

EFNISYFIRLIT

SAMANTEKT	3
1 MARKMIÐ LEIÐBEININGANNA	4
2 FYRSTU VIÐBRÖGÐ	4
3 VIÐBRÖGÐ VIÐ OLÍUMENGUN, ÚTBREIÐSLA, RANNSÓKNIR OG KRÖFUR TIL HREINSUNAR	8
3.1 Útbreiðsla mengunarefna	8
3.2 Markmið rannsókna	8
3.3 Frummat	9
3.4 Áhættumat	12
3.5 Fyrstu aðgerðir og undirbúningur til hreinsunar	13
3.5.1 Almennt	13
3.5.2 Bráðaúrræði	14
3.5.3 Val á móttökustað	14
4 ALMENNT UM OLÍUR OG OLÍUMENGUN	15
4.1 Efnainnihald og eiginleikar eldsneytis	15
4.2 Leiðir olíumengunar í umhverfi til manna og dýra	16
4.3 Helstu hættur af völdum bensíns og gasólú fyrir heilsu fólks	17
4.4 Aðrar hættur af völdum olíumengunar	18
5. MÆLINGAR OG SÝNATAKA	19
5.1 Almennt	19
5.2 Aðferðir og tæki við sýnatöku	19
5.3 Mæli- og greiningartæki	21
5.4 Rannsóknir á hreyfðum jarðvegi	21
5.5 Rannsóknir á óhreyfðum jarðvegi	21
6 HREINSUN Á OLÍUMENGUDUM JARÐVEGI	23

6.1	Inngangur	23
6.2	Örveruniðurbrot á olíumengun í jarðvegi	23
6.3	Aðferðir til hreinsunar	24
6.3.1	Hreinsun á upprunastað (in situ)	24
6.3.2	Hreinsun fjarri upprunastað (í jarðhreinsistöð)	25
6.4	Hentug aðferð til hreinsunar jarðvegs	26
7	TÆKNILEG UPPBYGGING LÍFRÆNS HREINSIHAUGS	27
7.1	Inngangur	27
7.2	Vinnusvæði jarðhreinsistöðvar	27
7.3	Undirlag	27
7.4	Uppbygging hreinsihaugs	28
7.4.1	Forvinna	28
7.4.2	Tæting og íblöndun	28
7.4.3	Formun haugsins	28
7.4.4	Yfirbreiðsla	29
7.5	Loftun	29
7.6	Uppsöfnun lekavatns	30
7.7	Vökvaíblöndun	31
7.8	Íblöndun næringarefna	32
8.	ÁKVÖRÐUN UM AÐ HREINSUN OLÍUMENGADS JARÐVEGS SÉ LOKIÐ	33

SAMANTEKT

Í þessum leiðbeiningabæklingi er fjallað um mengun jarðvegs af völdum olíuefna og hvernig unnt er að hreinsa jarðveginn. Helstu atriði í honum eru:

- Bæklingurinn fjallar eingöngu um **jarðvegsmengun** af völdum **eldsneytisólú, smurolú** eða **skyldra olíuefna**, t.d.: bensíns, dísilólú, svartólú, steinolú, gasólú og vökvakerfisolú (glussaólú). Hann fjallar ekki um annars konar olíumengun, t.d olú sem inniheldur halógenefni, svo sem PCB.
- Bæklingurinn lýsir útbreiðslu olíumengunar í umhverfinu og hvernig meta megi hvenær og hvernig mengunin geti **verið hættuleg umhverfi** og **heilsu fólks**. Einnig er fjallað almennt um eldsneytisólur, t.d. efnainnihald þeirra og eiginleika. Fjallað er um þær hættur sem fylgja olíumengun í umhverfinu, beinan og óbeinan heilsuskaða, svo sem vegna eituráhrifa, eldhættu og vinnu við hreinsunina.
- Kynnt eru þrjú vinnuferli sem nota skal eftir að olíumengunar í jarðvegi hefur orðið vart. **Vinnuferli 1** sýnir hvernig bregða skuli við olíumengun í jarðvegi. **Frummat** á menguninni fer fram samkvæmt **vinnuferli 2**. Eftir þessu frummati er ákveðið hvort aðgerða sé þörf, bæði með aðstoð skynmats og viðmiðunargilda. Sé þörf á aðgerðum fer umfang þeirra eftir **áhættumati** samkvæmt **vinnuferli 3**.
- Kynnt eru **úrræði** við olíumengun, **bráðaúrræði** ef þörf er á skjóttum aðgerðum til að koma í veg fyrir frekari útbreiðslu mengunar, og **aðgerðir** þegar bráðahætta er liðin hjá og ráðrúm gefst til hreinsunar. Lýst er mismunandi aðferðum og möguleikum til að koma fyrir **jarðhreinsistöðvum** þar sem nauðsynlegt er. Þar er olíumenguðum jarðvegi safnað saman og gerðar viðeigandi ráðstafanir sem stuðla að lífrænu niðurbroti olíuefnanna. **Urðunarstaðir** fyrir úrgang eru í mörgum tilfellum kjörnir til að koma fyrir jarðhreinsistöð. Nauðsynlegt er hins vegar að gerðar verði ráðstafanir til að mögulegt sé að byggja slíkar stöðvar annars staðar á skömmum tíma ef upp koma vandamál með olíumengaðan jarðveg.
- Tilmælum er beint til **sveitarfélaga** að þau tryggi sér **aðgang að slíkum jarðhreinsistöðvum**.
- Fjallað er um **mælingar** og **sýnatöku** úr olíumenguðum jarðvegi.
- **Hreinsun jarðvegs** er lýst fræðilega og sýnd dæmi hvernig staðið er að henni tæknilega með **uppbyggingu hreinsihaugs**.
- Sett eru fram **viðmiðunargildi** þegar jarðvegur telst vera hreinsaður.

1 MARKMIÐ LEIÐBEINGANNA

Leiðbeiningar þessar eru unnar í samvinnu umhverfisráðuneytisins, Hollustuverndar ríkisins, heilbrigðisfulltrúa og annarra embættismanna sveitarfélaga svo og fulltrúa olúfélaga.

Þær eru ætlaðar þeim sem fást við meðhöndlun, þar með talda hreinsun, mengaðs jarðvegs af völdum olíu. Markhópurinn er heilbrigðisfulltrúar, tæknimenn sveitarfélaga, umsjónarmenn urðunarstaða, starfsmenn olúfélaga og aðrir þeir sem málið varða.

Markmið leiðbeininganna er að takmarka þann skaða sem getur hlotist af því þegar olúefni menga jarðveg. Markmiðin nást með því að:

- kynna fyrir viðkomandi hver hættan er þegar jarðvegur mengast af olíu,
- skilgreina ábyrgðarhlutverk og skyldur þeirra sem eiga hlut að máli. Sá aðili sem hefur valdið mengun, þ.e. ef unnt er að ná til hans, er ábyrgur fyrir mati á mengun og hugsanlegum kostnaði sem fylgir hreinsun olúmengaðs jarðvegs. Finnist enginn ábyrgur aðili er það umhverfisyfirvalda að meta hvernig brugðist skuli við menguninni,
- setja fram þrjú vinnuferli sem sá er uppgötvar olúmengun getur haft til hliðsjónar við nauðsynlega ákvarðanatöku varðandi tilkynningar og hugsanlegar aðgerðir,
- staðla og festa í sessi vinnuaðferðir við hreinsun á olúmenguðum jarðvegi,
- setja fram viðmiðun um hvenær hreinsun jarðvegs telst lokið.

Til þess að leiðbeiningar þessar nýtist sem skyldi er nauðsynlegt að eigendur/ábyrgðaraðilar fyrir olúefnum, flutningi og geymslu þeirra, svo og sveitarfélög hafi gert sér grein fyrir nauðsyn þess að til hreinsunar á menguðum jarðvegi geti komið og hafi valið hentug svæði eða jafnvel undirbúið svæði til að geta tekið á móti menguðum jarðvegi. Nauðsynlegt er að sveitarfélög hafi samráð sín á milli þar sem líklegt þykir að ekki verði komið við hreinsistöðvum í þeim öllum vegna takmarkandi þátta, svo sem kostnaðar, náttúruverndarsvæða eða skorts á aðstöðu.

Vegna áhrifa olúmengunar þarf að gæta varúðar við alla meðferð og koma í veg fyrir að olúefni berist út í umhverfið. Hafi það þrátt fyrir allt gerst vegna óhapps eða tæknilegra galla, t.d. í flutningi eða geymslu, ber að meta skaðann og grípa til viðeigandi ráðstafana. Leiðbeiningarnar eiga að benda á nauðsynlegar aðgerðir eftir uppgötvun olúmengunar eða óhapps og hvernig skuli staðið að hreinsun jarðvegsins. Í þeim tilvikum þar sem um verulega mengun er að ræða eða fyrirfram þekkta mengunarstaði er skynsamlegt að kalla til verksins sérfræðinga í rannsókn, meðhöndlun og hreinsun á olúmenguðum jarðvegi. Þegar meta skal hættu af mengun er einnig mælt til þess að leita til sérfræðinga sem hafa þekkingu á dreifingu og hættu af völdum olúmengunar.

Það skiptir miklu að samkomulag ríki um vinnuaðferðir og viðmið þegar mengun uppgötvast eða olía er að breiðast út í umhverfinu. Þess vegna er með áhættumati gert ráð fyrir að miðað sé við ákveðin mæligildi þegar ákvarðanir eru teknar um hreinsun og umfang hennar. Einnig þarf að vita hvenær jarðvegur telst hreinsaður og er í því skyni sett upp tafla með viðmiðunum.

2 Fyrstu viðbrögð

Í þessum kafla er á einfaldan hátt lýst því ferli sem vinna skal eftir þegar upp koma vandamál með olúmengaðan jarðveg. **Vinnuferli 1** er lýst í **flæðiriti** á næstu síðu og í því er vísað í **töflur 2.1** og **2.2**. Í næstu köflum hér á eftir er farið mun nákvæmar í hverja „aðgerð” fyrir sig

en þessi kafli er eingöngu hugsaður sem hjálp til þess að ná á fljótlegan hátt yfirsýn yfir það hvernig skuli bera sig að við umrædd vandamál.

Það fyrsta sem ber að gera þegar olíumengun uppgötvast eða þegar mengunarslys verður er að láta **hlutaðeigandi yfirvöld** vita. Ef bráðahætta stafar af mengun skal hafa samband við **lögreglu** og **slökkvilið** auk **heilbrigðisfulltrúa** og/eða **Hollustuvernd ríkisins**, en þeir síðarnefndu hafa ávallt umsjón með slíkum málum.

Í töflum 2.1 og 2.2 eru gefin upp efri og neðri mörk leyfilegrar mengunar á mismunandi svæðum. Töfluna skal nota eins og hér segir:

- Ef mengun er í öllum tilvikum fyrir neðan neðri mörk töflu 2.1 þarf að liggja fyrir sérstök ástæða til að krefjast áhættumats.
- Ef mengun er fyrir ofan efri mörk einhverra af viðmiðunum í töflu 2.1 þarf skilyrðislaust að framkvæma áhættumat.
- Ef mengun mælist á milli efri og neðri marka í töflu 2.1 skulu viðkomandi yfirvöld taka ákvörðun hvort ráðist verði í áhættumat í samræmi við kafla 3.4.

Tafla 2.1: Viðmiðunargildi sem nota skal við frummat á olíumengun í jarðvegi.

	Mörk	Íbúðarbyggð/náttúruvernd	Iðnaðarsvæði/ svæði utan byggða	Viðkvæm og verðmæt grunnvatnssvæði
Lykt	Neðri mörk	Merkjanleg lykt	50 ppm mælt með FID*	Engin merki um olíumengun mega finnast
	Efri mörk	50 ppm mælt með FID eða sambærilegu*	500 ppm mælt með FID*	
Sjónmat	Neðri mörk	Sýnileg mengun	Sýnileg brák**	Engin merki um olíumengun mega finnast
	Efri mörk	Sýnileg brák**	Jarðvegur mettaður af olíu	

* Með sambærilegu er átt við t.d. PID eða tæki sem mæla sömu efni með öðrum aðferðum.

** Jarðveginn skal láta í ílát með vatni og athuga hvort brák myndast á vatninu. Fyrst skal setja vatnið í fötuna svo að hluti olíuefnanna getur losnað úr jarðveginum þegar hann kemur í vatnið. Aðferðir til mælinga með PID-tækjum er að finna í kafla 5.

Í töflu 2.2 er að finna viðmiðunargildi, sem stuðst er við í áhættumati, fyrir hversu mikið af olíuefnum má vera í olíumenguðum jarðveg án þess að til aðgerða þurfi að koma.

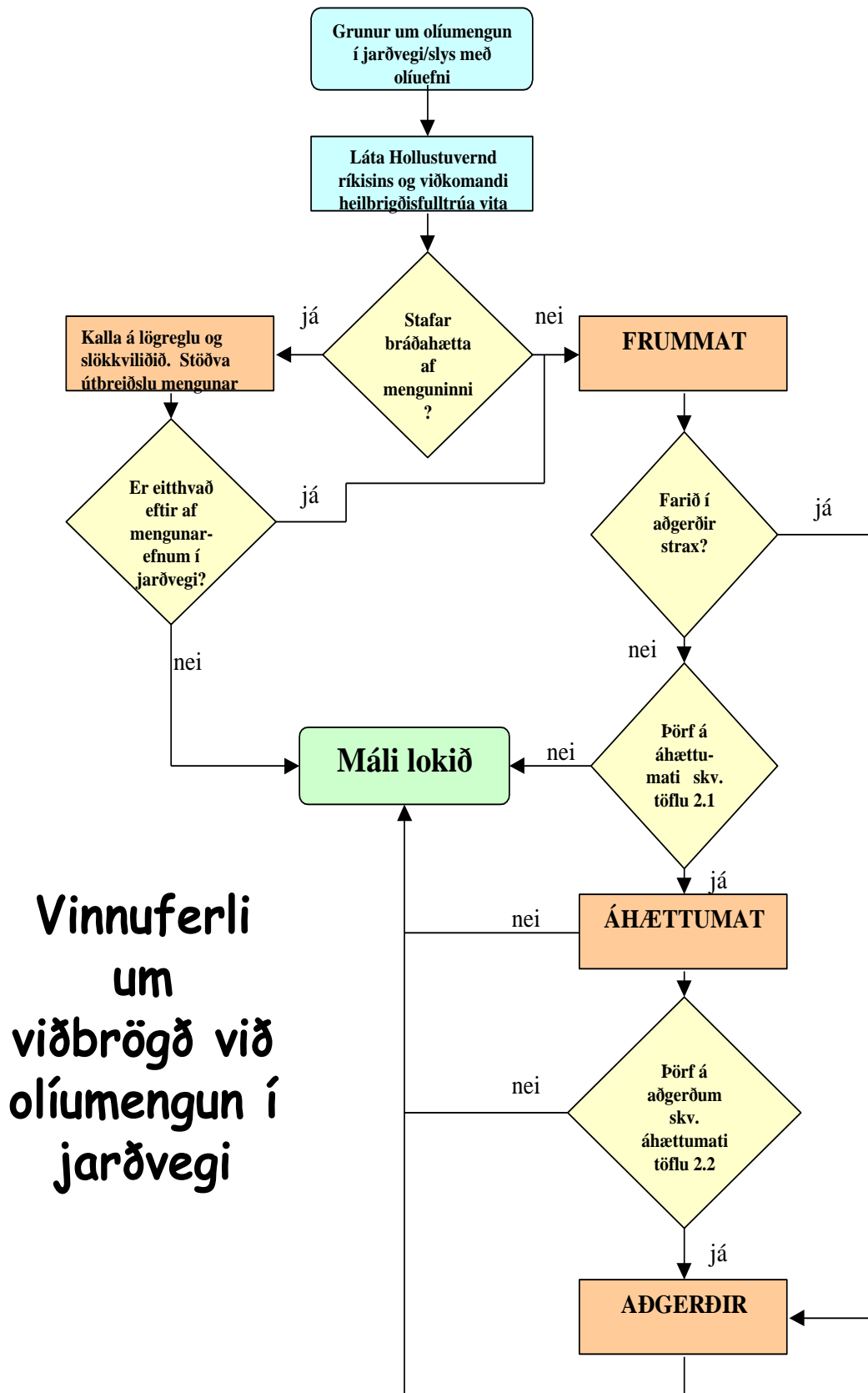
Tafla 2.2: Viðmiðunargildi til notkunar við áhættumat á umhverfisáhrifum olíumengunar í jarðvegi.

Efni	Snerting	Neysluvatn	Nágrenni viðkvæmra vatnasvæða	Innöndun
	mg/kg þurrefni	mg/l	mg/l	mg/m ³
Kolvetni	-	0,01	-	0,01 ¹
BTEX	10 ²	-	-	-
Benzen	1,5 ³	-	-	0,000125 ³
PAH	5	0,0002	0,5	-

¹ Lyktar- og bragðmörk (10% aðspurðra finna lykt/bragð)

² Miðað við inntöku 10 kg barns á 0,2 g/dag og stærstu inntöku 10 g jarðvegs.

³ Krabbameinsvaldandi (mörk miðast við líkur á styttingu lífstíma upp á 10⁻⁶)



Skýringar á hugtökum vinnuferlis:

Grunur um olíumengun/slys. Grunur um olíumengun getur vaknað við uppgröft mannvirkja. Þegar um slíkt er að ræða er tilefni til að fara eftir vinnuferlinu. Það sama gildir þegar tilkynnt er um slys, t.d. ef olíubíll hefur oltið, bensínleiðsla rofnað eða óhapp við áfyllingu olíu hefur átt sér stað.

Bráðahætta ríkir þegar hætta er á eldsvoða eða slysum og þegar olía breiðist hratt út í umhverfinu, t.d. þegar olíubíll veltur eða leki kemur að olíugeymi.

Er eitthvað eftir af mengunarefnum í jarðvegi? Átt er við hvort mengunarefni séu enn eftir í jarðvegi eftir fyrstu aðgerðir til að hreinsa og stöðva útbreiðslu á megunarstað.

Frummat er gert af eiganda/finnanda mengunar í samráði við heilbrigðisyfirvöld hvers umdæmis, skv. töflu 2.1 á bls. 7.

Áhættumat er gert af sérfræðingum eða öðrum sem þekkingu hafa á hættu, útbreiðslu og eðli olíumengunar.

Aðgerðir. Átt er við þegar hafist er handa við að hreinsa olíumengaðan jarðveg á staðnum, eða að fjarlægja hann í þeim tilgangi að hreinsa hann í jarðhreinistöð með þeim aðferðum sem líst er í kafla 6.

Máli lokið merkir að aðgerða eða frekari aðgerða sé ekki þörf á megunarstað en stjórnslulegri vinnu, svo sem tilkynningu til stjórnvalda, skýrslugerð o.þ.h. er þó ekki lokið.

3 Viðbrögð við olíumengun, útbreiðsla, rannsóknir og kröfur til hreinsunar

3.1 Útbreiðsla mengunarefna

Olíuefni geta mengað jarðveg á marga mismunandi vegu en langalgengast er að mengun sé með eftirfarandi hætti:

- bráðamengun – t.d. þegar olíubíll veltur eða leki kemur snögglega að olíugeymi,
- langtímamengun – t.d. þegar verið er að grafa upp gamla tanka sem lekið hafa olíu í lengri tíma án þess að umsjónarmenn tankanna hafi orðið varir við lekann.

Sum olíuefni sem lenda í jarðvegi geta auðveldlega borist frá mengunarstað (upprunastað) en önnur hreyfast lítið úr stað. Því er mikilvægt að gera sér grein fyrir því hvernig mismunandi mengunarefni geta breiðst út frá viðkomandi mengunarstað ef ekkert yrði að gert eða hluti þeirra yrði skilinn eftir, t.d. í dýpri jarðlögum. Dreifingin er að sjálfsgöðu mjög háð gerð jarðlaga á mengunarstað.

Olíumengun í jarðvegi breiðist m.a. út með eftirfarandi hætti:

- með leka um jarðveg og/eða berglög út í grunnvatn,
- með úrkomuvatni til næsta viðtaka, t.d. í ár, læki og stöðuvötn,
- með grunnvatni til viðtaka á yfirborði,
- með uppgufun út í andrúmsloftið.

Mengunarefni geta einnig borist að landi af sjó eða vatni og sest til í fjörum. Slíka mengun ber að meðhöndla líkt og aðra jarðvegsmengun.

3.2 Markmið rannsókna

Markmið rannsókna á mengunarstað er að fá yfirlit yfir umfang, gerð og styrk mengunar auk þess sem meta verður hættu á hugsanlegri útbreiðslu mengunarefna út í nánasta umhverfi. Slíkar rannsóknir eru grundvöllur mats á hvort, hvernig og hversu mikið nauðsynlegt er að hreinsa jarðveginn af mengunarefnum.

Við slíkar rannsóknir verður m.a. að hafa í huga eftirfarandi:

- eiginleika viðkomandi olíuefna og hættur sem stafa af þeim, sjá kafla 4,
- framtíðarnot hins mengaða svæðis,
- umfang mengunar,
- hugsanlegar útbreiðsluleiðir mengunar, sjá kafla 3.1 hér að ofan.

Mengunarrannsóknir verða að vera skipulagðar þannig að þær nýtist sem best við mat á hverjum þeim mengunaraðstæðum sem upp geta komið. Til þess að auðvelda þetta mat er rannsóknum skipt niður í frummat og áhættumat. Frummat er einfalt, fljótlegt og gefur grófa mynd af ástandinu en áhættumat er mun ítarlegra, krefst meiri tíma og gefur ítarlegri svör við því hvort hætta geti stafað af menguninni í framtíðinni. Niðurstöður frummats og/eða áhættumats gefa til kynna hvaða aðgerða er þörf.

Leggja skal áherslu á að ná sem bestri heildarmynd af því mengaða svæði sem verið er að

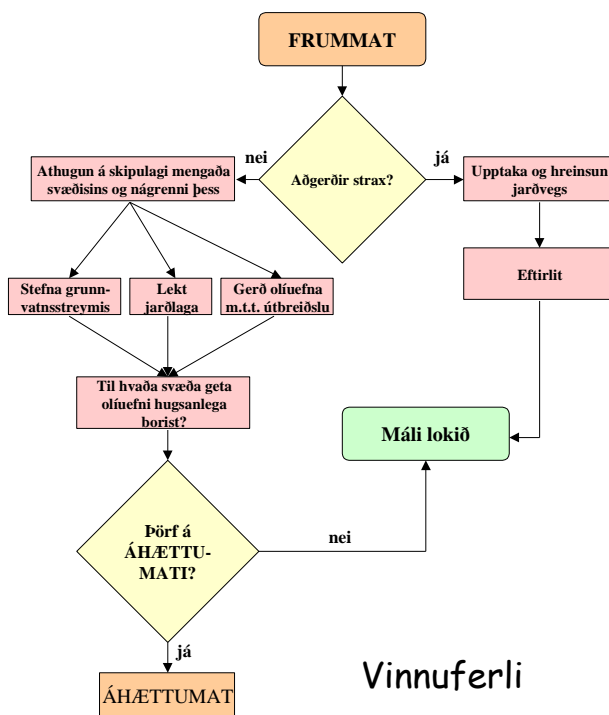
meta. Hafa ber í huga að sá hluti olfunnar sem er hreyfanlegur veldur einnig mestri hættu, sbr. kafla 3.1. Að jafnaði skal miðað við að lágmarksmagn af menguðum jarðvegi sem hægt er að krefjast áhættumats á nemi um einum vörubílsfarmi, eða um 4 – 6 m³ af menguðum jarðvegi.

3.3 Frummat

Frummat er oftast framkvæmt af þeim sem uppgötvar mengunina eða ábyrgðarmönnum hennar ásamt tilheyrandi heilbrigðisfulltrúa. Markmiðið með frummati er að meta á einfaldan og fljótlegan hátt hvers eðlis mengunartilfellið er í ljósi þess hvort ástæða er til að fram fari áhættumat. Til þess að þær rannsóknir sem gerðar eru á þessu frumstigi gefi sem besta mynd af ástandinu þurfa aðferðirnar að vera:

- Einfaldar,
- Fljótlegar,
- Ódýrar,
- Áreiðanlegar.

Niðurstaða þessa fyrsta mats ræður því síðan hvort ástæða sé til að ráðast í frekari rannsóknir sem væntanlega eru mun viðameiri og kostnaðarsamari. Í skipuritinu hér að neðan er lýst því vinnuferli sem æskilegt er að fylgt sé við gerð frummati.



Vinnuferli frummati

Í frummati þarf að greina á hvaða svæðum olía hefur mengað jarðveginn:

- Viðkvæm og verðmæt grunnvatnssvæði.
- Náttúruverndar-/útivistarsvæði.
- Íbúðarbyggð.
- Iðnaðarsvæði.
- Svæði utan byggða.

Skipulagsupprættir hjálpa til við að skilgreina svæði ef þeir eru fyrir hendi. Svæði í nágrenni ofangreindra svæða þarf í sumum tilvikum að meðhöndla eins og um viðkvæm svæði sé að ræða, t.d. ef grunnvatnsstreymi og aðrir viðlíka þættir gefa tilefni til að óttast að olíuefni geti borist inn á viðkvæmari svæði. Hins vegar geta verið innan þessara svæða staðir þar sem skilgreining aðalskipulags á ekki við í þessu sambandi, t.d. á bensínstöðvum í íbúðarbyggð.

Til þess að geta metið hvert mengunin geti borist í umhverfinu þarf m.a. að svara eftirfarandi:

- Hver er lekt jarðlaga?
- Hver er stefna grunnvatnsstreymis?
- Hvaða olía fór niður í jarðveginn og hversu mikil?

Á Íslandi eru jarðlög yfirleitt talsvert lek. Í mjög grófum dráttum má þó skipta jarðlögum í tvo flokka, þ.e.:

1. Lek jarðlög, t.d. mól og sandur, hraun og ungar jarðmyndanir nálægt eldgosabelti um miðbik landsins.
2. Þétt jarðlög, t.d. móhella, jökulruðningur, gamalt berg, oft austast og vestast á landinu.

Þetta er þó stórlega einfölduð mynd og dugir hvergi nærri til að meta lekt jarðlaga til hlítar. Til að meta stefnu grunnvatnsrennslis þurfa þeir sem að olíumengun koma oftast aðstoð sérfræðinga. Til einföldunar má þó segja að stefna grunnvatns sé svipuð og meginhalli lands og að grunnvatn streymi stystu leið að ám og vötnum er liggja neðar í landinu.

Við frummat á mengun þarf oft að taka skjóta ákvörðun og því oft ekki hægt að nota tímafrekar greiningar á olíumengun jarðvegs á því stigi. Þess vegna er í slíkum tilfellum oft betra að nota skynmat, þ.e. lykt og sjónmat, en styrkja það þó með einföldum mælingum, t.d. PID-tæki.

Ástæða er til að vara við hættum af völdum uppgufunar olíuefna og er rétt að nota lyktarskynið í hófi. Auk þess mettast lyktarskynið fljótlega þannig að menn hætta að greina hversu mikil lykt er af jarðvegnum.

Tafla 3.1: Viðmiðunargildi sem nota skal við frummat á olíumengun í jarðvegi. Ath. að þetta er samskonar tafla og tafla 2.1.

	Mörk	Íbúðarbyggð/náttúruvernd	Iðnaðarsvæði/ svæði utan byggða	Viðkvæm og verðmæt grunnvatnssvæði
Lykt	Neðri mörk	Merkjanleg lykt	50 ppm mælt með FID*	Engin merki um olíumengun mega finnast
	Efri mörk	50 ppm mælt með FID*	500 ppm mælt með FID*	
Sjónmat	Neðri mörk	Sýnileg mengun	Sýnileg brák**	Engin merki um olíumengun mega finnast
	Efri mörk	Sýnileg brák**	Jarðvegur mettaður af olíu	

* Með sambærilegu er átt við t.d. PID eða tæki sem mæla sömu efni með öðrum aðferðum.

** Jarðveginn skal láta í ílát með vatni og athuga hvort brák myndast á vatninu. Fyrst skal setja vatnið í fötuna svo að hluti olíuefnanna getur losnað úr jarðveginum þegar hann kemur í vatnið. Aðferðir til mælinga með PID-tækjum er að finna í kafla 5.

Ef sátt er um greiningu mengunarinnar milli þeirra sem bera ábyrgð á menguninni og viðeigandi eftirlitsaðila, svo sem heilbrigðisnefndar og Hollustuverndar ríkisins, er ekki þörf á umfangsmiklum mælingum, en nauðsynlegt er að hafa einhver tölugildi til að miða við.

Til að átta sig betur á þeim skilgreiningum sem koma fyrir í töflu 3.1. skal eftirfarandi haft til hliðsjónar:

Viðkvæm og verðmæt grunnvatnssvæði

Í viðbrögðum við olíumengun á viðkvæmum og verðmætum grunnvatnssvæðum, hvort sem þau eru nýtt nú eða bíða nýtingar, verður vatnsverndarsjónarmiðið að hafa algeran forgang. Varnir gegn öðrum áhættuþáttum, s.s. innöndun og snertingu, munu þó fylgja sjálfkrafa í kjölfarið ásamt sjónmengun en jarðrask mun þó óhjákvæmilega fylgja aðgerðum.

Náttúruverndar- og útivistarsvæði

Á svæðum sem falla undir þennan flokk, er helst hætta á að olíuefnin valdi skaða við snertingu, innöndun og þó sérstaklega sjónmengun. Þar sem afar mismunandi landnotkun getur fallið undir þennan flokk verður að taka mið af því hlutverki sem svæðið þjónar við ákvörðun aðgerða, enda getur jarðrask í sumum tilfellum valdið meiri skaða en olíumengunin.

Svæði utan byggða

Um svæði utan byggða gegnir líku máli og um náttúruverndar- og útivistarsvæði, en þó er minni hætta á að mengunin geti valdið skaða við snertingu eða innöndun. Eins eru afleiðingar grunnvatnsmengunar frekar litlar, og ber að haga aðgerðum samkvæmt því.

Íbúðarbyggð

Í og við íbúðarbyggð er mesta áhættan fólgin í snertingu og innöndun þeirra efna sem frá menguninni geta komið og verður það að hafa forgang. Einnig hefur sjónmengun mikið vægi á þessu svæði. En þar sem mikil hætta er á að mengun frá fráveitum og annarri starfsemi tengdri íbúðarbyggð hafi þegar spillt grunnvatni er minni þörf á að leggja áherslu á verndun þess á þessum svæðum.

Iðnaðarsvæði

Á iðnaðarsvæðum ber að leggja áherslu á að koma í veg fyrir að hinn olíumengaði jarðvegur valdi skaða við snertingu eða innöndun efna sem frá honum geta komið. Um leið og komið er í veg fyrir snertihættu ætti einnig að vera séð fyrir sjónmengunarþættinum. Þar sem mikil hætta er á að mengun frá fráveitum og annarri starfsemi tengdri iðnaðarstarfsemi hafi þegar spillt grunnvatni er minni þörf á að leggja áherslu á verndun þess á þessum svæðum.

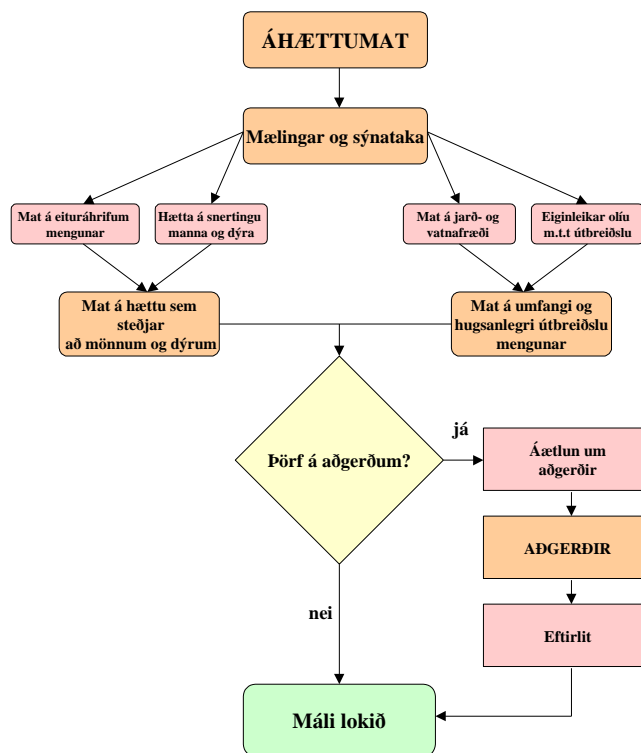
Í töflu 3.1 eru gefin upp efri og neðri mörk leyfilegrar mengunar á mismunandi svæðum. Töfluna skal nota eins og hér segir:

- Ef mengun er í öllum tilvikum fyrir neðan neðri mörk í töflu 3.1 þarf að liggja fyrir sérstök ástæða til að krefjast áhættumats.
- Ef mengun er fyrir ofan efri mörk einhverra af viðmiðunum í töflu 3.1 þarf skilyrðislaust að framkvæma áhættumat.
- Ef mengun mælist á milli efri og neðri marka skal fara fram áhættumat í samræmi við kafla 3.4.

3.4 Áhættumat

Þegar fyrir liggur eftir frummat að um alvarlegt mengunartilfelli sé að ræða skal framkvæma áhættumat. Sá aðili sem hefur valdið mengun, ef unnt er að ná til hans, er ábyrgur fyrir framkvæmd og þeim kostnaði sem fylgir áhættumati. Finnist enginn ábyrgur aðili er það umhverfisyfirvalda að meta hvernig brugðist verður við menguninni.

Markmiðið með áhættumati er m.a. að gefa fullnægjandi svör um umfang og gerð mengunarefna auk þess hvort umhverfi og mönnum geti stafað hættu af menguninni nú og í framtíðinni. Áhættumat er því mun ítarlegra og tímafrekara en frummat en gefur fyllilega til kynna hvort og þá til hvaða aðgerða grípa skuli til. Í flæðiritinu hér að neðan er lýst því vinnuferli sem æskilegt er að fylgt sé við gerð áhættumats.



Vinnuferli áhættumats

Í áhættumati skal gerð grein fyrir þeim umhverfisáhrifum sem hinn mengaði jarðvegur kann að hafa á umhverfið. Gera skal grein fyrir hvort hættu sé á því að fólk geti komist í snertingu við olíuefni, hvort vatnsból og vatnsverndarsvæði séu í hættu eða hvort hættu sé á að olúgufur frá jarðveginum geti valdið skaða. Með hliðsjón af þessu er æskilegt að meta eftirfarandi þætti:

- hve hættuleg mengunarefnin eru, þ.a.e.s eituráhrif mengunarefnanna (kafla 4.1),
- hvernig fólk getur orðið fyrir áhrifum af völdum mengunar (kafla 4.3),
- upplýsingar um hvaða hópar fólks geta orðið fyrir áhrifum af völdum mengunar og hvernig

(kafla 4.2),

- samsetningu og umfang mengunar út frá þeim rannsóknum sem gerðar eru á staðnum og/eða vitneskju um gerð mengunarefna,
- jarðfræði og vatnafræði svæðisins m.t.t. útbreiðslu mengunar.

Umfang áhættumats getur verið mjög mismunandi. Ef hætta er á útbreiðslu mengunarinnar verður áhættumatið að vera nákvæmara og m.a. verður það að svara því hvort og hversu mikil mengun má vera eftir í jarðveginum á hverjum stað. Ef möguleikar á útbreiðslu mengunar út í nánasta umhverfi eru litlir og hætta á grunnvatnsmengun lítil verður áhættumatið þar af leiðandi umfangsminna.

Áhættumat byggist, eins og fram kemur í skipuritinu, á samspili margra þátta sem metnir eru af aðilum sem hafa til þess kunnáttu og í samvinnu við heilbrigðisyfirvöld. Með áhættumati skal sýnt fram á að mönnum og dyrum stafi ekki hætta af jarðveginum og skal í því sambandi miðað við þau viðmiðunargildi sem hér eru lögð fram í töflu 3.2.

Tafla 3.2: Viðmiðunargildi til notkunar við áhættumat á umhverfisáhrifum olíumengaðs jarðvegs. Ath. að þetta er samskonar tafla og tafla 2.2.

Efni	Snerting	Neysluvatn	Nágrenni viðkvæmra vatnasvæða	Innöndun
	mg/kg þurrefni	mg/l	mg/l	mg/m ³
Kolvetni	-	0,01	-	0,01 ¹
BTEX	10 ²			
Benzen	1,5 ³			0,000125 ³
PAH	5	0,0002	0,5	

¹ Lyktar- og bragðmörk (10% aðspurðra finna lykt/bragð)

² Miðað við inntöku 10 kg barns á 0,2 g/dag og stærstu inntöku 10 g jarðvegs.

³ Krabbameinsvaldandi (mörk miðast við líkur á styttingu lífstíma upp á 10⁻⁶)

Við greiningu olíuefna m.t.t. snertingar manna skal greint heildarinnihald í jarðveginum. Við greiningu í vatni skal styrkur í skolvatni mælt (sjá skýringar við töflu 3.1). Við greiningu efnanna m.t.t. innöndunar skal jarðloftið í u.þ.b 50 cm dýpt mælt með PID eða tilsvareandi, sjá nánar um sýnatöku í kafla 5.

Komi til sölu lóðar þar mengaður jarðvegur er skilinn eftir ber seljanda lóðarinnar að upplýsa kaupanda um mengunina svo að ekki fari á milli mála að lóðin sé menguð og því ekki hæf til hvaða notkunar sem er.

3.5 Fyrstu aðgerðir og undirbúningur til hreinsunar

3.5.1 Almenn

Ef mengun hefur verið metin svo mikil, skv. köflum 3.3 og 3.4, að talin sé þörf á aðgerðum er oftast um tvo kosti að ræða. Í fyrsta lagi þarf hugsanlega að grípa til bráðabirgðáurræða og í öðru lagi að hreinsa jarðveginn á viðeigandi hátt þegar ráðrúm gefst. Bráðabirgðáurræði ein og sér gætu verið nægjanleg til að leysa málið en geta einnig verið nauðsynlegur undanfari umfangsmeiri hreinsunar. Sé verið að fást við eldri olíumengun gefst í flestum tilfellum ráðrúm til að huga að hreinsun án þess að til bráðabirgðáurræða þurfi að grípa.

3.5.2 Bráðaúrræði

Til að koma í veg fyrir frekari útbreiðslu mengunar verður stundum að grípa til bráðaúrræða. Við uppgröft á menguðum jarðvegi verður að tryggja að mengunin valdi umhverfi og mönnum ekki frekari hættu.

Ef upp kemur sú staða að grafinn er upp olúmengaður jarðvegur þar sem ekki er jarðhreinistöð eða mjög langt er í hana getur þurft að grípa til bráðaúrræða. Þá getur verið nauðsynlegt að geyma jarðveg þar til endanleg jarðhreinistöð er tilbúin eða þar til tækifæri gefst til að flytja hann um lengri leið á jarðhreinistöð. Finna verður stað þar sem hægt er að koma í veg fyrir að mengunarefni leki frá haugnum. Slíkir staðir gætu t.d. verið:

- þétt (malbikað) bílaplan þar sem komið yrði fyrir olúgildru fyrir afrennslisvatn,
- þétt plan með olúgildru,
- hallandi slétt svæði sem lagður hefur verið plastdúkur yfir eins og lýst er í kafla 7.

3.5.3 Val á móttökustað

Sveitarfélög í landinu þurfa að vera í stakk búin til að taka á móti menguðum jarðvegi til hreinsunar. Mörg sveitarfélög hafa ekki fjárhagslegt bolmagn til að standa að skipulagningu hreinsunarsvæðis ein og sér og auk þess eru víða takmarkanir á landnotkun vegna umhverfis- og náttúruverndar. Lagt er til að sveitarfélög, í samvinnu við viðkomandi heilbrigðisnefndir, komi sér saman um einn stað þar sem taka má á móti olúmenguðum jarðvegi. Urðunarstaðir sveitarfélaga eru í mörgum tilfellum heppilegir staðir til hreinsunar mengaðs jarðvegs.

Því er beint til tæknimanna sveitarfélaga, byggingarfulltrúa og annarra starfsmanna þeirra sem hafa með þessi mál að gera að þeir kanni aðstæður og komi sér saman um hentuga staði.

Mikilvægt er að sýna fyrirbyggju og hefja undirbúning að hreinsunarsvæðum svo að komist verði hjá vandræðum þegar skyndilega kemur upp sú staða að hreinsa þarf olúmengaðan jarðveg.

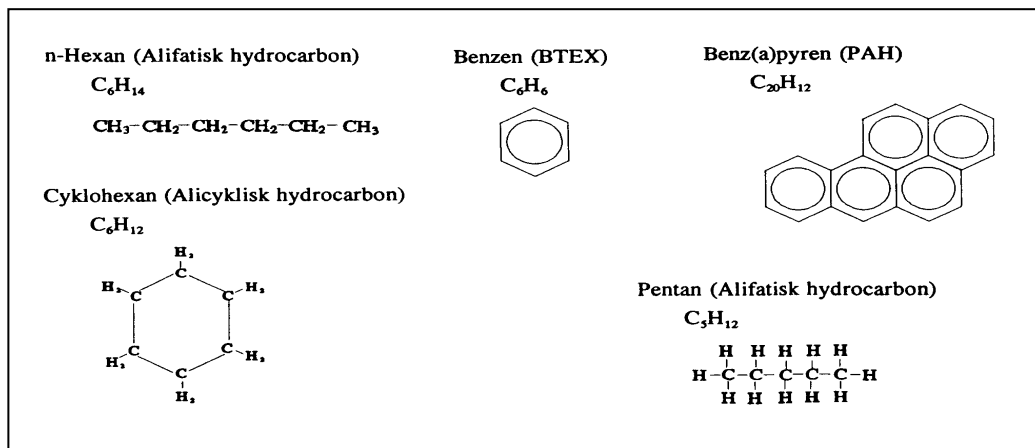
4 Almennt um olíur og olíumengun

4.1 Efnainnihald og eiginleikar eldsneytis

Í eldsneyti eru fleiri hundruð efnasambönd. Samsetning þess er breytileg eftir tíma og stað, t.d. vegna alþjóðlegra reglugerða og mismunandi aðferða við framleiðslu á eldsneyti og öðrum olíuefnum.

Stærstur hluti eldsneytis er samsettur úr 80-90% kolvetnum. Þessum kolvetnum er hægt að skipta niður í þrjá aðalflokka eftir efnafræðilegri uppbyggingu:

- Alífatísk kolvetni eru keðjur af kolefnisatómum með viðheft vetnisatóm. Þau brotna auðveldlega niður í jarðvegi.
- Alisýklísk kolvetni eru hringir af 3-8 kolefnisatómum með viðheft vetnisatóm. Einfaldari efnasamböndin brotna frekar auðveldlega niður en flóknari efnasamböndin brotna niður á lengri tíma.
- mjög seint niður í jarðvegi.



Mynd 4.1 Myndir af almennum byggingarformúlum kolvetna sem finnast í olíu. Ath. að heiti efnanna eru á dönsku.

Arómatísk kolvetni samanstanda af einum eða fleiri benzenhringjum. Benzenhringurinn er gerður úr 6 kolefnisatómum sem hvert um sig er heft við vetnisatóm. Arómatísk kolvetni með 1-3 hringjum brotna auðveldlega niður en ef hringirnir eru 4 eða fleiri brotna efnin

Auk kolvetna eru ýmis bætiefni í eldsneyti, t.d. blý, ryðvarnarefni, smurefni og ísvari. Þessi efni eru í mjög litlum mæli í eldsneyti en geta verið hættuleg heilsu manna jafnvel í litlum skömmtum.

Eldsneyti er framleitt með eimingu á hráolíu við mismunandi hitastig. Bensín er eimað við lágan hita og inniheldur þess vegna mikið af léttum rokgjörnum kolvetnissamböndum, svokölluðum BTEX-efnum, benzen, tólúen, etylen og xýlen-efnasamböndum, sem eru öll byggð upp af einum benzenhring. Dísilolía er aftur á móti eimuð við hærri hita og inniheldur þess vegna meira af þyngri kolvetnissamböndum, svokölluðum PAH-efnum, (á ensku *polyaromatic hydrocarbons* sem þýðir efnasambönd sem gerð eru úr tveimur eða fleiri benzenhringjum).

Í leiðbeiningabæklingnum er talað um létt og þung kolefnissambönd, skilgreiningu á þessu er

að finna í töflu 4.1.

Tafla 4.1 Skilgreining á léttum og þungum efnasamböndum.

Létt efnasambönd:	Þung efnasambönd:
Alífatísk kolefni	
Einföld alísýklísk kolefni	Flókin alísýklísk kolefni
Arómatísk kolefni með einum kolefnishring td. BTEX	Arómatísk kolefni með 2 eða fleiri kolefnis- hringjum, svokölluð PAH efnasambönd

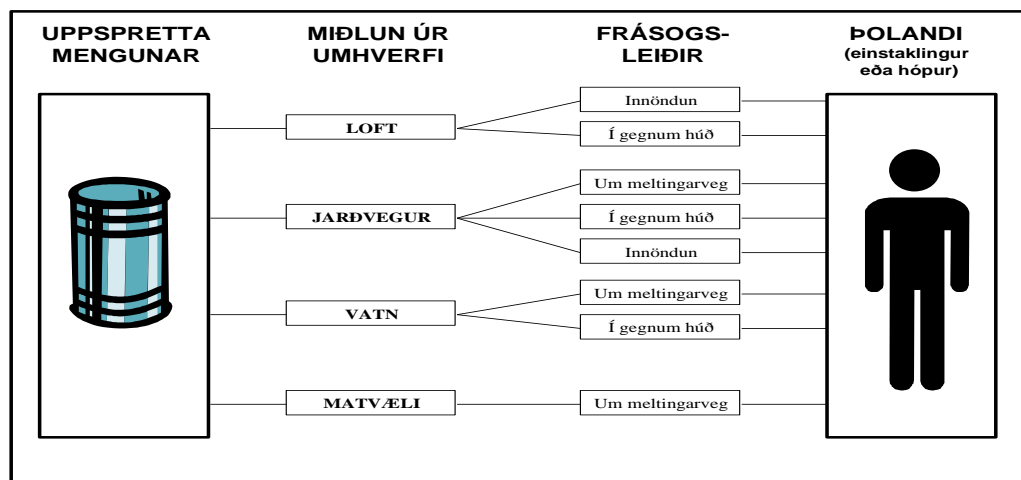
Hlutfall þungra kolefnissambanda í eldsneyti hefur mikil áhrif á dreifingu og niðurbrot mengunar í jarðvegi. Létt efni í bensíni eru rokgjörn og uppleysanleg í vatni og geta þess vegna skolast burt með vatni eða vindi auk þess sem þau brotna auðveldlega niður við rétt skilyrði. Þyngri efni í bensíni og meginhluti efna í dísilolíu eru órokgjörn og óuppleysanleg í vatni og dreifast þess vegna lítið í jarðvegi auk þess sem þau brotna seinna niður í náttúrunni en létt efni. Þessi þungu efni eru þess vegna oft að hluta til eftir í jarðvegi að lokinni hreinsun.

4.2 Leiðir olíumengunar í umhverfi til manna og dýra

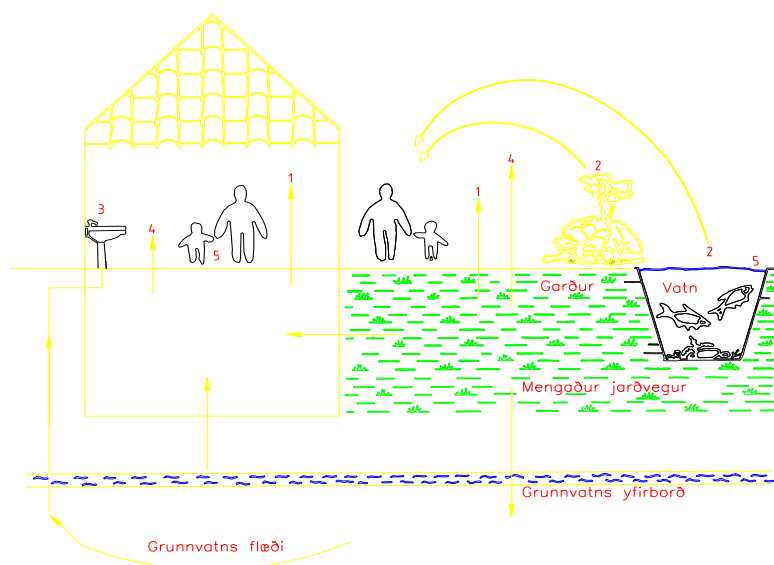
Olíumengun getur borist til manna frá umhverfinu meðal annars á eftirfarandi hátt:

- Við innöndun á rokgjörnum olíuefnum,
- við inntöku á jarðvegi eða ryki menguðu af olíu,
- við að borða matvæli sem hafa komist í snertingu við olíumengun,
- við snertingu húðar við olíumengaðan jarðveg,
- með menguðu drykkjarvatni.

Eiginleiki olíuefna hefur afgerandi áhrif á það hvort og hvenær efni eru hættuleg mönnum. Má þar helst nefna leysni í vatni, ásogseiginleika og rokgirni efna. Föst olíuefni, svo sem tjara og malbik sem sitja óhreyfanleg í jarðvegi, teljast ekki til mengunar í þeim skilningi að hreinsunar- eða mótvægisáðgerða sé þörf. Þó skal yfirborð jarðvegs, þ.e. notkunardýpt 1-2 m, alltaf vera hreint.



Mynd 4.2 Helstu leiðir olíumengunar frá umhverfi til manna



Mynd 4.3 Helstu leiðir olíumengunar frá umhverfi til manna og dýra.

Skýringar: (1) Inntaka af jarðveg eða ryki; (2) neysla mengaðra matvæla; (3) neysla mengaðs vatns; (4) innöndun á menguðum ögnum, ryki eða gufum; (5) bein snerting við mengaðan jarðveg, ryk eða vatn.

4.3 Helstu hættur af völdum bensíns og gasolíu fyrir heilsu fólks

Notkun olíu og unninna olíuvara er snar þáttur í lífi flestra manna í dag, einkum í iðnvæddum löndum, og fylgir notkun þeirra ýmis konar áhætta. Þegar fyllstu varúðarráðstafana er gætt dregur hins vegar verulega úr slíkri áhættu og er fyrsta reglan ætíð að reyna að koma í veg fyrir að olíuefni berist út í umhverfið.

Þegar slíkt hins vegar gerist getur olíumengun haft í för með sér margvíslegar hættur fyrir umhverfið. Hættur má greina í bráðahættu vegna eitrunar og sprengihættu og langtímaáhrif sem helst eru fólgin í minnkun náttúrugæða. Olíumengað grunnvatn eða olíumengun í jarðvegi, sem kemur í veg fyrir eða takmarkar eðlilega landnýtingu tiltekins svæðis, er dæmi um langtímaáhrif og minnkun landgæða.

Í bensíni og gasolíu er fjöldi efna sem eru skaðleg heilsu fólks, hvort sem þau eru í fljótandi eða gufuformi, ef ekki er gætt fyllstu varúðar í meðferð þeirra. Í kaflanum hér á undan var vikið að því hvernig þessi efni geta komist í snertingu við fólk. Þau geta verið skaðleg bæði vegna skammtíma- og langtímaáhrifa sem þau hafa.

Léttu og rokgjörnu efnin eru mörg hver skaðleg heilsu fólks en eru ekki krabbameinsvaldandi að undanskildu benzeni. Það efni getur valdið krabbameini jafnvel við mjög lágan styrk. Mörg þyngri efnin, eins og fjölhringja PAH-efnasamböndin, eru aftur á móti krabbameinsvaldandi en þau hafa minni bráðaáhrif á heilsu fólks.

Létt eldsneyti, eins t.d. bensín, getur skv. ofangreindu bæði verið bráðhættulegt vegna skammtímaáhrifa og hættulegt vegna langtímaáhrifa. Bráðaáhrif, sérstaklega vegna innöndunar bensíngufu, geta verið ógleði, höfuðverkur, píringur í slímhúð augna og öndunarfæra við styrk hærri en 200 ppm (í lofti). Enn hærri styrkur getur m.a. valdið blöðrumyndun, húðlosi og skertri einbeitingu.

Fólk sem verður fyrir bensínufum í lengri tíma á hættu á að fá krabbamein. Því valda aðallega einhringja (arómatísk) efnasambönd. Af þeim er benzen talið hættulegast vegna þess hve uppleysanlegt það er í fitu og getur þess vegna safnast upp í vefjum líkamans. Tólúen og xýlen eru mjög lík benzeni í uppbyggingu en eru ekki talin valda krabbameini þótt þau geti m.a. valdið höfuðverk, svima og ölvunartilfinningu.

Ef bensín kemst í maga barns eru 10 til 15 grömm talinn banvænn skammtur og hjá fullorðnum valda 20 til 50 grömm alvarlegri eitrun.

Efnasambönd í dísilólú eru ekki eins bráðhættuleg. Tilraunir á dýrum og reynsla hjá mönnum benda til að langtíma viðvera geti haft áhrif á miðtaugakerfið og framleiðslu blóðkorna auk þess að vera krabbameinsvaldandi (benzen og PAH).

Sem dæmi um fjölhringja efnasambönd sem eru krabbameinsvaldandi, má helst nefna benz(a)anthrasen og benz(a)pyren (sem finnst einnig í sígarettureyk). Benz(a)pyren er talið krabbameinsvaldandi jafnvel við mjög lágan styrk.

Með tilliti til vatnsmengunar eru það aðallega PAH-efnasamböndin sem geta verið hættuleg mönnum. Einhringja efnasamböndin (t.d. BTEX) eru mjög vatnsuppleysanleg og eitruð en þau eru ekki eins hættuleg m.t.t. drykkjarvatnsmengunar. Ástæðan er sú að það finnst bragð af BTEX-efnunum í vatninu við styrk sem talinn er langt undir hættumörkum en það finnst ekki bragð af PAH-efnunum á sama hátt.

Þá hefur það sýnt sig að notuð smurolía er mun meira krabbameinsvaldandi en ónotuð smurolía.

4.4 Aðrar hættur af völdum olíumengunar

Til viðbótar þeim hættum sem hér á undan var greint frá eru bensín og gasolía mjög eldfim efni. Blossamark bensíns er á bilinu -45°C til -38°C en suðumark efnanna í bensíni er á bilinu 30°C til 180°C . Blossamark gasolíu er mun hærra, eða á bilinu 60°C til 90°C og suðumark efnanna í gasolíu er á bilinu 230°C til 350°C .

Rokgirni efnanna og þá sérstaklega í bensíni er mikil. Gufur frá bensíni og gasolíu eru þyngri en loft og skriða því með jörðu. Þær geta fyllt lokuð rými, geyma, kjallara eða dældir í landslaginu og skapað þannig hættu bæði fyrir almenning og ekki síst fyrir þá sem vinna við hreinsun á olíumengun. Hafa skal í huga að gufur geta borist langar leiðir og valdið íkveikju eða sprengingu. Eldur sem kviknar í bensínufum getur borist með leifturhraða til baka eftir gufunni að vökvanum og kveikt í honum.

Bæði bensín og gasolía eru léttari en vatn og fljóta því ofan á því. Þetta gerir það að verkum að efnin breiðast mjög hratt út á vatni. Einn lítri af olíu sem kemst í vatnsból getur spillt margfalt meira af neysluvatni. Talið er að allt að ein milljón lítra af vatni geti orðið ónothæf af einum lítra af olíu.

Olía sem nær að safnast fyrir í jarðvegi útilokar notkun þess t.d. til landbúnaðar og byggingar. Í iðnríkjunum eru mörg dæmi um að byggt hafi verið á svæðum þar sem iðnaðarstarfsemi fyrri tíma hefur mengað jarðveginn án þess að það hafi verið vitað þegar nýjar framkvæmdir hófust.

Nauðsynlegt er því fyrir þá sem vinna að hreinsun olíumengunar að fara varlega í hvívetna og fylgja reglum Vinnueftirlits um starfsaðferðir, allan búnað og nauðsynlegan fatnað.

5. Mælingar og sýnataka

5.1 Almenn

Sýni sem tekin eru með PID- eða FID-tækni verða að vera tekin þannig að tækinu sé stungið a.m.k 0,5 m niður í jörðina. PID tæki skal kvarða samkvæmt leiðbeiningum framleiðanda tækisins.

Þar sem annaðhvort leikur grunur á eða vitneskja er um mengun í jarðvegi eru oft gerðar rannsóknir á svæðinu áður en uppgröftur hefst. Mengunartilfelli geta verið af margvíslegum toga og mismunandi aðstæður geta verið afgerandi fyrir sýnatöku. Þessi kafli gefur ekki tæmandi upplýsingar um aðferðir til mælinga og sýnatöku og er því rétt að líta á kaflann sem einskonar ramma um þá möguleika sem til eru.

Oft er um að ræða tilfelli þar sem mengunarvaldurinn er þekktur og þar með er vitað hvaða mengunarefni er um að ræða, t.d. þar sem olíubíll hefur oltið eða þar sem tankar hafa lekið og þess háttar. Í öðrum tilfellum er uppruni mengunar ekki þekktur. Mengunarefni geta hafa brotnað mismikið niður og getur því verið erfitt að meta hvaða efni hafa mengað jarðveginn í upphafi og hvaða efni eru eftir í honum.

Ráðlegt er að leita upplýsinga um fyrri starfsemi á menguðum svæðum. Tala má við starfsmenn, bæði fyrrverandi og núverandi, svo og eigendur fyrirtækis/starfseminnar. Leita má einnig til samtaka atvinnulífsins eða sveitarfélaga. Þessir aðilar geta oft gefið góðar upplýsingar um hvers eðlis mengunin er og hugsanlegt umfang hennar. Slíkar upplýsingar, séu þær fyrir hendi, eru góð hjálp við skipulagningu sýnatöku.

Þær upplýsingar sem verið er að sækjast eftir með mælingum og sýnatöku eru mismunandi en oftast er verið að leita að upplýsingum um m.a.:

- gerð og e.t.v. aldur mengunarefna, bensíns, dísilólíu, svartolía o.s.frv.,
- umfang og styrk mengunar,
- jarðvegsgerð, hlutfall fínefna og lífrænna efna, náttúrulega rakamettun o.fl.,
- hugsanlega ógnun við grunnvatn,
- áhrif mengunar á fyrirhugaða landnotkun.

Mengunarefni í jarðvegi eru í þrem fösom; bundin í jarðvegi, í vatni og í lofti en á milli þessara fasa er efnafræðilegt jafnvægi. Það fer svo eftir aðstæðum á hverju svæði fyrir sig hvaða „fasar“ eru hentugir til mælinga. Til dæmis eru mælingar í loftfasa jarðvegs einfaldar og gefa góða mynd af því hvar mengun er að finna ofan grunnvatns. Mælingar á grunnvatni gefa góða mynd af því hvort útskolun á sér stað frá mengunarstaðnum og geta raunar hjálpað til við staðsetningu mengunar ef hún er ekki ljós.

5.2 Aðferðir og tæki við sýnatöku

Aðferðir til að ná upp jarðvegi til sýnatöku á óhreyfðum mengunarstað eru helst borun eða uppgröftur. Í töflu 5.1 eru taldar upp helstu aðferðir sem koma til greina við mengunarrannsóknir á óhreyfðum jarðvegi.

Tafla 5.1 Aðferðir til sýnatöku í jarðvegi sem ekki hefur enn verið hróflað við.

Aðferðir:	Vinnsludýpt	Kostur	Ókostur
Handborun	1-2 m	Fljótlegt, minni hættu á skemmdum, þarf lítið pláss.	Erfitt í sandi og undir grunnvatnsborði.
Rörborun, opið rör sem rekið er niður, snúið og tekið upp	0,5-1 m	Fljótlegt og auðvelt til að fá upplýsingar um yfirborðsjarðveg.	Lítið magn af jarðvegi, erfitt í sandi og möl.
Uppgröftur með vélskóflu	0-4 m	Góðar upplýsingar um lagskiptingu og umfang mengunar.	Mikið magn af (menguðum) jarðvegi, hættu á hruni, vinnuvernd..
Snúningsborun án fóðrunar	0-10 m	Ágætt í jarðlögum sem standa vel.	Tímafrekt á miklu dýpi, ekki gott í sandi eða undir vatni.
Snúningsborun með fóðrun	0-10 m	Hægt að nota undir vatni og í óstöðugum jarðlögum	Tímafrekt í miklu dýpi, umfangsmikið og dýrt.
Höggborun með fóðrun	0->30 m	Heppilegt undir vatni	Ekki ætlað til sýnatöku á jarðvegi.

Hreinlæti verður að vera gott við sýnatöku svo að mengunarefni berist ekki á milli sýna og sýnatökustaða. Einnota gúmmíhanskar eru mjög góðir við sýnatöku og rétt þykir að skipta um hanska eftir hvert sýni. Nota skal 100-250 ml sýnaglös og taka a.m.k. 50 g (30 ml) af jarðvegi í hvert sýnaglas. Við sýnatökuna skal hreinsa burt (t.d. með skeið) jarðveg sem e.t.v. hefur blandast við borun eða uppgröft þannig að það náist sýni sem gefur bestu mynd af menguninni.

Við sýnatöku skal skrifa sýnatökuskýrslu þar sem eftirfarandi kemur fram:

- Lýsing á jarðvegsgerð og lagskiptingu, skynmat á mengun.
- Dýpt sýnatöku og númer sýnis.
- Vatnsborð og e.t.v. sjáanleg mengun á vatnsborði.

Bæði sýnatökuglas og lok skulu vera þétt fyrir þau rokgjörnu efni sem er að finna í olíum. Dæmi um nothæf ílát er Duran- eða Pyrex-tilraunaglös. Sýni á að senda til greiningar á rannsóknarstofu strax og sýnatöku er lokið og skulu þau greinast eigi síðar en 48 tímum eftir sýnatöku (24 tímar með mjög rokgjörnu efni). Á meðan verður að geyma sýnin á köldum og dimmum stað, helst við 4 °C.

Í sumum tilfellum getur verið ávinningur af að blanda saman nokkrum sýnum í eitt sýni sem síðan er greint. Þetta á sérstaklega við þar sem staðsetning einstaka sýnatöku þarf ekki að vera sérlega nákvæm.

5.3 Mæli- og greiningartæki

Til mælinga á mengunarstað er heppilegast að nota handtæk tæki. Slík tæki eru í dag ekki tiltæk nema á fáum stöðum á landinu. Þar má nefna tæki í eigu Hollustuverndar ríkisins og Heilbrigðiseftirlits Reykjavíkur.

Ýmis hentug mælitæki eru til á markaðnum til notkunar á vettvangi, t.d. eru PID-tæki (photoionisation-detector) eða FID-tæki (flame-ionisation-detector), handtæk og auðveld í notkun en þau mæla gildi rokgjarnra efna eða gasefna í loftfasa jarðvegsins. Þessi mælitæki, sem á íslensku eru oft kölluð sniffarar, eru mjög hentug til að ákvarða umfang mengunar og meta gróflega styrk hennar. Til að fá nánari greiningu á styrk og samsetningu mengunar er nauðsynlegt að senda sýni til rannsóknar í rannsóknarstofu.

Ekki má gleyma að ein einfaldasta aðferðin sem völ er á til að finna mengun er lyktar- og sjónskyn manna. Það er nokkuð áreiðanlegt til að ákveða hvort mengun sé til staðar eða ekki, en er vafasamt ef það er notað eingöngu án annarra greiningaraðferða. Varast ber að nota lyktarskyn í óhófi vegna heilsufarsástæðna. Lyktar- og sjónskyn eru hins vegar ekki fallin til mælgreiningar, m.a. vegna þess að þau nema styrk mengunarefna sem er minni en svo að ástæða sé til aðgerða og mettast við háan styrk mengunarefna.

Við greiningar á rannsóknarstofum eru notaðir gasgreinar, helst með svokallaðri „pentan-extraction“. Með þessum greiningum er hægt að segja til um bæði gerð og styrk olíuefna í jarðveginum (á ensku total petroleum hydrocarbons eða TPH). Æskilegt er að mæla pH-gildi, sérstaklega ef jarðvegur er ríkur af lífrænum efnum, til að geta áttað sig á réttu niðurbroti mengunarefna í jarðveginum.

5.4 Rannsóknir á hreyfðum jarðvegi

Með rannsóknum á hreyfðum jarðvegi er átt við atvik þar sem verið er að rannsaka uppgrafna mengun, t.d. ef mengun uppgötvast við uppgröft á gömlum olútanki eða þess háttar.

Ef olíumengun finnst óvænt við jarðvegsframkvæmdir er oft ekki nauðsynlegt að stöðva framkvæmdirnar heldur er hægt að setja jarðveginn til hliðar skv. þeim leiðbeiningum sem taldar eru upp í kafla 3.5.2. Það er þó nauðsynlegt að taka sýni sem lýsa efnasamsetningu og styrk mengunarefna í jarðveginum. Tryggja verður að allur mengaður jarðvegur sé fjarlægður af uppgrafarstað. Það er mikil hjálp í að nota PID-tæki við slíkar aðstæður en einnig eru skynfæri manna ágæt í hófi. Ef tekin eru sýni til efnagreiningar skal taka þau jafndreift úr haugnum þannig að sem best heildarmynd náist af efnainnihaldi jarðvegsins. Hægt er að taka fleiri sýni sem síðan er blandað saman í eitt sýni til greiningar.

Í fylgiskjali A er að finna sýnatökublað þar sem gerð er nánari grein fyrir aðgerðum við sýnatöku og upplýsingum sem fylgja verða jarðvegssýnum til greiningar. Ef mengun er mjög umfangsmikil er rétt að kalla til sérfræðinga á þessu sviði til að gefa ráð um skipulag sýnatöku og aðgerðir til hreinsunar.

5.5 Rannsóknir á óhreyfðum jarðvegi

Með rannsóknum á óhreyfðum jarðvegi er átt við atvik þar sem vitað er um að mengunarefni hafi fari niður í jörðina eða grunur leikur á að ákveðin svæði séu menguð. Rannsóknin fer þá fram á svæðinu áður en nokkuð er aðhafst vegna hugsanlegs brottflutnings eða uppgrafar til að komast að menguninni.

Rétt er að skipta rannsóknarsvæðinu niður í hlutsvæði sem talin eru annars vegar menguð og hins vegar ómenguð. Taka skal a.m.k. eitt sýni úr hverju hlutsvæði, bæði menguðum og

ómenguðum, sérstaklega ef þau svæði sem talin eru ómenguð eru viðkvæm fyrir mengun.

Oft er lögð mismunandi áhersla á að öll mengun á tilteknu svæði finnist við sýnatöku. Helstu þættir sem spila þar inn í eru hvort grunnvatn sé í hættu og hvernig nota eigi hið mengaða svæði í framtíðinni. Við skipulagningu sýnatöku verður að hafa þetta í huga en sýnatöku verður ávallt að haga þannig að það náist sem best heildarmynd af umfangi og gerð mengunar með sem fæstum sýnum.

Það er oft vandasamt að rannsaka mengaðan en óhreyfðan jarðveg þannig að fullnaðaryfirsýn fáiast yfir svæðið. Óhreyfður jarðvegur er oft mjög misleitur þannig að mengunarefni sem finnst í loftfasa á yfirborði getur átt upptök sín í einum eða fleiri „mengunarpunktum” á svæðinu og borist eftir krókaleiðum upp á yfirborð. Eins getur styrkur mengunar, t.d. frá niðurgröfnum lekum olútank, verið mjög misjafn eftir fjarlægð frá tanknum, lagskiptingu jarðvegs o.fl. Það sem hefur helst áhrif er uppgufun og útskolun efna úr jarðvegi, ásog efnanna við jarðveginn svo og líffræðilegt og efnafræðilegt niðurbrot mengunar.

Vettvangsmælingar eru oft notaðar til aðauðvelda val á sýnum. PID- eða FID-tæki eru mjög hentug til þessa verks en þá er oft rekinn teinn niður í jarðveginn og loft dregið upp og mengunarefni í loftfasa greind.

Fjöldi sýna sem tekin eru fer eftir því hvert markmið rannsóknarinnar er, hversu mikil áhersla er lögð á að öll mengun finnist, aðstæðum á hverjum stað og möguleikum á að framkvæma vettvangsmælingar. Hægt er að fækka sýnum töluvert sem senda þarf í rannsókn ef notað er t.d. PID-tæki á vettvangi. Vettvangsmæling er sjaldnast nægjanleg ein og sér og því þarf oftast að taka sýni til greiningar á rannsóknarstofu.

6 Hreinsun á olíumenguðum jarðvegi

6.1 Inngangur

Hreinsun á menguðum jarðvegi er frekar ný af nálinni. Áhugi á jarðvegshreinsun erlendis vaknaði á áttunda áratugnum vegna þess vanda sem menn stóðu víða frammi fyrir með olíumengaðan jarðveg. Vandamálin voru ýmis konar, allt frá því að vera lítilsháttar magn, t.d. undan lekum olíutanki og að því að vera gríðarlegt magn mengunarefna, t.d. í Hollandi þar sem uppgötvaðist mengun í jarðvegi íbúðarhverfis þar sem áður hafði verið iðnaður. Hefðbundnar aðferðir svo sem urðun þótti ekki skynsamleg vegna mikils kostnaðar við förgun og flutning sem og hættu á dreifingu efnanna út í umhverfið. Þess vegna varð að finna aðrar lausnir á þessum vanda. Síðan þá hefur þekking á jarðvegshreinsun aukist verulega.

Í þessum leiðbeiningabæklingi er megináhersla lögð á hreinsun olíumengunar með lífrænum aðferðum en hér á eftir er gerð grein fyrir eðli lífræns niðurbrots í jarðvegi og helstu áhrifaþáttum þess. Auk þess er lauslega gerð grein fyrir öðrum helstu aðferðum til hreinsunar á olíumenguðum jarðvegi.

6.2 Örveruniðurbrot á olíumengun í jarðvegi

Örveruniðurbrot á kolefnissamböndum á sér stað víða í náttúrunni. Þar eru að verki ótal hópar/tegundir örvera sem hver um sig þarf sérstakar aðstæður til þess að geta framkvæmt sitt sérhæfða niðurbrot. Örveruniðurbrot á ákveðnu efnasambandi verður oftast í mörgum þrepum með þátttöku margra tegunda örvera. Á sumum stigum niðurbrots geta einnig orðið efnabreytingar sem ekki eru af völdum örvera. Í hverju niðurbrotsþrepi lifir ráðandi örverutegund við sínar kjöraðstæður. Ef þetta sérhæfða umhverfi breytist að ráði getur þessi ákveðna tegund orðið undir í samkeppni við aðra tegund sem getur betur lifað við þessar breyttu aðstæður og tekur við eða veldur því að niðurbrotið stöðvast.

Þegar unnið er að lífrænu niðurbroti á olíumengun í jarðvegi er reynt að skapa rétt umhverfi fyrir þær örverur sem vitað er að brjóta niður olíumengun. Þessar örverur eru til í öllum tegundum jarðvegs en í mismunandi miklum mæli. Hægt er að koma niðurbroti af stað í jarðvegi sem inniheldur allt að 50.000 ppm af olíu. Þegar koma á niðurbroti af stað verður því að skapa þessar sérstöku aðstæður svo að örverurnar taki vel við sér. Það getur tekið vikur eða mánuði þar til örverurnar hafa aðlagast og fjölgað sér það mikið að niðurbrot sé orðið verulegt. Í jarðvegi þar sem olíumengun hefur verið í langan tíma er oft aukin virkni þessara örvera vegna þess að þær hafa haft tækifæri til að aðlagast þessum aðstæðum og aðrar aðstæður eru hagstæðar. Helstu áhrifaþættir á niðurbrot olíumengunar í jarðvegi eru:

- Súrefni er forsenda þess að niðurbrot á olíumengun eigi sér stað. Reynt er að tryggja með ýmsum aðferðum að nægilegt súrefni eigi aðgang að hinum mengaða jarðvegi. Ef ekki kemst nægilegt súrefni að mengunarefnunum hægist verulega á niðurbroti.
- Næringarefni eru nauðsynleg örverum við niðurbrot. Ákveðið hlutfall næringarefna, köfnunarefnis (N) og fosfór (P) annars vegar og kolefnis (C) hins vegar, verður að vera í jarðvegi svo að niðurbrot geti orðið á sem skemmstum tíma. Oftast er talað um þetta hlutfall milli C:N:P sem 100:10:1. Mælingar á næringarefnainnihaldi í jarðvegi eru dýrar og er þeim oft sleppt. Í þeim tilfellum er ekki tekið tillit til næringarefna sem fyrir eru heldur eingöngu stuðst við mat á olíumagni. Rannsóknir sýna að ekki er mikil hætta á að það dragi úr niðurbroti þó aðeins of miklu sé bætt í af næringarefnum.
- Vatn er nauðsynlegt til að eðlileg efnaskipti af völdum örvera geti átt sér stað í

jarðveginum. Of mikið vatn hindrar þó aðgengi súrefnis og of lítið vatn dregur úr niðurbrotshraða. Heppilegt vatnsinnihald er 40-90% af náttúrulegu vatnsinnihaldi hins mengaða jarðvegs.

- Hiti hefur mikil áhrif á hraða niðurbrots. Hiti myndast við niðurbrot á mengunarefnum. Við upphaf niðurbrots er hitinn hár en lækkar eftir því sem gengur á niðurbrotsefnin. Ef hitinn er lágur hægist á niðurbrotinu en ef hann verður of hár getur það valdið því að umræddar örverur drepast. Heppilegt hitastig í jarðvegshaug er talið vera 20-40 °C. Rannsóknir héraendis hafa sýnt ágætis niðurbrot við hitastig allt niður í 2-4 °C þannig að ekki er ástæða til svartsýni vegna veðurfars á Íslandi hvað þetta varðar. Stærð jarðvegshaugs, yfirbreiðsla o.fl., ráða nokkru um hve hár hitinn verður í honum. Heitavatnsslunga um hauginn gæti komið sér vel í köldum mánuðum og þegar niðurbroti er að ljúka.
- Sýrustig (pH) þarf að vera á milli 6-9 en við niðurbrot lækkar pH-gildi lítillga. Hægt er að hækka gildið með því að bæta kalki í jarðveginn. Jarðvegur sem inniheldur lífrænt efni hefur oft sýrustig sem er nokkuð lægra en 6.

Til að niðurbrot fari af stað þarf að tryggja að nauðsynleg næringarefni séu til staðar og að nægjanlegt súrefnisstreymi sé um jarðveginn. Í jarðveginn er blandað áburði með köfnunarefni og fosfór í ákveðnum hlutföllum í samræmi við magn mengunar. Gerðar eru ráðstafanir til að tryggja að sem mest súrefni leiki um jarðveginn, auk þess sem koma verður í veg fyrir að hann þorni. Mengunarefnin í jarðveginum brotna niður í koltvíldi og vatn.

Lífrænt niðurbrot á eldsneytisólíum er auðvelt niður að 100-300 ppm ef rétt er staðið að uppbyggingu jarðhreinistöðva. Hins vegar er niðurbrot á þyngri olíum, t.d. smurolíum, erfiðari og tekur lengri tíma.

6.3 Aðferðir til hreinsunar

Ýmsar aðferðir eru notaðar til hreinsunar, en þeim er hægt að skipta í tvo meginflokkka: Hreinsun fjarri upprunastað (á erlendum tungumálum: *ex situ*) þar sem jarðvegurinn er grafinn upp og hreinsaður á öðrum stað og hreinsun á upprunastað (á erlendum tungumálum: *in situ*) þar sem jarðvegurinn er hreinsaður óhreyfður á staðnum. Í þessum kafla er helstu aðferðum þessara flokka lýst í stuttu máli og helstu kostum og ókostum gerð lausleg skil.

6.3.1 Hreinsun á upprunastað (*in situ*)

Við þessa aðferð er jarðvegurinn hreinsaður á staðnum án uppgrafar. Kostir þess að hreinsa á upprunastað eru m.a.:

- komist er hjá frekari mengun umhverfisins (t.d. við flutning og uppgröft),
- eiginleiki jarðvegsins breytist ekki,
- ekki þarf að nota uppfyllingarefni,
- mögulegt er að hreinsa jarðveg undir byggingum,
- aðferðin er oft ódýrari en *ex situ*.

Ókostir þessarar hreinsunar eru m.a.

- aðferðin er seinleg (getur tekið mánuði eða ár),
- getur verið erfitt að hreinsa jarðveginn algjörlega vegna þess hve misleitur hann getur verið.

Það eru aðallega notaðar þrjár aðferðir við hreinsun á upprunastað:

1. *Útskolun.* Mengun er skoluð úr jarðvegi með efnablönduðu vatni líkt og lýst er í kafla 6.3.2 lið 2. Þessi aðferð er hentug til að hreinsa mengun sem liggur ofan við grunnvatnsborð, sérstaklega olíumengun í dýpri jarðlögum. Ókosturinn er aðallega sá að efni hættuleg umhverfinu geta komist í grunnvatnið.
2. *Lífræn hreinsun.* Grunnatriði þessarar hreinsunar er einskonar blanda af lífrænni ex situ hreinsun og in situ útskolun. Hér er næringarefnum blandað í vatn sem síðan er látið renna niður í gegnum mengunina. Örverur sem fyrir eru í jarðveginum sjá um að brjóta mengunarefni niður í vatn og koltvísýring. Vatni neðan við mengunina er dælt upp, það síað og loftað og því dælt niður yfir mengunina aftur. Kostir lífrænnar in situ aðferðar eru helst þeir að aðeins náttúrulegum efnum er dælt niður í grunnvatnið og vatnið sem dælt er upp fyrir neðan mengunina þarf ekki að meðhöndla mikið. Ókostirnir eru hins vegar að það er aukin hætta á hærri styrk af næringarefnum í grunnvatninu og hætta er á að mengunin innihaldi efni sem hamla starfsemi örvera.
3. *Loftun.* Þessi aðferð gengur út á að soga rokgjörn efni úr jarðvegi. Venjulega er drenröri komið fyrir nokkurn veginn í miðri menguninni og loft sogað þaðan út með undirþrýstingi. Kostir þessarar aðferðar eru að hún er hentug til að fjarlægja mengunarefni undir húsum eða annars staðar þar sem erfitt er að komast að. Aukið súrefnisstreymi niður í mengaðan jarðveg eykur einnig virkni örvera sem geta brotið niður mengunarefni. Óvíst er hins vegar hvort hægt er að hreinsa minna rokgjörn efni eins og t.d. eru í dísilolíu, eða efni sem hafa háan uppgufunarþrýsting eða eru óuppleysanleg í vatni vegna þess að enn skortir upplýsingar um virkni þessarar aðferðar. Ef mengunarefni hafa borist í jarðveg sem liggur undir grunnvatnsborði er nauðsynlegt að lækka það.

6.3.2 Hreinsun fjarri upprunastað (í jarðhreinsistöð)

Þessi hreinsiaðferð (ex situ) er sú sem er mest notuð í dag á umfangsminni mengun á Norðurlöndunum. Við þessa aðferð er jarðvegurinn grafinn upp og fluttur á jarðhreinsistöð þar sem fullnaðarhreinsun fer fram.

Kostir þess að hreinsa í jarðhreinsistöð fjarri upprunastað eru m.a.:

- öruggt að mengun er fjarlægð frá mengunarstað;
- hægt er að taka landsvæði í notkun strax eftir að mengun hefur verið fjarlægð.

Ókostir þessarar aðferðar eru m.a.:

- hætta á að mengun dreifist frekar í umhverfinu, m.a. vegna uppgufunar rokgjarnra efna, snertingu manna við jarðveg og ryk, dreifingu mengunar við akstur að hreinsistað;
- oft mikil orkunotkun (mengun) vegna uppgrftar, flutnings mengaðs jarðvegs og aðkeyrslu uppfyllingarefnis;
- hugsanlegt að það þurfi að gera ráðstafanir til að rokgjörn efni valdi ekki óþægindum í nágrenninu.

Aðallega eru notaðar þrjár aðferðir við hreinsun fjarri upprunastað:

1. *Í lífrænni hreinsun* brjóta örverur niður olíuefni með súrefnisbruna. Til að þetta ferli geti átt sér stað þurfa næringarefni að vera til staðar í réttum hlutföllum og réttu rakastigi. Næringarefnum (N og P) er blandað í jarðveginn og reynt að tryggja að sem mest súrefni leiki um jarðveginn auk þess sem koma verður í veg fyrir að hann þorni. Kostir aðferðarinnar eru að hún er ódýr (u.þ.b. 2.000 kr/tonn) og að eiginleiki jarðvegsins breytist ekki. Hins vegar eru helstu ókostirnir þeir að aðferðin krefst landsvæðis, hreinsun getur

tekið langan tíma (3-18 mánuði), oft er erfitt að hreinsa jarðveg fullkomlega og það er viss hættu að á meðal mengunarefna séu efni sem geta hamlað niðurbroti. Mikilvægt er að koma í veg fyrir að mengunarefni berist frá hreinsunarstaðnum. Nánar er fjallað um eina útfærslu á þessari aðferð í kafla 7.

2. *Skolun*. Við þessa aðferð er jarðvegur skolaður með vatni sem blandað er t.d. síru, basa eða lífrænum leysiefnum. Mengun í jarðvegi leysist upp í vökvanum og skolast úr með honum. Vökvanum er síðan safnað saman og mengunarefni hreinsuð úr honum og eytt á viðeigandi hátt. Kostir þessarar aðferðar eru helstir að aðferðin er fljótleg, hægt er að hreinsa nær allar gerðir mengunar og eiginleiki jarðvegsins breytist lítið. Ókostirnir eru hins vegar að aðferðin er dýr, erfitt er að fá jarðveg alveg hreinan, erfitt að hreinsa leir, mengun sem skolast úr jarðvegi þarf að meðhöndla eða urða og íblöndunarefnin geta hamlað eðlilegu lífi í jarðvegi seinna meir.
3. *Hitameðferð*. Við þessa aðferð er jarðvegur hitaður upp svo að mengunarefni gufa upp eða brenna. Hitunin getur verið tvenns konar; bein brennsla þar sem jarðvegur er brenndur (1000-1300 °C) eða óbein brennsla þar sem jarðvegur er hitaður upp í 300-850 °C í geymi. Kostir hitameðferðar eru að aðferðin er fljótleg og hún hreinsar lífræna mengunarefni mjög vel. Ókostirnir eru hins vegar að aðferðin er dýr (5.000-50.000 kr/tonn), ekki er hægt að endurnýta jarðveginn sem venjulegan jarðveg; í dag eru t.d. kröfur í Danmörku um að hann verði að urða.

6.4 Hentug aðferð til hreinsunar jarðvegs

Af ofangreindu er ljóst að ýmsir möguleikar eru til hreinsunar olíumengaðs jarðvegs. Flestir þeirra eru flóknir og dýrir, t.d. hreinsun á staðnum, m.a. vegna þess að þar þarf ávallt að fara fram áhættumat og mikið eftirlit. Ekki er ætlunin að fara nánar út í tæknilega útfærslu þessara aðferða heldur verður í næsta kafla tekin fyrir ein aðferð sem er mjög algeng sökum þess hve auðveld, ódýr og margreynd hún er. Aðferðin getur hentað í flestum tilfellum þar sem olíumengun er annars vegar.

Hér er átt við hauggerð, örveruniðurbrot mengunarefna fjarri mengunarstað í sérstökum jarðvegshaug. Þessi aðferð er fljótleg og hægt er að koma upp bráðabirgðastöð með skömmum fyrirvara ef svo ber við.

7 Tæknileg uppbygging lífræns hreinsihaugs

7.1 Inngangur

Nauðsynlegt er að byggja hauginn á réttan hátt m.a. til að koma í veg fyrir að hiti sem myndast við niðurbrotið verði það mikill að hann drepi örverur sem valda niðurbroti. Ákjósanlegur hiti í haugnum er 20-40 °C.

Forsendur þess að niðurbrot verði með á sem skemmstum tíma er m.a.:

- styrkur olíuefna (total petroleum hydrocarbon, TPH) skal vera minni en 50.000 ppm,
- rakainnihald skal vera 70 - 95 % af náttúrulegri rakamettun jarðvegsins,
- hlutfall kolefnis, köfnunarefnis og fosfórs skal vera um það bil 100:10:1,
- pH-gildi skal vera milli 6 og 9,
- lágt hlutfall af leir og silt,
- styrkur hættulegra þungmálma skal vera minni en 2.500 ppm (vegna eituráhrifa þeirra á örveruniðurbrot).

7.2 Vinnusvæði jarðhreinsistöðvar

Vinnusvæðið verður að vera nógu stórt, slétt og án hindrana fyrir fyrirhugaða jarðvegsmeðhöndlun. Á því verða að vera vegir og önnur nauðsynleg þjónusta. Jarðvegsundirlag á svæðinu verður að bera þann jarðveg og þau tæki sem þar verða og vegir og brýr verða að þola stóra flutningabíla. Rými þarf fyrir geymslu og blöndun jarðvegs rétt eins og fyrir hauginn sjálfan. Þörf er á rafmagni á vinnusvæðinu fyrir t.d. blásara og dælur.

7.3 Undirlag

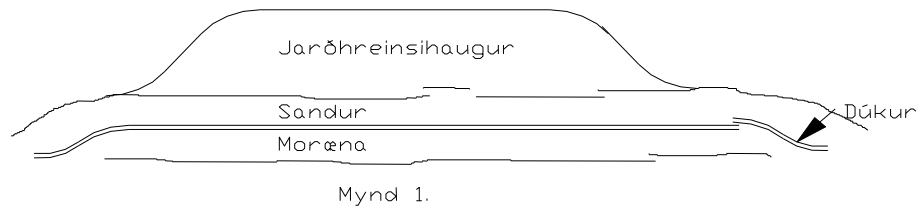
Nauðsynlegt er að gera burðargott og þétt undirlag undir hauginn sem nær u.þ.b. 1 m út fyrir hann. Tilgangur undirlags er m.a.:

- að koma í veg fyrir leka mengunarefna niður í neðri jarðlög og grunnvatn.,
- að gera góðar og traustar undirstöður undir hauginn,
- að koma í veg fyrir að vatn safnist fyrir undir haugnum. Undirlagið þarf að vera með minnst 1 % halla.

Lífrænan hreinsihaug er hægt að byggja á öllum sléttum og þéttum svæðum t.d. aflögðum vegum, bílastæðum eða öðrum geymslusvæðum. Til að koma í veg fyrir leka frá haugnum er venjulega notaður þéttur dúkur ofan á planið. Undirlag haugsins getur einnig verið þjappaður fínefnaríkur jarðvegur svo sem mórena (25 cm vel þjappað). Yfir undirlagið er lagður plastdúkur (þolplast, byggingarplast), nægilega sterkur til að ekki komi á hann göt þegar fyllt er á hann.

Íslenskar aðstæður: Ef hægt er að koma því við eða ef um umtalsvert magn er að ræða er réttast að byggja hauginn á malbikuðu plani eða á svæði þar sem er þéttur og vel þjappaður jarðvegur (mold eða silt/leir). Yfir þetta jarðvegin er svo settur plastdúkur (t.d. renningar sem leggjast hver yfir annan í halla þannig að lekavatn streymi af einum renning yfir á annan). Yfir dúkinn er svo sett 10-20 cm þykkt sandlag til að verja hann.

Ef þetta er ekki hægt verður að byggja hauginn á svæði sem er aðeins hallandi og laust við steina og grjót. Undirlagið er þá sléttað og þjappað eins og við verður komið, síðan lagður plastdúkur yfir og á hann er lagt 10-20 cm þykkt lag af sandi.



Mynd 7.1 Langsnið í jarðhreinsihaug, undirlag

7.4 Uppbygging hreinsihaug

7.4.1 Forvinna

Áður en jarðvegi er komið fyrir í haug þarf að fjarlægja úr honum stóra fasta hluti svo sem steina, leiðslubrot og slíkt. Hægt er t.d. að sigta jarðveginn í jarðvegssigti. Ef það er ekki hægt verður að nota vélskóflu og/eða handafl til verksins.

7.4.2 Tæting og íblöndun

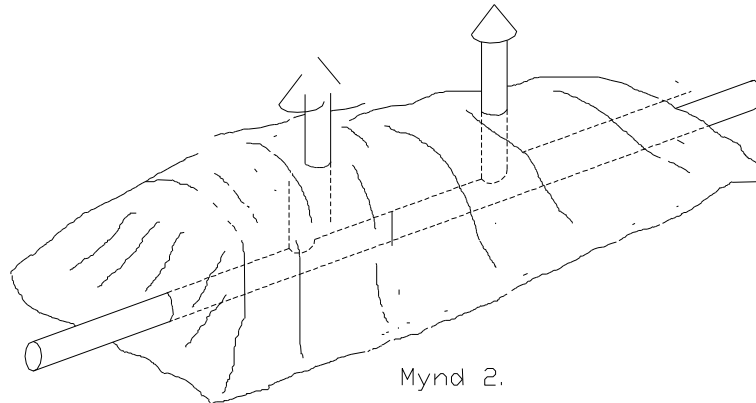
Gott er að mylja/tæta og blanda jarðveginn vel til að auka einsleitni og e.t.v. minnka þörf á spæni, trékurli eða þ.h. sem eykur aðgengi súrefnis að jarðveginum. Í jarðveg sem inniheldur mikið af leir oft nauðsynlegt að blanda trékurli eða sandi til að bæta uppbyggingu og auka loftstreymi. Í trjáræktarlöndum er notaður börkur en hér er það ekki hægt sökum hráefnisskorts en í staðinn má nota tréspæni og kurl. Hér á eftir eru nefndar aðferðir til blöndunar jarðvegs, næringarefna og tréflísa:

- Einfaldasta aðferðin við að blanda jarðveg er að leggja hann og tréflísar út í þunnt lag, þar á eftir er vatni, e.t.v. kalki og næringarefnum bætt í og honum síðan mokað upp með vélskóflu í haug.
- Þegar komið er með jarðveg á hreinsistað (eða eftir blöndun með tréflísum) er hægt að blanda strax í hann réttu magni af vatni og næringarefnum. Oftast er þessu blandað í jarðveginn með gröfuskóflu áður en jarðvegin er mokað upp í hauginn. Næringarefnum, etv. kalki og vatni er þá blandað í jarðveginn í réttu hlutfalli við hve mikið jarðveg skóflan getur tekið.

7.4.3 Formun haugsins

Form haugsins getur verið misjafnt og ýmsar útgáfur hafa verið reyndar með góðum árangri. Gerð haugsins ræðst oft af gerð vinnuvéla eða því hve mikið rými er til ráðstöfunar á vinnusvæðinu. Venjulega eru haugar þó ekki gerðir hærri en 2,5-3 m en engin regla er um

lengd haugsins nema hvað oft er miðað við 10 m.



Mynd 7.2 Yfirlitsmynd af jarðhreinsihaug.

7.4.4 Yfirbreiðsla

Eftir formun og gerð haugsins ætti að breiða yfir hann til að vernda niðurbrot og jarðveg frá eftirfarandi:

- vökvatapi,
- hitatapi,
- of mikilli vökvun, þ.e. koma í veg fyrir að það rigni í hauginn,
- koma í veg fyrir að ryk fjúki frá haugnum,
- koma í veg fyrir hörðun efsta lags vegna mismunar á raka og þurrki.

Tjörudúkur (hrindir frá sér vatni en hleypir lofti í gegnum sig) eða silikonhúðaður jarðvegsdúkur, sem er haldið niðri með gömlum dekkjum og þess háttar, er oftast valinn vegna lítills kostnaðar og ágæts árangurs.

7.5 Loftun

Súrefni er mikilvægasti þáttur niðurbrots á mengunarefnum í jarðvegi. Tryggja verður að nægilegt súrefni komist í hauginn svo að niðurbrot verði með eðlilegum/skjóttum hætti. Ýmsar aðferðir eru notaðar til að tryggja aðgengi súrefnis. Bæði eru til vélræn og náttúruleg loftunarferli og aðferðir sem hafa reynst ágætlega.

Einfaldasta og ódýrasta loftunarferlið er náttúruleg loftun. Helst er að nefna tvær aðferðir:

- *Myllting*. Íblöndun fastra efna og regluleg umbýlting. Oft er notaður börkur og greinar sem íblöndunarefni en það er gert til að auka loftstreymi um hauginn auk þess sem jarðveginum er velt reglulega (einu sinni til tvisvar á mánuði) til að koma í veg fyrir að súrefnisláus svæði myndist í haugnum. Þetta ætti einnig að vera mögulegt án íblöndunar en þá verður að velta haugnum oft.
- *Náttúruleg loftun*. Þá er komið fyrir götuðum rörum á mismunandi stöðum í haugnum. Rörin (gerð: 4" PEH, fyrir lágan þrýsting) eru höfð það löng að báðir endar stingast út úr haugnum þannig að loft getur leikið gegnum þau og út í jarðveginn. Hafa skal rörin (og þar af leiðandi hauginn) þannig að þau séu samsíða ráðandi vindátt á svæðinu. Þessi aðferð er einföld og ódýr vegna þess að ekki er þörf á blásara og einnig er síður hætt á að þurrka upp jarðveginn, þ.e. loftstreymið er minna en við vélræna loftun. Ókosturinn er þó sá að ekki er hægt með góðu móti að velta haugnum líkt og gert er við haug sem í er blandað

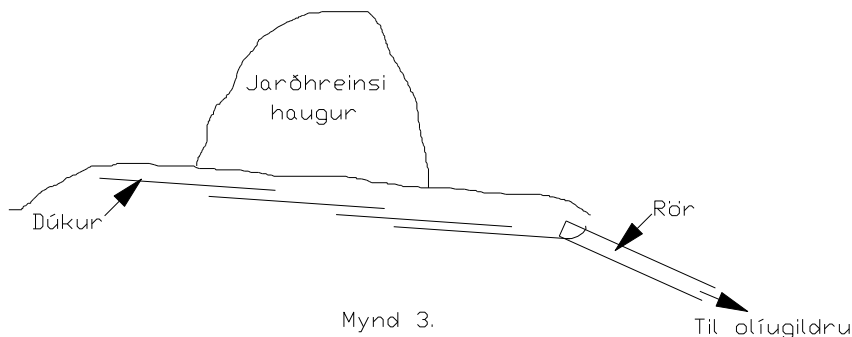
trékurli og greinum.

Þrátt fyrir að óvélræn loftun sé ódýrari þá er vélræn loftun oft valin vegna aukins og öruggara loftstreymis sem eykur niðurbrotshraða. Auk þess er oft erfitt að hreinsa þungu efnin án vélrænnar loftunar. Tvær aðferðir eru notaðar við vélræna loftun, loftinnblástur og loftsog. Þá er komið fyrir lagnakerfi í haugnum sem tengt er sugu eða blásara sem sjúga eða blása fersku lofti um hauginn.

Samkvæmt bandarískum aðferðum eru loftleiðslur lagðar neðst í hauginn ofan á undirlagsjarðveginn við vélræna loftun. Inni í haugnum, u.þ.b. 3 m frá enda er komið fyrir mjúkri gataðri leiðslu (u.þ.b. 60 8-10 mm göt á hvern lengdarmetra) en frá henni að blásara er hörð plastleiðsla. Ef haugurinn er breiður þarf fleiri leiðslur og eru þær útbúnar með krana þannig að hægt sé að stilla loftstreymið að hverri leiðslu fyrir sig. Reynslan sýnir að við vélræna loftun er nægilegt að leggja eina loftleiðslu í botn haugsins ef hann er ekki hærri en 2,5 -3 m. Ef haugurinn er breiður verða að vera 2,5 -3 m á milli leiðslna. Það verður að velja loftleiðslum stað þannig að vinnuvélar skemmi þær ekki við gerð haugsins. Koma skal í veg fyrir að vinnuvélar keyri yfir hauginn bæði vegna hættu á leiðsluskemmdum og vegna þess að jarðvegurinn þjappast.

Ef haugurinn er með yfirbreiðslu kemur það að hluta til í veg fyrir aðgengi súrefnis.

Í sumum tilfellum er mögulegt að nota svokallaðan jektor til að mynda undirþrýsting í haugnum og draga þannig loft í gegnum hann. Oft eru lækir eða annað rennandi vatn nálægt hreinsunarsvæðinu sem hægt væri að leggja leiðslu frá í jektorinn. Þessi aðferð kemst af án vélarorku.



Mynd 7.3 Þversnið, uppsöfnun lekavats..

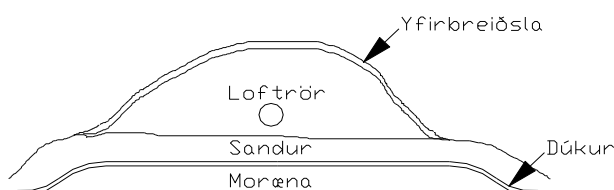
7.6 Uppsöfnun lekavats

Erlendis tíðkast að hafa söfnunarkerfi fyrir lekavatn í varanlegri jarðhreinsistöð. Í slíku kerfi eru venjulega lekavatslagnir undir haugnum, dælur tengdar slíkum lögnum og geymir fyrir lekavatn. Reynslan sýnir þó að í haug sem er með yfirbreiðslu lendir mest allt lekavatið í loftleiðslunum.

Í hreinsihaugnum er því hægt að nota loftleiðslur til að flytja lekavatn frá honum. Þá er settur felligeymir á milli lekavatslagna (drenlagna) og loftdælu sem sýgur loftið úr haugnum.

Vatnið flyst með leiðslunum og fellur út í felligeyminum áður en það kemst í loftdæluna. Lítil dæla er svo notuð til að dæla úr felligeyminum í safngeyminn.

Íslensk aðferð: Ef haugurinn er með yfirbreiðslu er síður þörf á söfnunarkerfi fyrir afrennslisvatn. Ef haugurinn er aftur á móti ekki með yfirbreiðslu þá verður að koma fyrir söfnunarkerfi. Þá er vatninu safnað saman af plastdúknum undir haugnum í leiðslu sem lögð er yfir í olúgildru. Ef haugurinn er gerður á malbikuðu plani verður að safna vatninu saman áður en það kemst í fráveitukerfið og leiða að um olúgildru.



Mynd 4.

Mynd 7.4 Þversnið af jarðhreinisihaug

7.7 Vökvaíblöndun

Örverur þurfa vatn við niðurbrot á mengunarefnum í jarðveginum. Hlutfall vatns í jarðveginum má þó ekki vera svo mikið að það hindri nauðsynlegt loftstreymi um hauginn, æskilegt er að það sé ekki hærra en náttúrulegt rakastig. Auk þess mun hátt vatnsinnihald í jarðveginum auka leka frá haugnum. Það er mjög mismunandi eftir aðstæðum hvort bæta þurfi vatni í hauginn eða ekki.

Loftstreymið um hauginn þurrkar jarðveginn en misjafnt er eftir jarðvegstegundum hve mikið vökvatap verður. Aftur á móti verður til vatn við niðurbrot á mengunarefnum sem vinnur að einhverju leyti á móti vökvatapinu.

Í flestum tilfellum er nóg að vökva hauginn í upphafi en í sumum tilfellum er nauðsynlegt að vökva hann af og til á niðurbrotstímabilinu. Árangursríkar tilraunir hafa verið gerðar með að bæta rökum berki, sagi og viðarkurli í jarðveginn til að sleppa við vökvun. Venjulega er rakastigi haldið á milli 40-85% af náttúrulegri rakamettun jarðvegs á meðan á niðurbroti stendur. Ef vatni er aðeins bætt í jarðveginn í byrjun niðurbrots er mælt með að vatnsinnihaldi sé haldið 70-90% af náttúrulegri rakamettun jarðvegs. Þetta er gert vegna vökvataps sem verður á niðurbrotstímanum en gert er ráð fyrir að það sé 1-2 % af vökva á 3-4 mánuðum.

Í einstaka tilfellum getur vatns- og næringarefnainnihald í jarðvegi verið það hátt að ekki þurfi að bæta þeim í jarðveginn eða gera sérstakar ráðstafanir til að tryggja nægilegt súrefnisaðgengi.

7.8 Íblöndun næringarefna

Við örveruniðurbrot á mengunarefni í jarðvegi nota örverur mengunina sem kolvetnis- og orkugjafa (næringu) til að byggja upp lífrænan massa (fjölga sér). Í olúmenguðum jarðvegi er ávallt nóg af kolefni en hins vegar skortir ýmis næringarefni, sérstaklega köfnunarefni og fosfór, en þessi næringarefni verða að vera til staðar til að viðhalda nauðsynlegum örveruvexti. Venjulega er talað um að hlutfallið milli kolefnis (C), köfnunarefnis (N) og fosfórs (P) skuli vera 100:10:1.

Tafla 7.1 Hlutfall olíu og næringarefna í jarðvegi miðað við C:N:P=100:10:1.

Hlutfall olíu í jarðvegi (ppm)	Magn olíu í jarðvegi (kg/m ³)	Magn C (kg/m ³)	Magn N (kg/m ³)	Magn P (kg/m ³)
500	0,8	0,68	0,07	0,007
1.000	1,6	1,36	0,14	0,014
2.000	3,2	2,72	0,280	0,028
5.000	8	6,8	0,7	0,07
10.000	16	13,6	1,4	0,14
50.000	80	68	7	0,7

Til einföldunar er oft talað um að nota eitt kíló af áburði sem er ríkur af köfnunarefni á móti einum rúmmetra af jarðvegi. Rannsóknir sýna að ekki er mikil hættu á að niðurbrot hægir of mikið á sér ef sett er aðeins of mikið af næringarefnum en þó má ekki vera meira en 5 kg köfnunarefnis á hvern m³. Velja skal áburð sem er með hlutfall N:P sem næst 10:1.

Mælt er með að næringarefnum sé blandað í jarðveginn fyrir hauggerð, í föstu formi eða vatnsblönduðum. Þannig blandast næringarefni enn betur í allan jarðveginn við tætingu hans og formun haugsins.

Næringarefnum er einnig hægt að blanda í hauginn á niðurbrotstímanum, þá venjulega um leið og vökvun á sér stað. Þegar haugurinn er farinn að þorna upp er lausn með vatni og næringarefnum dreift yfir hauginn. Upplausnin lekur síðan niður í hauginn en fosfór binst að öllu jöfnu við efsta hluta haugsins. Með því að dreifa lekavatni yfir hauginn aftur er hægt að nýta næringarefni enn betur.

Nauðsynlegt er að sýrustig sé á milli 6 og 9. Jarðvegur héraendis er oft frekar súr. Í margar jarðvegsgerðir þarf því að bæta kalki svo að hann nái réttu sýrustigi fyrir hreinsunina. Erfitt er að nefna ákveðnar tölur í þessu sambandi vegna þess hve sýrustig og eiginleikar jarðvegs eru mismunandi. Reynsla bænda á svæðinu með kalkáburð gæti nýst sem viðmiðun.

8. Ákvörðun um að hreinsun olíumengaðs jarðvegs sé lokið

Þegar olíumengaður jarðvegur er hreinsaður, t.d. með þeim aðferðum sem kynntar hafa verið hér að framan, þarf að taka ákvörðun um það hvenær hreinsun telst lokið. Sú ákvörðun hlýtur að stjórnast af því hvar nota eigi jarðveginn eftir hreinsun, þ.e. hvort hann er settur á svæði þar sem engar mannlegar athafnir eru fyrirhugaðar, eða hvort hann er notaður til uppfyllingar á urðunarstað, iðnaðarsvæðum eða jafnvel í íbúðarbyggð. Lagt er til að mat þeirra sem stjórna hreinsuninni verði þannig að jarðvegurinn teljist fullhreinsaður eftir að hafa verið meðhöndlaður eftir þeim forskriftum sem gefnar eru í kafla 7 í:

1. a.m.k. tvö sumur, þ.e. 15 mánuði eða meira en þá er ekki þörf á frekari mælingum á olíuinnihaldi jarðvegsins enda verði hann notaður sem þekjulag á urðunarstað.
2. a.m.k. eitt ár enda sé innihald BTEX-efna (skýring sbr. kafla 4) innan við 0,5 mg/kg þurrefni og innihald PAH-efna (skýring sbr. kafla 4) innan við 5 mg/kg þurrefni, enda verði jarðvegurinn ekki notaður á viðkvæmum svæðum skv. kafla 3.3.

Ef um er að ræða jarðveg mengaðan af olíuefnum sem brotna seint niður (t.d. svartolíu og smurolíu) þarf að meta það frekar, með heilbrigðisyfirvöldum hvort hreinsun sé lokið eða ekki, t.d. með því að meta hvort að niðurbroti sé lokið. Um framkvæmd sýnatöku er nánari upplýsingar að finna í kafla 5.

Komi til sölu lóðar þar mengaður jarðvegur er skilinn eftir ber seljanda lóðarinnar að upplýsa kaupanda um mengunina svo að ekki fari á milli mála að lóðin sé menguð og því ekki hæf til hvaða notkunar sem er.