	0,2

Time	NB_mm:Trondheim	Time	NB_mm:Trondheim
27.09.2006 14:00	1	29.09.2006 21:00	0
27.09.2006 15:00	1,4	29.09.2006 22:00	0
27.09.2006 16:00	0	29.09.2006 23:00	0
27.09.2006 17:00	0,4	30.09.2006 00:00	0
27.09.2006 18:00	0,2	30.09.2006 01:00	0
27.09.2006 19:00	0	30.09.2006 02:00	0
27.09.2006 20:00	0,4	30.09.2006 03:00	0
27.09.2006 21:00	0	30.09.2006 04:00	0
27.09.2006 22:00	0	30.09.2006 05:00	0
27.09.2006 23:00	0	30.09.2006 06:00	0
28.09.2006 00:00	0	30.09.2006 07:00	0
28.09.2006 01:00	0	30.09.2006 08:00	0
28.09.2006 02:00	0	30.09.2006 09:00	0
28.09.2006 03:00	0	30.09.2006 10:00	0
28.09.2006 04:00	0	30.09.2006 11:00	0
28.09.2006 05:00	0	30.09.2006 12:00	0
28.09.2006 06:00	0	30.09.2006 13:00	0
28.09.2006 07:00	0	30.09.2006 14:00	0
28.09.2006 08:00	0	30.09.2006 15:00	0
28.09.2006 09:00	0	30.09.2006 16:00	0
28.09.2006 10:00	0	30.09.2006 17:00	0
28.09.2006 11:00	0	30.09.2006 18:00	0
28.09.2006 12:00	0	30.09.2006 19:00	0
28.09.2006 13:00	0	30.09.2006 20:00	0
28.09.2006 14:00	0	30.09.2006 21:00	0
28.09.2006 15:00	0	30.09.2006 22:00	0
28.09.2006 16:00	0	30.09.2006 23:00	0
28.09.2006 17:00	0	01.10.2006 00:00	0
28.09.2006 18:00	0	01.10.2006 01:00	0
28.09.2006 19:00	0	01.10.2006 02:00	0
28.09.2006 20:00	0	01.10.2006 03:00	0
28.09.2006 21:00	0	01.10.2006 04:00	0
28.09.2006 22:00	0,6	01.10.2006 05:00	0
28.09.2006 23:00	0,4	01.10.2006 06:00	0
29.09.2006 00:00	0,8	01.10.2006 07:00	0
29.09.2006 01:00	0,8	01.10.2006 08:00	0
29.09.2006 02:00	0,8	01.10.2006 09:00	0,2
29.09.2006 03:00	0	01.10.2006 10:00	0
29.09.2006 04:00	0,2	01.10.2006 11:00	0
29.09.2006 05:00	0	01.10.2006 12:00	0
29.09.2006 06:00	0	01.10.2006 13:00	0
29.09.2006 07:00	0	01.10.2006 14:00	0
29.09.2006 08:00	0,4	01.10.2006 15:00	0
29.09.2006 09:00	0,4	01.10.2006 16:00	0,2
29.09.2006 10:00	0	01.10.2006 17:00	0
29.09.2006 11:00	0	01.10.2006 18:00	0
29.09.2006 12:00	0	01.10.2006 19:00	0
29.09.2006 13:00	1,6	01.10.2006 20:00	0,4
29.09.2006 14:00	0	01.10.2006 21:00	1,2
29.09.2006 15:00	0	01.10.2006 22:00	0
29.09.2006 16:00	0	01.10.2006 23:00	0
29.09.2006 17:00	0	02.10.2006 00:00	0
29.09.2006 18:00	0	02.10.2006 01:00	0
29.09.2006 19:00	0	02.10.2006 02:00	0
29.09.2006 20:00	0	02.10.2006 03:00	0

Time	NB_mm:Trondheim	Time	NB_mm:Trondheim
02.10.2006 04:00	0	04.10.2006 11:00	0
02.10.2006 05:00	0	04.10.2006 12:00	0
02.10.2006 06:00	0	04.10.2006 13:00	0
02.10.2006 07:00	0	04.10.2006 14:00	0
02.10.2006 08:00	0	04.10.2006 15:00	0
02.10.2006 09:00	0	04.10.2006 16:00	0
02.10.2006 10:00	0	04.10.2006 17:00	0
02.10.2006 11:00	0	04.10.2006 18:00	0
02.10.2006 12:00	0	04.10.2006 19:00	0
02.10.2006 13:00	0	04.10.2006 20:00	0
02.10.2006 14:00	0	04.10.2006 21:00	0
02.10.2006 15:00	0	04.10.2006 22:00	0
02.10.2006 16:00	0	04.10.2006 23:00	0
02.10.2006 17:00	0	05.10.2006 00:00	0
02.10.2006 18:00	0		
02.10.2006 19:00	0		
02.10.2006 20:00	0		
02.10.2006 21:00	0		
02.10.2006 22:00	0		
02.10.2006 23:00	0		
03.10.2006 00:00	0		
03.10.2006 01:00	0		
03.10.2006 02:00	0		
03.10.2006 03:00	0,2		
03.10.2006 04:00	0,4		
03.10.2006 05:00	0,4		
03.10.2006 06:00	1		
03.10.2006 07:00	0,4		
03.10.2006 08:00	0,4		
03.10.2006 09:00	0		
03.10.2006 10:00	0		
03.10.2006 11:00	0		
03.10.2006 12:00	0		
03.10.2006 13:00	0		
03.10.2006 14:00	0		
03.10.2006 15:00	0		
03.10.2006 16:00	0		
03.10.2006 17:00	0		
03.10.2006 18:00	0		
03.10.2006 19:00	0		
03.10.2006 20:00	0		
03.10.2006 21:00	0		
03.10.2006 22:00	0		
03.10.2006 23:00	0		
04.10.2006 00:00	0		
04.10.2006 01:00	0		
04.10.2006 02:00	0		
04.10.2006 03:00	0		
04.10.2006 04:00	0		
04.10.2006 05:00	0		
04.10.2006 06:00	0		
04.10.2006 07:00	0		
04.10.2006 08:00	0		
04.10.2006 09:00	0		
04.10.2006 10:00	0		