



# Rapport / Report

**Trondheim kommune. Byplankontoret  
Ladedalen deponi**

## **Utarbeidelse av mulighetsstudie Rapport**

20120465-01-R  
21. desember 2012  
Rev. nr.: 1, 22. mars 2013

Ved elektronisk overføring kan ikke konfidensialiteten eller autentisiteten av dette dokumentet garanteres. Adressaten bør vurdere denne risikoen og ta fullt ansvar for bruk av dette dokumentet.

Dokumentet skal ikke benyttes i utdrag eller til andre formål enn det dokumentet omhandler. Dokumentet må ikke reproduseres eller leveres til tredjemand uten eiers samtykke. Dokumentet må ikke endres uten samtykke fra NGL.

Neither the confidentiality nor the integrity of this document can be guaranteed following electronic transmission. The addressee should consider this risk and take full responsibility for use of this document.

This document shall not be used in parts, or for other purposes than the document was prepared for. The document shall not be copied, in parts or in whole, or be given to a third party without the owner's consent. No changes to the document shall be made without consent from NGL.



## Prosjekt

Prosjekt: Ladedalen deponi  
Dokumenttittel: Utarbeidelse av mulighetsstudie  
Dokumentnr.: 20120465-01-R  
Dato: 21. desember 2012  
Rev. nr./rev. dato: 1 / 22. mars 2013

Hovedkontor:  
Pb. 3930 Ullevål Stadion  
0806 Oslo

Avd Trondheim:  
Pb. 1230 Sluppen  
7462 Trondheim

T 22 02 30 00  
F 22 23 04 48

Kontonr 5096 05 01281  
Org. nr 958 254 318 MVA

[ngi@ngi.no](mailto:ngi@ngi.no)  
[www.ngi.no](http://www.ngi.no)

## Oppdragsgiver

Oppdragsgiver: Trondheim kommune, Byplankontoret  
Kontaktperson: Sissel Arctander  
Kontraktreferanse: Kontrakt datert 15. juni 2012

## For NGI

Prosjektleder: Mari Moseid  
Utarbeidet av: Mari Moseid, NGI  
Kyrre Emaus, NGI  
Finn Christensen, Hjeltnes Consult  
Randi Skirstad Grini, NGI  
Kontrollert av: Marianne Kvennås, NGI

## Sammendrag

Trondheim kommune v/Byplankontoret arbeider med ny kommunedelplan for Lade og Leangen. Ett av spørsmålene som ønskes avklart er bruken av arealene nord for Meråkerbanen, i hovedsak Ladedalen. Området er fylt opp med betydelige mengder deponert avfall. Dette legger begrensninger og restriksjoner på den framtidige arealbruken, og Trondheim kommune ønsker å avklare realismen, teknisk og økonomisk, i en sanering av dette avfallsdeponiet. Det konkluderes med at det teknisk sett er mulig å etablere bebyggelse over de deponerte massene i avfallsfyllinga. Det er en rekke særskilte problemstillinger knyttet til setninger og gassmigrasjon som må ivaretas, men det er teknisk sett mulig å ivareta ved etablering av nybygg. Det vurderes ikke å være behov for mer omfattende sikringstiltak ved etablering av boligbebyggelse enn ved etablering av næringsbygg. Det vurderes ikke å være aktuelt å masseutskifte fyllinga. Det må påregnes til dels betydelig forhøyede bygge- og vedlikeholdskostnader i forhold til tilsvarende

## Sammendrag (forts.)



Dokumentnr.: 20120465-01-R

Dato: 2012-09-21

Rev. nr.: 21, 22. mars 2013

Side: 4

bebyggelse på naturlige mineralske masser. Det må forventes at det må gjøres en miljørisikovurdering knyttet til spredning.

Den psykologiske faktoren med etablering av boliger på en avfallsfylling er ikke vurdert i denne rapporten.

# Innhold

1	Innledning	6
2	Mål for prosjektet	6
3	Lovverk	6
4	Arbeidsprosess	7
5	Historikk	7
6	Grunnforhold	9
7	Massehåndtering	9
	7.1 Generelt	9
	7.2 Forurenset grunn	11
	7.3 Avfall	12
8	Geotekniske problemstillinger	13
	8.1 Generelt	13
	8.2 Utgraving, stabilitet og terrengarronding	14
	8.3 Fundamentering	14
9	Deponigass og sikring mot gassinntregning til bygninger	15
	9.1 Generelt om gassproduksjon i deponier	15
	9.2 Gassproduksjon fra Ladedalen deponi	17
	9.3 Gassmålinger - Ladedalen deponi	19
	9.4 Gasslekkasjer/spredning av gass	20
	9.5 Tiltak for å redusere spredning av deponigass	21
	9.6 Tiltak for å sikre mot gassinntregning til bygninger	22
	9.7 Sikkerhet, helse og arbeidsmiljø (SHA)- gass	24
10	Forslag til fremdrift – Byggefaser	25
	10.1 Mulig gjennomføringsmodell for å redusere kostnader til offentlig infrastruktur	25
	10.2 Tekniske vurderinger av byggefaser	25
11	Supplerende undersøkelser	26
12	Kostnader	27
13	Konklusjon	31
14	Referanser	32

## Kontroll- og referanseside

## 1 Innledning

Trondheim kommune v/Byplankontoret arbeider med ny kommunedelplan for Lade og Leangen. Ett av spørsmålene som ønskes avklart er bruken av arealene nord for Meråkerbanen, i hovedsak Ladedalen. Viktige punkter i kommunedelplanen er vurdering av arealbruk og arealbruksintensitet. Det skal vurderes om nærings- og industriarealer kan gjøres om til boligområder. Parkering ønskes utført under bakken i boligområdene. Det er ikke laget endelige planer for veistruktur, men det antas å følge en del av dagens veiforbindelser i området. Det er foreløpig heller ikke planlagt hvor grøntområder i næring og boligområder skal være.

Området er fylt opp med betydelige mengder deponert avfall. Dette legger begrensninger og restriksjoner på den framtidige arealbruken, og Trondheim kommune ønsker å avklare realismen, teknisk og økonomisk, i en sanering av dette avfallsdeponiet.

Mulighetsstudien er utført av NGI i samarbeid med Hjellnes Consult, og med bistand fra Lindum avfallsanlegg.

## 2 Mål for prosjektet

Mulighetsstudien har som mål å avklare om deler av området kan bebygges med boliger eller annen bebyggelse, og hvilke tiltak som må gjennomføres. Det er også et mål å vurdere hvorvidt sanering av deponiet er teknisk gjennomførbart og økonomisk forsvarlig. I tillegg omfatter studien en vurdering av kostnader for nødvendige tiltak.

## 3 Lovverk

I lovverket er restriksjoner knyttet til bygging på nedlagte deponier hjemlet og beskrevet i følgende regelverk:

- ***Forurensningslovens Kap. 1 § 1: (lovens formål)***  
Vern av ytre miljø og redusere eksisterende forurensning, redusere mengde avfall og sikre at avfall ikke fører til helseskade.
- ***Forurensningsloven Kap 2 § 7: (plikt til å unngå forurensning)***
- ***Plan- og bygningsloven***  
Stiller krav til stabilitet for bygg (setninger, grunnbrudd) og HMS (ytre miljø og innemiljø)
- ***Forurensningsforskriften kap 2: Opprydding i forurenset grunn ved bygge- og gravearbeider.***

Grunnet alder på deponiet, avsluttet i 1970, håndteres fyllingen i Ladedalen som forurenset grunn.

## 4 Arbeidsprosess

Studien er gjennomført i tett samarbeid med Trondheim kommune gjennom møter og diskusjoner. Det ble gjennomført en workshop i oppstarten av prosjektet for å avstemme en felles forståelse for oppgaven, samt å avklare kommunens planer og ønsker for området. Trondheim kommune informerte om eksisterende planer og planprosesser for området. I tillegg ble utfordringer og begrensninger for utvikling av området og gjennomføring av tiltak diskutert.

## 5 Historikk

Historikken som er oppsummert under er oppgitt av Trondheim kommune i konkurransegrunnlaget (TK, 2012), dersom ikke annen referanse er oppgitt.

Ladedalen er et nedlagt avfallsdeponi som eksisterte som aktivt deponi fram til det ble stengt som kommunalt deponi i 1970. Tyske militære startet gjenfylling av Ladedalen i 1940 i forbindelse med etablering av den militære flyplassen og andre militære installasjoner i nærheten.

Fra 1945 til 1952 ble Ladedalen brukt som deponi for forbruksavfall fra Strinda kommune. Etter 1952 var det delvis opphold i deponeringen fram til ny oppstart i 1961. I perioden fra 1961 til avslutningen av deponiet i 1970 ble det deponert forbruks- og produksjonsavfall fra Trondheim kommune. Farlig avfall fra industrien i Trondheim og Lade ble også deponert i Ladedalen. Det antas at dette avfallet bl.a. omfattet større mengder maling, lakk og løsemidler.

I området rundt fyllinga er det i dag kontor og næringslokaler, industri og lageraktivitet. Den industrielle aktiviteten nær fyllinga har sannsynligvis vært en viktig avfallsleverandør til deponiet. I løpet av krigsårene ble området brukt som flyoppstillingsplass av tyskerne. Militærvirksomheten omfattet to flyhangarer, verksted og lager. Industri som smelteverkvirksomhet, jernindustri og treimpregnering har foregått i området og har sannsynligvis tilført forurensning til grunnen. Drift fra eksisterende virksomheter som bilverksted, bensinstasjon og gjenvinningsanlegg kan ha tilført forurensninger til grunnen i området i senere tid (NGU, 2005).

Kart over Ladebekkens ravinedal som nå er oppfylt, er vist i figur 1.



Figur 1: Kart fra 1951 som viser Ladebekken ravinedal som nå er gjenfylt (NGU, 2005).

Ladedalen er ett av flere gamle avfallsfyllinger i Trondheim. Oppryddingen etter krigen medførte deponering av søppel, store mengder metallavfall, piggråd, skrap og skrot. Det er usikkert om dette ble gjenbrukt eller deponert. I 1947 ble det innført "Bradford-fylling" ved fyllinga på Sluppen. Dette innebar at søpla ble dekket med ren fyllmasse så raskt som mulig etter at den er tømt ut av søppelbilen. Søpla blir fordelt i tykke lag på 1,5 til 2 m utover en større flate. Deretter dekkes dette med mineralske masser før et nytt lag med søppel blir lagt oppå (Carstens, 1993). Det er usikkert om denne metoden ble benyttet på Ladefyllinga.

Arealet på deponiet er ca 70.000 m<sup>2</sup>, og det antas å inneholde ca 500.000 m<sup>3</sup> avfall. Samlet fyllingsvolum av avfall og overdekningsmasser er beregnet til å ligge mellom 925.000 m<sup>3</sup> og 950.000 m<sup>3</sup>, avhengig av beregningsmetoder. Mektigheten på deponiet følger avgrensningen og topografien i det oppfylte dalføret og varierer fra null til over 12 m fylling. Fyllinga har et overdekningslag med mineralske masser med mektighet som varierer mellom 3 og 9 m. Kart fra 1951 og 2000 er brukt som grunnlag for å estimere fyllingens areal og volum (NGU, 2005). Grunnundersøkelser med borer, prøvegravinger og analyser av uttatte masseprøver, viser tydelig innhold av ulike typer avfall, og det er bl.a. registrert tungmetaller og organiske miljøgifter over Trondheim kommunes grenseverdier for ren jord.

Det er gjennomført flere undersøkelser som har avdekket at det forekommer utlekkning av deponigass i flere områder på det nedlagte avfallsdeponiet. Deponigass er påvist både innendørs i bygninger, i kummer og utendørs, men det synes ikke å være en klar sammenheng mellom mengder avfall (mektighet av deponiet) og registrert forekomst av deponigass.

Fra og med 2005 er det utarbeidet flere tiltaksplaner i samsvar med kapittel 2 i Forurensningsforskriften i forbindelse med terrenginngrep i bygge- og anleggsprosjekter i området. Tiltaksplanene beskriver resultater fra gjennomførte undersøkelser i det aktuelle området og rutiner for håndtering og disponering av gravemasser.

Ladebekken ligger i dag i en kulvert med avløpsvann i bunnen av deponiet, og Trondheim kommune har utarbeidet et forprosjekt for omlegging av denne. Tegninger for dette forprosjektet inneholder lengdeprofiler av ledningsanleggene hvor også opprinnelig terrengnivå er angitt på deler av området. Det er foretatt analyser av avløpsvannet i kulverten og disse indikerer utlekking av kadmium, sink, tinn og barium fra deponiet til kulverten. Beslutningen om eventuell omlegging vil bli tatt i løpet av 2012.

Dagens arealbruk er begrenset i gjeldende kommunedelplan som ikke tillater etablering av nye boliger eller annen følsom bebyggelse på deponiet (TK, 2007).

## **6 Grunnforhold**

Ladedalen er en ravedal som i årene ca 1940 - 1970 er gjenfylt med både forbruks- og produksjonsavfall og senere overdekket med forekommende gravemasser. Tidligere utførte grunnundersøkelser indikerer at det på de dypeste partier i dalbunnen kan være mer enn ca 12 meter avfall, samt overdekningsmasser varierende mellom 0 og ca 8 - 10 meter over original grunn. Nærmere beskrivelse av forurensete masser er gitt i annet kapittel.

Ut fra tilgjengelige data fra tidligere utførte grunnundersøkelser vurderes originale masser under fyllingen å bestå av middels fast leire. Leira er ikke karakterisert som definisjonsmessig kvikk. Massene karakteriseres generelt som normalkonsoliderte, men må antas å ha en viss overkonsolidering ved dalbunn og der den største oppfyllingen er foretatt.

Det foreligger ikke undersøkelser som gir god oversikt over fjellforløp i området. Spredte registreringer kan tyde på fjellnivå ca 40 meter under dagens terreng på den vestre del av deponiet og mulig 15 - 20 meter i øst. Det må påregnes betydelige variasjoner over området.

## **7 Massehåndtering**

### **7.1 Generelt**

All massehåndtering i og i nærheten av Ladefyllinga vil medføre restriksjoner knyttet til bruk og disponering av massene. Ved utgraving av masser vil det være tre aktuelle massetyper:

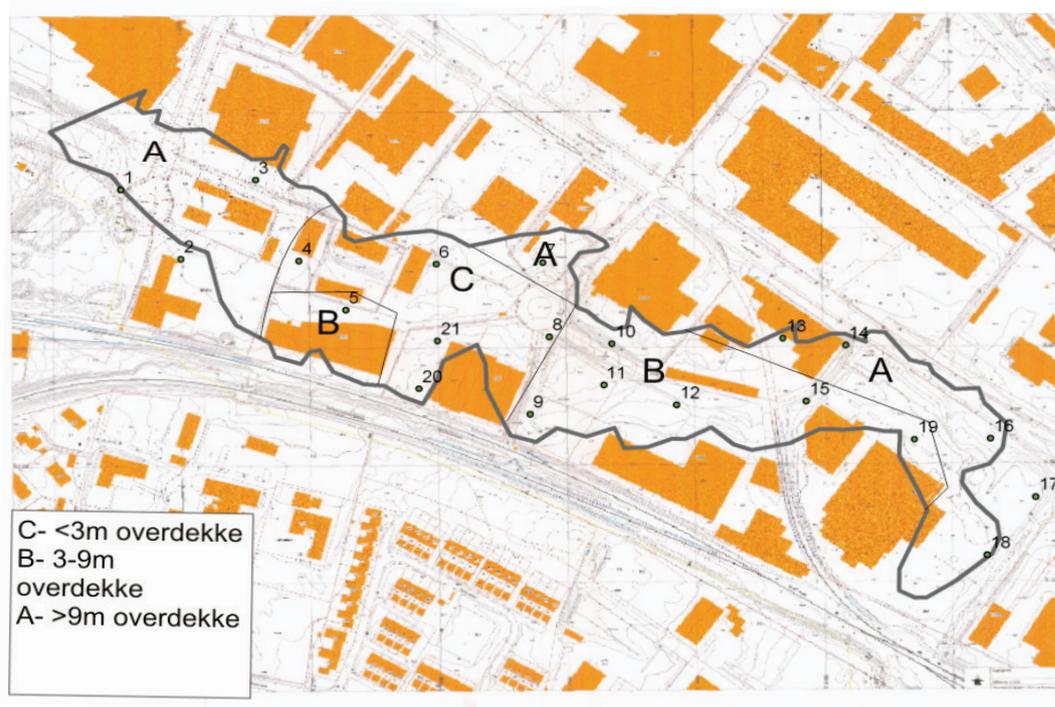
- Naturlige avsetninger (under og i randsonen av fyllinga)
- Overdekningsmasse bestående av mineralske masser
- Avfall som i stor grad må forventes å være iblandet mineralske masser

Det vurderes ikke å være aktuelt å masseutskifte fyllinga. Dette begrunnes ut fra flere forhold:

- Avfallet fungerer som støtte for skråningsstabiliteten som det ligger i dag. En utgraving vil medføre risiko for utrasing inn mot ravinen, og setningsskader på eksisterende bebyggelse i randsonen rundt deponiet.
- Samlet volum avfall i deponiet er anslått å være i størrelsesorden 500.000 m<sup>3</sup> i deponiet. Det dreier seg om usortert avfall som er deponert over en lang periode, med ulik nedbrytningsgrad. Det vil kreve særskilte tiltak for å hindre helserisiko for personell ved en utgraving og sortering av disse massene. I tillegg vil uttransport av det store volum masse medføre trafikale utfordringer i nærområdet.
- Det vil være utfordringer knyttet til lukt, støy og skadedyr i nærområdet ved utgraving og sortering av avfallet. Det vil kreves særskilte tiltak for å unngå risiko for spredning av forurensning under graving, sortering og transport av avfallet.
- Avfallet krever sortering før videre deponering/forbrenning. Sorteringsmulighet og – grad vil være svært variable mtp fyllingshistorikken.
- Mottak for deler av avfallet må påregnes å ligge i til dels stor avstand fra Trondheim. Det må forventes betydelige kostnader knyttet til eventuell sortering, transport og levering av avfall til godkjente mottak. Det kan være vanskelig å finne lokale mottak for avfallet.

Det anbefales at eventuell bebyggelse på området planlegges slik at en unngår i størst mulig grad å grave ned i avfallet for etablering av parkeringskjeller eller infrastruktur. Dette kan ivaretas ved å planlegge dypere bebyggelse i områder med størst overdekning.

Funksjoner som skal under bakken vil imidlertid kreve noe masseutskifting. Det er i dag store terrengforskjeller på deponiet, noe som gir stor variasjon av dekkmasser. Mektigheten av dekkmasser ble kartlagt i 2004 (NGU, 2005). Resultatet fra kartleggingen viser at dekklaget kan ha en mektighet på opptil 9 meter, som vist i figur 2. Masseutskifting i forbindelse med etablering av parkeringskjellere og infrastruktur vil dermed medføre oppgraving av dekkmasser i store områder. Dekkmasser som ikke kan gjenbrukes i boligområdene bør vurderes gjenbrukt i fysiske barrierer som eksempelvis støyvoller mot jernbanen, oppfylling av friarealer og eventuelt som underbygning av veier og gangveier i området. Massene må før bestemmelse av disponering kartlegges for kjemisk innhold, samt tilfredsstillende fysiske krav for den aktuelle bruken.



Figur 2: Mektighet av overdekningsmasser på Ladefyllinga (NGU, 2005).

## 7.2 Forurenset grunn

Mineralske gravemasser håndteres etter forurensningsforskriftens kapittel 2 som omhandler forurenset grunn. Det kan søkes om tillatelse til å gjenbruke massene innenfor de aktuelle eiendommene. Overskuddsmasser må leveres til godkjent mottak. Rene masser disponeres fritt og i henhold til Plan- og bygningsloven.

Klif's veileder for helsebaserte tilstandsklasser for forurenset grunn (Klif, 2009) og Trondheim kommunes tilstandsklasser for forurenset grunn (TK, 2011) oppgir klassifiseringsgrenser for ulike typer foruensede masser, hvor klasse 1 er jord med konsentrasjoner innenfor normverdi for mest følsom arealbruk gitt i forurensningsforskriften kapittel 2. Klassifiseringen er basert på risiko for helse for mennesker ved eksponering av massene, og tar ikke hensyn til risiko for spredning. I veilederen oppgis det at det for boligområder er aktuelt å gjenbruke masser med tilstandsklasse 1 og 2 i toppjord (øvre meter), mens det i dypereliggende jord kan gjenbrukes klasse 3. Hvis det beregnes en liten risiko for spredning kan også masse i tilstandsklasse 4 tillates gjenbrukt i dypereliggende jord.

Det vil være krav om at det utføres en risikovurdering som i tillegg til helserisiko vurderer spredningen fra fyllingen. Spredningsvurderingen må omfatte spredning fra fyllingen i sin helhet. Resultatet fra spredningsvurderingen skal avdekke om det er uakseptabel spredning av miljøgifter til omkringliggende miljø (inkludert resipient). I Klif's veileder TA1995/2003 er gangen i en miljørisikovurdering for deponier gitt (Klif, 2003). Risiko for spredning må bygge på hydrologiske data,

lokalisering av spredningsveier, tidligere og nye målinger av sivevann fra fyllingen i tillegg til vannbalansedata før og etter bebyggelse / endret arealbruk, samt endringer i vannføring i kulverten under fyllingen etter at ny Ladebekk-kulvert er etablert i ny trasé.

Overskuddsmasser i forbindelse med graving er begrenset til overdekningsmasser på fyllingen da det som beskrevet i kapittel 7.1 ikke er aktuelt å masseutskifte fyllingen. Overskuddsmasse fra graving i overdekningslaget må forventes å være forurenset (byjord). Det må også forventes at overflatlag av naturlig avsatt materiale er forurenset. Det antas imidlertid å være lite volum naturlig avsatte masser som vil bli berørt ved utgraving.

Det er begrenset med lokale mottak for forurensende jordmasser. Rimol kan ta i mot byjordsmasser tilsvarende klasse 3, også klasse 4 beroende på utlekkingsstester. For høyere klassifisering må massene leveres til mottak utenfor regionen. Aktuelle mottak for forurensete masser er pr. i dag NOAH Langøya, Fana Gjenvinning (FSG) i Bergen og Miljøteknikk -Terrateam i Mo i Rana, (Lindum i Drammen). Disse mottakene kan ta i mot masser med høyere tilstandsklasse klasse 4 og 5. Masser med konsentrasjoner høyere enn tilstandsklasse 5 er farlig avfall og må håndteres spesielt. De aktuelle mottakene vil ha egne krav til dokumentasjon av kjemisk innhold og innhold av organisk innhold (TOC), samt utlekkingsstester i noen tilfeller.

Utbygging av området medfører at avfallet blir mindre tilgjengelig for en eventuell opprydding på et senere tidspunkt. Krav til overvåking av sivevann og spredning av forurensning fra deponiet vil ikke endres som følge av bebyggelse over deponiet.

### **7.3 Avfall**

Avfall må disponeres på godkjente mottak. Det er ikke aktuelt å gjenbruke avfallsmasser.

Avfallet i Ladefyllinga vil ha ulik nedbrytning som følge av tilgang til oksygen og vann i massene. Fyllingshistorikken tilsier at det vil være stor variasjon i type avfall, da deponering har foregått over lang tid, samt at avfallet stedvis trolig har blitt overdekket av mineralske masser i sjikt for å sikre fyllinga mot vind, lukt og skadedyr.

Som beskrevet i kapittel 6.1 vurderes det ikke å være aktuelt å grave opp hele fyllinga, men det kan i enkelte seksjoner være aktuelt å fjerne avfallsmasser dersom det planlegges dyp utgraving i områder med liten overdekning.

Eventuelt oppgravd avfall må sorteres og leveres til godkjente mottak. Det må skilles mellom ordinært avfall og farlig avfall. I tillegg må fraksjoner som dekk, hvite-/brunevarer som minimum sorteres ut. Det er ikke usannsynlig at store fraksjoner som kjøretøy, tønner og tilsvarende også er deponert i fyllinga. Sorterings-

graden vil avhenge av homogenitet og nedbrytningsgrad av avfallet i kombinasjon med krav fra de ulike mottaksanleggene. Det er naturlig å tenke seg utsortering av ulike fraksjoner ved hjelp av sikteverk med ulik maskestørrelse. I tillegg må det påregnes til dels betydelig manuell sortering ved hjelp av gravemaskin med klype. Sorteringskapasiteten varierer svært mye i forhold til inhomogenitet i fyllinga, nedbrytningsgrad med mer. Gjennvinningsverdien er trolig liten på grunn av varierende nedbrytningsgrad og innblanding av sand og annen overdekningsmasse. Det kan eventuelt være noe gjenvinningsverdi knyttet til utsortert metall i store fraksjoner. Ved leveranse av avfall til forbrenning stilles det strenge krav til sortering, og kostnadene er normalt høye. Det må derfor forventes at mesteparten av oppgravd avfall må re-deponeres, mens noe av det utsorterte avfallet kan sendes til forbrenning. Sorteringsplanen bør først og fremst tilpasses aktuelle avfallsmottak i regionen.

Pr. i dag er det ingen deponier som tar imot ordinært avfall i området, men det vil bli åpnet et nytt deponi i Trondheim som driftes av Franzefoss i nær fremtid. Krav til innhold av TOC i massene er ikke kjent. I tillegg finnes det deponi for inerte masser. Trondheim varmesentral tar i mot næringsavfall og husholdningsavfall for forbrenning. Mye av energien gjenvinnes og brukes til oppvarming via fjernvarmenettet i Trondheim. Energos sitt anlegg på Ranheim i Trondheim kan ta i mot 17 000 tonn pr. år. Dette anlegget tar i mot produksjonsavfall fra bedrifter. Energien fra dette avfallet benyttes til papirtørring ved Peterson Ranheim.

Det stilles også en rekke krav til dokumentasjon av avfall for deponering. Det er pr. i dag et generelt forbud mot deponering av organisk avfall med innhold av TOC > 10 %. De ulike mottaksanleggene har også ofte ulike krav til innhold av TOC i massene. Dette varierer normalt mellom 1 og 5 %. Det må påregnes at innholdet av TOC i en stor andel av de deponerte massene i fyllinga overstiger 5 %. I tillegg må utlekking fra avfallet dokumenteres i hht krav i avfallsforskriften.

Farlig avfall skal håndteres spesielt, og har spesifikke krav til håndtering, beskrevet i avfallsforskriften (Lovdata: <http://www.lovdata.no/for/sf/md/xd-20040601-0930.html#map0>).

## **8 Geotekniske problemstillinger**

### **8.1 Generelt**

Etablering av bygg og infrastruktur på inhomogene fyllingsområder er generelt geoteknisk krevende både med hensyn til graving/fylling, fundamentering og setninger.

Ladedalen var før oppfylling relativt dyp (anslagsvis 10-20 meter) og forventes å ha stått med stedvis stabilitetsmessig labile skråninger i originale leirmasser. Eksisterende fylling virker i dag som ”støtte” mot de tidligere, labile skråningene og dette har gjort det mulig å etablere både bygg og infrastruktur ut mot tidligere skråningstopp. Dagens fylling, bestående av både avfall og ukontrollerte, forefallende masser

er inhomogen og kompressibel og må forventes å være utsatt for betydelige og ujevne egensetninger i lang tid fremover. Endrede belastningsforhold i form av fylling og bygningslaster vil initiere tilleggsetninger.

Målinger har påvist gassutvikling i deponiet i Ladedalen og dette vil derfor måtte hensyntas også i forbindelse med grave- og fundamenteringsarbeider.

## **8.2 Utgraving, stabilitet og terrengarrondering**

Fyllingsmekktigheten i Ladedalen er alt vesentlig så stor at fullstendig masseutskifting generelt vurderes som urealistisk. Fjerning av masser som i dag ligger som støttefylling mot tidligere bekkeskråninger vurderes å være stabilitetsmessig risikofyllt med tanke på dagens etablerte bygg og infrastruktur. I de områder der fyllingsmekktigheten er minst kan det imidlertid være mulighet for slike tiltak, men dette må dokumenteres med grunnundersøkelser og analyse av stabilitet og deformasjonsproblematikk. Sikkerhet i anleggsgjennomføring kan nødvendiggjøre spesielle tiltak, eksempelvis seksjonsvis utførelse og rutiner i forhold til HMS (gass, forurenset grunn etc.).

Som nevnt tidligere forventes fyllingen å ha pågående egensetninger og vil i tillegg være sensitiv for tilleggslaster ut over dagens tilstand. Ut fra dette vil det i prinsipp være riktig å planlegge en evt. utbygging i nivå med dagens terreng med minst mulig fylling. Utgraving for kjeller i bygninger vil virke avlastende med tanke på setninger. Utgraving for kjeller og ledningsnett bør i størst mulig grad planlegges slik at gravenivå ligger i overdekningsmassene over deponert avfall. Mekktigheten på overdekningsmassene bør derfor også være retningsgivende for utforming av bygningsmassen på området.

## **8.3 Fundamentering**

Ut fra inhomogenitet og pågående setninger i fyllingen vurderes all fundamentering av boligbebyggelse og større bygg å måtte utføres på peler. Etablering av lett bebyggelse for eksempel for lagerhaller, kan direkte fundamentering vurderes. Ved slik fundamentering må imidlertid setninger påregnes.

Tilgjengelige data fra tidligere grunnundersøkelser indikerer dybder til fjell på ca 20 - 40 meter fra dagens terreng, noe som anses som realistiske dybder for de peletyper som kan være aktuelle. Generelt vil en anta at bruk av rammede betongpeler vil være både teknisk og økonomisk mest gunstig. En kan imidlertid ikke utelukke at fyllingen kan inneholde obstruksjoner som kan være vanskelig å forsere med ramming. Dette kan eksempelvis være stein, betongfragmenter, gamle bilvrak etc. Dette vil kunne øke risiko for pelebrekkasje og øket pelemengde. Alternativt til betongpeler vil også eksempelvis rammede stålprofiler/rør eller borede stålkjernepeler kunne være aktuelle. Peler må generelt være av en kvalitet eller ekstra beskyttet til å motstå evt. miljøpåvirkning fra gass og forurensning i massene.

Uansett peletype som velges vil utnyttelse av pelekapasitet for bygningslaster være vesentlig redusert sammenlignet med "normale forhold". Dette skyldes at pågående setninger i området vil medvirke påhengskrefter på pelene og dermed redusere restkapasiteten for påførte bygningslaster. Økede peledimensjoner og/eller antall peler i forhold til normalt må derfor påregnes.

Installerte peler vil kunne virke som ledningsveier for gass fra avfallsmassene som penetreres. Det er derfor viktig at god gasstetting ved pelehoder konstruktivt blir ivare tatt sammen med den øvrige gasstetting mot konstruksjoner. Avhengig av evt. gasskonsentrasjon vil det i anleggsfasen kunne bli nødvendig med spesielle tiltak i forbindelse med varme arbeider (eksempelvis kapping/sveising av peler).

Ved fundamentering på peler til fjell vil i prinsipp bygningsmassen være setningsfri mens utenforliggende områder følger fyllingens setningsutvikling. Dette krever at all sammenkopling av kabler og rør inn mot bygg må utføres med fleksibilitet som muliggjør opptak av differansesetninger. Setningene over området forventes å være ujevne både på grunn av massenes inhomogenitet og varierende fyllingsmekthet. Traseer for selvfølgelig ledninger må derfor planlegges og utføres slik at det tas høyde for differansesetninger. På grunn av stor usikkerhet tilknyttet setningsutvikling og variasjoner i setninger vil utførelse med pumping på ledningsnettet være risikomest bedre.

## **9 Deponigass og sikring mot gassinntregning til bygninger**

Avfallsmengden i deponiet er estimert til ca. 500 000 m<sup>3</sup> (NGU, 2007) blandet forbruks- og produksjonsavfall. Avfallet er deponert lagvis med en overdekking av tynne lag med leirholdige masser. Etter deponering av avfallet vil det skje en biologisk nedbrytning av organisk materiale i avfallet. Når nedbrytningen skjer uten tilgang på oksygen, f. eks. i dypere avfallslag eller i tildekket avfall, dannes primært gassene metan (CH<sub>4</sub>) og karbondioksid (CO<sub>2</sub>).

Store deler av deponioverflaten er dekket av asfalt eller bygninger. Dette medfører at det er liten tilførsel av vann til avfallet fra overflaten. Det meste av vannet føres til et overvannssystem og videre ut av området. Liten tilførsel av vann medfører lav gassproduksjon. Dette medfører også at det vil ta lang tid før det organiske materialet i avfallet er brutt ned og avfallet blir stabilt. Den biologiske nedbrytningen av organisk materiale omdanner avfallet til gass og humusstoffer. Gassproduksjon medfører en reduksjon i avfallsvolumet som fører til setninger i deponiet.

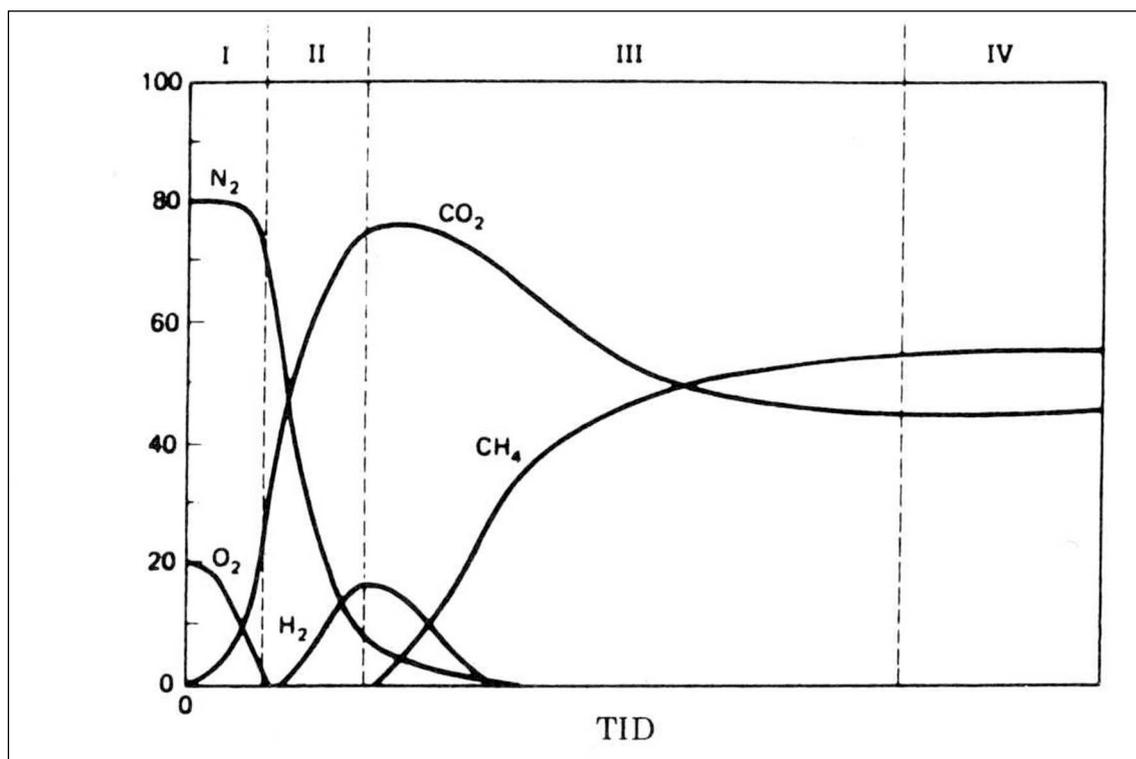
### **9.1 Generelt om gassproduksjon i deponier**

Deponigass er en samlebetegnelse på gass som produseres i avfallsdeponier. I hovedsak vil deponigassen bestå av metan (CH<sub>4</sub>), hydrogen (H<sub>2</sub>), karbondioksid (CO<sub>2</sub>), nitrogen (N) og mindre mengder flyktige hydrokarbonforbindelser og svovelholdige forbindelser, blant annet hydrogensulfid (H<sub>2</sub>S). Deponigass kjenne-

tegnes også ofte av lukt som følge av gassens innhold av blant annet svovelholdige forbindelser. Metan er lettere enn luft, og vil derfor lett diffundere ut av deponiet.

Gassproduksjonen i et avfallsdeponi avhenger generelt av mengden nedbrytbart avfall som er deponert (organisk materiale), men også av temperatur og vanninnhold i deponiet, pH, avfallets mektighet, avfallets partikkelstørrelse, kompakteringsgrad, dekkmassenes beskaffenhet og evt. innhold av toksiske stoffer som kan påvirke gassproduksjonen.

Deponigass vil inneholde mange komponenter avhengig av avfallet som er deponert, hvilken nedbrytningsfase deponiet er i (deponiets alder) og forhold i deponiet som vanninnhold, surhetsgrad mv. I figure 3 er det vist en enkel skisse med angivelse av gassens hovedkomponenter over tid (Halmø, 1984). I fase I og II skjer det en omdanning av organisk materiale til mer lett nedbrytbare organiske fettsyrer under tilgang av oksygen. Lengden på nedbrytningsfasen kan vare noen måneder til et par år, avhengig av de lokale forhold i deponiet. Som figuren viser er  $\text{CH}_4$  og  $\text{CO}_2$  de dominerende komponentene i fase III og IV. I disse fasene skjer nedbrytningen uten tilgang på oksygen. Fase III og IV kan vare i 20 til mer enn 60 år.



Figur 3: Gassproduksjon i et avfallsdeponi over tid (Halmø, 1984)

I et avfallsdeponi vil nedbrytningen skje svært sakte dersom det ikke er tilgang på vann. Studier fra blant annet Sverige på 80- og 90-tallet viste at avfallets fuktighet og temperatur var vesentlige faktorer for nedbrytningshastigheten og dermed også gassproduksjonen. Marelius (VBB-KONSULT, 1990) beskriver at fuktinnholdet

for maksimal gassproduksjon, ifølge Laboratorieforsøk, bør være i området 70-75 vektprosent.

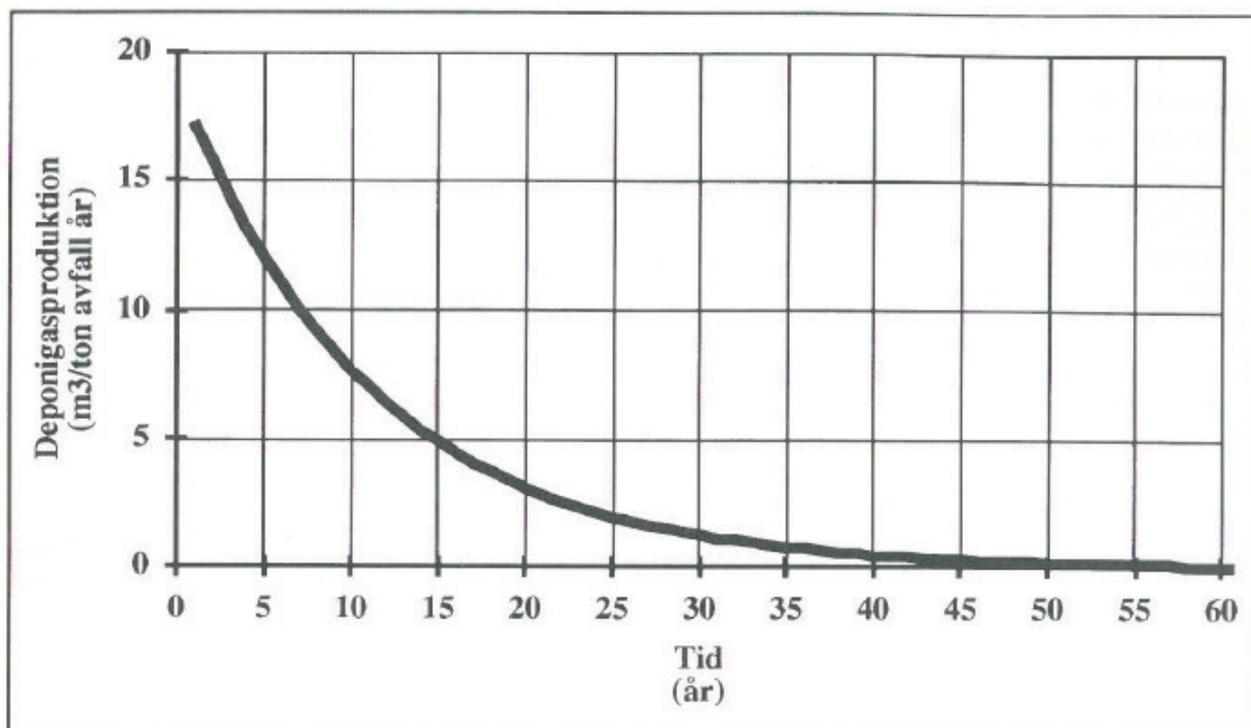
Ved svært høyt vanninnhold, eller dersom det er stående vann i deponiet (mettet situasjon), vil nedbrytningshastigheten, og dermed også gassproduksjonen, reduseres. Ved dårlig side- og toppetting av deponiet, vil det kunne strømme både grunnvann fra sidene og infiltrert nedbør gjennom avfallet. I slike situasjoner vil vannet i tillegg kunne ha en kjølede effekt (reduserer temperaturen i deponiet), som igjen vil kunne redusere den mikrobielle nedbrytningen i deponiet i betydelig grad.

Etter hvert som det organiske materialet brytes ned vil gassproduksjonen reduseres.

Ovenstående momenter betyr at det er svært vanskelig å beregne den faktiske gassproduksjonen i et avfallsdeponi.

## 9.2 Gassproduksjon fra Ladedalen deponi

Mengden deponigass som produseres i et deponi styres av mengden nedbrytbart organisk avfall i deponiet. Den største gassproduksjonen vil skje de første årene etter at avfallet er deponert, og i prinsippet vil gassproduksjonen være avtakende med et tilnærmet logaritmisk forløp, se figur 4 (NATURVÅRDSVERKET, 1993).



Figur 3: Variasjon av deponigassproduksjon over tid fra ett tonn husholdningsavfall og med nedbrytningshastighet tilsvarende en halveringstid på 7,5 år (NATURVÅRDSVERKET, 1993).

Erfaringsmessig er halveringstiden for det organisk, nedbrytbare avfallet 5-10 år. Dette betyr at gasspotensialet for ett tonn nedbrytbart, organisk avfall kan være i størrelsesorden 10-20 prosent av opprinnelig potensial etter 30 år i deponi.

Teoretiske beregninger for vurdering av gasspotensial vil være svært usikre på grunn av avfallens inhomogenitet, variable nedbrytningsparametre (vanninnhold, partikkelstørrelser etc.) og usikkerheter omkring avfallens faktiske sammensetning. Basert på erfaringer fra testpumping og ordinær pumping av gassbrønner ved en rekke deponigassanlegg, vil gassuttaket ved pumping fra gassbrønner normalt være i størrelsesorden 3-7 Nm<sup>3</sup>/tonn avfall pr. år (med metaninnhold 50 prosent).

Basert på en total mengde blandet avfall på 500 000 m<sup>3</sup>, er mulig gassproduksjon fra Ladedalen deponi i 1970 beregnet, og reduksjonen frem til et tidspunkt hvor gassproduksjonen vil være nesten ubetydelig.

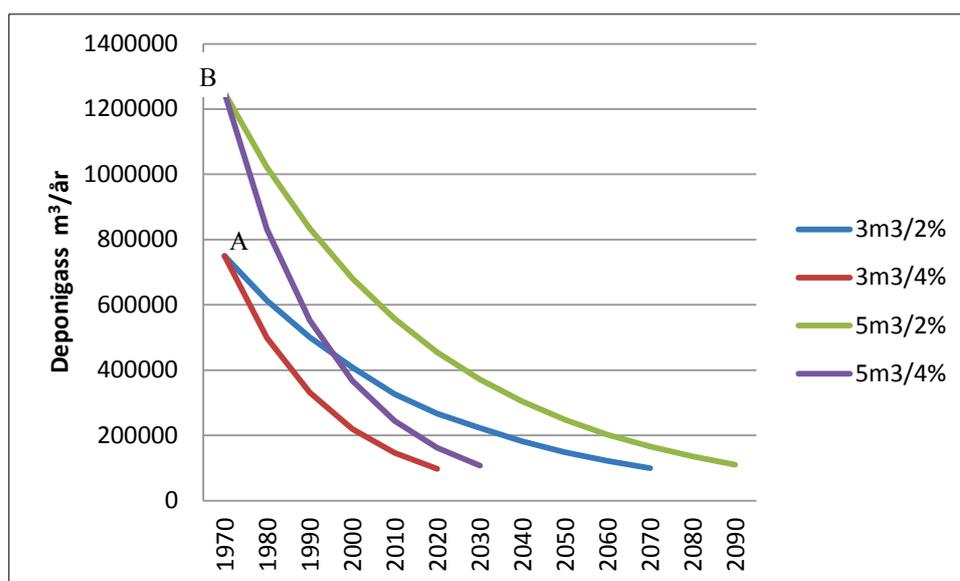
Beregningene er basert på følgende forutsetninger og resultatet er vist i figur 5:

Avfallsmengden i tonn:  $500\,000\text{ m}^3 \times 0,5\text{ t/m}^3 = 250\,000\text{ tonn}$

Scenarie A: Spesifikk gassproduksjon er 3 m<sup>3</sup>/tonn pr. år og reduksjonen er 2 % (blå linje) og 4 % (rød linje) pr. år.

Scenarie B: Spesifikk gassproduksjon er 5 m<sup>3</sup>/tonn pr. år og reduksjonen er 2 % (grønn linje) og 4 % (fiolett linje) pr. år.

Beregninger av denne art er usikre og gir kun en indikasjon på hvor mye og hvor lenge det vil kunne produseres gass fra deponiet



Figur 4: Mulig utvikling av gassproduksjonen fra Ladedalen deponi fra 1970

Fra figur 5 fremgår det at med en reduksjon på ca. 4 % pr. år vil gassproduksjonen være nesten ubetydelig i 2020/2030. Dersom reduksjonen er lavere, ca. 2 % pr. år, vil det kunne produseres gass frem til 2070/2090.

Erfaringstall fra Rommendeponiet (1959-1970) i Oslo viser en spesifikk gassproduksjon på 2 m<sup>3</sup>/t og 4 % reduksjon pr. år. Dette deponiet har en høy grunnvannstand som medfører lavere gassproduksjon enn Ladedalen, som har en god drenering i bunnen av deponiet. Det ble montert gassbrønner i 1996. Utpumping av gass vil dessuten øke omsetningen i deponiet og øke reduksjonen pr. år. I 2009 ble det pumpet ut ca. 570 000 m<sup>3</sup> deponigass fra Rommendeponiet. Det er beregnet at gassanlegget på Rommendeponiet vil være i drift frem til ca. 2030/2040. Selv om gassanlegget på Rommen driftes og vedlikeholdes godt, er det fortsatt registrert lekkasje av gass til omkringliggende bygninger og ledningsanlegg i grunnen. Et gassanlegg vil øke uttaket av gass fra deponiet og dermed øke nedbryningshastigheten på organisk materiale. Dette vil medføre at deponiet raskere kommer i en stabil tilstand.

Deponiet i Ladedalen er i en gassproduserende fase og det kan oppstå gassblandinger i kummer og bygninger som er eksplosjonsfarlige. I tillegg utgjør deponigassen en helserisiko ved eksponering for gasser og mulige helseskadelige sporstoffer i gassen i inneluft i bygg på deponiet eller i nærheten av deponiet.

Basert på erfaringstall fra tilsvarende deponi anslås den totale setningen på grunn av gassproduksjonen å bli mellom 15-20 % av opprinnelig avfallshøyde. Setningene vil fordele seg over samme tidsperiode som gassproduksjonen og vil ha en logaritmisk utvikling tilsvarende gassproduksjonen. Dette betyr at det vil forekomme setninger i områder med mest avfall frem til 2030/2050. Basert på beregningsresultater vist i figur 5 var setningen ca. 50 % av totalen i 2010 og vil være ca. 75 % i 2040.

Det er i dag ingen uttak av deponigass fra Ladedalen deponi, kun naturlig emisjon gjennom toppdekket til atmosfæren. Dersom det monteres et anlegg for utpumping av gass, vil reduksjonen av gassmengden øke (ca. til 4-6 %) og deponiet vil raskere komme i en tilnærmet stabil tilstand. Et gassanlegg vil imidlertid ikke forhindre lekkasje av gass til bygninger og ledningsanlegg på deponiet. En forutsetning for etablering av gassanlegg er at deponiet tilføres vann. Dette kan være overvann som infiltreres under kontrollerte forhold via grøntområder.

### **9.3 Gassmålinger - Ladedalen deponi**

I mai 2005 ble det registrert deponigass i området, både innendørs og utendørs. Det ble dessuten påvist eksplosjonsfare i enkelte punkter (kummer, sluk og drenering langs bygg). Dette førte til at det ble gjennomført målinger av forekomst av deponigass i samtlige kummer på deponiet i september 2005. Målingene ble gjennomført av Multiconsult på oppdrag fra Trondheim kommune (Multiconsult, 2005). Det ble registrert metan i 32 av 169 målepunkter.

I etterfølgende tabell er det gitt en oversikt over hvilke kummer det ble målt metan i og metankonsentrasjonen i den enkelte kum. Kummenes plassering og metankonsentrasjon er angitt på kartskissen i vedlegg A. Fargene på kartet representerer konsentrasjonene i henhold til tabell 1.

Tabell 1: Måling av metan i kummer 2005 – Ladedalen deponi (Multiconsult, 2005)

Farge	CH <sub>4</sub> %	Kum nr.	Merknad
Blå	> 40	35,36,39,55,56,76,77,91,112,152	10 kummer med høy konsentrasjon
Gul	15 - 40	64, 78	2 kummer med middels konsentrasjon
Rosa	5 - 15	27, 92, 167	3 kummer med eksplosjonsfare (forutsatt O <sub>2</sub> > 16 %)
Grønn	< 5	26,40,49,58,60,70,71,72,81,106,121,124,134,147,153,154,165	17 kummer med konsentrasjon under eksplosjonsfare

I perioden mars 2006 til september 2007 gjennomførte Multiconsult målinger av metan, karbondioksid og oksygen i bygninger med adresse Haakon VII gate 17b, 17c, 19b, 23a, 23b og 25 (Multiconsult, 2007). Det ble registrert 0,04 % -0,14 % metan i stakeluke i bygg 19b, 0,03 % - 0,09 % metan i kum i bygg 23a og 23b og i svært lav konsentrasjon (0,00015 %) i bygg 25.

Undersøkelsene viser at det produseres gass i deponiet og at det foregår en gassmigrasjon langs ledningsgrøfter i deponiet og i enkelte tilfeller til grunnen under/ rundt bygninger på og langs deponiet.

## 9.4 Gasslekkasjer/spredning av gass

### 9.4.1 Generelt

Metan er lettere enn luft og vil derfor stige mot terrengoverflaten (gassemisjon). Dersom motstanden i det vertikale planet er større enn i det horisontale planet vil gassen på grunn av økt trykk spre seg horisontalt (gassmigrasjon) inntil den lekker ut gjennom sprekker/huller i terrenget eller sprekker i et ledningsanlegg eller bygg.

### 9.4.2 Spredning via "gasskanaler"

Oppbyggingen av deponiet skjer normalt i avfallsceller som overdekkes med et tynt lag leirholdig masse. Dersom "gassproduksjonscellene" penetreres av ledningsgrøfter (vann, avløp, overvann, el. kabler signalkabler og lignende) med pukkl rundt ledningene, vil gassen følge ledningsgrøftene, såkalte "gasskanaler", i stedet for å lekke opp gjennom overflaten. Gassen tar minste motstands vei.

Gass fra deponiet vil kunne spre seg over et større område via følgende ”gasskanaler”:

- Pukk i veifundament
- Grøfter for el-kabler/vann-/overvann- og avløpsledninger
- Grøfter for fjern-/sentralvarmerør
- Gjennom el. -/telerør som ligger med åpne skjøter eller åpne ender i grøften
- Gjennom overvanns- og spillvannsrør med utette skjøter
- Gjennom utette kumskjøter og inn i ledninger
- Gjennom utette rørskjøter (skjøter uten pakning eller med pakning som ikke er motstandsdyktig mot metangass)
- Andre permeable traseer i grunnen

#### 9.4.3 *Spredning til bygninger*

Gassen kan lekke inn i bygninger via følgende lekkasjeveier:

- Sprekker i kjellergulv og vegger
- Utsparinger i gulv, kjellergulv og vegger for ledninger og el. kabler
- Gjennom varerør for el.- og telekabler som føres inn til el. fordelingstavle
- Gjennom spillvanns-/overvannsrør som fører til sluk uten vannlås (for eksempel uttørket vannlås)
- Andre åpninger i byggekonstruksjonen

#### 9.4.4 *Spredning via tekniske installasjoner*

Gassen kan lekke inn i hulrom til tekniske installasjoner som har forbindelse med ”gasskanaler” i grunnen, som for eksempel:

- Lysstolper av stålrør hvor el. kabel er ført opp gjennom fundamentet og inn i stolpens hulrom til en koblingsboks
- Inn i trafoer hvor el. kabler er ført opp gjennom fundamentplaten
- Inn i søppelbeholdere som er gravd ned i bakken

#### 9.4.5 *Forurensning av drikkevann*

Deponigass kan diffundere gjennom drikkevannsledninger av plast og forurense drikkevannet. Dette gjelder spesielt der vannledningen er lagt direkte over deponiet og det kun er sporadisk tapping av vann.

### 9.5 *Tiltak for å redusere spredning av deponigass*

Det beste tiltaket for å hindre oppbygging av et gasstrykk i deponiet og dermed redusere gasslekkasjene, er å etablere enkle gassbrønner på de stedene i deponiet der det produseres mest deponigass. Brønnene tilknyttes en gasspumpe som suger ut gassen og overfører den til f. eks. en gassfyrt varmtvannskjel (varmesentral). Gasspumpe og varmesentral kan leveres ferdig montert i en stålkonteiner. Det

monteres en gassfakkell på toppen av konteineren for avbrenning av gassen når varmesentralen ikke er i bruk eller må vedlikeholdes.

I områder med lite gass kan det etableres metanoksidasjonsfilter for biologisk nedbrytning av metangassen. Gassen føres via rør eller pukkgrofter frem til et "blomsterbed/plantefelt" med 50 – 70 cm kompostert avfall og slam. Filterets areal bestemmes av gassmengden som tilføres filteret. I filteret vil metangassen brytes ned ved hjelp av naturlige biologiske prosesser. Erfaringen viser at ca. 90 % av gassen brytes ned i sommerhalvåret og ca. 50-60 % i vinterhalvåret.

Alle grøfter som graves gjennom deponiområdet og frem til bygninger, må utformes med 2 m brede leirpropper på tvers av grøftene for å øke motstanden i grøften og dermed redusere gassflukten langs grøftene. Leirproppene monteres maksimum 3 m fra bygningens grunnmur.

Ledninger i grunnen over deponiet bør utformes som helsveisede plastrør (PE), dvs. ingen skjøter med pakninger. Dette gjelder avløpsrør, overvannsrør og vannrør. I tillegg må vannrør ha et sperresjikt av aluminiumsfolie som hindrer diffusjon av forurensningsstoffer fra deponigassen gjennom rørveggen.

Kumringer må ha pakninger i viton, nitril eller hydrert nitril som er holdbare over tid mot deponigass. Tilsvarende gjelder for muffepakninger for rør.

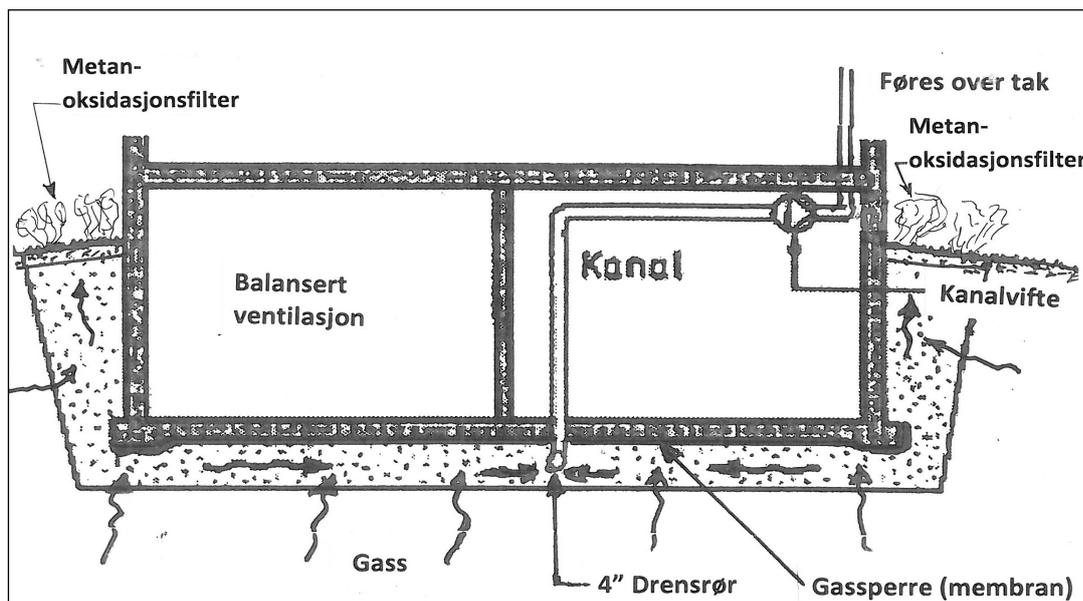
Fundamenter for lysstolper har åpninger for innføring av varerør eller el. kabel til stolpens hulrom. Normalt er det montert en koblingsboks inne i hulrommet i stolpen. Hulrommet mellom kabel og fundament må tettes med silikon eller flytende tjærestoff.

Når el. kabler eller varerør for kabler er ført gjennom fundamentplate for trafo, må åpningen mellom fundament og rør/kabel tettes med silikon. Det må ikke benyttes fugeskum. Skummet går i oppløsning over tid og kan også spises opp av maur.

Dersom det benyttes nedgravde, vertikale søppelbeholdere må konstruksjonen være gasstett, slik at gassen ikke kan komme inn i selve "avfallsposen".

## **9.6 Tiltak for å sikre mot gassinntrengning til bygninger**

Det mest effektive tiltak for å hindre inntrengning av gass til bygninger er montering av en gassperre under kjellergulv, som vist i figur 6. Prinsippet brukes også for å hindre inntrengning av radongass i bygninger. Aktuelle membrantyper er asfaltmembran og ulike typer plastmembraner.



Figur 5: Tiltak for å hindre inntregning av gass i bygninger

Membrantype og plassering avhenger av utformingen av kjellergulv og fundament. Membranen må ha høy motstand for gjennomtrengning av metan- og radongass og være aldri bestandig for disse gassene. Dersom membranen skal beskytte mot radongass, bør produktet være testet og godkjent av SP (Sveriges Provnings- og Forskningsinstitut).

I henhold til § 13-5 i ny byggeteknisk forskrift (TEK 10) skal alle bygg som ikke kan dokumentere at radonkonsentrasjonen i byggets inneluft ikke vil overstige  $200 \text{ Bq/m}^3$ , utformes med radonsperre. I tillegg skal det legges til rette for tiltak som kan aktiveres dersom radonkonsentrasjonen i inneluft overstiger  $100 \text{ Bq/m}^3$ . Bruk av membran og avluftingsystem for å hindre inntregning av metangass vil derfor også tilfredsstillende kravet om radonsperre. Tiltaket vil derfor ikke medføre en ekstra kostnad dersom det viser seg at det ikke er mulig å dokumentere lave konsentrasjoner av radongass i inneluft.

Alternativt til bruk av membran kan gulvet støpes i gasstett betong. Dette medfører tykkere betong og mer armering enn et normalt utformet gulv. Ved stort grunnvannstrykk vil støping av vann-/gasstett betong være rimeligst.

Alle rørgjennomføringer i kjellergulv og kjellervegger skal utføres gasstette.

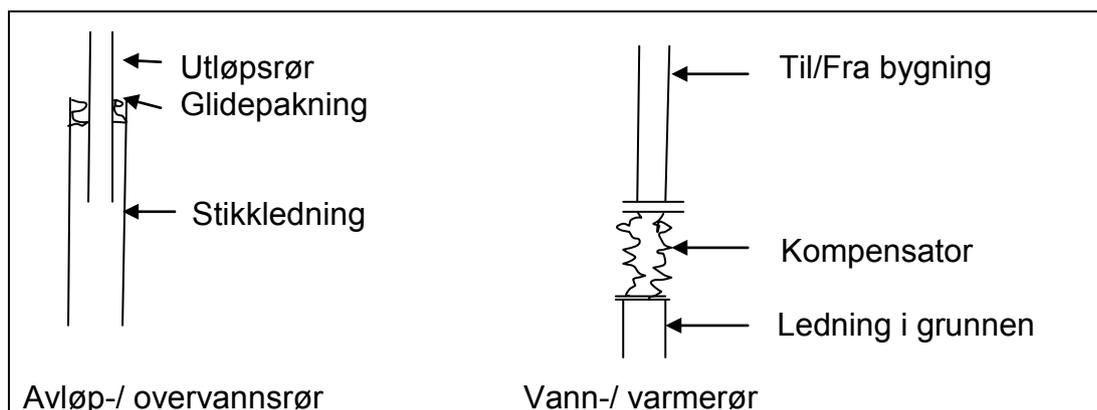
Varerør for el. kabler og telekabler har normalt ikke tette skjøter. Gassen kan lett lekke inn i røret og føres over lange trekninger. Det viktigste tiltaket for å hindre spredning av gass til bygninger er å tette inntaksåpningen inn til bygning, trafo eller fordelingskap med silikon.

I tillegg til membran/gasstett betong bør det etableres et avluftingsanlegg med avtrekk over tak. Anlegget kan i prinsippet utføres som vist i figur 6 med naturlig

trekk eller med mekanisk vifte. Viften må ha eksplosjonssikker utførelse. Antall drensledninger under gulv og plassering av ett eller flere avtrekksrør må fastsettes i prosjekteringsfasen. Utkast over tak må plasseres i god avstand fra inntak til ventilasjonsaggregater.

I henhold til ny byggeteknisk forskrift (TEK 10) er det krav til balansert, mekanisk ventilasjon av kjellerlokaler og parkeringskjellere. Parkeringskjellere har normalt litt undertrykk i forhold til overliggende boarealer. Mekanisk ventilasjon vil forhindre opphoping av gass i kjellerlokalene dersom det skulle oppstå gasslekkasjer gjennom kjellergulv.

Bygninger som har pelefundamentering må i tillegg til gassikring sikre innføringen av rør til bygningen med fleksible koblinger som kan ta opp setninger i grunnen. Bygget vil stå fast mens grunnen rundt bygningen vil sette seg over tid. Eksempler på utforming av fleksible koblinger er vist i Figur 7.



Figur 6: *Fleksible koblinger for rørinnføring til pelefundamenterte bygninger (oppriss)*

### 9.7 Sikkerhet, helse og arbeidsmiljø (SHA)- gass

I tillegg til ovennevnte tiltak vil tilstedeværelse av gassene metan, karbondioksid og i enkelte tilfeller hydrogensulfid i byggegrunnen medføre en risiko for anleggsarbeiderne i byggefasen.

Byggherren har det øverste ansvar for sikkerhet, helse og arbeidsmiljø i forbindelse med anleggsarbeid og utbyggingen av boligprosjekter, jfr. Byggherreforskriften § 5. Dette innebærer at byggherren skal sørge for at det i prosjekteringsfasen utarbeides en risikovurdering knyttet til sikkerhet, helse og arbeidsmiljø på anleggsplassen (§17). Det skal videre utarbeides en SHA-plan for prosjekterings- og utbyggingsfasen (§14). Disse planene skal bl.a. angi hvilke tiltak som er nødvendig for å redusere eksplosjonsfaren og skader på helse og miljø i byggefasen på grunn av tilstede-

værelsen av gass. Et viktig tiltak er at det gjennomføres kontinuerlig kontrollmålinger av gass i hele byggefasen. Videre må det ikke benyttes åpen ild (røyking forbudt) i nærheten av byggegroper/grøfter/kummer når det måles metankonsentrasjoner over 2,5 % og oksygen over 16 %. Ingen må gå ned i grøfter eller kummer alene og uten gassmåler dersom oksygenkonsentrasjonen er mindre enn 16 % eller konsentrasjonen av karbondioksid er over 0,5 vol % eller konsentrasjonen av karbonmonoksid er over 25 ppm eller konsentrasjonen av hydrogensulfid er over 20 ppm.

## **10 Forslag til fremdrift – Byggefaser**

### **10.1 Mulig gjennomføringsmodell for å redusere kostnader til offentlig infrastruktur**

Kommunen kan på flere ulike måter oppføres som utbygger, med avtaler om at grunneierne betaler til kommunen. Den ene måten kalles utbyggingsavtale etter anleggsbidragsmodellen. Da vil Trondheim kommune kunne få momsrefusjon på investeringer i offentlig infrastruktur (ikke utbygging av privat grunn). Man kan regne 100 % momsrefusjon på vann og avløpsanlegg. For veg, grøntdrag og tursti kan man regne 50 % momsrefusjon.

### **10.2 Tekniske vurderinger av byggefaser**

På grunn av områdets størrelse vil det være mest realistisk med en etappevis utbygging. Rent teknisk vil dette også være en fordel, blant annet for å avdekke så lite areal som mulig av dagens tette dekker og overdekningsmasse for å unngå økt inntregning av overvann og gassproduksjon i fyllinga.

Ved etappevis utbygging, vil det imidlertid være risiko for økte ulemper for omkringliggende bebyggelse pga. lukt- og gassproblematikken. Ladedalen deponi har i dag mye overdekning som gir lite vanngjennomregning og gir redusert nedbrytning av avfall i deponiet. Ved fjerning av asfalt, vil dette øke inntregning av vann ned i fyllinga og øke produksjon av gass. Det må tas hensyn til sikring mot inntregning av overvann i anleggsperioden og ved etablering av eventuelle grøntområder. Etappevis utbygging med avdekking av begrensede arealer er i så måte en fordel.

Ved etappevis utbygging vurderes det riktig å få etablert hovedføringer for vann og avløp i hele utbyggingsområdet i en tidlig fase. Dette for å sikre en teknisk utførelse som tar hensyn til de spesielle problemstillinger knyttet til blant annet gass og fallforhold som følge av forventet, ujevn setningsutvikling. Ut over dette vurderes ikke de rent tekniske forholdene å være førende for hvordan en etappevis utviklingen av området starter.

## 11 Supplerende undersøkelser

Det vil være behov for supplerende undersøkelser både med hensyn på geotekniske og miljøtekniske forhold, i tillegg til supplerende undersøkelser av gassproduksjonen.

Det er utført en god del grunnundersøkelser i Ladedalen og det finnes sannsynligvis relevante data i geotekniske rapporter som ikke har vært tilgjengelige i foreliggende vurdering. Generelt vil det kreves detaljundersøkelser for alle bygg som skal etableres på området og undersøkelsesomfang må tilpasses aktuell bygningsmasse. Ut over dette vil det i en tidlig utviklingsfase være nødvendig å fremskaffe noe mer detaljert oversikt over fjelldybder, originale massers geotekniske egenskaper, grunnvannsnivå og overdekningsmassenes mektighet og kvalitet. Alle foreliggende opplysninger i området må gjøres tilgjengelig og vil være grunnlag for mer detaljert planlegging av supplerende undersøkelser på tidlig stadium.

Det må også gjennomføres supplerende miljøtekniske grunnundersøkelser for hvert av delområdene / seksjonene hvor det skal graves i massene. Krav til detaljeringsgrad er gitt i Klifs veileder for helsebaserte tilstandsklasser for forurenset grunn (Klif, 2009). Massene klassifiseres i henhold til Trondheim kommunes klassifiseringsgrenser for forurenset jord (TK, 2011) og i henhold til fakta-ark for ren jord (TK, 2010). Hvis det er påvist forurenset grunn i det aktuelle området må det utarbeides en tiltaksplan som beskriver utførte undersøkelser, plan for utgraving og disponering av masse, samt sikring mot spredning av forurensning til ytre miljø i forbindelse med tiltakene.

For å vurdere om det er uakseptabel spredning av miljøgifter fra fyllinga ut til omkringliggende miljø inkludert resipient må det påregnes utført supplerende målinger av sigevann. Målinger bør i tillegg til måling av kjemiske parametere, omfatte måling av vannmengde og andre parametere som danner grunnlag for vannbalansevurderinger.

Det er gjennomført flere målinger av metangass i kummer og bygninger på deponiet og i området rundt deponiet. Det er målt store variasjoner i gasskonsentrasjonen. For å få klarlagt mengden og sammensetningen av deponigassen som i dag produseres i deponiet, bør det etableres noen flere gassbrønner og gjennomføres en prøvepumping fra hver brønn.

Prøvepumpingen omfatter en korttidspumping og en langtidspumping og omfatter følgende tiltak:

- Boring og nedpressing av 2 ½" galvaniserte stålrør (6-9 m) med 10 mm drenshuller hver 30 cm.
- Rørene trykklåses for å åpne drenshullene.
- Hver brønn tilkobles en vakumpumpe som pumper ut gass med et undertrykk på 10 mbar de første 3 døgn. Dersom metankonsentrasjonen forblir konstant økes undertrykket til 15 mbar og det pumpes i 4 nye døgn. Der-

som metankonsentrasjonen minker de 3 første døgn og reduseres trykket til 5 mbar og det pumpes i nye 4 døgn. Når testpumpingen av første brønn er avsluttet testpumpes brønn nr. 2 og de andre brønnene etter hverandre.

- Når korttidspumpingen er avsluttet foretas det en langtidspumping i 4 – 6 uker av 1 til 2 brønner basert på resultater og erfaringer fra korttidspumpingen.

## 12 Kostnader

Kostnader knyttet til etablering av bebyggelse på avfallsfyllinga er grovt stipulert, dels basert på erfaringstall, og del basert på antatte kostnader. Da dette er en mulighetsstudie og ingen konkrete planer for utbygging foreligger, er det merkostnader knyttet til etablering av bebyggelse på avfallsfylling i forhold til tilsvarende bebyggelse på naturlig grunn som er anslått. Det er derfor heller ikke gitt noen komplett oversikt over merkostnadene ved etablering av bebyggelse i dette området, men beskrivelsen under synliggjør en del av de spesielle forholdene som må hensyntas. Der det foreligger erfaringstall er enhetspriser oppgitt. I andre tilfeller er en anslått merkostnad oppgitt som en prosentvis forventet økning av ordinær byggekostnad. Oppgitte merkostnader er beheftet med betydelig usikkerhet.

### 12.1.1 Forurenset masse

Kostnader knyttet til håndtering av forurenset grunn/forurenset mineralsk overdekningsmasse er basert på dagens erfaringstall for leveranse av forurenset masse til godkjent mottak:

- Mottak av forurenset jord eksternt ligger i størrelsesorden 350 kr/tonn.
- Mottak av lavforurenset jord lokalt ligger i størrelsesorden i 250 kr/tonn.

Kostnader for oppgraving og transportkostnader kommer i tillegg. Det bør imidlertid etterstrebtes at masser med forureningsnivå som er akseptabelt på området i størst mulig grad gjenbrukes for å redusere transport av masser og kostnader.

Kostnad knyttet til supplerende miljøtekniske grunnundersøkelser vil på samme vis som for geotekniske undersøkelser avhenge av bebyggelsesplan og planlagt utgraving av masse på området. Gjeldende veiledningsmaterieell fra Klif stiller krav til en gitt mengde overflateprøver i tiltaksområdet for å kunne klassifisere området (Klif, 2009). Basert på denne er det i området på 70.000 m<sup>2</sup> krav om i størrelsesorden 80-85 overflateprøver for å klassifisere området. Tidligere miljøundersøkelser skal være tilstrekkelig for klassifisering av overflatejord i området, men det må påregnes dokumentasjon av dypereliggende masse i forbindelse med utgraving.

Undersøkelser som grunnlag for utarbeidelse av tiltaksplaner anslås til i størrelsesorden 1-2 millioner kroner. I tillegg kommer avgravingskontroll, dokumentasjon av gjenværende masse, samt dokumentasjon av masse som skal leveres til godkjent mottak. Krav til dokumentasjon varierer fra de forskjellige mottakene.

### 12.1.2 Risikovurdering – spredningsvurdering

Vurdering av risiko for uakseptabel spredning fra deponiet må gjøres som en helhetlig vurdering for hele fyllingen og ikke begrenses av rekkefølge på eventuelle utbygginger som beskrevet for tiltaksplaner i kapittel 12.1.1. Som grunnlag for risikovurderingen vil det være behov for supplerende undersøkelser knyttet til kjemisk innhold i sigevann, vannbalanse og endringer etter omlegging av kulvert under fyllingen. Omfanget vil være avhengig av krav om analyseomfang, og det vurderes som hensiktsmessig å bruke gjeldende krav for sigevannsovervåking gitt av Klif (Klif, 2005). Det kan også være aktuelt å benytte passive prøvetakere som en del av undersøkelsen. Kostnader for et slikt analyseprogram vil anslagsvis beløpe seg på kr 35.000 – 50.000 pr runde.

Undersøkelser (ikke inkl. analyser), rapportering og miljørisikovurdering anslås å være i størrelsesorden 200.000 - 400.000 kr avhengig av omfanget av de supplerende undersøkelsene.

Hvis miljørisikovurderingen avdekker uakseptabel risiko, må det påregnes søknadsprosess mot miljømyndigheter. Kostnader for dette er anslått til i størrelsesorden 200.000 kr.

### 12.1.3 Avfall

Kostnader knyttet til sortering av avfallet er basert på grove erfaringstall og avhenger av sorteringsgrad, inhomogenitet og nedbrytningsgrad av avfallet med mer, og vurderes å være i størrelsesorden 50 til 350 kr/tonn.

Kostnader knyttet til deponering av avfall avhenger av type avfall (farlig avfall, ordinært avfall, inert avfall) og krav ved de enkelte mottakene. Følgende kostnadseksempler er oppgitt for å vise spennet i kostnadene ved re-deponering av avfall:

- Kostnad for deponering av redeponert (sortert) avfall fra gamle fyllinger ved Lindum er i dag i størrelsesorden på 400-600 kr/tonn. Kostnad avhenger av andel innblandet overdekningsmasse (forurenset masse).
- Forbrenning av ordinært avfall kan koste opp til 1500,- kr/tonn. Ved forbrenningsanlegget til Trondheim kommune på Tiller er kostnad oppgitt til 750 kr/tonn
- Pris for farlig avfall må innhentes konkret for type farlig avfall som skal avhendes, og kan erfaringsmessig variere fra 1000 til 12 000 kr/tonn.

Transportkostnader kommer i tillegg.

Ved eventuell re-deponering av avfallet på et godkjent deponi for ordinært avfall er det viktig å dokumentere at avfallet opprinnelig ble deponert før 1999, siden massene da er unntatt deponiavgift.

#### 12.1.4 Geoteknikk / Fundamentering

Det vurderes ikke mulig å stipulere geoteknisk relaterte kostnader til en eventuell utbygging på området. Ut fra de forhold som er nevnt tidligere med hensyn til fundamenteringsarbeider antas imidlertid at en bør regne med størrelsesorden 40-60 % økning i forhold til en "normal" teknisk/økonomisk basert pelefundamentering. I tillegg til dette kommer de spesielle kostnader for tiltak som er nødvendig for å håndtere setninger og setningsdifferanser i grensesnitt mellom pelefundamenterte bygg og ledningsnett.

For supplerende, geotekniske undersøkelser i en utviklingsfase for området bør en regne med kostnader av størrelsesorden 0,5 – 1 million. Detaljerte undersøkelser for de enkelte tiltak er ikke inkludert i anslaget.

#### 12.1.5 Kostnader for gjennomføring av tiltak for sikring mot gass

For å klarlegge nåværende og fremtidig gassproduksjon i deponiet bør det etableres gassbrønner og gjennomføres en testpumping. Basert på erfaringstall fra utførte testpumper på andre deponier har vi estimert at en testpumping på Ladedalen deponi vil koste i størrelsesorden 200.000 – 500.000 kr. eks. mva. (antatt 6 brønner).

Tiltak for å redusere spredning og innlekking av gass til bygninger og ledningsanlegg vil omfatte følgende kostnadselementer utover normale anleggskostnader (angitte kostnader er 2012-priser og er basert på erfaringstall og eks. mva):

##### Tiltak i anleggsfasen

Kostnadene for disse tiltakene er avhengig av i hvilken grad anleggsarbeidene utføres i områder med gass og hvilken type og mengde gass som lekker ut. Følgende tiltak vil være aktuelle:

- Innkjøp/leie av gassmåleinstrumenter
- Gassmålinger
- Tetting av lekkasjer
- Tiltak for reduksjon av lukt (tildekking med presenning, vifte, konteiner med oppmalt furubark)
- Utarbeidelse av en egen SJA-plan for arbeider i områder med deponigass.

Merkostnadene ved rigg og drift i anleggsperioden er estimert for hvert bygg til ca. kr. 100.000.

##### Gasstetting av bygg

I tillegg til kravene i TEK-10 for radongass må det gjøres følgende tiltak:

- Montering av lufterør opp til tak, samt eksplosjonssikker vifte på lufterør over tak
- Montering av metanmåler med alarm i kjellerlokale

Tiltaket vil gi en kostnad i størrelsesorden 100.000 - 200.000 pr bygg.

### Tiltak i forbindelse med ledningsanlegg

- Leirpropper på tvers av ledningsgrøfter for stikkledninger til bygninger for å hindre lekkasje av gass inn mot bygninger. Tilleggskostnad 20-50.000 pr. bygg.
- Legging av helsveiste PE-vannledninger med diffusjonssperre av aluminium og beskyttelsesmantel av polypropylen for å hindre forurensning av drikkevannet. Merkostnad for levering og legging av rør: ca. faktor 1,5 i forhold til vanlig PE-rør.
- Legging av overvanns- og spillvannsledninger i helsveiste PE-ledninger i stedet for PVC-rør med muffeskjøter og gummipakninger. Dette for å hindre inntrengning av gass til ledningen. Alternativt beskyttes muffeskjøtene med krympemuffer. Merkostnad for levering og legging av rør: ca. faktor 2,0 i forhold til vanlig PVC-rør.
- Etablering av spesielle kummer ved bygningens grunnmur for inn-/utføring av spillvanns-, vann- og fjernvarmerør for å unngå brekkasje av rør på grunn av setninger. Dette gjelder også utføring av innvendige taknedløp. Merkostnad ca. kr. 50 000,- pr. kum (1 stk. kum for spillvann, vann og takvann og 1 stk. kum for fjernvarme for hvert bygg).

### Tiltak i forbindelse med overvann

Infiltrasjon av overvann til deponiet må ikke tillates, kun kontrollert infiltrasjon i de områdene hvor man eventuelt skal ha gassbrønner. Dette medfører at tilførselen av overvann til offentlig overvannsnett må minimaliseres ved bruk av fordrøyningsanlegg. Fordrøyningsanleggene må utformes som tette rørmagasiner (betong- eller GAP-rør). Liten merkostnad, da dette er et tiltak som normalt kreves for nye utbyggingsområder for å redusere tilførsel av overvann til offentlig nett.

### Tiltak for utpumping av deponigass

Et gassanlegg for utpumping av deponigass omfatter:

- Etablering av brønner, kondenskummer og gassledninger frem til gasspumpestasjon. (inkl. for etablering av brønner i testfasen)
- Gasspumpestasjon. Leveres ferdig i isolert stålkonteiner
- Fakkell for avbrenning av overskuddsgass eller ved feil i varmesentral

Kostnader for etablering av gassanlegget anslås til 2-3 mill.

Dersom det er tilstrekkelig med metangass kan energien utnyttes i en varmesentral (fjernvarme). Kostnader for etablering av denne vil være i størrelsesorden 1 mill.

### Etterdrift, kontroll og vedlikehold

Det vil kreves rutinemessige kontroller av gass i området og i bygg, samt kalibrering av utstyr. Det må lages et måleprogram som tilpasses valgte byggetekniske løsninger og utstyr, samt type gass.

Programmet må minimum omfatte:

- Rutinemessig kontroll av gass i området (kummer, sluk, trafoer, lysmaster)
- Rutinemessig kontroll av gass i bygninger og avtrekksvifter
- Rutinemessig kontroll og kalibrering av metanmålere i kjellere
- Rapporteringsplan

Dette er drift og vedlikeholdsarbeider som bør utføres så lenge det registreres vesentlig gassproduksjon i deponiet. Arbeidet må utføres av fagkyndig person.

Det kan være aktuelt å installere eksplosjonssikre elektriske installasjoner i områder med risiko for gassinntregning. Behov for dette utstyret er ikke vurdert og inkludert i kostnadsestimaterne da dette behovet er vanskelig å vurdere nå.

### **13 Konklusjon**

Det konkluderes med at det teknisk sett er mulig å etablere bebyggelse over de deponerte massene i avfallsfyllinga. Det er en rekke særskilte problemstillinger knyttet til setninger og gassmigrasjon som må ivaretas, men det er teknisk sett mulig å ivareta ved etablering av nybygg. Det vurderes ikke å være behov for mer omfattende sikringstiltak ved etablering av boligbebyggelse enn ved etablering av næringsbygg.

Det vurderes ikke å være aktuelt å masseutskifte fyllinga. Det må påregnes til dels betydelig forhøyede bygge- og vedlikeholdskostnader i forhold til tilsvarende bebyggelse på naturlige mineralske masser.

Spredningsrisikoen fra fyllinga er ikke vurdert, men anbefales vurdert iht krav fra miljømyndigheter. En uakseptabel spredning vil kunne medføre særskilte krav til utførelse og gjennomføring, og det må påregnes en søknadsprosess mot myndighetene hvis uakseptabel spredning avdekkes.

Den psykologiske faktoren med etablering av boliger på en avfallsfylling er ikke vurdert i denne rapporten.

Ut fra tekniske og økonomiske forhold vurderes området best egnet for lett bebyggelse som ikke krever dyp utgraving og enklere fundamentering enn det som kreves for tynge bebyggelse.

Størst risiko er knyttet til gassdannelse med risiko for inntregning i bygg og eksplosjonsfare. Det vil derfor være nødvendig å etablere sikre kontroll- og vedlikeholdsrutiner for fremtidig drift og vedlikehold av alle sikringstiltak. Gassinntregning ses på som en risikofaktor i etterdriftsfasen ved trinnvis utbygging med ulike eierforhold. I tillegg vil det være behov for ekstraordinært vedlikehold som følge av setninger.

En mulig måte for å ivareta et fremtidig godt vedlikeholdssystem er å etablere et eget driftsselskap som samtlige utbyggere er pliktig å tilknyttes. Dette kan også ses i sammenheng med eventuell kontrollert uttak av gass fra fylling som inngår i et lokalt energiselskap i kombinasjon med annen energiproduksjon.

## 14 Referanser

TK, 2012

Konkurransesgrunnlag ”Ladedalen deponi – Mulighetsstudie”.  
Trondheim kommune, Byplankontoret 13.04.2012.

Carstens, 1993

Jubileumbok for Trondheim Renholdsverk 75 år (1918-1993). ”Med fortida som fremtidsvisjon”. Svein Carstens 1993.

TK, 2007

”Deponigass fra nedlagte avfallsdeponi”. Trondheim kommune, Miljøenheten  
04.09.2007.

NGU, 2005

”Miljøteknisk grunnundersøkelse av Ladedalen deponi, Trondheim”. NGU-rapport  
nr 2005.036. Datert 10. juni 2005.

NGU, 2007

NGU Rapport 2007.050: Ladedeponiet – forprosjekt.

TK, 2011

”Tilstandsklasser for forurenset grunn”. Trondheim kommune, Miljøenheten  
September 2011.

TK, 2010

”Hva er rene masser?”. Trondheim kommune, Miljøenheten. Datert 2010.

Lovdata: <http://www.lovdata.no/for/sf/md/xd-20040601-0930.html#map0>

Miljøstatus i Sør-Trøndelag:

[http://sortrondelag.miljostatus.no/msf\\_printpage.aspx?m=2275](http://sortrondelag.miljostatus.no/msf_printpage.aspx?m=2275)

Klif, 2009

TA 2553/2009 ” Helsebaserte tilstandsklasser for forurenset grunn”. Veileder.  
Klima- og forurensningdirektoratet (Klif). Desember 2009.

Klif, 2005

”Veileder om overvåking av sigevann fra avfallsdeponier”. TA2077/2005.  
Veileder. Klima- og forurensningdirektoratet (Klif). Mars 2005.

Klif, 2003

”Veileder om miljørisikovurdering av bunntetting og oppsamling av sigevann ved  
deponier”. TA 1995/2003. Klima- og forurensningdirektoratet (Klif). November  
2003.



Halmø, 1984

T. M. Halmø, Tapir Forlag 1984: Fast avfall.

VBB-konsult, 1990

Kenneth Marelius, VBB-konsult AB, 1990: Energilimpan, Preliminära resultat av pilotforsøk 1989-90.

Naturvårdsverket, 1993

Naturvårdsverket Rapport 4158: Deponeringsgenerering. Underlag för riktlinjer (1993)

Multiconsult 2005

Multiconsult rapport, 27 september 2005: Måling og vurdering av gassutlekking – Ladefyllingja, Trondheim

Multiconsult, 2007

Multiconsult rapport, 20 desember 2007 – samlerapport: Ladefyllingja – Gassmålinger i Haakon VII's gate 17b og c, 19b, 23 og 25.

# Kontroll- og referanseside/ Review and reference page



<b>Dokumentinformasjon/Document information</b>					
<b>Dokumenttittel/Document title</b> Ladedalen deponi – Utarbeidelse av mulighetsstudie				<b>Dokumentnr./Document No.</b> 20120465-01-R	
<b>Dokumenttype/Type of document</b> Rapport/Report		<b>Distribusjon/Distribution</b> Begrenset/Limited		<b>Dato/Date</b> 21. desember 2012	
				<b>Rev.nr.&amp;dato/Rev.No.&amp;date</b> 1, 21. mars 2013	
<b>Oppdragsgiver/Client</b> Trondheim kommune - Byplankontoret					
<b>Emneord/Keywords</b> Deponi, forurenset grunn, gass, avfall					
<b>Stedfesting/Geographical information</b>					
<b>Land, fylke/Country, County</b> Sør-Trøndelag				<b>Havområde/Offshore area</b>	
<b>Kommune/Municipality</b> Trondheim				<b>Feltnavn/Field name</b>	
<b>Sted/Location</b> Lade				<b>Sted/Location</b>	
<b>Kartblad/Map</b> 1621 IV Trondheim				<b>Felt, blokknr./Field, Block No.</b>	
<b>UTM-koordinater/UTM-coordinates</b> Sone 32 N7035669 E572428					
<b>Dokumentkontroll/Document control</b>					
<b>Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001</b>					
Rev./ Rev.	Revisjonsgrunnlag/Reason for revision	Egen- kontroll/ Self review av/by:	Sidemanns- kontroll/ Colleague review av/by:	Uavhengig kontroll/ Independent review av/by:	Tverrfaglig kontroll/ Inter- disciplinary review av/by:
0	Originaldokument	MMo	RGr/ KE		
1	Implementering av kommentarer fra Klif og Trondheim kommune.	MMo	MKv		
<b>Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release</b>		<b>Dato/Date</b> 22. mars 2013		<b>Sign. Prosjektleder/Project Manager</b> Mari Moseid	

NGI (Norges Geotekniske Institutt) er et internasjonalt ledende senter for forskning og rådgivning innen geofagene. Vi utvikler optimale løsninger for samfunnet, og tilbyr ekspertise om jord, berg og snø og deres påvirkning på miljøet, konstruksjoner og anlegg.

Vi arbeider i følgende markeder: olje, gass og energi, bygg, anlegg og samferdsel, naturskade og miljøteknologi. NGI er en privat stiftelse med kontor og laboratorier i Oslo, avdelingskontor i Trondheim og datterselskap i Houston, Texas, USA.

NGI ble utnevnt til "Senter for fremragende forskning" (SFF) i 2002 og leder "International Centre for Geohazards" (ICG).

[www.ngi.no](http://www.ngi.no)

NGI (Norwegian Geotechnical Institute) is a leading international centre for research and consulting in the geosciences. NGI develops optimum solutions for society, and offers expertise on the behaviour of soil, rock and snow and their interaction with the natural and built environment.

NGI works within the oil, gas and energy, building and construction, transportation, natural hazards and environment sectors. NGI is a private foundation with office and laboratory in Oslo, branch office in Trondheim and daughter company in Houston, Texas, USA.

NGI was awarded Centre of Excellence status in 2002 and leads the International Centre for Geohazards (ICG).

[www.ngi.no](http://www.ngi.no)



Hovedkontor/Main office:  
PO Box 3930 Ullevål Stadion  
NO-0806 Oslo  
Norway

Besøksadresse/Street address:  
Sognsveien 72, NO-0855 Oslo

Avd Trondheim/Trondheim office:  
PO Box 1230 Pirsenteret  
NO-7462 Trondheim  
Norway

Besøksadresse/Street address:  
Pirsenteret, Havnegata 9, NO-7010 Trondheim

T: (+47) 22 02 30 00  
F: (+47) 22 23 04 48

[ngi@ngi.no](mailto:ngi@ngi.no)  
[www.ngi.no](http://www.ngi.no)

Kontonr 5096 05 01281 /IBAN NO26 5096 0501 281  
Org. nr./Company No.: 958 254 318 MVA

BSI EN ISO 9001  
Sertifisert av/Certified by BSI, Reg. No. FS 32989

