

Grunnlagsrapport for videre veiledning – utfordringer ved bygging på nedlagte deponier



Rekvirent: Miljødirektoratet
DMR-saksnr.: 19-0097
Dato: 6. desember 2019



DMR MILJØ OG GEOTEKNIKK AS

Maridalsveien 163, 0469 Oslo Tlf. 221 20 203

E-mail: oslo@dmr.as

www.dmr.as

Grunnlagsrapport for videre veiledning – utfordringer ved bygging av boliger på nedlagte deponier.

Innhold

1. Innledning	2
1.1 Bakgrunn	2
1.2 Formål	2
2. Problemstillinger knyttet til miljø og helse ved bygging på nedlagte deponier... 3	3
2.1 Typer av avfallsdeponier og -fyllinger	3
2.2 Miljøundersøkelser	4
2.3 Vurdering av miljø- og helserisiko	13
2.4 Tiltak, kontroll og oppfølging	21
3. Geotekniske problemstillinger ved bygging på nedlagte deponier	26
3.1 Setningsskader	26
3.2 Mulige miljømessige konsekvenser ved setningsskader	27
4. Referenser	28

Vedlegg 1:

Konsentrasjonsintervaller med eksplosjonsfare for deponigass.

Saksbehandler



Claus Larsen
Sivilingeniør

Prosjektleder



Mikael Nielsen
Ingeniør

1. Innledning

1.1 Bakgrunn

DMR har på oppdrag fra Miljødirektoratet utarbeidet en rapport for å belyse utfordringene ved bygging på nedlagte deponier, og med særlig fokus på bygging av boliger. Rapporten gir en gjennomgang av forhold som bør vurderes dersom det vurderes å bygge på nedlagte deponier. Grunnforhold kan variere mye, og erfaringsmessig kan det ha store konsekvenser dersom det ikke gjennomføres tilstrekkelige undersøkelser og forbyggende tiltak på deponiområder før oppføring av bygg.

I forbindelse med utarbeidelsen av rapporten er det foretatt kunnskapsinnhenting i form av en spørreundersøkelse hos alle landets kommuner. Spørreundersøkelsen har gitt et overblikk over hvilke problemstillinger kommunene har i det daglige, og rapporten er forsøkt målrettet mot de relevante utfordringene som har blitt avdekket /1/.

Undersøkelsen viser at det er store forskjeller hos de enkelte kommunene, både når det gjelder erfaring og kunnskap om deponier og avfallsfyllinger. Det er reelt få kommuner som har erfaring med oppføring av bygg på og/eller i nærheten av avfallsfyllinger. Flere kommuner har også opplyst at de ikke har kjennskap til noen avfallsfyllinger/deponier i deres kommune.

Avfall har blitt produsert i lang tid i alle husholdninger, også før det ble etablert innsamlingsordninger og dedikerte deponier. Det er derfor ingen tvil om at det finnes en rekke nedlagte avfallsfyllinger og deponier som ikke er kartlagt i de enkelte kommunene. Fyllinger og deponier hvor det er deponert organisk avfall produserer deponigass, herunder metangass. Det kan derfor dreie seg om et stort antall områder hvor det kan være fare for helse og miljø dersom det bygges boliger på disse områdene.

1.2 Formål

Som beskrevet i avsnitt 1.1 bør det gjennomføres grundige avveininger før det vurderes oppføring av bygg på deponier eller i randsonene til disse. En del tidligere deponier ligger i områder som er ut ifra geografisk plassering m.m. er attraktive for boligbygging og industribygg. Det er kjennskap til en rekke konkrete planer og prosjekter som innebærer fremtidig bygg på og/eller ved deponier. Rapporten har som formål å beskrive en rekke problemstillinger som det er viktig å vurdere ved bygging på nedlagte deponier eller fyllplasser.

Rapporten gir en innføring i de miljømessige og geotekniske problemstillingene som gjelder ved bygging på deponier og randsonene til disse, og beskriver hvilke metoder som kan benyttes for å gjennomføre relevante undersøkelser og tiltak. Den beskriver også hvilken dokumentasjon som bør foreligge dersom det vurderes å etablere bygg på nedlagte deponier.

Deler av rapporten, blant annet avsnitt om undersøkelser og risikovurdering, er også aktuelle i forbindelse med vurdering av eksisterende bygg på deponier eller i randsonen til disse. Enkelte av vurderingene i forbindelse med undersøkelser og risikovurdering, f.eks. vurdering om variasjoner i gasskonsentrasjoner, kan også legges til grunn i forbindelse med undersøkelser av deponier.

Videre i rapporten brukes begrepet deponi. Begrepet omfatter alle former for deponi; avfallsfyllinger, søppelfyllinger, fyllplasser og annet hvor det er deponert avfall eller større mengder organisk nedbrytbart materiale (for eksempel mat- og hageavfall, papir, kartong, trevirke, gips og naturstoffer som ull og bomull samt enkelte typer kjemisk avfall).

2. Problemstillinger knyttet til miljø og helse ved bygging på nedlagte deponier

Dette kapittelet er en generell beskrivelse av deponienes historiske bruk, og dermed bakgrunnen for de miljø- og helsemessige problemstillingene ved å bygge på disse.

2.1 Typer av avfallsdeponier og -fyllinger

Deponier har i årtier blitt brukt til å bli kvitt avfall. Det vil derfor være avfallsdeponier og avfallsfyllinger i de fleste byer av en viss størrelse. Det har i forbindelse med spørreundersøkelsen vist seg at få kommuner har opplysninger om gamle deponier. Da det i praksis har vært umulig for selv relativt små bysamfunn å ikke ha mulighet til å avhende f.eks. husholdningsavfall, vurderes det at kunnskapen omkring plasseringen er begrenset, og at det vil være mange deponier rundt om i landet som det ikke er kjennskap til.

Da deponiene var i drift, var de selvfølgelig kjente i det lokalsamfunnet som brukte dem, og typisk også av miljømyndighetene. Erfaringsmessig har de mindre deponiene blitt glemt i takt med at de har blitt nedlagt. Det vurderes derfor at det vil være en lang rekke eldre og mindre deponier og avfallsfyllinger som det i dag ikke er kjennskap til. Dette er en utfordring, og det bør i forbindelse med alle nybygg overveies om det kan være risiko for gamle fyllinger i området som kan medføre gassdannelse på, eller i nærheten av, bygget.

De problemstillingene som beskrives i rapporten har størst relevans for eldre nedlagte deponier, avfallsfyllinger, søppelfyllinger og fyllplasser hvor det har foregått ukontrollert deponering av avfall, inkludert husholdningsavfall fra boliger, annet biologisk nedbrytbart avfall og f.eks. farlig avfall.

Deponiene er ofte blitt brukt til å avhende husholdningsavfall fra boliger eller annet biologisk, nedbrytbart avfall. Hvis dette er tilfellet, vil det være risiko for at det dannes deponigass på deponiet som kan gi opphav til en rekke miljømessige utfordringer, bl.a. dannelse av deponigass som inneholder metan (CH_4). Metan kan medføre eksplosjonsfare i bygninger på og omkring deponiet, se 2.3.2.

Mange deponier kan være etablert uten at det er gitt tillatelse til dette. Likevel vil det ofte være mulig å framskaffe historiske opplysninger om deponiene fra f.eks. kommunen eller andre lokalkjente (naboer, transportører etc.), inkludert hvilke avfallstyper som er levert til deponiet, deponiets utstrekning og deponiets bruksperiode. Det vil være hensiktsmessig å innhente så mange historiske opplysninger som mulig om:

- deponerte avfallstyper
- deponerte avfallsmengder
- deponiets utstrekning (horisontalt og vertikalt)
- deponeringsperiode
- tildekking og sikring av deponiet, inkludert mektigheten av dekkmasser
- områdets geologi og grunnvannsforhold.

Utover å forsøke å få opplysninger fra kommunen og lokalkjente, kan flyfoto og topografiske kart ofte brukes til å vurdere utbredelse og deponeringsperiode. Noen deponier kan imidlertid ha eksistert før det ble tatt flyfoto, og gamle flyfoto kan ha en bildekvalitet hvor det er vanskelig å se deponier og fyllinger, spesielt hvis det er snakk om mindre deponier. Det kan også være vanskelig å se tidligere deponier og fyllinger i byområder.

Dessuten skal man være oppmerksom på at mange av deponiene ikke har hatt tillatelse, og at det derfor kan være krevende å innhente historiske opplysninger. Dermed kan det være

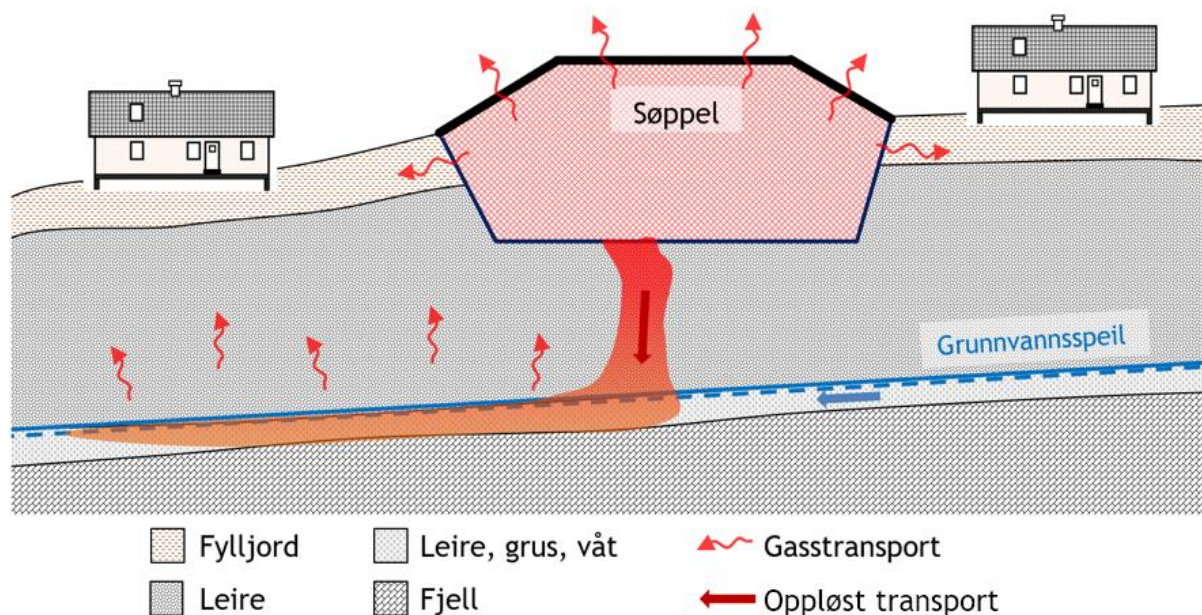
vanskelig å si hvilke avfallstyper, og dermed hvilke forurensningskomponenter, som har vært deponert.

Det kan med fordel foretas en inspeksjon av deponiet, hvor det bl.a. undersøkes om det er synlige tegn på avfall i overflatejorda og om det er tegn på vegetasjonsskader. Vegetasjonen kan få tørkeskader ved stor gassproduksjon i deponiet. Når oppstigende metangass oksideres av bakterier utvikles det varme, som kan føre til at jorda varmes opp og tørker ut, og gir tørkeskader på nærliggende vegetasjon.

I tillegg til at det dannes gass i deponiet, kan det også forekomme setninger, delvis som et resultat av konsolidering av det deponerte materialet, og delvis som følge av omdannelse av organisk materiale.

Utvasking av forurensningskomponenter og gassdannelse og -spredning fra deponiet kan også bli påvirket av klimaendringer, som f.eks. nedbørsmengder, grunnvannsstand og temperatur.

Den prinsipielle oppbygningen av et deponi, og de generelle spredningsveiene for forurensning, er vist i nedenstående figur:



Figur 2.1: Den prinsipielle oppbygningen av et deponi og spredningsveier for forurensning.

2.2 Miljøundersøkelser

Omfanget av nødvendige miljøtekniske undersøkelser vil avhenge av de historiske opplysningene som foreligger, inkludert hvilke avfallstyper som er deponert. Det kan være vanskelig å få tilstrekkelige historiske opplysninger, og ofte vil det kunne være deponeringer det ikke er gitt tillatelse til, spesielt på eldre deponier. Det vil dermed være en mulighet for at det er deponert husholdningsavfall eller annet biologisk nedbrytbart avfall som medfører en risiko for at det dannes deponigass. Det er derfor viktig å foreta nødvendige undersøkelser. Deponigass kan utgjøre en risiko for bebyggelse, primært på grunn av gassens innhold av metan (CH_4) og andre brennbare gasser, som under visse forhold kan medføre eksplosjonsfare.

Deponigass kan inneholde karbondioksid (CO₂), hydrogensulfid (H₂S) og andre miljøfremmede flyktige stoffer, som kan føre til helsemessige problemer, f.eks. kvelningsfare.

Tilsvarende kan det være deponert en lang rekke forurensningskomponenter, miljøgifter og farlig avfall, f.eks. lakk, maling og løsemidler fra industrien. Deponering av farlig avfall uten tillatelse har forekommet i en del tilfeller. Slik deponering kan, utover å utgjøre en risiko for bygg, utgjøre en miljørisiko for grunnvannet og resipienter på og omkring deponiet. Denne rapporten beskriver kun de miljømessige problemstillingene ved bygging på deponier, inkludert risikoen for kontakt med forurensningskomponenter og avdampning av forurensningskomponenter til inneklimate.

Generelt utgjør organisk avfall en risiko for gassdannelse og setninger, og flyktige forurensningskomponenter en risiko for inneklimate. Uorganiske og svært oppløselige forurensningskomponenter utgjør en risiko ved kontakt eller masseutskifting.

Større deponier innebærer størst risiko, og krever derfor de mest omfattende undersøkelser. Produksjonen av deponigass avtar over tid, men gassdannelsen vil typisk kunne utgjøre en miljørisiko i minst 15-30 år /7/. Erfaringer fra deponigassundersøkelser viser at produksjonen av deponigasser også kan foregå i fyllinger som er eldre enn 50 år /8/. Det er viktig å understreke at siden deponigass kan utgjøre en akutt risiko, er risikoen for deponigass relatert til de maksimale konsentrasjonene (og ikke gjennomsnittlige konsentrasjoner). Med tanke på dette, og siden konsekvensene kan være svært store i visse tilfeller, er det vanskelig å definere en minimumsgrense for når et deponi kan utgjøre en risiko. Det må gjøres en konkret vurdering i hvert enkelt tilfelle.

2.2.1 Omfang og stoffer

Ofte er det ikke mulig å se bort fra at det har blitt deponert både husholdningsavfall, eller annet biologisk nedbrytbart avfall, som kan medføre at det er risiko for at det dannes deponigass, og, farlig avfall.

På mange deponier kan det finnes mange forskjellige forurensningskomponenter, f.eks. olje, aromater, BTEX (benzen, toluen, etylbenzen og o-, m- og p-xylener), bly, organiske forbindelser, metyl-tert-butyleter (MTBE), polyklorerte bifenyler (PCB), metaller, polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH), glykol, klorerte løsemidler (kloroform, 1,1,1-trikloreten, tetraklormetan, trikloretylen (TCE), tetrakloretylen (PCE) og nedbrytningsprodukter (vinylklorid, 1,1-dikloretylen, trans-1,2-dikloretylen, 1,1-dikloretylen), asbest, cyanider og fluorider som det bør undersøkes for i jorda. I porelufta bør det fokuseres på flyktige forurensningskomponenter, som hydrokarboner, C9/C10-aromater og BTEX, klorerte løsemidler og nedbrytningsprodukter av klorerte løsemidler. Analyseprogrammet bør alltid tilpasses de historiske opplysningene om hvilke typer avfall som er deponert. Det bør vurderes om det har vært tidligere industriproduksjon i nærheten som kan ha levert avfall til deponiet.

Det er en risiko for dannelse og spredning av deponigass i gamle deponier. Gasstransport fra deponiet avhenger av flere faktorer, bl.a. deponiets oppbygning og avfallets sammensetning. Permeable masser omkring deponiet vil fremme horisontal gassgjennomstrømning, og kan potensielt øke utbredelsen av området som er påvirket av deponigass. Tilsvarende kan leirmasser og vannspeil redusere spredningen av deponigass.

Atmosfæretrykket spiller også en rolle i spredningen av deponigass, da et trykkfall vil kunne øke gassutsiget fra grunnen. En stigning i atmosfæretrykk vil kunne minske gassutsiget, og alt

etter hvordan deponiet er oppbygd, potensielt kunne presse atmosfærisk luft ned til dypere-liggende jordlag /9/. En undersøkelse for deponigass bør omfatte målinger for innhold av CH₄, CO₂, O₂ og H₂S. Målingene foretas i relevant omfang i poreluft, kloakk og andre installasjoner som kan virke som spredningsveier, se 4.2.2.

I tabellen nedenfor ses et forslag til analyser i henholdsvis jord, grunnvann, poreluft i jord og deponigass.

Medie	Mulige analyseparametere
Jord	Olje/hydrokarboner, BTEXN (benzen, toluen, etylbenzen, xylener og naftalen), tungmetaller (bly, kadmium, krom, kobber, kvikksølv, nikkel, sink), PAH (inkl. benzo[a]pyren, dibenz[a,h]antracen og fluoranten), klorerte løsemidler (kloroform, 1,1,1-triklorethan, tetraklormetan, trikloretylen (TCE) og tetrakloretylen (PCE), PCB, asbest, cyanider. Mulige ekstraparametere (hvis det vurderes å være risiko for at disse er tilstede): DEHP, fenoler (inkl. nitrofenoler og klorfenoler) og NSO-forbindelser. Ved mistanke om syredannende berggrunn og annet radioaktivt avfall, vil det også kunne være relevant å måle radioaktivitet.
Grunnvann	Olje/hydrokarboner, BTEXN (benzen, toluen, etylbenzen, xylener og naftalen), klorerte løsemidler (kloroform, 1,1,1-triklorethan, tetraklormetan, trikloretylen (TCE), tetrakloretylen (PCE) og diklormetan) og nedbrytningsprodukter av klorerte løsemidler (vinylklorid, 1,1-dikloretylen, trans-1,2-dikloretylen, cis-1,2-dikloretylen, 1,1-diklorethan, 1,2-diklorethan og klorethan) og metan. Mulige ekstraparametere (men normalt mindre relevante ved bygg): tungmetaller, polare løsemidler, PCB, cyanider, DEHP, fenoler (inkl. nitrofenoler og klorfenoler), NSO-forbindelser, glykol, pesticider, fluorider og PFAS. Ved mistanke om syredannende berggrunn i deponiet, kan det være hensiktsmessig å analysere for bl.a. pH og sulfat (SO₄). Svartskifer vil kunne bidra til mangan, antimon, selen, molybden og uran i vannfasen, i tillegg til sink, nikkel og kadmium, selv ved nøytral pH.
Poreluft	Olje/hydrokarboner, BTEXN (benzen, toluen, etylbenzen, xylener og naftalen), C9/C10-aromater, klorerte løsemidler (kloroform, 1,1,1-triklorethan, tetraklormetan, trikloretylen (TCE), tetrakloretylen (PCE) og diklormetan) og nedbrytningsprodukter av klorerte løsemidler (vinylklorid, 1,1-dikloretylen, trans-1,2-dikloretylen, cis-1,2-dikloretylen, 1,1-diklorethan, 1,2-diklorethan og klorethan). Mulige ekstra parameter (men normalt mindre relevante ved bygg): polare løsemidler, PCB, cyanider (syreflyktige), freon-forbindelser, kvikksølv.
Deponigass	CH ₄ , CO ₂ , O ₂ og H ₂ S (samt målinger av trykkforhold i deponiet).

Tabell 2.2: Forslag til analyser i jord, grunnvann og poreluft på deponier. Analyseomfang må alltid tilpasses forholdene på stedet, samt historiske opplysninger og krav fra myndigheter. Det er inkludert parametere som kun i visse tilfeller inkluderes i prøveprogrammet, avhengig av foreliggende kunnskapsgrunnlag.

I grunnvannet kan det dessuten være hensiktsmessig å analysere for (evt. utvalgte) følgende parametere: oksygen, pH, ledningsevne, klorid, ammonium, nitrat, nitritt, jern (opl.), mangan

(opl.), sulfat, sulfid, ikke-flyktig organisk karbon (NVOC), hydrogenkarbonat, aggressiv CO₂ og kjemisk oksygenforbruk (COD), da dette gir relevante opplysninger om nedbrytningsforhold og risiko for grunnvann og resipienter. Disse analysene er imidlertid ikke direkte relevante i forhold til bygg på deponier.

2.2.2 Vurdering av potensielle spredningsveier

Spesielt deponigass, men også andre flyktige forurensningskomponenter, kan spres i den umettede sonen. Spredningen kan økes hvis det er lavpermeable spredningsveier for gassen. Spredningsveiene kan være naturlig forekommende og/eller menneskeskapte.

Av naturlige spredningsveier kan det nevnes spredning i naturlige høypermeable soner i grunnen, f.eks. sprekker og forkastninger i berggrunn, sandige/permeable områder etc. Menneskeskapte spredningsveier kan f.eks. være nedgravd tekniske installasjoner, avløpsrør, kabler, dren, diverse rørføringer og bygninger.

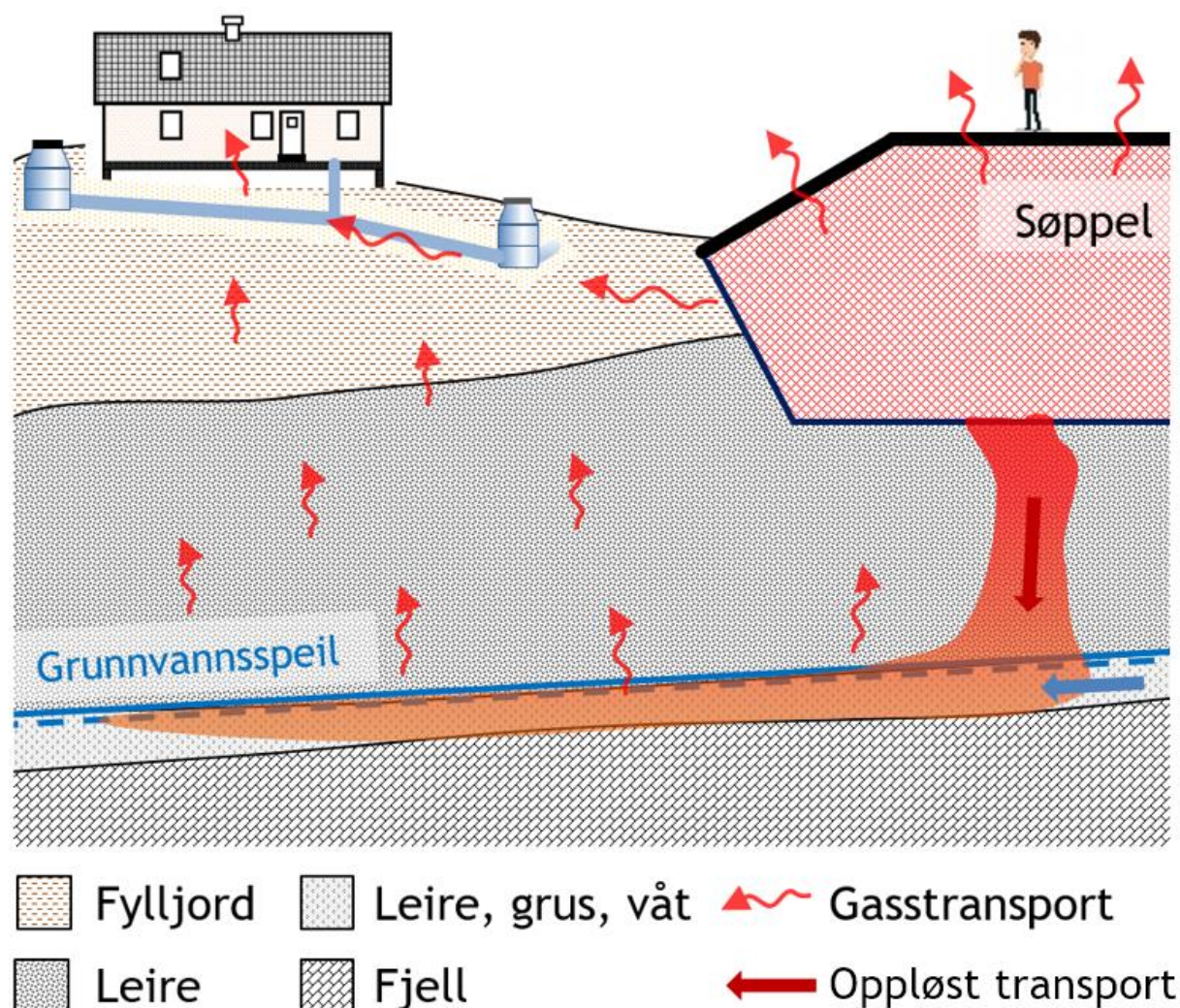
Dekklaget på deponiet vil også ha betydning for den horisontale spredningen fra deponiområdet. Et lavpermeabelt dekke vil øke avdampningen fra selve deponiet, mens et tett dekke (som fungerer som et lokk) vil øke den horisontale spredningen, spesielt hvis deponiet har kontakt med lavepermeable spredningsveier (naturlige eller menneskeskapte).

Man skal være oppmerksom på at kraftig nedbør kan føre til økt horisontal spredning av gass som følge av økt vannmetning. Om vinteren kan frost på jordoverflaten også medføre økt horisontal spredning. På deponier med vesentlig gassdannelse og overtrykk, er det derfor en økt risiko for at det i randsonen omkring deponiet kan skje en utilsiktet spredning av gass i disse spesielle situasjonene. Av samme årsak bør tiltaket evalueres grundig, og tilnærming til risikovurdering og konklusjon ift. måleresultater må være veloverveid. Måleresultater kan variere betydelig både over tid og innenfor korte avstander, både vertikalt og horisontalt. Risikoen for deponigass er relatert til de maksimale konsentrasjonene (og ikke gjennomsnittlige konsentrasjoner). Det kan derfor være behov for flere målerunder, eller en kontinuerlig overvåkning av konsentrasjonene. Det skal altså tas utgangspunkt i de høyeste konsentrasjonene når det utarbeides en risikovurdering, se også avsnitt 2.3.

Tilsvarende kan det skje en spredning av forurensning via grunnvannet. Forurensning som er spredt med grunnvannet kan etterfølgende avdampe og utgjøre en inneklimalisiko for eiendommer i gassgjennomstrømningsretningen. Grunnvannets strømningsretning kan være påvirket av f.eks. nedgravde installasjoner, avløp, dren, grøfter og brønner i området. Det er derfor viktig å innhente opplysninger om alle mulige aspekter ved tiltaket for å kunne utarbeide en konseptuell modell over hvordan forurensningen spres rundt deponiet. Det bemerkes at forurensningskomponentenes spredning med grunnvannet vil avhenge av om de er lettere enn vann (f.eks. olje) eller tyngre enn vann (f.eks. klorerte løsemidler).

Spredningsveiene for deponigass og flyktige forurensningskomponenter er avgjørende for hvordan mennesker kan bli eksponert for forurensning og deponigass. Mulige spredningsveier er derfor nødvendige å undersøke, siden de utgjør en inneklimalisiko. Det er derfor viktig å ha så mange opplysninger som mulig om grunnforhold for å kunne utarbeide en konseptuell modell over hvordan forurensningen spres rundt deponiet. Deponigass vil primært spres i umettet sone, og kun i begrenset omfang via grunnvann.

En generell konseptuell modell, hvor forskjellige spredningsveier er spesifisert, kan ses under:

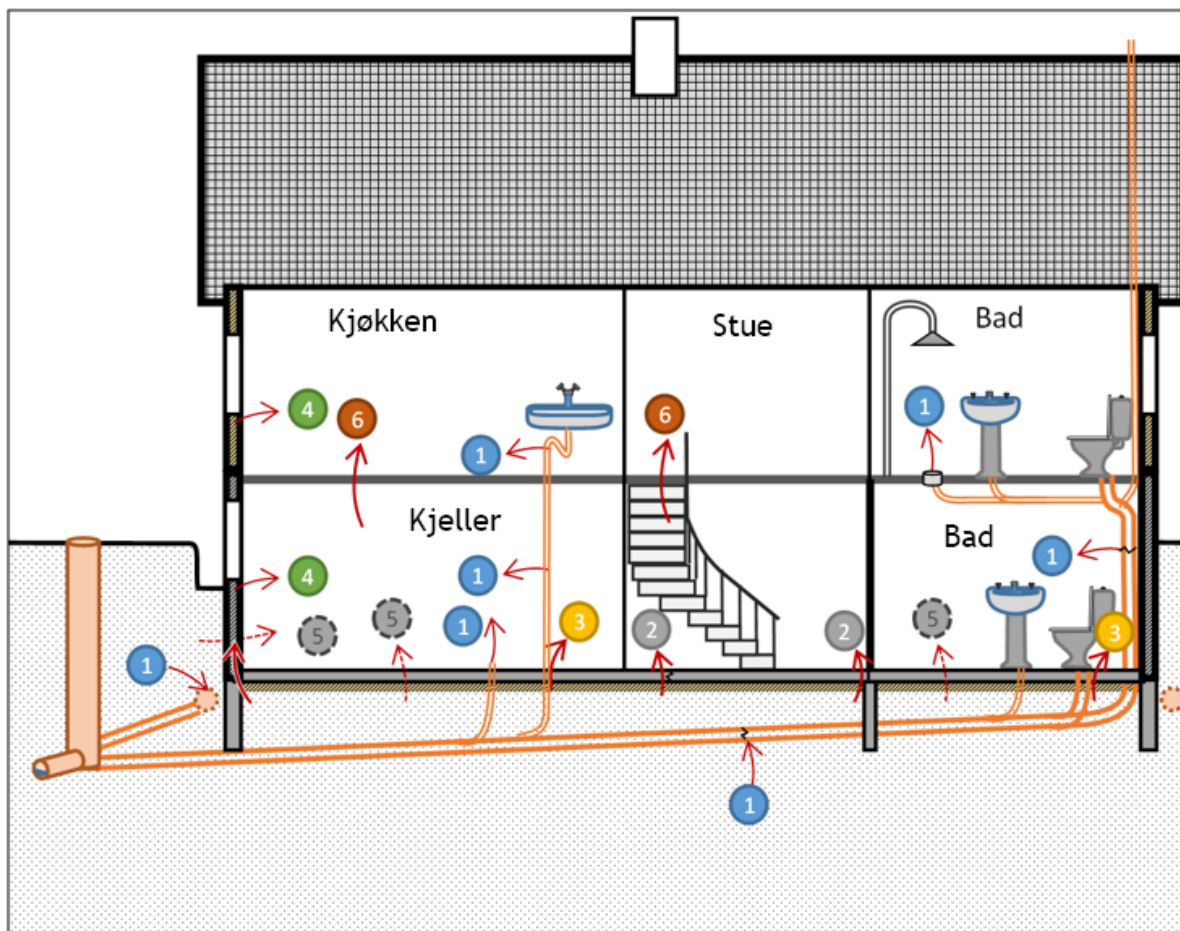


Figur 2.3: Generell konseptuell modell og forskjellige spredningsveier for forurensning.

Som vist i figur 2.3 er det generelt sett følgende spredningsveier som kan medføre at mennesker eksponeres for forurensningskomponenter:

- Risiko for direkte kontakt med forurenset jord/avfall.
- Spredning av deponigass og flyktige forurensningskomponenter i umettet sone. Spredningen vil avhenge av hydrogeologiske forhold samt menneskeskapte spredningsveier som nedgravde tekniske installasjoner, avløpsrør, kabler, dren, diverse rørføringer og bygninger og andre nedgravde konstruksjoner.
- Avdampning av flyktige forurensningskomponenter fra grunnvannsbåret forurensning.

Deponigass og poreluft kan transporteres inn i bygg på forskjellig vis. I figur 2.4 er det listet opp 6 forskjellige typer inntrengningsveier som det er viktig å ha fokus på, både i forbindelse med undersøkelser og risikovurdering av eksisterende bygg, men også i forbindelse med nybygg på og nær deponier /2/. I illustrasjonen vises bygg med kjeller.



Figur 2.4: Oversiktsfigur med illustrasjon av mulige inntrengningsveier for poreluften til inneklimate. Numrene i figuren henviser til nummereringen av teksten ovenfor /2/.

1 Via kloakksystemet.

- Via sprekker og utettheter kan forurenset poreluft og eventuelt forurenset grunnvann trenge inn i avløpet, og dermed føre til forhøyede konsentrasjoner av flyktige komponenter i luften i avløpet.
- Forurenset poreluft og grunnvann kan også trenge inn i avløpssystemet via perimeter avløp.
- Lufta fra avløpet kan via utette rørsamlinger eller vannlåser trenge inn i inneklimate, og dermed gi bidrag til inneklimateets innhold av flyktige komponenter.
- «Forgrenet» kloakkløp som står ubrukt til evt. senere bruk (f.eks. tilkobling av fremtidig vaskemaskin eller lignende), eller som ikke lenger er i bruk.

2 Via sprekker i gulvet eller langs støpeskjøter, f.eks. mellom terrengdekke og fundament/vegg.

3 Utettheter i terrengdekket ved rør- og ledningsgjennomføringer.

- 4 Via hulrom og utettheter ved vinduer, dører, installasjoner, rørgjennomføringer, ledningsgjennomføringer o. l.
- 5 Via en generell porøsitet/utetthet i terrengdekket, etasjedekke eller veggkonstruksjon.
- 6 Innvendige adgangsdører, trappeganger e. l. fra kjeller til boarealer.
- 7 Lokale bygningsforhold (ikke vist på figur).

Når det gjelder deponigass er det viktig å være oppmerksom på at det kan oppstå betydelig overtrykk i deponiet som følge av gassdannelse. Overtrykket kan føre til spredning av gass fra deponi til omkringliggende boliger og bebyggelse. Bygg på deponiet kan være spesielt utsatt; deponigassen siver inn i bygget og fører til forurensset inneklime.

Tilsvarende spredning kan skje i omkringliggende bebyggelse, og gassen kan trekke inn og forurense inneklimeet pga. relativt undertrykk i bygget i forhold til porelufta.

Ved å etablere leirpropper eller tetningsmembraner kan spredning i og rundt rørføringer minskes eller forhindres.

Det skal nevnes at det i praksis er vanskelig å oppføre bygg som vedvarende er helt tette for gassinfiltrasjon. Ved nybygg bør man dermed ta det i betraktning både i forbindelse med risikovurderingen, og i forbindelse med kontroll og oppfølging (se avsnitt 2.4).

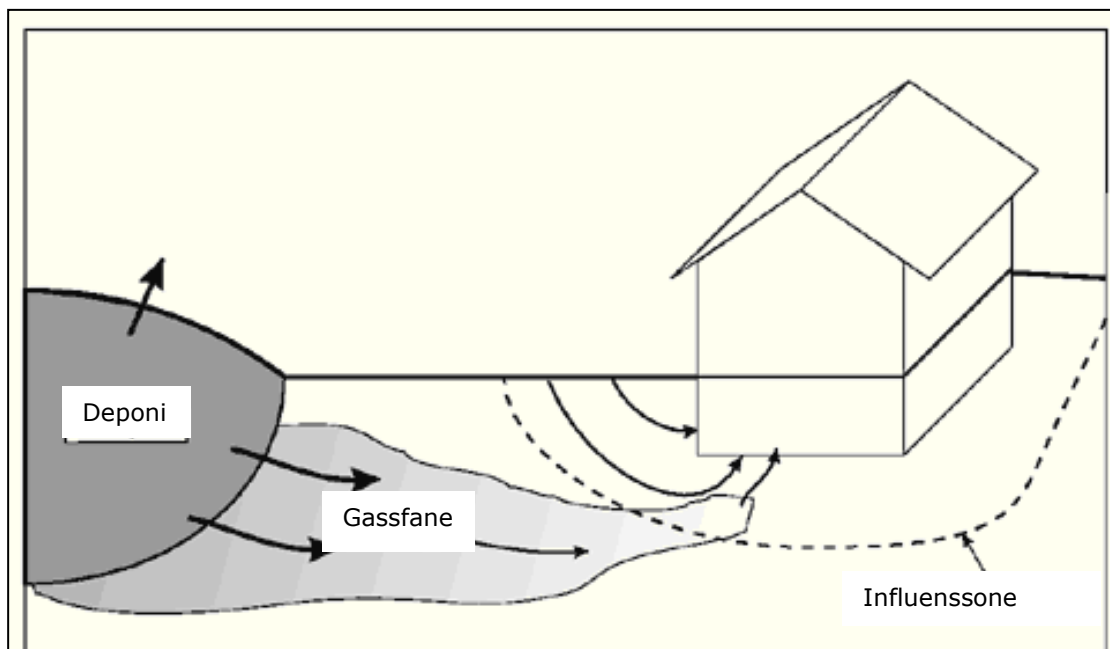
Å utarbeide en konseptuell modell for en konkret sak kan være et nyttig redskap for å foreta målrettede undersøkelser og etterfølgende mulig avvergende tiltak.

2.2.3 Konseptuell modell

Ofte vil oppstillingen av en konseptuell modell være et nyttig redskap til å planlegge og utføre de nødvendige miljøundersøkelsene i en konkret sak. En modell viser hvordan forurensning fra deponiet vil kunne spres til et bygg og dermed kunne utgjøre en miljørisiko.

En god konseptuell forståelse av forurensningssituasjon, forurensningsspredning og eksponeringen for mennesker i bygg er også med på å minske usikkerheten i risikovurderingen.

Nedenstående figur viser en enkel konseptuell modell som illustrerer at den planlagte boligen ikke ligger på selve deponiet. Plasseringen vil ikke føre til risiko for kontakt med forurensset jord/avfall. Modellen viser imidlertid at deponigass kan utgjøre en risiko, og de miljøtekniske undersøkelsene retter seg derfor mot deponigass.



Figur 2.5: Konseptuell modell for spredning av deponigass til boligområder /2/.

Ovenstående figur skal utelukkende illustrere formålet med en konseptuell modell. Modellen bør også omfatte en beskrivende tekst, i dette tilfellet f.eks. om det er risiko for at deponigass kan spres via avløpssystemet til bygget. Om det er risiko for dette skal det tas ut prøver i både poreluft og i avløpssystem.

Den konseptuelle modellen er dynamisk og kan løpende oppdateres etter hvert som det kommer nye resultater og kunnskapsbasen blir større.

2.2.4 Kartlegging av forurensing, herunder deponigass

Grunnlaget for vurdering av risiko bør baseres på tekniske undersøkelser, som designes på bakgrunn av ovenforstående konseptuelle forståelse av de primære spredningsveiene som muligens kan gi anledning til gassmigrasjon til eiendommer på, eller omkring deponiet.

De tekniske undersøkelsene for jordforurensning og risiko for kontakt med forurenset jord skiller seg ikke vesentlig fra normale undersøkelser for jord- og grunnvannsforurensning (se imidlertid tabell 2.2 mht. analyseparametere). På samme måte er det ikke prinsipielle forskjeller på undersøkelsene rettet mot flyktige forurensningskomponenter (f.eks. klorerte løsemidler og flyktige oljeforbindelser) som kan utgjøre en risiko for inneklime.

De tekniske utfordringene for undersøkelse av deponier knytter seg dermed særlig til undersøkelsene for deponigass. Nedenfor er det listet en rekke faktorer som kan ha betydning for målt gassinnhold ift. tidsrom og stedlige variasjoner.

Meteorologiske faktorer, som f.eks.:

- atmosfæretrykk
- nedbør
- temperatur
- vind.

Utvaskingen av forurensningskomponenter, gassdannelse og -spredning fra deponiet kan også bli påvirket av klimaendringer, som f.eks. nedbørsmengder, grunnvannsstand og temperatur.

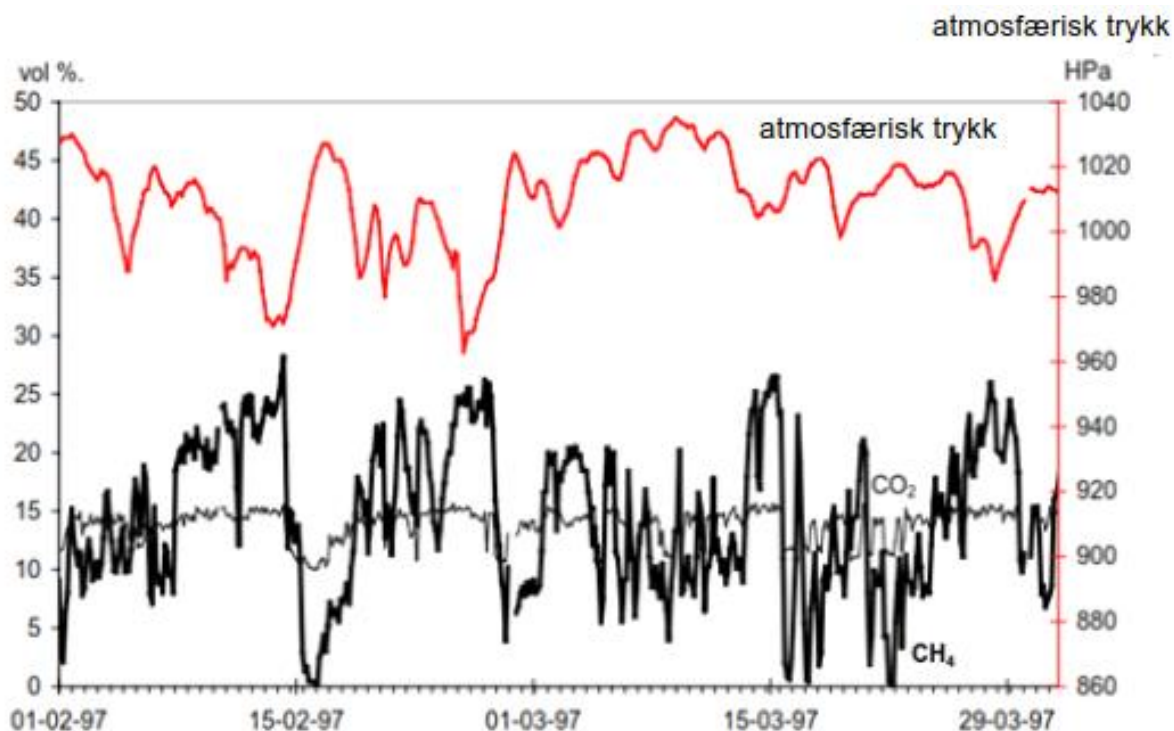
Dette kan være geologiske og menneskeskapte faktorer, som f.eks.:

- porøsitet og vanninnhold i umettet sone
- revner og sprekker i formasjonen, f.eks. leire og fjell
- geologisk inhomogenitet
- grunnvannsvariasjoner og strømningsretning
- transportkorridorer i f.eks. ledningstraseer.

Eller faktorer ved det konkrete deponiet, som f.eks.:

- gassproduksjon, gass-sammensetning og overtrykk
- permeabilitet, vannmetning og lagdeling av avfallet
- gassutsig
- dekklagets mektighet og karakteristikk
- evt. membraner
- evt. sigevann, oppsamling/utsiving.

Ofte vil det være behov for å foreta flere eller kontinuerlige målinger for å belyse de tidsmessige variasjonene. Antallet, og plasseringen, av målepunkter overveies nøye. Erfaringsmessig er det betydelig risiko for å overse vesentlige problemstillinger, hvis det kun utføres få eller feilplasserte målepunkter og/eller hvis målingene utføres under f.eks. meteorologiske forhold som ikke er kritiske for gassmigrasjon. Gassproduksjonen vil som sagt bl.a. avhenge av om det er deponert husholdningsavfall fra boliger eller annet biologisk nedbrytbart som kan gjennomgå en anaerob eller aerob nedbrytning, f.eks.: mat- og hageavfall, papir, kartong, trevirke, gips og naturstoffer (ull og bomull). Gassproduksjonen vil typisk avta over tid, i takt med at det biologisk nedbrytbare materialet brytes ned. At det kan være betydelige variasjoner i de målte gasskonsentrasjonene på deponier illustreres av nedenstående eksempel /8/.



Figur 2.6: Eksempel på endringer i gasskonsentrasjoner over tid.

2.3 Vurdering av miljø- og helserisiko

2.3.1 Risiko for kontakt med forurensning

I de fleste tilfeller er det gjennomført en tildekking av deponiet. Mektigheten av dekkmassene kan imidlertid variere mye, eller det kan i ettertid ha vært gjennomført gravearbeid i området. I forbindelse med etablering av avløp, byggeprosjekter eller andre gravetiltak, kan det avdekkes jordforurensning i terrenget som kan utgjøre en kontaktrisiko. Ved graving kan forhold som jordskred og setninger i deponiet påvirke dekkmassene.

Som beskrevet i tabell 2.2 vil det typisk være følgende stoffer som kan utgjøre en risiko ved kontakt på deponier: olje/hydrokarboner, BTEXN (benzen, toluen, etylbenzen, xylener og naftalen), tungmetaller (bly, kadmium, krom, kobber, kvikksølv, nikkel, sink), PAH (inkl. benzo[a]pyren, dibenz[a,h]antracen og fluoranten), klorerte løsemidler (kloroform, 1,1,1-triklorethan, tetraklormetan, trikloretylen (TCE) og tetrakloretylen (PCE), PCB, asbest, cyanider.

I disse tilfellene må det gjennomføres en vanlig risikovurdering ift. Helsebaserte tilstandsklasser for forurenset grunn (SFT Veileder. Helsebaserte tilstandsklasser for forurenset grunn, SFT TA-2553/2009).

Dersom det graves opp og leveres forurenset jord/jord med avfall, skal dette leveres til godkjent mottak. Sluttdisponering av masser må skje i samsvar med forurensningsloven, plan- og bygningsloven, naturmangfoldloven, kulturminneloven og annet relevant regelverk.

2.3.2 Risiko ved inneklima, inkludert deponigass

I randsonen til eldre deponier som produserer deponigass, bør nye bygninger oppføres med fokus på å unngå inntrenging og akkumulasjon av deponigass. Det samme gjelder installasjoner og avløp, hvor deponigass kan akkumulere til høye konsentrasjoner. I tillegg kan installasjoner som f.eks. avløp, dren og ledningstraseer styre hvordan deponigassen spres i umettet jord, og dermed om gassen sprer seg til bygninger.

I forbindelse med risikovurderingen for deponigass og gassinntrengning fra jord til bygg, er det avgjørende å huske at deponigass kan utgjøre en akutt risiko. Risikoen ved deponigass er derfor relatert til maksimumkonsentrasjonene (og ikke gjennomsnittskonsentrasjonene) pga. den akutte risikoen. I forbindelse med en risikovurdering for deponigass i bygg, vil en konsentrert inntrengning f.eks. gjennom revner derfor typisk utgjøre en større risiko enn en mer diffus og spredt inntrengning over et stort areal, da dette lokalt kan medføre et kritisk konsentrasjonsnivå. Det skal derfor ved utarbeidelse av risikovurderinger tas utgangspunkt i maksimalkonsentrasjoner ved vurderinger og anbefalinger.

Tetting av gulvkonstruksjoner og etablering av membraner er derfor ikke nødvendigvis de beste tiltakene mot deponigass, fordi dette kan medføre at gassen kan akkumuleres under f.eks. bygninger og dermed (i motsetning til f.eks. radon) medføre eksplosjonsfare. Tiltak i forhold til deponigass vil derfor typisk være basert på fortynning og/eller avskjæring.

Flyktige forurensingskomponenter (olje, løsemidler etc.):

Som beskrevet kan det være deponert en lang rekke forurensningskomponenter som kan utgjøre en inneklimalisiko i bygg, inkludert hydrokarboner, C9/C10-aromater og BTEX (benzen, toluen, etylbenzen og xylener), klorerte løsemidler (kloroform, 1,1,1-trikloreten, tetraklormetan, trikloretylen (TCE), tetrakloretylen (PCE)) og nedbrytningsprodukter av klorerte løsemidler (vinylklorid, 1,1-dikloretylen, trans-1,2-dikloretylen, 1,1-dikloretylen). Det bør derfor i relevant omfang undersøkes for disse komponentene i poreluft, avløp og evt. andre spredningsveier for flyktig forurensning. Ut ifra resultatene utarbeides det en risikovurdering i forhold til inneklimate i bygget. Det kan være tilfeller hvor det er ovenstående flyktige forurensningskomponenter som utgjør den største inneklimalisikoen, og ikke deponigass. Dette vil f.eks. kunne være tilfelle på deponier hvor det ikke er deponert husholdningsavfall eller annet organisk nedbrytbart avfall, men hvor det er deponert industriavfall og farlig avfall. Risikoen vurderes ut ifra uakseptabel påvirkning av inneklimate av overnevnte stoffer. Det er viktig at risikovurderingen inneholder alle aspekter ved tiltaket, inkludert bruksområder og konstruksjonsteknikk.

Deponigass

Sammensetning

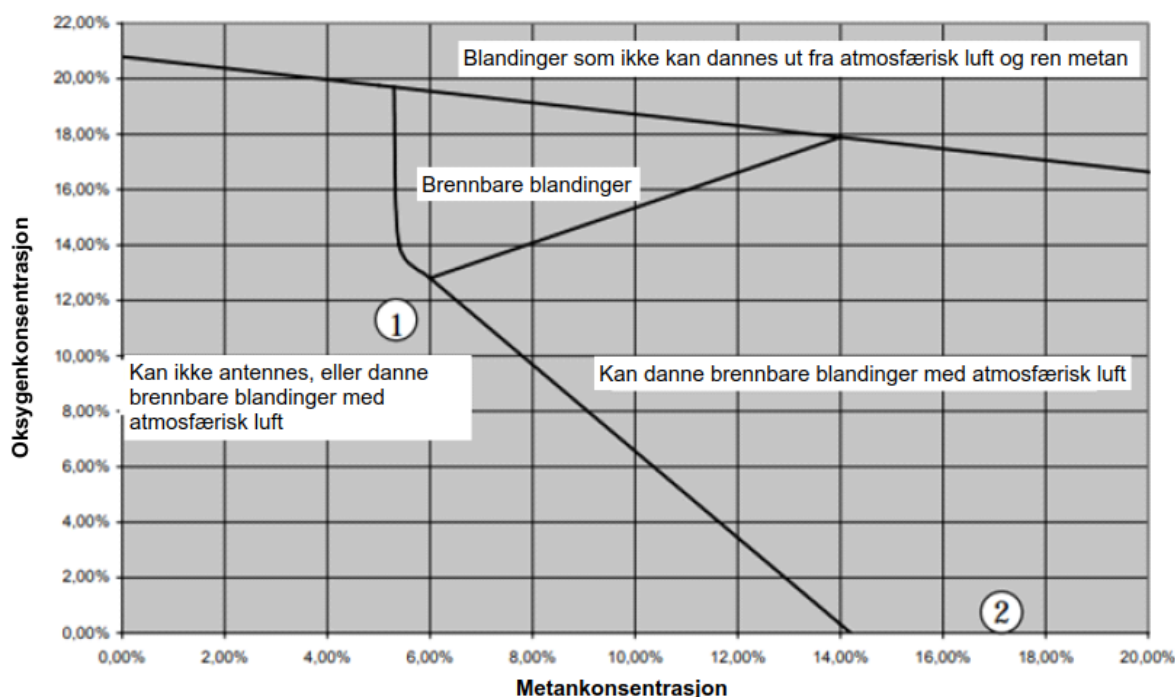
I mange tilfeller vil det være deponigass som utgjør den største inneklimalisikoen, blant annet fordi det er akutt risiko (f.eks. eksplosjonsfare og kvelningsfare). Risikoen ved deponigass er derfor relatert til maksimumkonsentrasjonene (og ikke gjennomsnittskonsentrasjonene) pga. av den akutte risikoen. Det er viktig at det ved risikovurderinger tas utgangspunkt i maksimalkonsentrasjoner i forbindelse med vurdering og anbefalinger. Det kan være behov for å gjenta målingene eller foreta en kontinuerlig overvåkning av gasskonsentrasjonene for å oppnå en tilstrekkelig risikovurdering iht. helserisikoen fra deponigass. Når det er snakk om en akutt risiko, er det prinsipielt ingen forskjell på risikovurderingen i næringsbygg og boligbygg.

Deponigass består hovedsakelig av metan og karbondioksid, med mindre innhold av f.eks. sulfid og flyktige miljøfremmede stoffer. Sammensetningen av gassen varierer.

Metan dannes som et sluttprodukt fra anaerob nedbrytning av visse typer organisk materiale, og gassen omtales også som myrgass, sumpgass eller biogass. Sammensetningen av gassen varierer. Gassproduksjonen fra et deponi vil variere over tid, og på eldre deponier vil det ofte ikke lenger være noen vesentlig metanproduksjon /3/. Det må imidlertid forventes en betydelig produksjon av deponigass i de første 15-30 årene etter deponeringen av avfall med biologisk omsettelig materiale. Tidsrommet for metandannelse kan likevel variere betydelig /7/.

Metan

Metan (CH_4) er en fargeløs og luktfri gass, som ved tilstedeværelse av oksygen kan antennes og brenne ved konsentrasjoner høyere enn 5 vol.%. Ved konsentrasjoner av metan på mellom 5 og 15 vol.%, vil forbrenningen skje så raskt at det kan eksplodere /3/. I figur 2.7 ses forholdet mellom prosentinnhold av metan, oksygen og brennbarhet/eksplisjonsfare.



Figur 2.7: Forhold mellom gassammensetning og brennbarhet i en gassblanding med metan og atmosfærisk luft /3/.

Figur 2.7 viser at det ikke vil være brann- eller eksplosjonsfare hvis metankonsentrasjonen er <5 %. For at en gassblanding skal være brennbar/eksplosiv krever det at oksygenkonsentrasjonen er større enn 13 %. Gassblandinger som inneholder mindre enn 13 % oksygen (punkt 1) kan ikke antennes, men kan bli brennbare hvis det skjer ytterligere oppblanding med atmosfærisk luft, se vedlegg 1. Gassblandinger som ligger til venstre for linjen mellom punkt 1 og 2 har så lave metankonsentrasjoner at de ikke vil kunne danne brennbare blandinger ved ytterligere blanding/fortynning med atmosfærisk luft.

Karbondioksid

Karbondioksid (CO₂) er en fargeløs og luktfri gass, som i høye konsentrasjoner kan være livstruende, og i lavere konsentrasjoner kan gi ubehag. Ved karbondioksidnivåer over 1 vol.% kan det oppstå bevisstløshet, og konsentrasjoner over 9 vol.% kan være dødelige /4/. Karbondioksid er tyngre enn luft, men kan migrere til bygninger i perioder med undertrykk i og under bygningene.

I tabellen under ses typiske påvirkninger ved forskjellige konsentrasjoner av karbondioksid /4/.

Karbondioksidinnhold	Virkning
9,0 vol% (90 000 ppm)	Laveste dødelige konsentrasjon for mennesker ved 5 minutters eksponering, LC _{low, 5M}
1,5 vol% (15 000 ppm)	Forslag til øvre grense for langvarig eksponering /6/
1,0 vol% (10 000 ppm)	Bevisstløshet kan inntreffe
0,5 vol% (5 000 ppm)	Arbeidstilsynets grenseverdi

Tabell 2.8: Typiske påvirkninger ved forskjellige karbondioksid konsentrasjoner /4/.

Hydrogensulfid

Hydrogensulfid (H₂S) har en luktdeteksjongrense på 0,2-200 µg/m³ avhengig av gassens renhet. H₂S forårsaker ubehagelig lukt i konsentrasjoner langt under de som forårsaker helseskadelige effekter. /4/

Det er en rekke akutte helseskadelige effekter etter eksponering for relativt høye konsentrasjoner av hydrogensulfid. Hydrogensulfid har luktdeteksjongrense på 0,2-2,0 µg/m³. Den ubehagelige lukten er derfor et naturlig faresignal som vanligvis hindrer mennesker av å bli påvirket for lenge, da man typisk vil unngå lukten. /4/

Tilsvarende foreligger det ikke undersøkelser som tyder på at det vil forekomme helsemessige problemer som følge av hydrogensulfid i konsentrasjoner under luktdeteksjongrensen på 0,2-2,0 µg/m³. /4/

Stigende konsentrasjoner av hydrogensulfid kan gi forskjellige helseeffekter. I tabell 2.9 er disse symptomer listet /4/.

Hydrogensulfidinnhold	Symptomer på påvirkningen
>700 mg/m ³	Dødelig.
>400 mg/m ³	Fare for væskeansamlinger i lungene (lungeødem). Ved enda høyere konsentrasjoner er det sterk stimulering av sentralnervesystemet, med endret pustemønster (dypere og raskere åndedrag), deretter pustestans, kramper, bevisstløshet og død
>140 mg/m ³	Lammelse av lukteevnen slik at lukt ikke lenger fungerer som et varsel signal
30 mg/m ³	Appetitt tap, hodepine, nedsatt hukommelse og svimmelhet
7-14 mg/m ³	Redusert oksygen opptak, økte konsentrasjoner av laktat (melkesyre) i blodet og redusert citrat syntase aktivitet i skjelett muskulatur
5-29 mg/m ³	Øyeplager med tiltagende irritasjon av øyne ved økende konsentrasjoner
3 mg/m ³	Astmatikere oppleve bronkial obstruksjon

Tabell 2.9: Typiske påvirkninger ved forskjellige hydrogensulfid-konsentrasjoner /4/.

Ammoniakk

Innånding av ammoniakk kan gi symptomer forårsaket av ammoniakksens irriterende og korroderende egenskaper. Stigende konsentrasjoner av ammoniakk kan gi forskjellige helsemessige effekter. I tabell 2.10 er disse symptomer listet /4/.

Ammoniakkinnhold	Symptomer på påvirkningen
>3480 mg/m ³	Inhalasjon raskt dødelig og hudskader kan også opptre
1740-3134 mg/m ³	30 minutters eksponering dødelig
1.000 mg/m ³	Lungeødem, hoste og kramper/spasmer i strupen
500 mg/m ³	Øyeblikkelig irritasjon av øyne og hals
35-70 mg/m ³	Begynnende irritasjon av øyne og luftveier

Tabell 2.10: Typiske påvirkninger ved forskjellige ammoniakk-konsentrasjoner /4/.

Ammoniakkkonsentrasjonene i luft nær avfallsdeponier forventes i de fleste tilfeller å ligge under nivåene som forårsaker skadelige helseeffekter. Hovedproblemet knyttet til ammoniakk-eksponering er nok i de fleste tilfeller knyttet til luktproblematikk, da ammoniakk har en lukterskel på rundt 0,03 mg/m³.

Deponigass og fortrenkning av atmosfærisk luft (oksygen)

Utover at metan og karbondioksid kan utgjøre en risiko, så kan gassen i seg selv fortrenge den atmosfæriske lufta i lukkede rom. Ved reduksjon av oksygeninnholdet opptrer det forskjellige symptomer; fra mild grad av påvirkning til død ved kvelning. I tabell 2.11 er symptomene listet.

Oksygeninnhold	Symptomer på påvirkningen
21 %	Ingen (atmosfærisk luft)
18-19,5 %	Påvirkning av fysisk og intellektuell kapasitet, ubevisst
15-18 %	Kraftig nedsatt fysisk yteevne, kan aktivere effekter hos folk med hjerte-kar og kretsløpsrelaterte sykdommer m.m.
12-15 %	Økt puls, tyngre pust, påvirkning av koordinasjonsevne, oppfattelse og bedømmelsesevne
10-12 %	Som ovenfor med økt alvorlighetsgrad; blå lepper forekommer og søvnighet
8-10 %	Kvalme, oppkast, tapt bevissthet, mental svikt
6-8 %	Bevisstløshet innenfor få minutter, gjenopplivning mulig hvis livredning gjennomføres raskt
0-6 %	Øyeblikkelig bevisstløshet, hjerneskader og død

Tabell 2.11: Effekter på mennesker av redusert oksygeninnhold, omarbeidet fra /4/.

2.3.3 Veiledende hensynssone kart

Deponigass kan utgjøre en miljømessig risiko for bygg, og den kan også påvirke et større område rundt et deponi. Et alternativ kan være å utarbeide veiledende hensynssoner rundt deponiene. På den måten vil både byggherre og kommune kunne få et raskt overblikk over om det må forventes å være særlige krav til et byggeprosjekt i et bestemt område. Det er ikke uvanlig at deponigass medfører miljømessige problemer i en avstand på 50-150 m fra selve deponiets grense, og at det er observert gassmigrasjon på opptil flere hundre meter /3/. Det skal påpekes at Miljødirektoratet ikke har definert noen slike generelle sikkerhetsavstander.

Det anbefales at det alltid foretas konkrete målinger for å bestemme konkret risiko og dermed avstand.

Mulig framgangsmåte

Det anbefales å utføre undersøkelser i hvert enkelt tilfelle for å vurdere konkret risiko, ut fra lokale forhold, herunder de historiske opplysningene. Et konkret forslag til å vurdere nødvendige tiltak på og omkring deponiet kan være å dele inn risikoområdet i forskjellige soner. F.eks. kan risikosonene deles inn i grønn, oransje og rød, som beskrevet under.

Da forekomst av deponigass potensielt kan ha store konsekvenser, og det er mye psykologi involvert i boligbygg på og ved deponier, er det viktig at det ved utarbeidelse av sonekart arbeides med en vis sikkerhetsmargin, og at de målinger som ligger til grunn vurderes å være representative for de høyeste verdiene som måles og forventes i området. Det skal derfor bemerkes at FHI generelt advarer mot bygg av bolig, skole og barnhage på deponier.

Det skal desuten fremheves at det ved utarbeidelsen av veiledende hensynssone kart alltid skal tages hensyn til de konkrete forhold på den enkelte deponi og at der skal foretages konkrete risikovurderinger - og i forbindelse hermed tages hensyn til de usikkerheder der måtte være på den konkrete saken.

Sone 1, område uten særlige risiko:

Det er ikke målt innhold av metan på over 0,5 vol%, og det forentes ikke vesentlig forhøyet innhold av metan i sonen. I sonen ses det heller ikke markante stigninger i karbondioksid, eller markante fall i oksygeninnholdet.

Det vurderes ikke å være risiko for markant inntrengning av metangass eller eksplosjonsfare ved nåværende arealbruk i sonen.

Da psykologi og kontroll er viktig ved bygging på eller ved deponier, anbefales det at det utføres enkle tiltak, som for eksempel etablering av permeabelt lag eller dren under bygg. Slike tiltak kan utføres uten store meromkostninger, og kan medvirke til å gi en meget stor grad av sikkerhet og psykologisk trygghet for framtidige beboere i området.

Om det foretas supplerende undersøkelser som viser at det er risiko i et konkret område, kan området/eiendommen tas ut av sone 1 eller oppklassifiseres til f.eks. sone 2.

Sone 2, område hvor det bør foretas undersøkelse ved nybygg:

Det er i undersøkelser påvist innhold av metan på 0,5–5 vol%. Dessuten kan det være påvist markante tegn på påvirkning med deponigass eller andre forurensningskomponenter.

Det vurderes ikke å være risiko for dannelse av brann- og eksplosjonsfarlige gassblandinger i nåværende bygninger.

Om det ikke foreligger nok undersøkelser/analyser i et område, er området tatt med i sone 2 ut til 100 m fra deponigrensen utfra et forsiktighetsprinsipp.

Ved nybygg bør det stilles krav om tiltak for å forhindre risikoen for at opphopning og gassinntrengning oppstår i bygninger og avløp.

Om det foretas supplerende undersøkelser som viser at det ikke er risiko i et konkret område, kan området/eiendommen tas ut av sone 2 og nedklassifiseres til sone 1.

Sone 3, område hvor det bør stilles særlige krav ved nybygg, og det bør foretas nærmere vurdering av gassrisikoen i eksisterende bygg:

Hvis det er målt markant forhøyet metaninnhold, >5 vol% og det dermed er konkret kunnskap om innhold som kan utgjøre en risiko, er området omfattet av sone 3. Påvist innhold av metan er i sone 3 på et slikt nivå at det ved miksing med atmosfærisk luft kan dannes brann- og eksplosjonsfarlige gassblandinger. Det kan også være andre markante tegn på deponigass, slik som markant forhøyet karbondioksidinnhold og/eller markant redusert oksygeninnhold. Områder der målinger viser markant innhold av forurensningskomponenter tildeles klassifiseringen sone 3.

Om det foretas supplerende undersøkelser som viser at det ikke er risiko i et konkret område, kan området/eiendommen tas ut av sone 3 og nedklassifiseres til f.eks. sone 1.

Ved nybygg bør det stilles krav om undersøkelser og særlige tiltak.

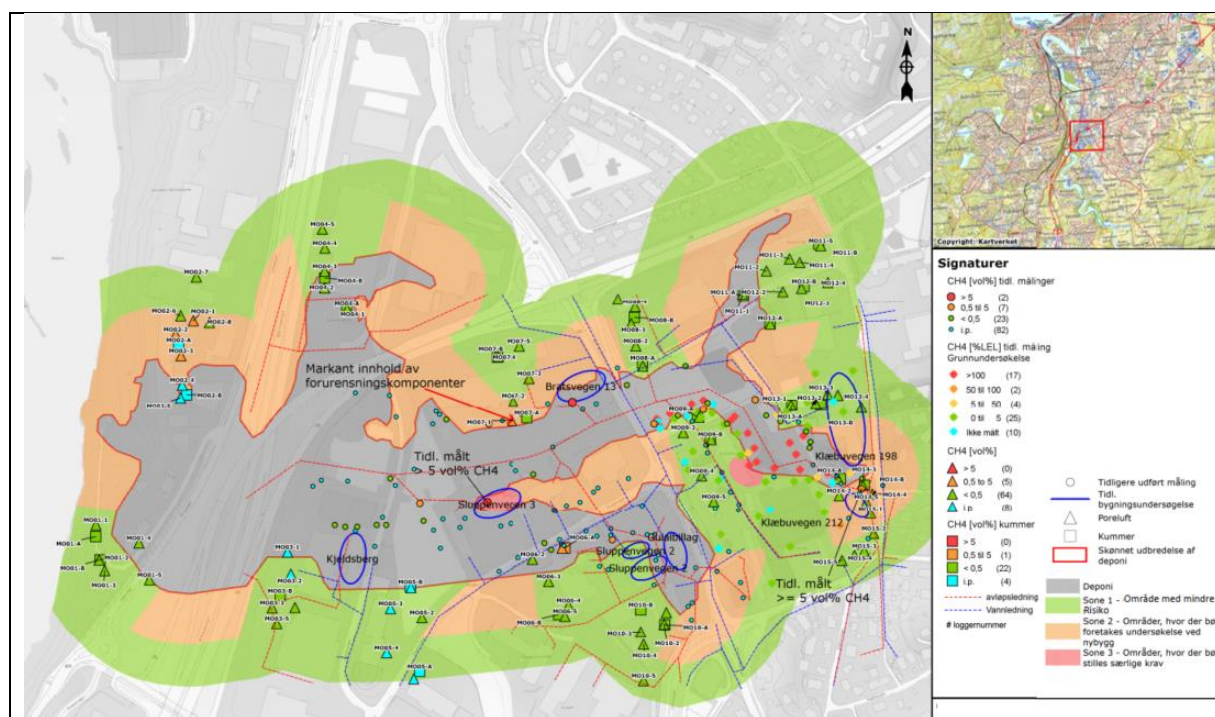
Generelle bemerkninger om sonekart, inkludert problemstillinger vedr. eksisterende bygg:

Sonekartet beskriver kun behovet for særlige tiltak pga. deponigass. Kartet tar sånn sett ikke stilling til andre forurensningskilder, og det kan derfor være andre forurensningskilder i området som ikke er undersøkt, og som kan kreve miljømessige tiltak i forbindelse med bygg.

Et slikt sonekart vil alltid være veiledende, og soneinndelingen vil være foretatt på bakgrunn av et begrenset antall målepunkter i utvalgte områder. Sonekartet må derfor ses som et veiledende kart. Et slikt kart vurderes imidlertid å kunne brukes i byplanlegging for å avgjøre eventuelle krav til sikring mot deponigass, avhengig av hvilken risikosone det aktuelle området ligger i. Sonekartet kan løpende oppdateres i takt med at det foretas supplerende undersøkelser og kunnskapsgrunnlaget forbedres. Dette kan medføre at et konkret område/eiendom kan opp eller nedklassifiseres ut fra nye konkrete målinger.

Det skal bemerkes at sonene kan forandre seg over tid og at det kan være utfordringer ved dette i forbindelse med planarbeidet.

Et eksempel på hvordan et slik sonekart kan utarbeides ses under:



Figur 2.12: Eksempel på sonekart.

Hvis det ikke foreligger gassmålinger i porelufta, anbefales en sikkerhetsavstand fra deponiet på 250 m [7], og at det ikke kan oppføres nye bygg innenfor denne avstanden uten at det gjennomføres undersøkelser til å evaluere den aktuelle risikoen (tilsvarende at området er sone 3). Denne avstanden kan forkortes (eller i særlige tilfeller økes) når det foreligger aktuelle undersøkelser og vurderinger som er dokumentert forsvarlig.

Det skal bemerkes at det kan være risiko i eksisterende bygg i dette området. Det bør derfor overveies om det burde foretas supplerende undersøkelser for metan i poreluft under gulv og/eller i revner og sprekker i gulvene i eksisterende bygninger. Utfra resultatene kan det tas stilling til eventuelle tiltak.

2.4 Tiltak, kontroll og oppfølging

Hvis forurensningen fra deponiet kan utgjøre en risiko kan det være behov for å foreta tiltak og i relevant omfang kontrollere og følge opp disse. Det er således viktig å sikre at tiltakene har den tilsiktede effekt i hele byggets levetid.

2.4.1 Tiltak: risiko ved kontakt

Om det ved undersøkelsene er konstatert forurensning som utgjør en risiko i forhold til Helsebaserte tilstandsklasser for forurenset grunn (SFT Veileder. Helsebaserte tilstandsklasser for forurenset grunn, SFT TA-2553/2009), skal det foretas en opprydding og utarbeides en sluttrapport i henhold til Forurensningsforskriftens § 2-6.

Når ovenstående er gjennomført, og sluttrapport er godkjent av miljømyndigheten, vil det typisk ikke være behov for ytterligere kontroll eller oppfølging ift. risiko ved kontakt. Det kan, som i alle andre saker, være andre problemstillinger som må hensyntas.

2.4.2 Tiltak: risiko ved inneklima, herunder deponigass

Tiltak i forhold til deponigass vil være basert på fortynning og/eller avskjæring. Ved nybygg i områder med risiko for deponigass kan det være hensiktsmessig å innarbeide ventilasjon under bygningen samt evt. utlufting av avløpssystemet. Nedenfor er det gitt en kort beskrivelse av utvalgte tiltak, samt i hvilken situasjon de kan være anvendelige. Prosjektering av tiltaksløsninger bør alltid baseres på en konkret vurdering av de faktiske forhold, inkludert forventede konsentrasjoner av deponigass, geologiske forhold og grunnforhold knyttet til fundamentering.

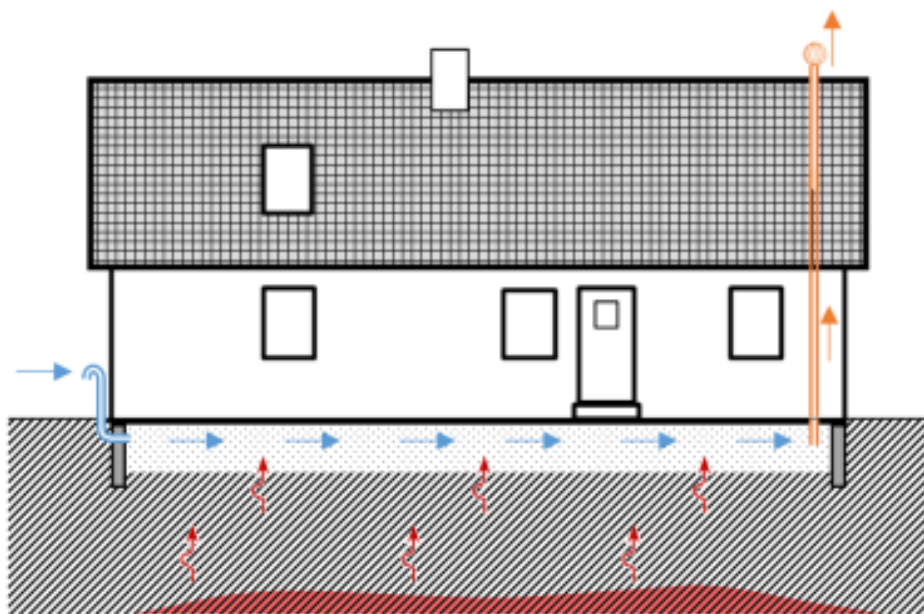
Ventilasjon under bygninger

Ved nybygg vil det mest opplagte tiltaket ofte være å etablere ventilasjon under bygningene. Ved å innarbeide løsningen i prosjekteringsfasen, vil etableringsomkostningene være relativt lave. Metoden omfatter et permeabelt lag eller hulrom under bygningen – som f.eks. drenganger eller drengsrør plassert med 2-3 m mellomrom (se figur 2.13 og 2.14). I en variant av metoden er bygningen fundamentert på peler, som løfter bygningen over omkringliggende terreng og dermed avskjærer gassen, slik at den ikke trenger inn i bygget.

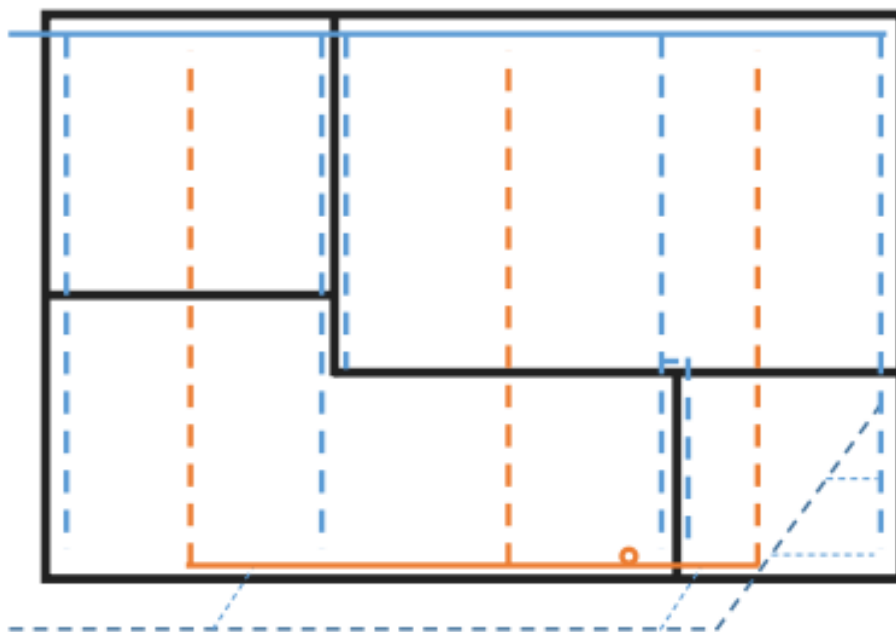
Ventilasjonen kan etableres som et passivt system, hvor naturlige trykkvariasjoner omkring bygningen skaper en luftstrøm under bygningen, som fortynner og ventilerer eventuell deponigass /1/. Luftgjennomstrømningen vil variere med bl.a. vind- og trykkforhold omkring bygningen.

Det etableres både luftinntak og avsug, og systemet vil slik sett være trykknøytralt. Luftavsugget kan være plassert over taket og evt. med en vindhette (se figur 2.13), men kan også plasseres ved terrengnivå, med en rist eller svanehals. Trykknøytralitet er viktig i forbindelse med tiltak ved deponigass, hvor man ikke ønsker gassakkumulering under bygningen. Utfordringene ved metoden er å sikre god nok ventilasjon under hele bygningen uten ”døde soner”. Trykktap i ledninger mm. minimeres ved f.eks. å benytte runde bøyninger og glatte rør.

Såfremt passiv ventilasjon ikke er tilstrekkelig, kan det i stedet etableres aktiv ventilasjon, som er drevet av en pumpe. Oppbygningen av systemet ligner på det for passiv ventilasjon, men antallet luftinntak kan ofte reduseres.



Figur 2.13: Konseptuell modell for passiv (balansert) ventilasjon under bygninger /2/.



Figur 2.14: Eksempel på plassering av drenslinger. Blå slanger er forbundet med luftinntak og røde slanger er forbundet med luftavsug i form av en skorstein /2/.

Det er viktig å understreke at ventilasjonssystemet alltid må tilpasses og dimensjoneres i forhold til det konkrete prosjektet, herunder bygningens størrelse, om det er kjeller, krypkjeller, tregulvskonstruksjoner m.m. Det må være fokus på systemets robusthet og at det skjer tilstrekkelig luftutskiftning under gulv uten døde soner. Samtidig er det viktig at det er

nøyaktighet i forhold til å sikre en så tett gulvkonstruksjon som mulig, uten revner og utilsiktede spredningsveier omkring f.eks. rørgjennomføringer, hulrom, avløp, støpeskjøter m.m.

I eksisterende bygg vil mulighetene for å etablere ventilasjon under bygget avhenge av en rekke faktorer, herunder fundamentet, gulvkonstruksjonens oppbygning, og om det ligger permeable jordlag som er egnet til ventilasjon under bygget. Det kan i mange tilfeller være mulig å bore vannrette filterrør under gulvet som kan anvendes til ventilasjon. Er det for eksempel krypkjeller under et eksisterende bygg, kan det ofte etableres en ventilasjon i denne. Ved tiltak under eksisterende bygg er det en rekke forhold som bør vurderes, f.eks. isolering i gulvet, om det kan oppstå kuldebroer, eller skje frostskaider på installasjoner.

Ventilasjon under pelefundamentert bygg

Ganske ofte vil det på selve deponiet være nødvendig å etablere pelefundament i nye bygg. Dermed er det mulighet for å etablere et fritt ventilert hulrom under det selvbærende betonggulvet, hvilket vil medvirke til å sikre inneklimate i bygget mot inntrengende deponigass og forurenset poreluft.

Det må sikres at det er fri luftutveksling mellom atmosfærisk luft og hulrommet under bygningen. Dette kan f.eks. sikres ved at det er minst to motstående vegger som er forsynt med permanente åpninger, som ikke kan lukkes eller blokkeres, og at det ikke er skillevegger som hindrer naturlig ventilasjon. Det må sikres at det er tilstrekkelig fritt hulrom under bygget (f.eks. minimum 0,3 m) og at det er en tilstrekkelig avstand fra vegger med permanente åpninger til nabobygg (f.eks. 5 m).

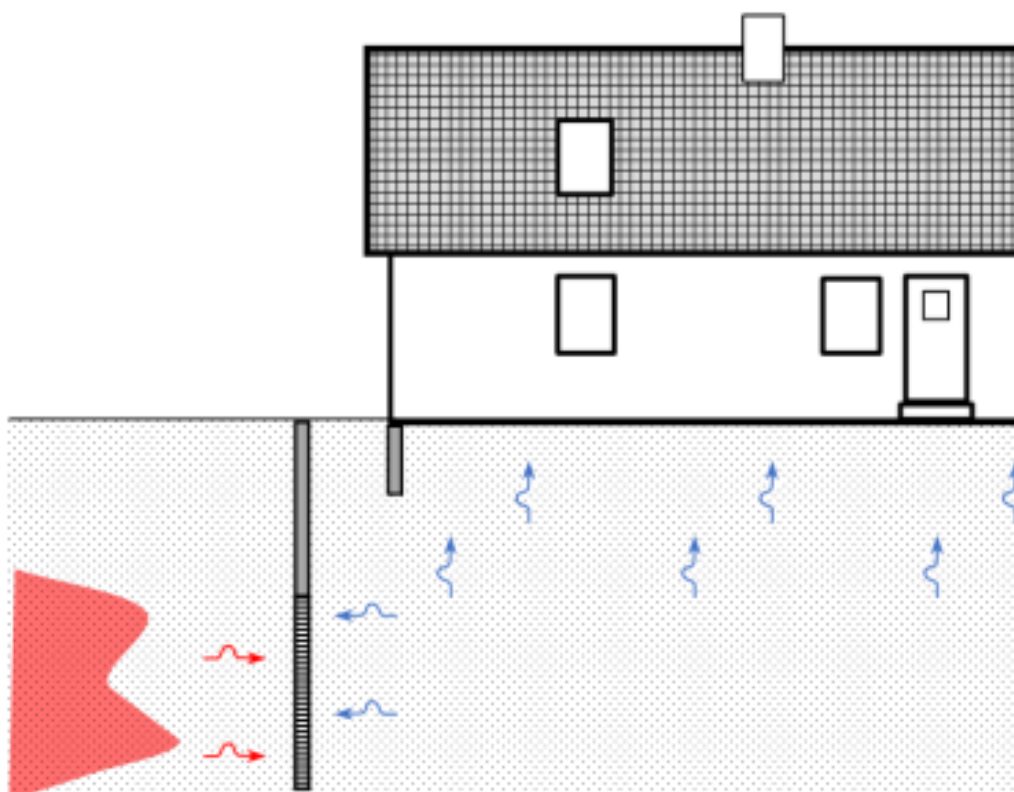
Det må fremheves at det alltid må foretas en konkret prosjektering og vurdering av hvilke tiltak som er nødvendige for å foreta en tilstrekkelig inneklimasikring.

Avskjærende ventilasjon

En alternativ strategi kan være å avskjære spredningen av deponigass ved å etablere utlufting i vertikale borer som plasseres mellom deponiet og boligen – eller evt. langs eiendomsgrensen. Boringene filtersettes, slik at de så langt som mulig avskjærer transport i umettet sone /1/. Ved korrekt plassering av boringene og etablering av et tilstrekkelig undertrykk, vil boringene fange deponigassen før den når bygningene. Det må imidlertid være fokus på at gassen ikke spres forbi boringene i f.eks. avløpsrør. Dessuten forutsetter metoden høy permeabilitet i løsmassene, som f.eks. i grus/sand. Prinsippet i metoden er skissert på figur 4.15.

Avskjæringen kan også skje på andre måter, f.eks. ved etablering av barrierer via spunt, plast eller bentonittmembraner, som hindrer gassspredning i umettet sone, og/eller ved etablering av horisontale drenerør nedgravd i en ventilert høyporøst drenlag langs en avskjærende linje i forhold til bygget. Det er imidlertid viktig at dren plasseres i en relevant dybde.

Uansett valg av metode må det foretas kontroll og oppfølging.



Figur 2.15: Avskjæring av deponigass ved utlufting i vertikale borerer /2/.

Grønne områder

Omfattende tett dekke, f.eks. asfaltdekke, vurderes generelt å kunne redusere transport av deponigass til atmosfæren /1/. Dermed kan risikoen for at deponigass sprer seg til bygninger øke.

I randsoner til gamle deponier kan det derfor være hensiktsmessig å innarbeide grønne områder og permeable dekker, for derved å øke gassutvekslingen mellom grunnen og atmosfæren i ubebygde arealer.

Tetting eller ventilasjon av avløpssystemet

Som tidligere nevnt kan avløpssystemet utgjøre en vesentlig spredningsvei for deponigass.

Inntrengningen av gass til kloakken kan evt. minskes ved strømpeforing. Det kan etableres ventilasjonsskummer foran bygningene, hvor det ved passiv ventilasjon skjer en utlufting av avløpssystemet, og dermed av eventuell deponigass. Denne løsningen kan i noen tilfeller medføre luktsjenanse. Alternativt kan avløpssystemet innrettes med utluftningsventiler plassert over tak som skal hindre overtrykk i kloakken. Dette er en løsning som ofte anvendes på etasjebygg, også for å sikre at vannlåser ikke suges tørre som følge av undertrykk som kan oppstå i en fallstamme ved toalettsskyl.

2.4.3 Kontroll og oppfølging av risiko for inneklima, herunder gass

Byggeteknisk og ved valg av materialer må det tas høyde for at konstruksjonen forblir tett i hele bygningens levetid. I tilfeller hvor det gjennomføres avbøtende tiltak for å sikre inneklimaet mot deponigass eller forurenset poreluft, vil det ofte være nødvendig å foreta en etterfølgende kontroll og oppfølging for å sikre at de avvergende tiltakene har ønsket effekt.

Formålet med videre oppfølging er å kontrollere at gjennomførte tiltak virker slik de har til hensikt å gjøre. Det vil si at tiltakene har sikret at inneklimaet er helsemessig forsvarlig for mennesker og dyr. Kontrollen kan f.eks. omfatte gassmålinger og etablerte ventiler. Luftutskiftingen kontrolleres; tettheten av terrengdekket, rørgjennomføringer og kloakk. I forbindelse med gassmåling er det viktig å være oppmerksom på at avdamping og inneklimapåvirkningen kan variere over tid, som følge av f.eks. veiforhold og bygningens bruk. Det kan derfor ofte være en god idé å foreta kontinuerlige gassmålinger over en periode. Overvåkingen bør foretas så raskt som mulig i byggeprosessen, slik at det hurtigst mulig avklares om de gjennomførte tiltakene har den ønskede effekten. Hvis de mot forventning ikke har ønsket effekt, må det raskt iverksettes supplerende tiltak, noe som kan føre til økte utgifter og problemer ift. fremdrift i byggeprosessen. Omfanget av denne kontrollen vil avhenge av den konkrete saken. I visse tilfeller kan det være en mulighet over en periode å sette opp gassalarmer som gir et signal hvis det plutselig oppstår forhøyede gasskonsentrasjoner.

Gjennomførte tiltak, som skal ha den ønskede effekten i hele bygningens levetid, må ofte kontrolleres ved løpende overvåking i ettertid. Omfanget av denne oppfølgingen vil avhenge av den konkrete saken, men følgende bør typisk vurderes og bestemmes i forbindelse med etablering av et overvåkingsprogram:

- Tidsplan og overvåkingsfrekvens.
- Målepunkter.
- Analyseprogram.
- Krav til rapportering.
- Tiltakskriterier.
- Når skal overvåkingsprogram revurderes.
- Hvem blir berørt av tiltak og overvåking.
- Hvem har ansvaret for å foreta overvåkingen.
- Hvem skal godkjenne resultatene eller stille krav om ytterligere tiltak.

Da det mht. deponigass er snakk om mulig akutte helsefare, inkludert eksplosjonsfare, bør det også utarbeides en tiltaksplan som beskriver hvilke tiltak som skal utføres hvis tiltakskriteriene overskrides, og hvem som har ansvaret for dette. Planen bør omfatte en detaljert beskrivelse av hvilke supplerende målinger, og/eller undersøkelser, som skal utføres og om nødvendig en beredskapsplan.

Hvis det er snakk om aktive tiltak, f.eks. i form av aktiv ventilasjon, kan det være behov for kontrollprosedyrer for å dokumentere at avbøtende tiltak også i driftsfasen virker som prosjektert, og har ønsket effekt. Denne kontrollen bør gjennomføres så lenge det er behov for aktiv avverging. Det må i den forbindelse sikres at det skjer tilstrekkelig vedlikehold av tiltaksanlegget. Det bør fastsettes kontrollprosedyrer med samme betingelser som ved overvåkingsprogrammet.

Det er viktig å sikre at de avbøtende tiltakene virker etter hensikten, og oppnår ønsket effekt. Etterfølgende overvåking og kontroll har utelukkende som formål å vise at tiltakene fungerer som tiltenkt. Det bør som sagt dessuten beskrives hvem som har ansvaret for overvåkingen,

og hvem som godkjenner resultatene.

2.4.4 Endringer av arealbruk på deponier og i randsoner omkring deponier

Det må understrekes at det ikke dreier seg om en statisk situasjon når en vurderer risiko for inneklimate på og omkring deponier. Selv om det er gjort undersøkelser som dokumenterer at det på nåværende tidspunkt ikke er risiko for inneklimate, kan situasjonen endre seg over tid. Det bemerkes, at dette kan bety utfordringer i arealplanlegging. Dersom det på, eller omkring, deponiet skjer endringer som kan påvirke forurensningens spredningsveier, vil ikke de tidligere undersøkelsene nødvendigvis være representative.

Som beskrevet er det en rekke menneskeskapte spredningsveier som kan påvirke hvordan forurensningen akkumuleres og spres. Det kan derfor være relevant, avhengig av forurensningssituasjonen på og omkring deponiet, å stille krav til f.eks.:

- endring av dekke
- bebyggelse (også når det ikke er snakk om bolig)
- etablering av dren, veier og andre terrenginngrep.

Vesentlige endringer av ovenstående kan påvirke hvordan forurensningen spres, og dermed hvilken risiko forurensningen utgjør. Kravene til dette vil avhenge av den konkrete saken, men det kan muligens utarbeides generelle krav, f.eks. innenfor hver risikosone dersom slike benyttes, se avsnitt 2.3.3.

3. Geotekniske problemstillinger ved bygging på nedlagte deponier

Ved bygging på og ved deponier er det viktig å sikre at det ikke kan trenge deponigass/poreluft inn i bygget. Dette krever at det byggeteknisk tas høyde for dette ved å etablere et tett terrengdekke, og sikre at det ikke skjer inntrengning ved støpeskjøter og avløpsledninger m.m. (se figur 2.4). Byggeteknisk, og ved valg av materialer, må det tas høyde for at konstruksjonen forblir tett i hele bygningens levetid, hvis dette er en forutsetning for at deponigass og forurenset poreluft ikke utgjør en risiko for inneklimate.

Det bemerkes at ovenstående ikke er annerledes ved bygg på andre eiendommer hvor det er forurensning med flyktige forurensningskomponenter, som f.eks. klorerte løsemidler og oljekomponenter, hvor det også skal sikres at forurensning i poreluft ikke spres til byggets inneklimate.

3.1 Setningsskader

Det varierer hvor mye deponert avfall har blitt komprimert ved deponering. Det skjer i tillegg en omsetning av materiale ved deponier som typisk kan føre til betydelige setninger i terrenget. Det kan skje setninger i årtier etter at deponiet har vært i drift. Setningenes omfang og hvor lenge det kan forventes setninger vil avhenge av en lang rekke forhold:

- deponiets driftsperiode (alder)
- type og sammensetting av det deponert avfall/materiale, inkludert omfanget av deponert husholdningsavfall og annet nedbrytbart avfall
- oppbygning og komprimering av det deponerte materialet
- grunnvannets beliggenhet.

Setninger vil erfaringsmessig være et potensielt problem så lenge det skjer omsetning av organisk stoff i deponiet.

Setninger på bygg kan naturligvis i seg selv være problematiske, og i verste fall ha et omfang der det kan ha konstruksjons- og sikkerhetsmessige konsekvenser som kan utgjøre store økonomiske utgifter. Denne problemstillingen er prinsipielt ikke annerledes enn for andre saker, hvor det oppføres bygg på setningsgivende avleiringer. Det vil også ved slike tiltak kunne skje setninger av avløp, dekke m.m. Ved bygging på deponier er det viktig å være oppmerksom på at setninger på avløpsledninger, revner i gulvet m.m. også kan ha negativ miljømessig påvirkning.

Ofte vil det på selve deponiet være nødvendig å pele fundamentene nye bygg, da deponert materiale typisk vil være sterkt setningsgivende. Dermed er det mulighet for å etablere et fritt ventilert hulrom under det selvbærende betonggulvet, hvilket vil medvirke til å sikre inneklimate i bygget mot inntrenging av deponigass og forurensset poreluft. Men omvendt betyr det at det lett kan oppstå betydelige differenssetninger mellom bygg og avløpsledninger, som det må tas høyde for ved prosjekteringen.

På grunn av setnings- og gassinntrengningsrisiko ved eventuell etablering av boliger på et eksisterende deponi, er det viktig at det unngås å bygge direkte på sterkt setningsgivende og gassproduserende avleiringer. Det kan være behov for å fjerne deponerte masser under fremtidige byggefeltet.

Dette vil ofte omfatte etablering av en spuntvegg som delvis sikrer at det kan bygges opp en komprimert sandpute i området for oppgravingen. Spuntveggen vil samtidig kunne utgjøre en barriere for gassinntrengning fra gassproduserende avleiringer beliggende utenfor byggefeltet.

En mulighet i forbindelse med fjerning av deponerte masser under fremtidige bygninger vil også kunne være å etablere en membran inn mot de gassdannende avleiringene i forkant av etableringen av sandpute. Det er viktig at det dokumenteres at denne har ønsket effekt, og at effekten er vedvarende under hele byggets levetid.

I forhold til bygging i randsonen må det også tas høyde for at setninger og en gradvis omsetning og innskrenking av deponiet ikke kan medføre setningsskader som følge av innsynking i kanten av deponiet.

3.2 Mulige miljømessige konsekvenser ved setningsskader

Setninger i bygg på og ved deponier kan medføre økt transport av deponigass/poreluft inn i bygget. Det er derfor avgjørende at de geotekniske undersøkelsene omfatter både setninger på selve bygningen og at også omkringliggende konstruksjoner vurderes og dimensjoneres med hensyn på at det ikke oppstår miljømessige problemer som følge av setningsskader på f.eks. avløpsledninger og annen infrastruktur.

Hvis det er behov for særlige tiltak for å sikre inneklimate i bygget, er det viktig å få fastlagt at disse er funksjonsdyktige i hele bygningens levetid, og at det kan være behov for overvåking eller kontroll hvis det er tilfellet.

Hvis det er gjennomført avbøtende tiltak i forbindelse med etablering av bygget, er det viktig at det sikres at dette også er funksjonsdyktig hvis det forekommer setninger. Det må sikres at det ikke finner sted uakseptable setninger ift. funksjonen av avbøtende tiltak, herunder at det ikke oppstår revner eller utettheter i terrengdekket eller avløp som kan virke som spredningsvei for deponigass.

Andre utilsiktede miljømessige konsekvenser av forhold knyttet til fundament, som det gjelder å være oppmerksom på er f.eks.: risikoen for at det ved pelefundamentering kan dannes

transportveier til dypereliggende gasslommer i formasjonen, som kan medføre en økt fare for å overse gassinntrengning i boligen.

Selve bygningens fundament kan fungere som en slags klokke over hvor raskt gassen siver oppover og akkumuleres i de porøse, kapillærbrytende lagene under gulvet, hvis det er etablert utilstrekkelig eller ingen utluftning under gulv.

3.2.1 Andre miljømessige konsekvenser

Hvis det etableres nye ledningstraseer med sand, eller andre permeable materialer, kan disse fungere som transportveier for gass til nye boliger. Her kan det overveies å etablere en gassbarriere f.eks. i form av en leirpropp, som hindrer gasstransport langs ledningstraseen. I praksis er det imidlertid utfordrende å forhindre gasstransport fullstendig. Ved etablering av sandpute, eller bruk av andre permeable materialer under bygninger, etableres samtidig en høyporøs transportvei for gassinntrengning i bygningen.

Asfaltering og etablering av faste dekker kan i seg selv medføre at det etableres et lokk som øker gassakkumuleringen i de øvre jordlagene, og som dessuten kan øke gassmigrasjonen og dermed øke området som påvirkes av gass.

Oppsummert er det viktig å vie stor oppmerksomhet på at konstruksjonsteknikk og geotekniske forhold kan influere vesentlig på risikoen for gassinntrengning i boligene.

Ved eksisterende bygg på eller omkring eksisterende deponier, hvor det ikke har vært tilstrekkelig fokus på å håndtere ovenstående problemstillinger, kan det oppstå betydelige problemer relatert til omtalte forhold.

4. Referenser

- /1/ Spørreundersøkelse til alle landets kommuner, samt etterfølgende notat om svar og workshop avholdt av Miljødirektoratet.
- /2/ Region Hovedstaden, 2016. Indeklimasikring i nybyggeri. Vejledning i forbindelse med sagsbehandling af § 8-sager. Version 2.1.3.
- /3/ Miljøprosjekt 648, 2001, Miljøstyrelsen, Danmark.
- /4/ Etter: <https://www.fhi.no/ml/avfall-og-soppel/info-kommune-og-naring/bygging-pa-gamle-avfallsdeponier/>
- /5/ Etter: <http://www.phy.anl.gov/division/esh/Cryogenic/Appendix%203/Appendix%203.html>
- /6/ National Commission's Documentation of the Exposure Standards [NOHSC:10003(1995)].
- /7/ Arbejdsrapport nr. 58, 1993, Miljøstyrelsen, Danmark.
- /8/ Miljøprosjekt nr. 648, 2001, Teknologiuudviklingsprogrammet for jord- og grundvandsforurening. Miljøstyrelsen, Danmark.

Vedlegg 1

Vedlegg 1

	Luktgrense		Dødelig		Lower explosion limit (LEL)	Upper explosion limit (UEL)		
	% (v/v)	ppm (v/v)	% (v/v)	ppm (v/v)	% (v/v)	ppm (v/v)	% (v/v)	ppm (v/v)
Metan, CH ₄	Lukter ikke		Fortrenger oksygen		5	50.000	15	150.000
Sulfid, H ₂ S	0,001	10	0,05-0,1	500-1.000	4	40.000	44	440.000
Ammoniak, NH ₃	0,002	20	0,17	1.700-5.000	15	150.000	28	280.000

Tabell 1: Konsentrasjonsintervaller med eksplosjonsfare for deponigass
(http://www.wermac.org/safety/safety_what_is_lel_and_uel.html)