

Sorpeyðing höfuðborgarsvæðisins b.s.



## VINNSLA LÍFRÆNS ELDHÚSÚRGANGS

**- NOKKRAR AÐFERÐIR OG KOSTNAÐUR -**



**STUÐULL**  
Verkfræði- og jarðfræðipjónusta

Mái 2000

Þessi síða á að vera alud

## EFNISYFIRLIT

### ÁGRIP

TÖFLUSKRÁ.....	5
MYNDASKRÁ.....	6
<b>1 INNGANGUR.....</b>	<b>9</b>
1.1 SKILGREININGAR.....	9
1.2 ÞRÓUN JARÐGERÐAR Í EVRÓPU.....	10
<b>2 JARÐGERÐ ÚR LÍFRÆNUM ÚRGANGI.....</b>	<b>13</b>
2.1 LOFTHÁÐ JARÐGERÐ (E. „AEROBIC“).....	13
2.1.1 Múgaadferð (e. „Windrows“ ).....	14
2.1.2 Loftaðir múgar (e. „Aerated Static Pile“ ).....	15
2.1.3 Dúka- og membruaðferðir (e. „Membrane composting“ ).....	17
2.1.4 Maðkar (e. „Vermicomposting“ ).....	18
2.1.5 Loftaðir gangar (s. „Tunnelkompostering“ ).....	18
2.1.6 Hrærðir gangar (s. „Agiterad tunnelkompostering“ ).....	19
2.1.7 Rásir (s. „Kanalkompostering“ ).....	20
2.1.8 Turnar (s. „Tornkompostering“ ).....	21
2.1.9 Gámaadferð (e. „Container composting“ ).....	23
2.1.10 Snúningstromlur (e. „Rotating drum“ ).....	25
2.1.11 Beddar (s. „Bäddkompostering“ ).....	27
2.1.12 Kassar (s. „Boxkompostering“ ).....	28
2.1.13 Þjöppunaraðferðir (s. „Brikollare-kompostering“ ).....	29
2.1.14 Votmeðferð (s. „Våt-kompostering“ ).....	29
2.2 LOFTFIRRT JARÐGERÐ (E. „ANAEROBIC“ ).....	30
2.2.1 Þurrvinnsla.....	32
2.2.2 Hálfþurr vinnsla.....	33
2.2.3 Eins þrepa votvinnsla.....	34
2.2.4 Tveggja eða fjölþrepa vinnsla.....	36
2.2.5 Orkuhleifur (s. „energy limpan“ ).....	36
2.3 BLANDAÐAR AÐFERÐIR.....	38
2.4 SAMANBURÐUR - LOFTHÁÐAR/LOFTFIRRTAR EÐA BÁÐAR AÐFERÐIR?.....	39
2.4.1 Hráefni og niðurbrot.....	39
2.4.2 Rakastig.....	40
2.4.3 Orkujafnvægi.....	40
2.4.4 Vatnsjafnvægi.....	41
2.4.5 Kostir við samþætta loftháða og loftfirrt vinnslu.....	41
2.5 UMHVERFISÁHRIF AÐFERÐA.....	42
2.6 VINNUMHVERFI STARFSMANNA.....	44
2.7 SAMANBURÐUR AÐFERÐA.....	45
2.8 SJÁLFBÆR ÞRÓUN – STAÐARDAGSKRÁ 21.....	47
<b>3 HÖNNUNARFORSENDUR.....</b>	<b>51</b>
3.1 HEILDARMAGN ÚRGANGS.....	51
3.2 KRÖFUR TIL VINNSLU OG AFURÐA.....	53
3.3 KRÖFUR UM FLOKKUN OG SÖFNUN HRÁEFNA / SÖFNUNAR-GRÁÐA.....	55
3.4 NAUDSYNLEG TÆKI OG AÐSTAÐA.....	57
3.4.1 Opnir múgar.....	57
3.4.2 Loftaðir múgar.....	58
3.4.3 Gámar.....	59
3.4.4 Opnir kassar.....	60
3.4.5 Þurr-hitakær loftfirrt vinnsla með loftháðri eftirvinnslu.....	61

3.4.6	Millihitakær votvinnsla.....	62
3.4.7	Hálfburr hitakær loftfirrt vinnsla .....	63
3.4.8	Orkuhleifur .....	63
3.5	SAMNÝTING MEÐ ANNARRI STARFSEMI SORPU .....	64
3.6	FJÁRHAGSLEGAR FORSENDUR .....	64
3.7	FJÁRHAGSLEGUR ÁVINNINGUR.....	65
3.7.1	Afurðir .....	65
3.7.2	Sparað urðunarpláss .....	66
3.7.3	Sparaður rekstrarkostnaður í Álfsnesi .....	68
3.7.4	Heildarávinningur lífrænnar vinnslu.....	68
<b>4</b>	<b>ÁÆTLAÐUR KOSTNAÐUR VIÐ JARÐ- OG GASGERÐ.....</b>	<b>71</b>
4.1	SAMEIGINLEGUR KOSTNAÐUR ALLRA AÐFERÐA.....	71
4.1.1	Optískur greinir.....	71
4.1.2	Annar sameiginlegur kostnaður .....	73
4.2	OPNIR MÚGAR .....	73
4.3	LOFTAÐIR MÚGAR .....	74
4.4	GÁMAR .....	75
4.5	OPNIR KASSAR .....	77
4.6	ÞURR HITAKÆR LOFTFIRRT VINNSLA MEÐ LOFTHÁÐRI EFTIRVINNSLU .....	78
4.7	MILLIHITAKÆR VOTVINNSLA .....	80
4.8	HÁLFBURR HITAKÆR LOFTFIRRT VINNSLA.....	81
4.9	ORKUHLEIFUR.....	82
4.10	KOSTNAÐARSAMANBURÐUR AÐFERÐA .....	83
<b>5</b>	<b>NÍÐURSTÖÐUR .....</b>	<b>89</b>
<b>6</b>	<b>HEIMILDASKRÁ.....</b>	<b>91</b>

## VIÐAUKI A - NÍÐURBROT LÍFRÆNNA EFNA

**TÖFLUSKRÁ**

Númer	Heiti	Síða
2.3-1	Mismunandi eiginleikar loftháðrar og loftfirtrar vinnslu (á ekki við um orkuhleifa)	38
2.4-1	Samanburður aðferða	46
3.1-1	Flutt í Álfsnes frá móttökustöð í Gufunesi, tonn á ári	51
3.1-2	Hlutfallsleg skipting heimilissorps skv. reynslu Dana	52
3.3-1	Vinnanlegt magn eftir aðferð	56
3.4-1	Samantekt á helstu stærðum fyrir opna múga	58
3.4-2	Samantekt á helstu stærðum fyrir loftaða múga	59
3.4-3	Samantekt á helstu stærðum fyrir gámaaðferð	60
3.4-4	Samantekt á helstu stærðum fyrir opna kassaaðferð	60
3.4-5	Samantekt á helstu stærðum fyrir hitakæra þurrvinnslu með loftháðri eftirmeðferð	61
3.4-6	Hitakær hálfþurr/þurr loftfirrt vinnsla með loftháðri beddameðferð	62
3.4-7	Samantekt á helstu stærðum fyrir hálfþurra hitakæra loftfirtra vinnslu (Vaasa)	63
3.4-8	Samantekt á helstu stærðum fyrir orkuhleifa	64
3.7-1	Áætluð sala hráorku í millj kr/ári (óhreinsað gas)	66
3.7-2	Sparað urðunarpláss	67
3.7-3	Rekstrargjöld vegna urðunarstaðarins í Álfsnesi, millj kr/ári	68
3.7-4	Áætlaður ávinningur loftháðrar vinnslu	68
3.7-5	Áætlaður ávinningur loftfirtrar vinnslu með meltara	69
3.7-5	Áætlaður ávinningur loftfirtrar vinnslu með orkuhleif	69
4-1-1	Áætlaður kostnaður við optískan greini	72
4.2-1	Áætlaður kostnaður við lífræna vinnslu með opnum múgum	73
4.3-1	Áætlaður kostnaður við lífræna vinnslu með loftuðum múgum	74
4.4-1	Áætlaður kostnaður við lífræna vinnslu með gámum nr. 1	75
4.4-2	Áætlaður kostnaður við lífræna vinnslu með gámum nr. 2	76
4.5-1	Áætlaður kostnaður við lífræna vinnslu með opnum kössum	77
4.6-1	Áætlaður kostnaður við lífræna vinnslu með loftfirtri, hitakærri þurri vinnslu og loftháðri eftirvinnslu	78
4.6-2	Áætlaður kostnaður við lífræna vinnslu með loftfirtri, hitakærri þurri vinnslu og loftháðri beddavinnslu.	79
4.7-1	Áætlaður kostnaður við lífræna vinnslu með loftfirtri hitakærri votvinnslu	80
4.8-1	Áætalaður kostnaður við lífræna vinnslu með loftfirtri, hitakærri hálfþurri vinnslu	81
4.9-1	Áætlaður kostnaður við lífræna vinnslu með loftfirtri vinnslu í orkuhleif	82
4.10-1	Kostnaðarsamanburður aðferða á tillits til ávinnings	83
4.10-2	Kostnaðarsamanburður aðferða að teknu tilliti til ávinnings	84

Númer	Heiti	Síða
4.10-3	Kostnaðarsamanburður aðferða. Aðferðum raðað eftir kostnaði pr. tonn, ódýrasta aðferðin talin fyrst	87
4.10-4	Kostnaðarsamanburður aðferða að teknu tilliti til ávinnings. Aðferðum raðað eftir kostnaði pr. tonn, ódýrasta aðferðin talin fyrst	87

## MYNDASKRÁ

Númer	Heiti	Síða
1.1-1	Kostnaðarþróun við loftfirrtar aðferðir í heiminum síðustu ár	12
2.1-1	Dæmigerður múgur fyrir lífrænan úrgang.....	14
2.1-2	Múgasnerill að verki.....	15
2.1-3	Loftaðir múgar.....	16
2.1-4	Loftaðir múgar í Bodö í Noregi.....	17
2.1-5	Membra yfir loftuðum göngum utanhúss.....	17
2.1-6	Jarðgerð í loftuðum rásam í Duerne í Hollandi....	19
2.1-7	Rásir.....	20
2.1-8	AirLance™ kerfi frá Bio Tech.....	22
2.1-9	„AirLane TM“.....	22
2.1-10	Gámaaðferð frá Stinnes Enerco, System 25.1.....	23
2.1-11	Gámur frá Stinnes Enerco.....	23
2.1-12	Hér má sjá hluta af loftræstikerfi.....	24
2.1-13	Gámaaðferð notuð í Neumünster í Þýskalandi.....	25
2.1-14	Snúningstromluaðferð í Sevierville TN.....	26
2.1-15	Sérstaða Rondeco aðferðarinnar er í raun fólgin í afurðinni,.....	26
2.1-16	Beddavinnsla innanhúss í Essenheim í Þýskalandi.....	27
2.1-17	Kassavinnsla innanhúss.....	28
2.1-18	Opnir kassar (s. „boxkompostering“) sem staðsettir eru utanhúss.....	28
2.1-19	Þjöppunaraðferð frá RETHMANN sem kallast.....	29
2.2-1	Þurrvinnsla í Tilburg í Hollandi.....	32
2.2-2	Flæðirit fyrir hálfþurra vinnslu í Vaasa í Finnlandi.....	34
2.2-3	Nærmynd af meltara í Vaasa	34
2.2-4	Gasgeymsla í Vaasa (lágþrýst)	34
2.2-5	Votvinnsla há Jysk Biogas í Danmörku	35

Númer	Heiti	Síða
2.2-6	Orkuhleifur (SWECO™)	37
2.3-1	Í Borås í Svíþjóð er samþætt loftháð og loftfirrt vinnsla.....	39
2.4-1	Myndin sýnir samanburð á því hve mikið metan og koltvíoxíð sleppur út í andrúmsloftið....	43
2.4-2	Útreikningur á vistpunktum.....	44
2.4-3	„Nýtingarhlutfall“ meginaðferða við vinnslu lífræns eldhúsúrgangs.....	49
3.2-1	Möguleg vinnsluferli lífræns úrgangs.....	54
3.3-1	Nauðsynleg söfnunargráða sem ná þarf við hverja aðferð og magn.....	57
4.1-1	Optískur greinir þarf mikið pláss.....	72
4.10-1	Kostnaðarsamanburðu aðferða.....	83
4.10-2	Kostnaðarsamanburður aðferða að teknu tilliti til ávinnings.....	84
4.10-3	Móttökugjöld á nokkrum vinnslustöðvum lífræns úrgangs í Evrópu	85
4.10-4	Samanburður aðferða, hægstu og lægstu kostnaðartölur	85
4.10-5	Kostnaðarsamanburður, hæstu og lægstu aðferðir teknar frá (án tillits til ávinnings)	86
4.10-6	Kostnaðarsamanburður að teknu tilliti til ávinnings.....	86

Þessi síða á að vera alud



## 1 INNGANGUR

Skýrsla þessi um möguleika og samanburð á vinnslu lífræns eldhúsúrgangs er unnin fyrir SORPU bs. Tilgangurinn með gerð skýrslunnar er að draga fram mögulegar vinnsluaðferðir; kosti og galla hverrar aðferðar og ekki síst að áætla kostnað tengdum mismunandi aðferðum. Skýrslan er unnin af Birni H. Halldórssyni umhverfisverkfræðingi og Birni Jóhanni Björnssyni verkfræðingi.

Sú tækni sem fjallað er um í skýrslunni er að mörgu leyti nýlunda fyrir okkur Íslendinga og ber skýrslan þess nokkur merki. Íslensk orð yfir aðferðir, orð og hugtök eru af skornum skammti. Því má vera að mörg „orðskrípi“ finnist í textanum en það er von okkar að lesendur sjái aumur á höfundum vegna þess skorts sem áður er vísað til. Er full ástæða til að fagfólk innan úrgangsgeirans setjist niður og hefji orðasmíði um þau fyrirbæri sem hér er fjallað um.

Skýrslunni er skipt upp í sex hluta. Fyrsti hluti inniheldur inngang, skilgreiningar og umfjöllun um þróun í Evrópu, annar hluti inniheldur stutta lýsingu á nokkrum aðferðum og samanburð á þeim. Þriðji hluti fjallar um hönnunarforsendur, fjárhagslegan ávinning og fjárhagslegar forsendur og þær kröfur sem gera þarf til vinnslu afurða, fjórði hluti fjallar um áætlaðan kostnað við mismunandi aðferðir og í fimmta hluta eru niðurstöður og tillögur. Sjötti hluti er heimildaskrá. Með skýrslunni fylgir viðauki um niðurbrot lífrænna efna þar sem nánar eru skýrð fyrirbærin loftháð og loftfirrt niðurbrot.

### 1.1 SKILGREININGAR

Hér á eftir fylgja nokkrar skilgreiningar sem notaðar eru í skýrslunni.

**Gerileyðing** – Það sem kallað er „hygenisering“ efnis og næst með ákveðinni meðferð. Meðferðin felst í upphitun efnisins í ákveðið hitastig sem halda þarf í ákveðinn tíma. Með gerileyðingu er heilnæmi afurða tryggt.

**Haugagas** - Blanda af mismunandi gastegundum sem myndast við *loftfirrtar* aðstæður. Myndast t.d. í sorphaugum. Haugagas inniheldur metan og koltvíoxíð ásamt lítilræði af öðrum gastegundum

**Lífrænn eldhúsúrgangur** - Lífrænn úrgangur frá vanalegum eldhússtörfum, s.s. matarafgangar (kjöt, fiskur, grænmeti, sósur, ávextir o.s.frv.) ásamt bleium, bindum, bómull, afþurrkunarpappír og pappírspokum.

**Lífrænn heimilisúrgangur** - Lífrænn úrgangur frá vanalegum heimilisstörfum, s.s. lífrænn eldhúsúrgangur, garðaúrgangur, pappír, pappi, fernur og timbur.

**Lífrænn úrgangur** - Hvers kyns lífrænn úrgangur sem SORPA bs. tekur við í dag og á uppruna sinn á heimilum eða í fyrirtækjum. Innifelur m.a. lífrænan eldhúsúrgang, garðaúrgang, pappír, pappa, fernur, sláturhúsaúrgang og timbur ásamt öðrum lífrænum úrgangi frá fyrirtækjum.

**Loftfirrt jarðgerð** - Vinnsla lífræns úrgangs þar sem súrefni kemst ekki að vinnslunni.

**Loftháð jarðgerð** - Vinnsla lífræns úrgangs þar sem súrefni er notað við vinnsluna.

**Jarðvegsbætir** - Afurð sem verður til við jarðgerð, hvort sem er *loftháða* eða *loftfirrt*.

**Meltari** - Sérstök tækni sem notuð er við að vinna gas úr lífrænum eldhúsúrgangi og öðrum lífrænum úrgangi. Hráefnið getur verið hvort sem er fljótandi eða þurr. Afurðirnar eru í öllum tilfellum haugas og fljótandi og/eða fastur jarðvegsbætir.

**Molta** - Afurð sem verður til við *loftháða jarðgerð garðaúrgangs*.

**Orkuhaugur** - Sorphaugur sem sérstaklega er byggður með það fyrir augum að vinna úr honum haugas og jafnvel jarðvegsbæti (e. *biocell*).

**Orkuhleifur** - Hleifur þar sem flokkuðum lífrænum úrgangi er komið fyrir ásamt söfnunarlögnum fyrir gas og dreifilögnum fyrir raka og varma. Gas er unnið með skipulögðum hætti úr hleifinum. Þegar gasið hefur verið full nýtt úr hleifinum er hann opnaður, hann hreinsaður og jarðvegsbætir unnin úr honum og nýr hleifur lagður í stað hins gamla. Vinnsla hleifsins tekur 3-7 ár (e. „*energy loaf*“, s. „*energy cellor*“).

**Raki** - Rakamagn í efni sem hlutfall af þyngd þurrefnis.

**Stjórnvænar aðferðir** - Aðferðir við vinnslu lífræns úrgangs sem eru meira eða minna lokaðar aðferðir þar sem hægt er að stjórna niðurbrotsferlinu nokkuð nákvæmlega, niðurbrotið er fullkomnara og hægt er að mæla útstreymi og hreinsa gastegundir og vatn ef með þarf (s. „*reaktorbaserade*“).

**Proski** - Mælikvarði á þroskastig jarðvegsbætis, mælt með svokallaðri eigin hitun.

Skammstafanir:

e-enska, s-sænska, þ-þýska, d-danska

## 1.2 ÞRÓUN JARÐGERÐAR Í EVRÓPU

Á síðustu árum hefur orðið ör þróun í jarðgerð, hvort sem er loftháðri eða loftfirtri. Skv. sænskri könnun sem gerð var 1998 hefur þróunin árin 1993 til 1997 orðið sem hér segir<sup>1</sup>:

- fjöldi jarðgerðarstaða hefur aukist sem hér segir:
  - loftháðir úr 131 í 318 (fjölgun um 143 % eða 2,4)
  - loftfirrtir úr 12 í 55 (fjölgun um 358% eða 4,5)
  - blönduð tækni úr 143 í 373 (fjölgun um 161% eða 2,6)
- Vinnslugetan hefur aukist sem hér segir:
  - loftháð úr 3,5 millj tonn/ári í 8,1 millj tonn/ári (131% eða 2,3)
  - loftfirrt úr 0,19 millj tonn/ári í 0,96 millj tonn/ári (405% eða 5,0)

<sup>1</sup> Wannholt, L., „*Biologisk behandling av hushållsavfall i slutna anläggningar i Europa*“, RVF Rapport 98:6, ISSN 1103-4092.

- blönduð tækni úr 3,7 millj tonn/ári í 9,0 millj tonn/ári (143% eða 2,4)
- Loftháð jarðgerð var um 94,8% af vinnslugetunni 1993 en hafði minnkað í um 89,3% árið 1997
- Loftfirrt jarðgerð(gasgerð) var um 5,2 % af vinnslugetunni 1993 en hafði aukist í um 10,7% árið 1997

Þó svo nokkur óvissa sé í samanburði þessara talna er tilhneigingin nokkuð ákveðin. Lífræn vinnsla eykst jafnt og þétt í Evrópu og loftfirrtar aðferðir aukast mest. Með því að bera saman ólíkar tæknilausnir kemur eftirfarandi í ljós:

- Sú loftháða aðferð sem er mest ráðandi 1997 eru „bedda“ jarðgerð og svarar hún til 28% af vinnslugetunni. Næst koma rásir, gangar og snúningstromlur með 18%, 17% og 16% af heildarvinnslugetunni.
- Sú loftháða aðferð sem minnsta útbreiðslu hefur eru „membuaðferðir“, þær eru einungis 1,2 % af heildar vinnslugetunni, en er sú aðferð sem mest eykst á milli árána 1993 og 1997.
- Sú loftfirrt aðferð sem er mest ráðandi er þurrvinnsla með um 44% af heildar vinnslugetunni, næst kemur tveggja eða fjölpæpa vinnsla og eins þæpa votvinnsla með 33% og 18% af vinnslugetunni.

Mjög misjafnt er milli landa hvaða megináðferðir eru notaðar og hvaða tæknilega lausn verður fyrir valinu á hverjum stað. Í Hollandi voru 26 jarðgerðarstaðir árið 1998, þar af 8 með beddum innanhúss (924.000 tonn/ári), 11 með rásum (559.000 tonn/ári), 2 með gámaaðferð (25.000 tonn/ári), 2 með múgum (250.000 tonn/ári) og 3 með meltara (105.000 tonn/ári). Í Austurríki er þessu öðruvísi farið. Þar er megin hlutinn unninn með múgaaðferð eða um 500.000 tonn/ári, 15 staðir eru með rásir, ganga eða tromlur (150.000 tonn/ári) og 1 meltari (20.000 tonn/ári).

Í Þýskalandi eru 32 staðir með kössum, 18 með beddum innanhúss, 18 með tromlum, 13 með gámum, 10 með rásum, 2 með turnum, 1 með dúk, 6 með Brikollare-aðferð, 55 staðir nota aðferðir sem eru opnar (múgar/loftaðir múgar) og 24 með melturum.

Í Danmörku er einn staður sem notar kassa, einn sem notar bedda, 2 sem nota tromlu og 20 meltarar.

Í Noregi er einn staður sem notar rásir, einn sem notar bedda, tveir sem nota tromlu og um 80 sem nota opnar aðferðir (múga eða loftaða múga). Einn staður er í byggingu sem mun nota meltara.

Í Finnlandi eru 5 staðir sem nota rásir og einn meltari.

Í Svíþjóð eru a.m.k. 4 staðir sem nota loftaða múga (ekki ljóst hve margir nota venjulega múga), 2 staðir nota bedda, einn með tromlu og 14 með melturum. Að auki eru a.m.k. 3 orkuhaugar. Á árunum kringum 1980 voru byggðir 17 jarðgerðarstaðir í Svíþjóð, þar af eru í dag (árið 2000) tveir starfandi. Þetta helgast af miklum tæknivandamálum, rekstrarörðugleikum og of miklum stofnkostnaði sem fylgt hafa mörgum jarðgerðarstöðum. Lausnirnar voru yfirleitt dýrar og „stórar“ þannig að menn festu sig niður með steinsteypu í byrjun og gátu litlu breytt þegar starfsemin byrjaði. Önnur ástæða fyrir þessu lélega gengi fyrstu jarðgerðarstaðanna er sú að

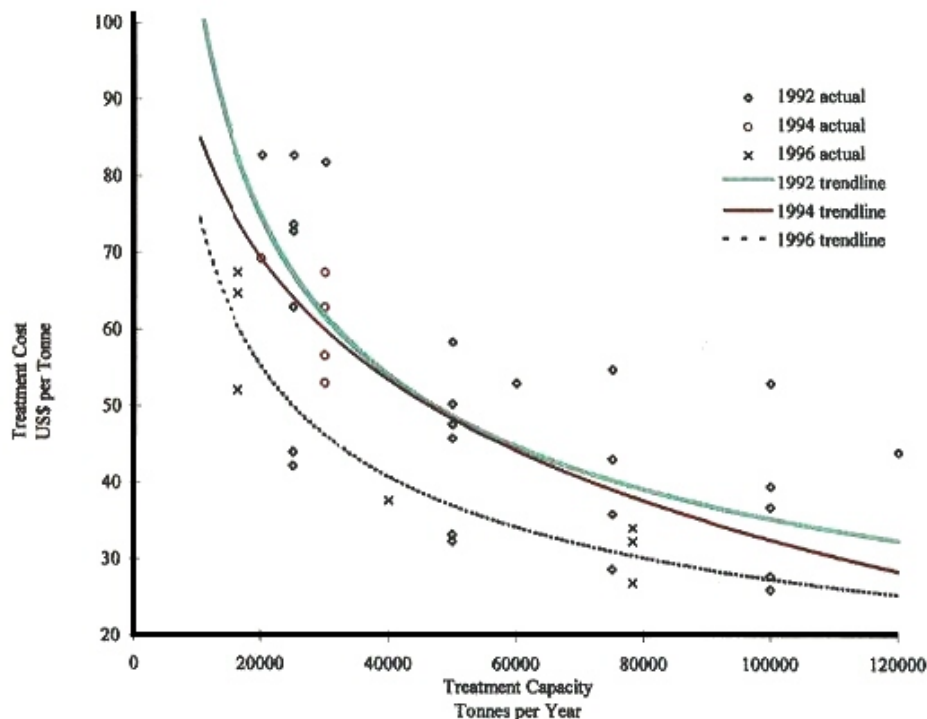
ríkið styrkti allar „tækninýngar“ burtséð frá því hvort einhver grundvöllur var fyrir starfseminni eða ekki.

Af ofangreindri upptalningu má sjá að aðstæður eru mjög misjafnar milli landa. Danmörk sker sig úr að því leyti að þar eru meltarar í meirihluta en Noregur og Austurríki skera sig úr með því að í þeim löndum eru opnar aðferðir algengastar.

Kostnaðarleg þróun förgunar (brennsla/urðun) hefur verið þannig í heiminum undanfarin ár, að verð fyrir brennslu hefur farið hækkandi (þar sem ekki er hægt að selja orku frá brennslu). Kostnaður við urðun hefur einnig farið hækkandi, bæði vegna aukinna umhverfiskrafna en einnig vegna urðunarskatta. Verð fyrir loftháðar jarðgerðar aðferðir hefur farið hækkandi en verð fyrir loftfirrtar aðferðir og blandaðar aðferðir hefur hins vegar farið lækkandi undanfarin ár<sup>2</sup>.

Loftfirrtar aðferðir hafa hingað til ekki getað keppt við opnar múga aðferðir á grundvelli kostnaðar, hins vegar hafa vandamál sem upp hafa komið við rekstur slíkra staða (m.a. vegna ryks, foks, lyktar, vinnuumhverfis starfsmanna og meindýra) valdið því að flóknari og stærri lokuð kerfi hefur þurft fyrir loftháða vinnslu. Loftfirrtar aðferðir geta hins vegar vel keppt við loftháðar lokaðar aðferðir á grundvelli kostnaðar.

Á mynd 1.1-1 má sjá hvernig verðþróun hefur verið í heiminum frá 1992 til 1996 fyrir loftfirrtar aðferðir. Eins og sést á myndinni er litið til vinnslu á efni frá u.þ.b. 15.000 tonnum á ári til 120.000 tonn/ári og kemur því hagkvæmni stærðarinnar berlega í ljós. Verðþróunin er jafnframt augljós.



Mynd 1.1-1. Kostnaðarþróun við loftfirrtar aðferðir í heiminum síðustu ár<sup>3</sup>.

<sup>2</sup> IEA Bioenergy, „Systems and Markets Overview of Anaerobic Digestion“, bæklingur útgefinn af The International Energy Agency (IEA), 1997.

<sup>3</sup> IEA Bioenergy, „Systems and Markets Overview of Anaerobic Digestion“, bæklingur útgefinn af The International Energy Agency (IEA), 1997.

## 2 JARÐGERÐ ÚR LÍFRÆNUM ÚRGANGI

Í þessum kafla verður fjallað stuttlega um mögulegar vinnsluaðferðir lífræns úrgangs. Aðferðirnar henta mis vel til vinnslu hinna ýmsu hluta lífræna úrgangs. Tekið er fram í lýsingu hverrar aðferðar fyrir sig, hvaða efni hentar til vinnslunnar.

Til eru tvær megináðferðir við vinnslu lífræns úrgangs, þ.e. *loftháðar* og *loftfirrtar*. Í viðauka A er að finna stutta samantekt á því hvað felst í hvorri megináðferð. Segja má að sú fyrrnefnda (loftháð) sé sú eina sem reynd hafi verið að einhverju marki hér á landi. SORPA bs. hefur m.a. staðið fyrir tilraunum á jarðgerð úr garðaúrgangi<sup>4</sup> og Gámaþjónustan hefur staðið fyrir tilraunum á jarðgerð úr öðrum lífrænum úrgangi. Raunar er vinnsla á lífrænum úrgangi ekki ný af nálinni. Fyrstu heimildir um lífræna vinnslu (e. „*composting*“) er að finna á leirtöflum frá Akkadian konungsríkinu í Mesopótamíu, u.þ.b. 1.000 árum fyrir tíma Móses og Rómverjar, Grikkir og þjóðflokkar Ísraels áttu sér orð yfir fyrirbærið. Kínverjar notuðu jarðgerð á skipulagðan hátt. Jarðgerð hefur á vissan hátt verið stunduð hér áður fyrr, t.d. bar Njáll á Bergþórshvoli skarna á tún til að auka grassprettuna.

Tæknilegar lausnir við vinnslu lífræns úrgangs eru misjafnar og má í raun segja að tæknilausnir séu jafn margar og vinnslustöðvarnar, því tæknileg útfærsla er misjöfn jafnvel þótt vinnsla teljist til einnar megin gerðar.

Hér á eftir verður stuttlega fjallað um mismunandi tæknilausnir við loftháðar og loftfirrtar aðferðir. Í viðauka A sem fylgir þessari skýrslu er þýðing úr sænsku riti, sem fjallar nánar um hvað felst í hvorri gerð niðurbrots fyrir sig.

### 2.1 LOFTHÁÐ JARÐGERÐ (E. „*AEROBIC*“)

Þó svo að aðferðin sem slík sé ekki mjög tæknilega flókin þarf að huga að mörgum þáttum t.d. kornastærð og kornastærðardreifingu, frævingu (e. „*seeding*“) og blöndun, heildar súrefnisþörf, raka, hitastigi og hitastjórnun, hlutfalli kolefnis og niturs, pH, þroska, gerileyðingu (eyðing sjúkdómavaldandi baktería) o.fl. Einfaldasta form þessarar aðferðar er svokölluð múgaaðferð.

Loftháðum aðferðum er oft skipt upp í tvær megin gerðir, annars vegar opnar aðferðir og hins vegar lokaðar aðferðir. Munurinn liggur í því hvort yfirborð efnisins liggur opið fyrir andrúmslofti eða er lokað af á einhvern hátt. Oft getur reynst erfitt að greina á milli þessara aðferða og ekki alltaf ljóst hvorri megináðferð einstök lausn tilheyrir. Oft má í raun segja að aðferðirnar séu hálfopnar (hálflokaðar). Opnar aðferðir taka hlutfallslega lengri tíma en lokaðar, þurfa stærra yfirborð til vinnslunnar og geta skapað umhverfisleg vandamál (sigvatn, óstjórnað útstreymi gastegunda, lyktarvandamál m.m). Vinsælustu aðferðirnar í dag eru aðferðir sem kalla má stjórnvænar aðferðir (s. „*reaktorbaserade*“), þ.e.a.s. meira eða minna lokaðar aðferðir þar sem hægt er að stjórna niðurbrotsferlinu nokkuð nákæmlega, niðurbrotið er fullkomnara, hægt er að mæla útstreymi og hreinsa gastegundir og vatn ef með þarf.

<sup>4</sup> Björn Guðbrandur Jónsson, „*Jarðgerð garðaúrgangs af höfuðborgarsvæðinu. Tilraunaverkefni SORPU 1994 - 1995, Lokaskýrsla*“, SORPA mars 1996.

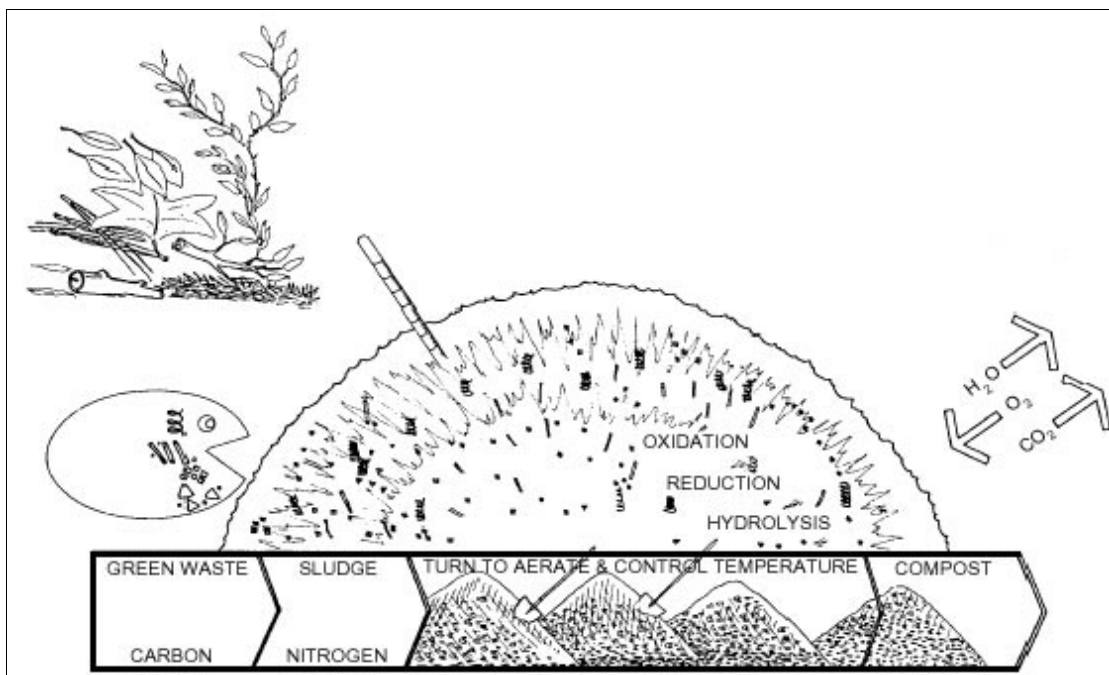


## LOFTHÁÐAR OPNAR AÐFERÐIR

### 2.1.1 Múgaaðferð (e. „Windrows“)

Múgaaðferðin er elsta og algengasta aðferðin sem notuð er. Aðferðin þekktist bæði sem aðalaðferð og sem eftirmeðferð úr öðrum aðferðum.

Opin múgaaðferð getur verið kyrrstæð (e. „static“) eða með einhvers konar umblöndun. Einföld aðferð er að nota venjulega hjólaskóflu til að blanda og velta efninu. Algengara er að nota svokallaða múgasnerla, sjá mynd 2.1-2. Múgasnerlar eru mismunandi allt frá traktorsdregnum tækjum í sjálfstæð tæki. Algengasta gerðin keyrir eftir múgunum með hjólin sitt hvoru megin múgans. Efninu er snúið með tromlu sem rífur upp efnið og kastar því aftur fyrir snerilinn þannig að nýr múgur myndast. Tromlurnar er einnig hægt að útbúa þannig að efnið sé flutt til hliðar um leið og því er snúið.



**Mynd 2.1-1.** Dæmigerður múgur fyrir lífrænan úrgang og þeir þættir sem hafa áhrif á niðurbrot efna (úr bæklingi frá American BioTech).

Múgarnir eru venjulega um 4,3 - 5,0 m í botninn og um 1,8 - 2,1 m háir. Múgunum er síðan snúið reglulega með múgasnerli og fer stærð múganna að nokkru eftir þeim múgasnerli sem skal nota. Áður en múgarnir eru lagðir er hinn lífræni úrgangur hakkaður og sigtaður þannig að efnið sé ekki stærra en 2,5 - 7,6 cm. Rakastig er aukið þar til það er 50 - 60 %. Stoðefnum er blandað við hinn blauta lífræna úrgang, bæði til að tryggja rétta byggingu efnisins en einnig til að tryggja rétt hlutfall næringarefna. Þar sem vinnslan er hvað hröðust er múgunum snúið einu sinni til tvisvar í viku og hitastiginu haldið um 55 °C. Við snúning múganna leysist oft úr læðingi óþægileg lykt. Á þennan hátt má ná fullri jarðgerð á þremur til fjórum vikum (allt upp í 8 vikur) og til verður svokallaður hrár jarðvegsbætur (e. „raw compost“). Að lokinni snúningsmeðferð er efnið látið þroskast frekar í múgum. Stundum er þessum múgum einnig snúið en algengara er að svo sé ekki gert. Fullum þroska er náð eftir um fjórar til átta vikur. Heildar vinnslutíminn er þá a.m.k. 12 vikur.

Helstu kostir þessarar aðferðar eru að hún er til þess að gera einföld tæknilega og krefst ekki flókens tæknibúnaðar. Hins vegar fylgja þessari aðferð ókostir, sérstaklega þegar vinna á lífrænan eldhúsúrgang. Múgarnir eru opnir, undir beru lofti og því er aðgangur meindýra auðveldur, en slíkir gestir leita óhjákvæmilega í slíkan úrgang. Fokvandamál geta skapast af sömu ástæðu. Plássþörf er mikil fyrir þessa aðferð. Deildar meiningar eru um hvort þessi aðferð tryggir nægjanlega heilnæmi afurðarinnar. Það að aðferðin er opin skapar ákveðin vandamál fyrir þá sem vinna við vinnsluna þannig að vinnuumhverfi starfsmanna er ekki nægjanlega tryggt. Lyktarvandamál eru tíð og eru jafnvel dæmi um að lykt fylgi efninu eftir 18 mánaða meðferð<sup>5</sup>.

Af ofantöldum ástæðum þarf að velja slíkri vinnslu stað fjarri byggð, sem aftur getur þýtt að aðstöðusköpun og vegagerð gætu orðið dýrir fylgifiskar. Þar sem aðferðin fer fram utandyra, á steypu eða asfaltlögðu undirlagi þarf að safna sigvatni. Hægt er að nota einhvern hluta þess vatns til að vökva múgana en annað vatn þarf að hreinsa. Annar augljós ókostur þessarar aðferðar er að ekki er hægt að nýta þann varma sem myndast við niðurbrot efnanna.

**Kröfur til flokkunar:** Þessi aðferð gerir einna mestar kröfur til flokkunar af öllum aðferðum. Þetta helgast af því að aðferðin er opin og hætta á fokvandamálum veruleg. Því er ekki hægt að vinna t.d. bleiur og bómull. Plast má heldur ekki vera með efninu. Blanda þarf stoðefnum við til að tryggja súrefnisflæði og rétt hlutfall kolefnis og niturs. Algengt hlutfall er 70-80 % eldhúsúrgangur og 20-30 % stoðefni.



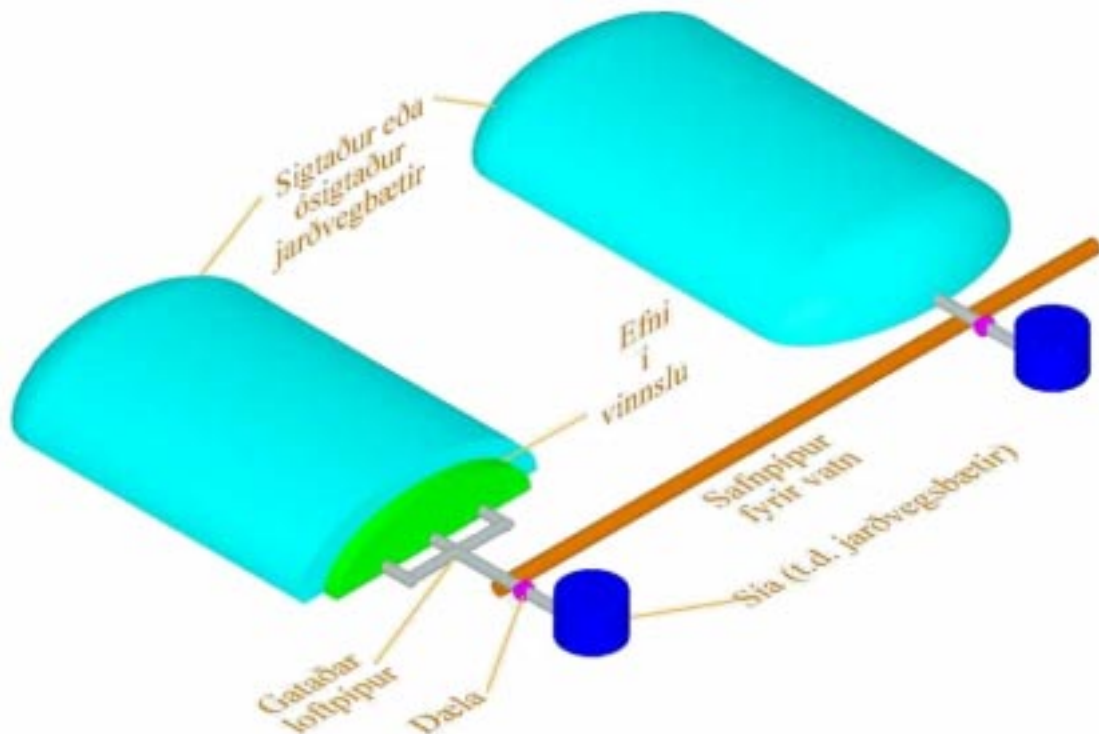
**Mynd 2.1-2** Múgasnerill að verki. Aðrar gerðir finnast. Sá múgur sem hér sést er nokkuð stór miðað við það sem almennt gerist. Nýlegar finnskar rannsóknir benda til að hagstæðasta stærð múganna sé minni en 1,5 m í upphafi jarðgerðar<sup>6</sup>.

### 2.1.2 Loftaðir múgar (e. „Aerated Static Pile“)

Þessi aðferð var upphaflega þróuð af bandaríska landbúnaðarráðuneytinu til að vinna seyru, en hægt er að nota aðferðina við að jarðgera margvíslegan lífrænan úrgang. Mynd 2.1-3 sýnir út á hvað aðferðin gengur. Efnið er lagt í múga og eru gataðar pípur eða gataðar plötur lagðar í botninn og loft síðan dregið eða blásið í gegnum múgana. Yfir múgana er oft lagt þroskað efni til að taka upp hugsanlega lykt og til að einangra múgana. Sé loft dregið í gegnum múgana er útblásturinn oft síður gegnum lífrænar síur sem eru úr þroskuðu og/eða tilbúnu efni. Loft sem dregið er gegnum múgana er heitt og er því oft blásið í gegnum nýja múga til að koma niðurbrotsferlinu af stað og til að halda réttu hitastigi í múgunum.

<sup>5</sup> N. Koivula, K. Hänninen, O. Tolvanen, „Windrow composting of source separated kitchen biowaste in Finland“, Waste Management & Research, volume 18, 2000, ISWA, ISSN 0734-342X

<sup>6</sup> N. Koivula, K. Hänninen, O. Tolvanen, „Windrow composting of source separated kitchen biowaste in Finland“, Waste Management & Research, volume 18, 2000, ISWA, ISSN 0734-342X.



**Mynd 2.1-3.** Loftaðir múgar. Hér er eingöngu sýnd mjög einföld aðferð. Hægt er að safna loftinu saman, láta það fara um varmaskipti þar sem kalt loft væri hitað og því blásið um nýja múga til að hjálpa vinnsluferlinu af stað. Einnig þekkist að undir múgunum séu gataðar plötur þar sem loft er sogað um.

Múgarnir eru venjulega um 2,0 - 2,5 m á hæð. Hver múgi er venjulega útbúinn með sérstökum blásara til að ná fram betri stjórnun á loftflæði. Blásarar eru venjulega tölvustýrðir þannig að fyrirfram ákveðinni hitadreifingu er náð. Efnið er haft í þessum múgum í þrjár til fjórar vikur. Þá er efnið lagt í óloftaða múga í fjórar til átta vikur til að ná fram réttum þroska. Það þekkist einnig að fyrst sé efnið sett í opna múga en eftirmeðferðin fari fram í loftuðum múgum.

Helstu kostir þessarar aðferðar fram yfir venjulega múga er að niðurbrotsferlið tekur yfirleitt styttri tíma og ekki þarf sérstakan múgasneril við vinnsluna. Einnig er þetta ekki tæknilega flókin aðferð. Loftflæði um múgana er betur stjórnað og hætta á að loftbornar bakteríur eða sveppir valdi vandamálum er langtum minni þar sem allt loft er síað. Einnig er augljós kostur að hægt er að nýta þann varma sem myndast við ferlið, í vinnsluna sjálfa. Helstu ókosti má telja að rýmisþörf er álíka mikil og fyrir venjulega múga, lyktarvandamál eru þekkt sem og fokvandamál. Aðgengi meindýra torveldast en hverfur þó ekki alveg. Ekki hefur heldur tekist að tryggja heilnæmi afurða á öllum stöðum.

Á nýrri jarðgerðarsvæðum sem nota þessa aðferð er mikill hluti starfseminnar undir þaki eða að minnsta kosti með yfirbreiðslu.



**Mynd 2.1-4** Loftaðir múgar í Bodø í Noregi. Á myndinni lengst til vinstri er múgur sem er í vinnslu, á miðju myndinni er múgur sem er í eftirmeðferð og á myndinni lengst til hægri er sýnt þar sem verið er að sigta efni til vinnslu./ -bhh.

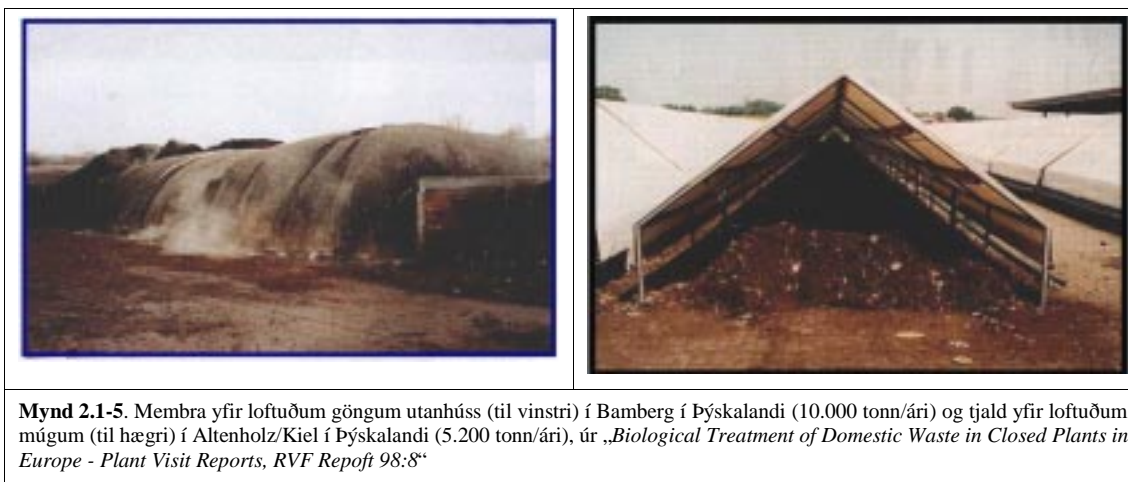


Vegna formsins taka múgarnir hlutfallslega mikið pláss og er ekki óalgengt að jarðgerðin fari fram í kössum sem aðskildir eru með veggjum úr tré eða steypu. Önnur aðferð er að leggja efnið í stórar dyngjur (s. „*madrasskompostering*“).

**Kröfur um flokkun:** Svipaðar kröfur þarf að gera til efnisins og við opna múga, þ.e. ekki er hægt að vinna t.d. bleiur, bómull og plast vegna fókvandamála. Á sama hátt og áður þarf stoðefni fyrir þessa vinnslu. Hlutföll eru þau sömu.

### 2.1.3 Dúka- og membruaðferðir (e. „*Membrane composting*“)

Dúka- eða membruaðferðir ganga út á að jarðgerðin gerist utanhúss, en múgarnir eru huldur hálfgegndræpum dúk (membru) eða nokkurs konar tjaldi. Einnig tíðkast að leggja dúk yfir efni sem lagt er í kassa og ankera dúkana niður á veggi kassanna.



**Mynd 2.1-5.** Membra yfir loftuðum göngum utanhúss (til vinstri) í Bamberg í Þýskalandi (10.000 tonn/ári) og tjald yfir loftuðum múgum (til hægri) í Altenholz/Kiel í Þýskalandi (5.200 tonn/ári), úr „*Biological Treatment of Domestic Waste in Closed Plants in Europe - Plant Visit Reports, RVF Repoft 98:8*“

Þessi aðferð er ný af nálinni í Skandinavíu<sup>7</sup>, en hefur verið notuð á meginlandi Evrópu í nokkurn tíma, sérstaklega í Þýskalandi. Jarðvegsgerðin fer fram undir GoreTex dúk en súrefni er fært í vinnsluna með tölvustýrðu blásturskerfi. Efnið er lagt í steinsteypar rásir þar sem loft er þvingað gegnum efnið. Hér er því um loftaðar rásir að ræða. Sérstaðan liggur í því að yfir efnið er lagður dúkur.

Dúkurinn (GoreTex) er þeim eiginleikum búinn að hleypa í gegnum sig koltvíoxíði og hluta af vatnsgufu. Hins vegar er stærstum hluta vatnsgufunnar haldið innan í efninu. Við þetta minnka lyktarvandamál, þar sem mest af hinum illa lyktandi efnum berst með vatnsgufu. Dúkurinn gerir það einnig að verkum að hægt er að hafa efnið utandyra, þar sem dúkurinn kemur í veg fyrir að efnið ofblotni vegna ofankomu, eða að fjúk verði úr efninu vegna vinds. Efnið er haft undir dúk í þrjár vikur en eftir það er efnið haft í steiptum rásum í fjórar vikur án dúks, en með loftræstingu. Sé ætlunin að nota efnið á græn svæði eða til trjáræktar er efnið sett í múga í nokkra mánuði og snúið einu sinni í mánuði. Það kerfi sem hér er lýst er m.a. framleitt og sett upp af þýska fyrirtækinu Binwaste.

Einfaldasta gerð þessarar aðferðar er að leggja „tjald“ yfir annað hvort venjulega múga eða loftaða múga. Tjaldið gegnir þá þeim tilgangi að koma í veg fyrir að ofankoma komist í snertingu við efnið. Sé tjald lagt yfir venjulega múga, kostar það auka tilfæringar þegar snúa á múgunum því fjarlægja þarf tjaldið áður.

<sup>7</sup> Slíkri vinnslu er verið að koma upp í Sala í Svíþjóð

Samanborið við venjulega opna múga hefur þessi aðferð ákveðna kosti. Dúkurinn verndar múgana gegn veðri og vindum. Það loftrými sem skapast milli hráefnisins og dúksins verkar eins og hitaeinangrun þannig að jafnari hitastigsdreifing næst. Rakainnihald efnisins helst nokkuð stöðugt vegna þess að vatnsgufa þéttist innan á dúknum, myndar vatnsdropa og fellur aftur niður í efnið. Hættan á lyktarmengun minnkar. Mest af lyktarefnunum eru léttar lífrænar sýrur sem leysast auðveldlega í því vatni sem þéttist innan á dúknum.

Þessi aðferð hefur einnig sína galla. Rýmisþörfin minnkar ekki. Vandasamt gæti verið að koma dúknum þannig fyrir að hann fyki ekki í vindi og þyrfti að ankera hann mjög vel niður.

**Kröfur til flokkunar:** Sömu kröfur og við loftaða múga.

#### 2.1.4 Maðkar (e. „Vermicomposting“)

Þessi hugmynd byggir á því að nota jarðorma til að jarðgera lífrænan úrgang. Hugmyndin er sú að rækta maðka í leiðinni sem notaðir væru í aðra framleiðslu. Þessi hugmynd kemur alltaf upp öðru hverju en hefur ekki verið reynd svo vitað sé í því umfangi sem fylgir vinnslu lífræns úrgangs frá stórum þéttbýlisstöðum. Því verður ekki fjallað frekar um þessa aðferð.

### LOFTHÁÐAR LOKAÐAR AÐFERÐIR (e. „In-vessel“)

Þær aðferðir sem hér verður lýst eiga það sameiginlegt að hinn lífræni úrgangur er venjulega lokaður inni á einhvern hátt, í gámum, tromlum eða rennum og loft þvingað gegnum efnið með blæstri eða sögi. Sumar af þeim aðferðum sem hér verður lýst tíðkast einnig að framkvæma utanhúss, en með lokuðum aðferðum er hér átt við að efnið er ekki í beinu sambandi við andrúmsloftið í þeim skilningi að efnið er annað hvort í lokuðum einingum utanhúss eða innanhúss þar sem öllu loftflæði til og frá vinnslunni er stýrt, það mælt og hreinsað áður en því er sleppt út í andrúmsloftið.

#### 2.1.5 Loftaðir gangar (s. „Tunnelkompostering“)

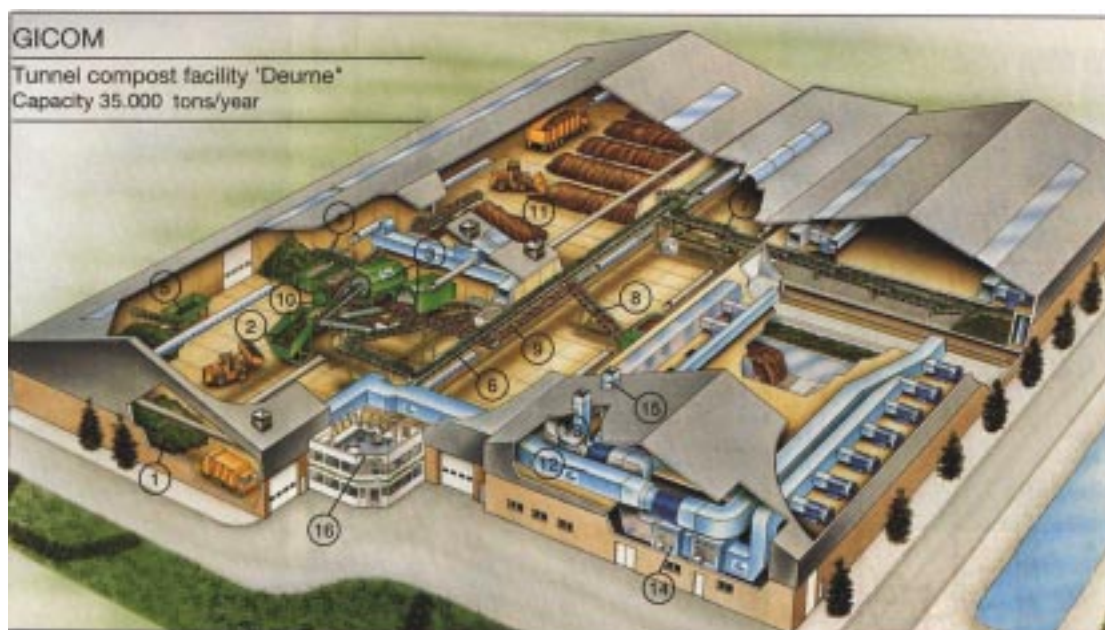
Aðferðin felst í því að setja lífrænan úrgang í lokaða ganga (e. „tunnels“) sem annað hvort eru kyrrstæðir (e. „static“) eða hrærðir. Kyrrstæð meðferð í lokuðum göngum líkist mjög kyrrstæðri kassavinnslu (sjá síðar). Munurinn liggur í stærð, en venjulega eru þessir gangar úr járnbentri steinsteypu og um 30 - 40 m á lengd. Gangarnir eru með gatað gólf sem tengt er kerfum fyrir fráloft, aðloft, sigvatn, raka, eftirlits- og stjórnkerfi sem tengt er miðlægu tölvukerfi. Hægt er að stjórna aðstæðum í hverjum gangi fyrir sig. Hægt er að endurnota fráloftið, leiða gegnum varmaskipti, kæla eða bæta raka og leiða það loks gegnum lífrænar síur áður en því er sleppt út í andrúmsloftið.

Gangarnir eru venjulega fylltir og tæmdir með hjólaskóflum eða með sjálfvirkum skóflum og færiböndum. Vinnslutíminn er 1-2 vikur og eftirmeðferðin tekur um 3-12 vikur eftir því hvaða aðferð er beitt. Oft fer eftirmeðferðin einnig fram í göngum og tekur þá um 3 vikur. Fari eftirmeðferðin fram utandyra tekur hún 8-12 vikur.

Oft er efnið flutt á milli ganga m.a. til að hámarka nýtni þeirra því rúmmál efnisins minnkar við vinnsluna. Gróflega má segja að einn gangur í eftirmeðferð dugi fyrir

efni úr tveimur göngum í aðalvinnslu. Önnur ástæða er, að með því móti er einsleitni efnisins betur tryggð.

Tölvubúnaður stýrir og stjórnar hverjum gangi fyrir sig til að ná fram bestu mögulegu nýtni með því að stjórna loftmagninu og hitastiginu á því lofti sem blásið er í gegnum gangana. Mest af þeim varma sem er í loftinu og kemur frá göngunum er notað aftur með varmaskipti. Þessi varmi er notaður til að hita upp það loft sem blásið er gegnum gangana en einnig til að hita upp móttökusal eða annað rými. Loftið er síðan leitt í gegnum hreinsibúnað til að fjarlægja lykt. Það vatn sem kemur frá úrganginum má nota til að vökva þegar þess þarf. Það vatn sem ekki nýtist í slíkt er hreinsað áður en því er sleppt út í náttúruna. Á mynd 2.1-6 má sjá dæmi um slíka vinnslu frá Hollandi.



**Mynd 2.1-6** Jarðgerð í loftuðum rásum í Deurne í Hollandi (um 30 km frá Eindhoven). Framleiðandi er GICOM B.V: Tekur við 25.000 tonn/ári. Stærðin er um 7.000 m<sup>2</sup>. 4 menn vinna að staðaldri í stöðinni. Skýringar: 1. Viðtaka úrgangs, 2. „Hopper“, 3. Snúningssigt 200/50/15mm., 4. Handhreinsun, 5. Tætari, 6. Mötunarband, 7. Sjálfvirk áfylling, 8. Sjálfvirk tæming, 9. Fæðing út, 10. „Ballistic“ flokkun, 11. Geymsla á tilbúnum jarðvegsbæti, 12. Ferskloftsfæðing, 13. Losun lofts, 14. Rakagjafi, 15. Lokuð lífræn sía („biofilter“), 16. Stjórnherbergi/skrifstofa. (Úr „Biological Treatment of Domestic Waste in Closed Plants in Europa - Plant Visit Reports“, RVF Report 98:8)

Helstu kostir þessarar aðferðar er að hún er innanhúss og því auðveldara að eiga við lyktarvandamál. Tregari aðgangur er fyrir meindýr og fokvandamál eru úr sögunni. Varmann sem myndast við ferlið má endurnýta í vinnsluna sjálfa. Helstu ókostir eru þeir að aðferðin er tæknilega flókin, það þarf stórar og miklar byggingar, lyktarvandamál eru þekkt og fari eftirmeðferðin fram utandyra þarf asfaltlagt yfirborð fyrir hana.

**Kröfur til flokkunar:** Hægt er að vinna allan lífrænan eldhúsúrgang með þessari aðferð. Það að sjálfsögðu minnkar tilkostnað við aðferðina því „hreinna“ sem efnið er. Plast má vera í efninu en verður þá að hreinsast úr fyrir eða eftir eftirmeðferðina.

### 2.1.6 Hrærðir gangar (s. „Agiterad tunnelkompostering“)

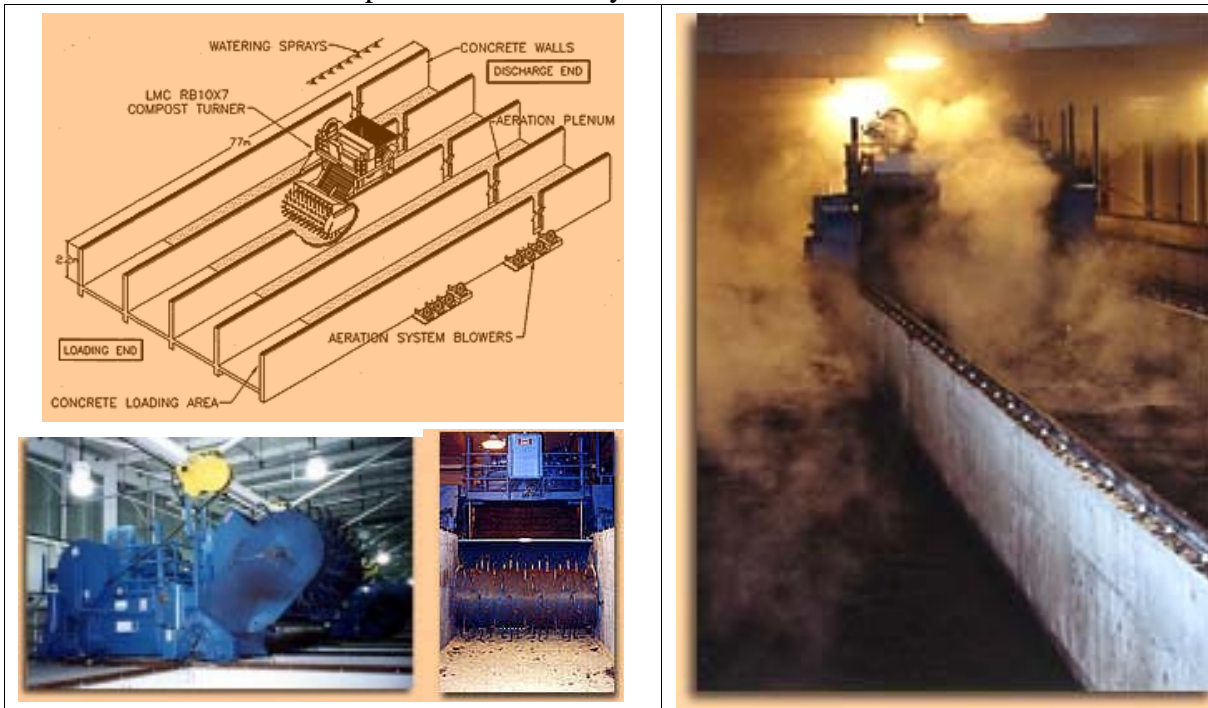
Munurinn á þessari aðferð og venjulegum göngum er sá að hér er efnið blandað eða hreyft reglulega með sérstöku tæki (e. „agitated“). Að öðru leyti eru þessar aðferðir eins. Helsti ávinningur við þessa aðferð umfram venjulega ganga er að ekki þarf að



flytja efnið milli ganga. Sömu atriði eiga við um kosti og galla þessarar aðferðar eins og við venjulega loftaða ganga.

Báðum þessum aðferðum, göngum og hræðum göngum, svipar mjög til þess sem kallast kassameðferð (sjá síðar). Kassarnir eru venjulega minni einingar og ekki jafn langir og gangarnir. Þessi aðferð er m.a. notuð í Þýskalandi (Dachau 1.200 tonn/ári, Hanbach 18.000 tonn/ári) og í Hollandi (Limburg/Maastricht 60.000 tonn/ári)

**Kröfur til flokkunar:** Hægt er að vinna allan lífrænan eldhúsúrgang með þessari aðferð. Það minnkar að sjálfsögðu allan tilkostnað því „hreinna“ sem efnið er. Plast má vera í efninu en verður þá að hreinsast úr fyrir eða eftir eftirmeðferðina.



Mynd 2.1-7. Rásir. Sérstakt tæki er notað til að umturna og blanda því sem er í rásunum. Í þessi tilfalli setur tækið efnið aftur í sömu rás, en það þekkist einnig að efnið sé flutt milli rása (af heimasíðu Longwood Manufacturing Corporation).

### 2.1.7 Rásir (s. „Kanalkompostering“)

Eins og nafnið ber með sér á vinnslan sér stað í rásum, þ.e.a.s. löngum mjóum rásum með veggjum og botni en án topps (séu rásirnar með þaki er ekki lengur talað um rásir heldur ganga, sjá kafla 2.1.5 og 2.1.6). Slík vinnsla finnst einnig utanhúss en hér verður eingöngu fjallað um vinnslu innanhúss.

Vinnslan á sér stað eins og fyrr segir í mörgum samhliða rásum, venjulega með veggjum úr steypu. Hver rás er með gatað gólf eða gataðar pípur fyrir fráloft, aðloft, vökvun, eftirlit og stýringar sem tengdar eru miðlægu tölvukerfi. Hægt er að stýra hverri rás fyrir sig. Hægt er að blása lofti upp í gegnum efnið eða soga það frá yfirborði þess.. Hægt er að endurnota fráloftið, leiða það gegnum varmaskipti, kæla eða bæta rakastig allt eftir ástandi í rásunum. Ef ekki er þörf fyrir fráloftið er það síað gegnum lífræna síu.

Til að flytja efni í og úr rásunum og til að hreyfa við því eru rásarveggirnir með spori fyrir snúningstæki. Snúningstækið er venjulega með tromlu sem útbúin er með

hnífum og skóflum. Tromlan snýst og rífur efnið og flytur fram eftir rásunum ca. 3-6 m í einu. Lengd rásanna er venjulega milli 50-100 m.

Sama snúningstæki getur þjónað fleiri en einni rás. Blöndun og flutningur efnis gerist venjulega 1 sinni á dag í hverri rás. Hægt er að útbúa snúningstækið þannig að það vökví um leið, en einnig þekkist að sér vökvunarkerfi sé yfir rásunum.

Flest kerfin virka þannig að efnið er flutt eftir sömu rás allan vinnslutíman. Þar sem hægt er að stjórna aðstæðum í hverri rás er hægt að vinna mismunandi efni í hverri rás. Hitt þekkist einnig að efnið sé flutt milli rása. Kerfin eru mismunandi eftir stærð rásanna, gerð snúningstækis og því hvort lofti er blásið eða sogað um rásirnar.

Vinnslan tekur 3-4 vikur og þarfnast venjulega eftirvinnslu í 4 vikur. Eftirvinnslan fer venjulega fram í loftuðum múgum.

Helstu kostir þessarar aðferðar er að hún er innanhúss og því auðveldara að eiga við lyktarvandamál. Tregari aðgangur er fyrir meindýr og fokvandamál eru úr sögunni. Varmann sem myndast við ferlið má endurnýta í vinnsluna sjálfa og vinnslan er að mestu sjálfvirk. Helstu ókostir eru þeir að aðferðin er tæknilega flókin, það þarf stórar og miklar byggingar og lyktarvandamál eru þekkt. Fari eftirmeðferðin fram utandyra þarf asfaltlagt yfirborð fyrir hana. Á mynd 2.1-6 má sjá dæmi um rásir. Þessi aðferð er m.a. notuð í Quelp, Ontario í Kanada (30.000 tonn/ári) og Kristiansand í Noregi (18.500 tonn/ári).

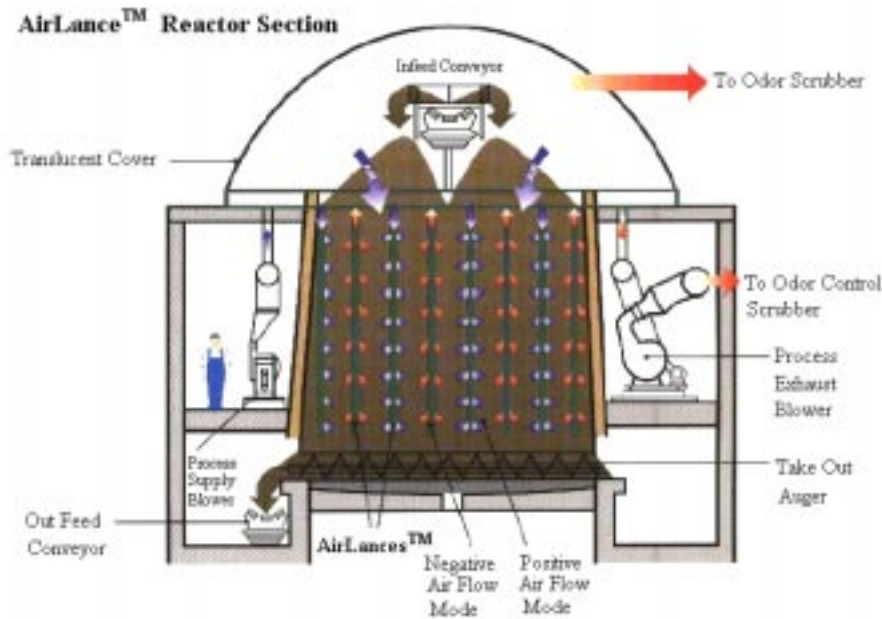
**Kröfur til flokkunar:** Hægt er að vinna allan lífrænan eldhúsúrgang með þessari aðferð. Því „hreinna“ sem efnið er því minni verður kostnaðurinn. Plast má vera í efninu.

### **2.1.8 Turnar (s. „Tornkompostering“)**

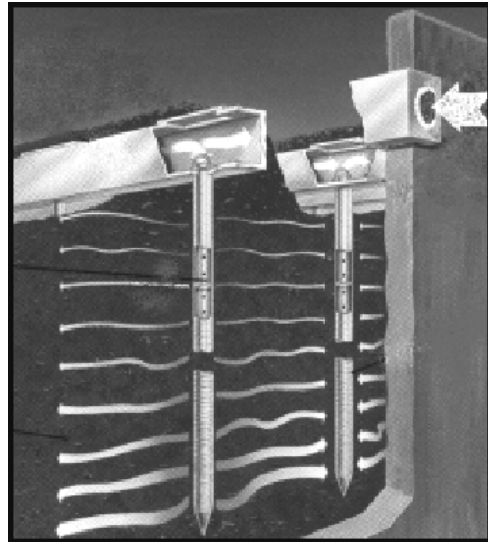
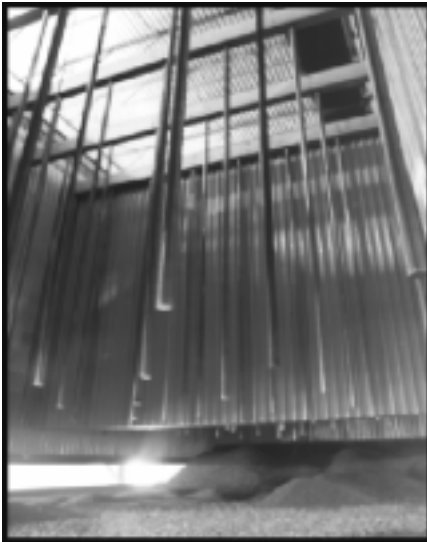
Vinnslan á sér stað í hringlaga turnum eða sílóum. Hráefnið er skammtað inn með skóflufæribaldi eða keðjufæribaldi í efsta hluta turnsins eða sílósins. Efnið er tekið út úr sílóinu um botninn með e.k. snigli. Vinnslan er kyrrstæð þ.e.a.s. efninu er ekki hrært eða blandað meðan á vinnslunni stendur. Vegna hættu á ofþjöppun eru turnarnir ekki hafðir hærrí en 12 m.

Lofti er blásið inn í efnið neðanfrá, í gegnum gataða botnplötu. Vinnslan er sjálfvirk að mestu leyti og stjórnast venjulega af súrefnisnotkun í turninum. Vökvun er tryggð með úðakerfi í toppi sílósins. Vinnslutíminn er venjulega um 2 vikur. Einnig þekkist að eftirmeðferð eigi sér stað í slíkum sílóum, venjulega í um 4 vikur.

Svipuð aðferð var þróuð af bandaríska fyrirtækinu af Bio Tech. Mynd 2.1-8 sýnir nokkuð vel út á hvað kerfið gengur. Við móttöku efnisins er það malað niður í um 1,3 cm kornastærð, blandað og sett á færiband sem færir efnið upp yfir efnishaugana (8 m hæð). Þyngdarlögmálið færir síðan efnið niður þegar snigill fjarlægir tilbúið efni af botninum. Þessi snigill færir eftir botni haugsins og tekur út tilbúið efni einu sinni á dag. Lofti er blásið, sogað eða bæði um efnið í gegnum pípur sem liggja frá lofti byggingarinnar niður í efnið. Loftflæðinu er síðan stýrt með tölvu. Á mynd 2.1-9 má sjá hvernig þessar loftpípur hanga neðan úr loftinu. Ekki er ljóst hvort efnið þarfnast eftirmeðferðar en það er þó líklegt. Efnið er tekið út á öðrum stað en þar sem efnið kemur inn til að koma í veg fyrir mengun tilbúins efnis.



Mynd 2.1-8 AirLance™ kerfi frá Bio Tech, úr bæklingi frá framleiðanda.



Mynd 2.1-9 „AirLance™“. Sjá má hvernig loftpípur ganga niður úr lofti í jarðgerðarhauginn. Á myndinni til hægri má sjá hvernig framleiðandinn hugsar sér að loftflæði um efnið sé, úr bæklingi frá framleiðanda.

Bygging sem tæki við 1.400 tonnnum á dag (700 tonn lífrænn úrgangur, 400 tonn seyra og 300 tonn trjáflísar), þyrfti að vera um 31 m á breidd og um 140 m á lengd.

Eins og fram kemur af tölunum hér að framan, krefst þessi aðferð ekki mjög stórra bygginga að flatarmáli, en þær þurfa að vera mjög háar.

Helstu kostir þessarar aðferðar er að vinnslan er öll undir þaki og því auðvelt að stjórna loftflæði, hún er að mestu sjálfvirk og rýmisþörf (landþörf) er lítil samanborið við aðrar aðferðir. Helstu ókostir eru þeir að aðferðin er tæknilega flókin, það þarf háar byggingar, mikla orkunotkun og lyktarvandamál eru þekkt. Aðferðin er m.a. notuð í Þýskalandi (Niederderla, 60.000 tonn/ári) og í Ozzano á Ítalíu.

**Kröfur til flokkunar:** Hægt er að vinna allan lífrænan eldhúsúrgang með þessari aðferð. Því „hreinna“ sem efnið er því minni verður kostnaðurinn.

### 2.1.9 Gámaaðferð (e. „Container composting“)

Gámaaðferðin er kyrrstæð þrepavinnsla þar sem vinnslan á sér stað í lokuðum, færanlegum, einangruðum gámum úr stáli, venjulega um 30 m<sup>3</sup> að stærð. Hver gámur er með götuðum botni og toppi (stundum einnig á hliðum) fyrir fráloft, aðloft og sigvatn. Ferlinu er öllu stýrt sjálfvirktt með tölvu og er hægt að stýra ferlinu í hverjum gámi fyrir sig. Hægt er að blása lofti undir efnið eða soga það frá yfirborði. Í sumum kerfum tíðkast að víxla reglulega blæstri og sögi.



**Mynd 2.1-10** Gámaaðferð frá Stinnes Enerco, System 25.1. Gámarnir sjást í forgrunni. Blásarar og stjórnþeki eru í ljósu kössunum sem sjást á myndinni. Gámarnir eru fluttir úr stað og hellt úr þeim með sérstöku tæki sem dráttarvél dregur (sjá mynd). Byggingin að baki er eftirmeðferðarstaður þar sem efnið er lagt í opna, óloftaða múga (úr bæklingi frá Stinnes Enerco).

Venjulega er tekið við flokkuðu efni innanhúss, það er hakkað, blandað og sett í hina sérútbúnu gáma og flutt með traktor (sjá mynd 2.1-11 og 2.1-12) eða gámabíl á vinnslusvæðið þar sem komið er fyrir sameiginlegu kerfi fyrir loftun, sigvatnssöfnun, eftirlit og stýringar.



**Mynd 2.1-11.** Gámar frá Stinnes Enerco, System 25.1 (úr bæklingi frá Stinnes Enerco)

Hægt er að endurnota loftið, varmann er hægt að endurvinna til vinnslunnar gegnum varmaskipti, hægt er að kæla loftið og bæta rakainnihald þess allt eftir því hvernig skilyrði eru í gámunum. Einnig er venjan að sía fráloftið gegnum lífræna síu, sem getur verið úr tilbúnum jarðvegsbæti. Vinnslan í gámunum tekur um 2-4 vikur. Að þeim tíma loknum eru gámarnir fluttir þar sem eftirmeðferðin fer fram, sturtað úr þeim og gámurinn er tilbúinn í nýja hringrás.

Eftirmeðferðin fer venjulega fram í múgum undir þaki og tekur allt að 8 vikum (sjá mynd 2.1-10.).





**Mynd 2.1-12** Hér má sjá hluta af loftræstikerfi fyrir gámaaðferðina hjá Stinnes Enerco. Eins og sjá má er hér um nokkuð flókið kerfi að ræða. Hér er þetta kerfi haft utanhúss, en væntanlega þyrfti að hafa stjórneininguna innanhúss hér á landi. Myndin hér fyrir neðan sýnir sérstakt tæki sem þarf til að færa gámana til (úr bæklingi frá Stinnes Enerco)

Aðrar gerðir finnast af gámum og er munur milli framleiðenda einkum fólgin í stærð gámana, viðverutíma í gámum og viðverutíma í eftir meðferð. Einnig er nokkur munur milli aðferða hvað varðar orkunotkun, þá aðallega í formi rafmagns.



**Mynd 2.1-13** Gámaaðferð notuð í Neumünster í Þýskalandi. Tekur við 18.200 tonnum á ári, notar um 20.000 m<sup>2</sup> og er rekin af 2-3 mönnum. Framleiðandi er ML Entsorgungs- und Energieanlagen GmbH. Húsið neðst á myndinni er fyrir eftir meðhöndlun (úr *Biological Treatment of Domestic Waste in Closed Plants in Europe-Plant Visit Report, RVF Report 98:8*)

Helstu kostir þessarar aðferðar eru, að hún er mjög sveigjanleg og hægt er að fjölga og fækka gámum eftir magni lífræns úrgangs. Í raun eru þó afköstin háð því hvað loftkerfið getur annað. Hægt er að endurnota það vatn sem kemur frá vinnslunni. Annar augljós kostur þessarar aðferðar er að hægt er að endurnota þann varma sem myndast við ferlið. Meindýr komast ekki að efninu og auðvelt er að hemja lykt. Kerfið er til þess að gera tæknilega einfalt, þó stjórnkerfið sem slíkt sé það ekki. Ekki þarf stórar og miklar byggingar undir vinnsluna. Þó er rétt að hafa í huga að héraendis er ekki mögulegt að nota hálfopnar skemmur eins og sýnt er á myndum 2.1-9 og 2.1-12. Eftirvinnslan þarf þó ekki að fara fram undir þaki og má hugsa sér að flytja efnið



annað. T.d. mætti hugsa sér að aðalvinnslan færi fram á lóð SORPU bs. í Gufunesi en efnið væri síðan flutt í Álfsnes til eftir meðferðar.

Helstu gallar þessa kerfis eru þeir að gámarnir verða bæði fyrir „innvortis“ og „útvortis“ tæringu sem getur stytt líftíma þeirra. Það að allar pípur fyrir loft eru utanhúss (sjá mynd 2.1-11) getur skapað vandamál, því bæði fráloftið og aðloftið er mjög rakaríkt. Í frostum getur þetta valdið því að ísing myndast innan í pípunum. Annar galli er að venjulega þarf sérstakt tæki til að flytja gámana (sjá mynd 2.1-11). Þessi aðferð er til þess að gera ný og því ekki komin nægjanleg reynsla til að meta aðra galla eða kosti hennar. Þessi aðferð er að verða mjög útbreidd og er notuð í Bandaríkjunum (Keen, New Hampshire), Kanada (Colchester County, Halifax), Þýskalandi (Neumünster), Hollandi (Rotterdam) og Austurríki (Kufstein).

**Kröfur til flokkunar:** Allan lífrænan eldhúsúrgang má vinna með þessari aðferð. Því „hreinna“ sem efnið er því minni verður kostnaðurinn. Plast má vera með en verður að hreinsast út fyrir eða eftir eftir meðferðina.

### **2.1.10 Snúningstromlur (e. „Rotating drum“)**

Tromluvinnsla gerist í láréttum snúningstromlum sem annað hvort snúast stöðugt eða slitrótt og er þess vegna alltaf hrærð vinnsla (s. „agiterad“). Tromlurnar fyrirfinnast í mismunandi stærðum, allt frá litlum nokkurra metra löngum tromlum upp í tromlur sem eru 4-5 m að innanmáli og 60-70 m langar. Tromlurnar eru úr stáli og oftast einangraðar. Hægt er að hafa tromlurnar hvort sem er utan- eða innanhúss í aflokuðu rými. Venjulega eru tromlurnar fylltar til hálfis af efni. Súrefnisaðgengi er tryggt með stöðugum snúningi tromlunnar en einnig þekkt að lofti sé blásið inn í tromlurnar. Hægt er að taka fráloftið og hreinsa það, setja í gegnum varmaskipti, kæla eða bæta rakastig allt eftir skilyrðum í tromlunni. Síðan er fráloftið síað gegnum lífrænar síur.

Vinnslan getur verið samfelld eða í þrepum. Færsla efnisins eftir tromlunum er tryggð með því að þær halla eilítið eða/og að skóflur eru í tromlunni sem færa efnið til.

Samfelld tromluvinnsla hefur verið notuð í meira en 30 ár við vinnslu á óflokkuðum úrgangi sem og vélrænt flokkuðum úrgangi. Fleiri hundruð slíkra stöðva hafa verið byggðar en flestum hefur nú verið lokað. Gamla sorpeyðingarstöðin í Ártúnshöfða svipaði til þessarar aðferðar.

Eitt tilbrigði við þessa aðferð er vinnslulína sem bandaríska fyrirtækið Bedminster þróaði og notar svokallaða Eweson tromlu. Tromlunni er skipt upp í þrjá hluta og er efnið flutt milli hlutanna með sérstöku kerfi. Líttill hluti efnisins er þó skilinn eftir og þjónar sem gerjunarefni fyrir það næsta sem lagt er í tromluna. Ferlinu er stýrt þannig að ákveðnum aðstæðum er náð í hverju hólfi fyrir sig.

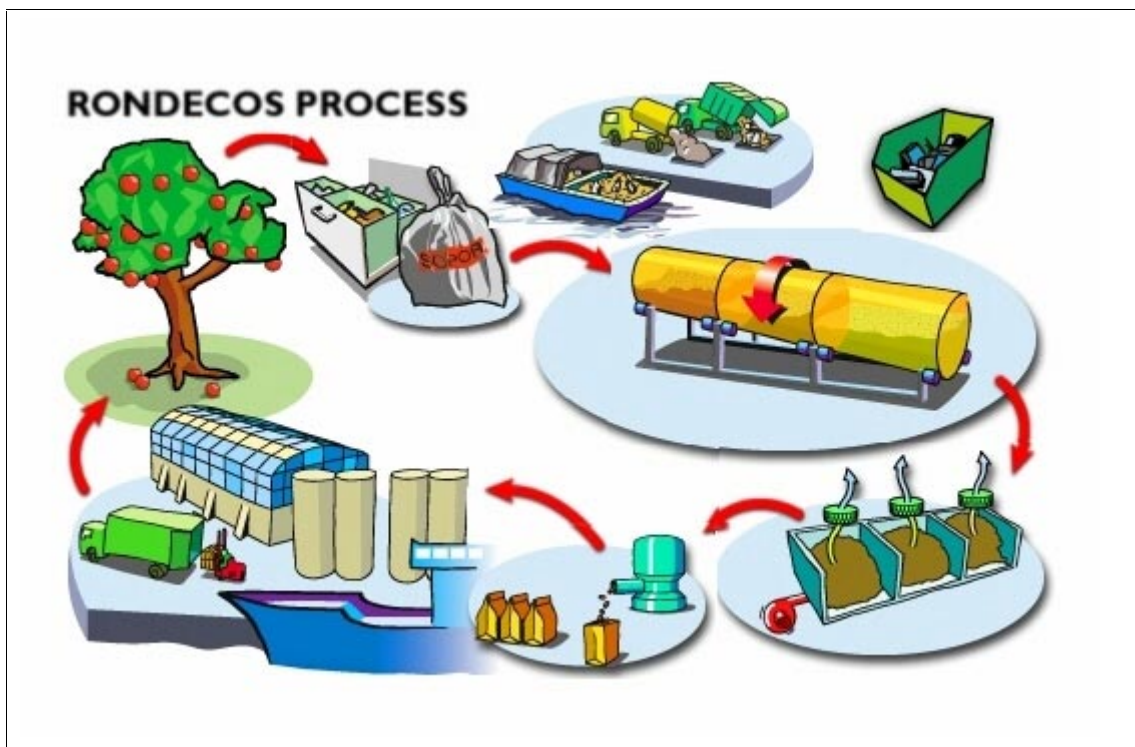


**Mynd 2.1-14** Snúningstromluaðferð í Sevierville, TN. Þessi stöð hóf starfsemi 1992 og tekur við 225 tonnum af sorpi á dag og 112 tonnum af seyru. Framleiðandinn er Bedminster sem er í einni „sæng“ með Rondeco.

Annað kerfi sem hér verður lýst var þróað af RONDECO í Svíþjóð (sem raunar er í einni sæng með Bedminster). Sorp kemur óflokkað inn í móttökustöð þar sem það er sett í snúningstromlu. Efnið er ekki hakkað eða sigtað fyrir vinnslu. Við efnið er blandað seyru og stoðefnum. Það tekur efnið þrjá daga að komast í gegnum tromluna, þá er efnið sigtað og lífræni hlutinn lagður í loftaða múga. Það lífræna efni sem kemur úr tromlunni kallast hrár jarðvegsbætir (e. „raw compost“)

Efnið er haft í múgunum í fjórar til sex vikur til eftirmeðferðar. Snúningstromluaðferðin og múgaðferðin eru því frábrugðnar hvor annarri að því leyti að tíminn sem fer í vinnsluna er stytur. Eiginleg jarðgerð fer fram í loftuðum múgum.

Afurðin, jarðvegsbætirinn, er síðan pressaður í áburðarhleifa („Organic Fertilizer Pellets“) sem m.a. er auðvelt að stinga með trjásprotum við gróðursetningu.



**Mynd 2.1-15.** Sérstaða Rondeco aðferðarinnar er í raun fólgin í afurðinni, áburðarhleifum en ekki í sjálfri jarðgerðinni (<http://www.rondeco.se>)

Helstu kostir þessarar aðferðar eru að ekki þarf forflokkingu á efninu, auðvelt er að hemja lykt, hægt er að nýta þann varma sem myndast, meindýr eiga erfitt með að komast að efninu og fokvandamál eru úr sögunni. Helstu gallar þessarar aðferðar eru að miklar og stórar byggingar þarf fyrir vinnslun, hún er tæknilega flókin og sú staðreynd að í flestum tilfellum er sorpið óflokkað eykur hættu á að afurðin mengist af

óæskilegum efnum. Lyktarvandamál eru einnig þekkt. Aðferðin er m.a. notuð í Bretlandi (Anglesey), Póllandi (Warsawa), Danmörk (Vejle), Spáni (El Ferro), Ítalíu (Genoa), Þýskalandi (Essenheim, Giessen), Bandaríkjunum (Sevierville, Tennessee), Tékklandi (Ostrava) og Frakklandi (Mont de Marsan)

**Kröfur til flokkunar:** Venjulega er tekið við óflokkuðum úrgangi til þessarar vinnslu. Þó er æskilegt að járn og gler sé fjarlæggt áður þar sem það getur haft áhrif á gæði afurðarinnar.

### 2.1.11 Beddar (s. „Báddkompostering“)

Vinnslan felst í því að efnið er lagt í nokkurs konar „bedda“, 2-3 m þykka sem dreift er yfir hlutfallslega stórt svæði. Slík vinnsla finnst einnig utanhúss, en hér verður einungis fjallað um slíka vinnslu innanhúss.

Beddavinnsla innanhúss er hrært loftað ferli. Gólfið undir efninu er gatað eða útbúið þannig að hægt er að blása lofti upp í gegnum efnið eða soga loft niður í gegnum efnið. Hægt er að stjórna aðlofti og frálofti, vökvun og sigvatni. Allt kerfið er tölvustýrt. Hægt er að endurnota loftið, láta það fara gegnum varmaskipti, hægt að kæla eða bæta í raka allt eftir því hvernig ástandið er á efninu. Að lokum er það fráloft sem kemur frá ferlinu hreinsað gegnum lífræna síu.

Til að hreyfa við og hræra í efninu er notuð e.k. hjólaskófla eða annað tæki og er oft vökvað með sama tæki en einnig þekkist að sér úðakerfi sé ofan við beddana. Þessi „snúningstæki“ eru þannig að þau geta hreyfst langsum og þversum yfir beddana.



Mynd 2.1-16. Beddavinnsla innanhúss í Essenheim í Þýskalandi, (úr „Biological Treatment of Domestic Waste in Closed Plants in Europa - Plant Visti Reports“, RVF Report 98:8)

Vinnslan tekur 4-10 vikur og er venjulega ekki um eftirmeðhöndlun að ræða.

Helsti kostur þessarar aðferðar er að hún tekur frekar stuttan tíma, meindýr eiga óhægt um vik að komast að, engin fokvandamál og auðvelt er að stjórna ferlinu. Ekki er um sérstaka eftirmeðferð að ræða.

Helstu ókostir eru þeir að stórar og miklar byggingar þarf undir starfseminu, tæknilega er hún frekar flókin og lyktarvandamál frá slíkum stöðum eru þekkt. Aðferðin þekkist m.a. í Þýskalandi (Essenheim, Bremen, Dortmund), Danmörku (Århus), Austurríki (Lustenau, Zekk an See), Hollandi (Medemblik, Zeeland, Arnhem), Belgíu (Brüssel), Noregi (Odda), Luxembúrg (Monnerich) og Portúgal (Setubal)

**Kröfur til flokkunar:** Allur lífrænn eldhúsúrgangur má fara í þessa gerð vinnslu. Því „hreinna“ sem efnið er því minni verður kostnaðurinn. Plast má vera í efninu en verður að hreinsast úr afurðinni fyrir notkun.

### 2.1.12 Kassar (s. „Boxkompostering“)

Eins og nafnið gefur til kynna gerist vinnslan í n.k. kössum með veggi og botn, með eða án loks og geta verið hvort sem er utan- eða innanhúss. Hér verður eingöngu rætt um vinnslu innanhúss.

Kassavinnsla í lokuðum rýmum kemur bæði fyrir sem kyrrstæð og hrærð vinnsla. Kyrrstæð vinnsla í kössum líkist mjög gámaaðferðinni, munurinn liggur í því að ekki er hægt að færa kassana úr stað eins og gámana. Venjulega eru kassarnir með steypa veggi og um 50 m<sup>3</sup> að stærð. Hver kassi er með götuðu gólfi og tengt kerfi fyrir að- og fráloft, vökvun, sigvatn, eftirlitskerfi og sameiginlegt stjórn-kerfi. Hægt er að stjórna aðstæðum í hverjum kassa fyrir sig.

Hægt er að endurnota fráloftið, láta það fara gegnum varmaskipti, kæla eða rakabæta en það er að lokum hreinsað með lífrænum síum. Hægt er að fylla og tæma kassana með hjólaskóflu eða færriböndum. Vinnslutíminn er venjulega 1-2 vikur en eftirvinnslan tekur 2-6 vikur.



Kassar fyrir hrærða vinnslu eru misjafnir. Innanhúss er venjan að byggja kassa sem eru opnir að ofan. Veggirnir milli kassana eru úr tré eða steypu. Hrærslu og færslu efnisins má gera með skóflum í gólfinu (s. „skraptransportörer“) sem færa efnið úr kössunum að snigli sem færir efnið aftur í sama kassa, í nýjan kassa eða út úr húsinu þegar vinnslu er lokið.

**Mynd 2.1-17.** Kassavinnsla innanhúss, af heimasíðu BKS Nordic AB (<http://www.bks.se>). Myndin er frá Fägelmyra.

Helstu kostir þessarar aðferðar er hve stuttan tíma tekur að vinna efnið. Vinnslan er innanhúss þannig að meindýr komast ekki að, fokvandamál eru úr sögunni, hún getur verið sjálfvirk. Helstu gallar eru þeir að hún er rýmisfrek, aðferðin er til þess að gera tæknilega flókin og lyktarvandamál eru þekkt. Dæmi um slíka opna kassa utanhúss er að sjá á mynd 2.1-18.



**Mynd 2.1-18.** Opnir kassar (s. „boxkompostering“) sem staðsettir eru utanhúss. Myndirnar eru frá Wilp-Achterhoek/Apeldoorn í Hollandi, úr „Biological Treatment of Domestic Waste in Closed Plants in Europa - Plant Visti Reports“, RVF Report 98:8)

Slík vinnsla þekktist m.a. í Þýskalandi (Darmstadt-Kranichstein, Karlsruhe, Rostock), Austurríki (Sockerau, Gasselsdorf/Judenburg), Kanada (Peel, Ontario), Belgíu



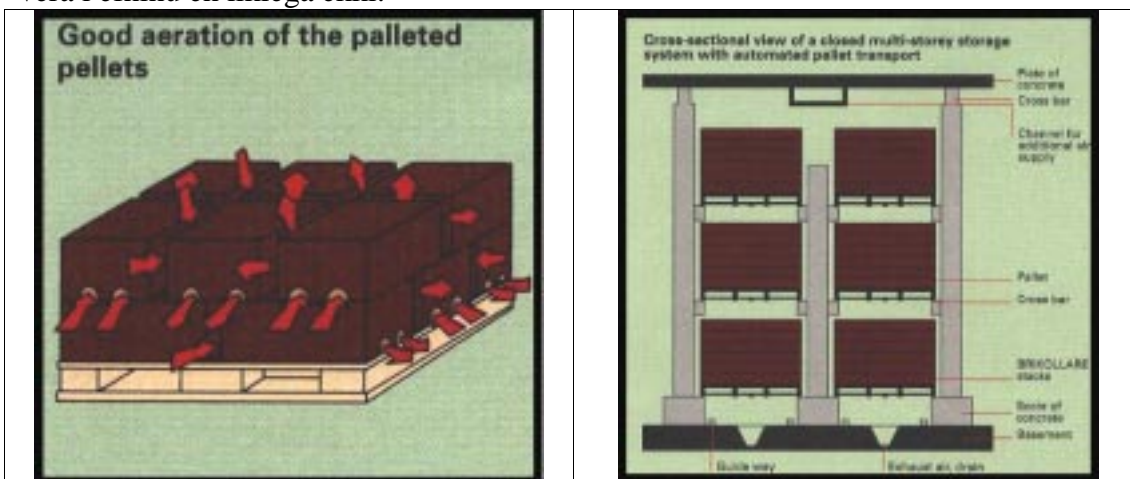
(Dendermonde), Ítalíu (Milano), Bretlandi (Invergorden), Póllandi (Zywiec), Swiss (Allmig/Baar) og Svíþjóð (Borlänge, Fågelmýra).

**Kröfur til flokkunar:** Allur lífrænn eldhúsúrgangur hentar til slíkrar vinnslu. Því „hreinna“ sem efnið er því minni verður kostnaðurinn. Plast má vera í efninu.

### 2.1.13 Þjöppunaraðferðir (s. „Brikollare-kompostering“)

„Brikollare“ aðferðin er sérstök loftháð aðferð. Hið lífræna efni er pressað í að hluta til hola teninga (minna á holstein) eða teninga með loftrásum. Teningunum er komið fyrir á vörubrettum sem staflað er upp innanhúss. Lofti er síðan blásið um efnið. Að lokinni vinnslu eru teningarnir brotnir og unnir í mismunandi gæðaflokka. Ekki er um eiginlega eftirvinnslu að ræða. Vinnslutíminn er 5-6 vikur. Helstu kostir þessarar aðferðar er að vinnslutíminn er stuttur, allt gerist innanhúss, hægt er að endurnota varma sem myndast og ekki þarf sérstaka eftirvinnslu. Helstu gallarnir eru þeir að aðferðin er tæknilega flókin og þarf nokkuð rými. Aðferðin er notuð á a.m.k. 11 stöðum í Þýskalandi þar sem unnin eru frá 10.000 tonnnum til 80.000 tonn/ári (t.d. Freital, Oldenburg og Möllenhagen)

**Kröfur til flokkunar:** Allan lífrænan úrgang má vinna með þessari aðferð. Því „hreinna“ sem efnið er því minni verður kostnaðurinn. Ekki er ljóst hvort plast má vera í efninu en líklega ekki.



Mynd 2.1-19. Þjöppunaraðferð frá RETHMANN sem kallast Briokollare®, úr bæklingi frá framleiðanda

### 2.1.14 Votmeðferð (s. „Vátkompostering“)

Votmeðferð er aðferð sem notuð hefur verið aðallega í Þýskalandi og Sviss og þá fyrst og fremst til að meðhöndla efni á fljótandi formi og gerða það stöðugt (s.„stabilisera“) s.s. seyru, mykju eða flokkaðan lífrænan heimilisúrgang. Aðferðin hefur í raun verið notuð alveg frá því um 1960 við meðhöndlun á seyru og mykju.

Vinnslan á sér stað í einum eða fleiri lokuðum geymum þar sem súrefni er blásið í gegnum efnið. Þurrrefnainnihald er venjulega milli 2-12 %. Venjulega eru fleiri en eitt kerfi sem blása inn lofti og sílóin eru venjulega með útbúnaði til að aðskilja froðu. Einnig er stöðug hrært í efninu. Venjulega er einnig varmaskiptir þannig að nýtt efni er hitað upp með varma frá efni sem er í vinnslu. Vinnslutíminn tekur venjulega 6-10 daga.

Kostir slíkrar vinnslu er að hægt er að vinna mjög blautt efni en það er jafnframt hennar mesti galli. Ef ekki finnast not fyrir afurðina er nauðsynlegat að hreinsa vatn

áður en því er hleypt út í frárennsli. Þessi aðferð gerir einnig mjög strangar kröfur til flokkunar, er tæknilega flókin og krefst nokkuð stórra bygginga. Aðferðin er notuð á mörgum stöðum t.d. Noregi, Þýskalandi og Sviss.

**Kröfur til flokkunar:** Trénisefni henta ekki til þessarar vinnslu en allur venjulegur lífrænn eldhúsúrgangur fyrir utan bleiur. Plast má ekki vera í efninu þar sem það getur stíflað dælur og annan búnað.

## 2.2 LOFTFIRRT JARÐGERÐ (E. „ANAEROBIC“)

Jarð- og gasgerð með loftfirrtum aðferðum var upphaflega þróuð út frá meðhöndlun á seyru og fljótandi húsdýraáburði í landbúnaði. Í raun má skipta þessum aðferðum upp í tvær megináðferðir. Annars vegar aðferðir þar sem vinnslan fer fram í svokölluðum melturum og hins vegar aðrar aðferðir. Vinnslu með melturum er hægt að skipta upp á mismunandi vegu. Í fyrsta lagi er hægt að skipta aðferðum upp eftir þurrefnainnihaldi (TS):

Þurrar aðferðir:	> 25 % þurrefnainnihald
Votar aðferðir:	u.þ.b. 15 % þurrefnainnihald
Hálfþurrar:	15 - 20 % þurrefnainnihald.

Einnig er hægt að skipta aðferðunum upp eftir því við hvaða hitastig vinnslan fer fram:

Millihitakær ( <i>Mesofil</i> ):	30 - 40 °C
Hitakær ( <i>Thermofil</i> ):	50 - 60 °C

Hitakær vinnsla gerist nálega helmingi hraðar en millihitakær vinnsla. Hitakær vinnsla tryggir það sem kallað er gerileyðing (s. „hygenisering“), þ.e. tryggt er að sjúkdómavaldandi bakteríum er útrýmt (e. „pathogens“).

Við hitakæra vinnslu þarf meiri orku en við millihitakæra vinnslu. Einn munurinn á loftháðri og loftfirtri vinnslu er að örverur sem verka við loftháða vinnslu mynda varma við vinnsluna. Við loftfirtra vinnslu mynda örverur varma en langtum minni en við loftháða. Því er nauðsynlegt að hita upp hráefnið við loftfirtra vinnslu. Hins vegar er varmaorkuþörfin aðeins brot af því sem framleitt metangas getur gefið af sér. Sú orka sem fer í sjálfa vinnsluna er kölluð *ferliorka*.

Hin eiginlega tæknilega lausn getur síðan verið af mismunandi toga óháð því hvort vinnslan er við millihitakær eða hitakær skilyrði. Á þann hátt er hægt að skipta aðferðum upp í eins þrepa vinnslu (s. „*enstegsprocesser*“), fjölþrepa vinnslu (s. „*flerstegsprocesser*“), einfasameltun (s. „*enfasrötning*“), tvífasameltun (s. „*tváfasrötning*“), samfellda vinnslu (s. „*kontinuerliga processer*“), tröppuvinnslu (s. „*satsvisa processer*“) blöndunarvinnslu (s. „*totalomblandad rötning*“) og tappavinnslu (s. „*pluggflöde*“). Hér á eftir er stutt lýsing á því hvað felst í hverri tæknilausn:

**Eins þrepa vinnsla:** Meltingin (rotnunin) gerist í einu þrepi, þ.e.a.s. öll vinnslan gerist í sama „geymi“ (s. „*rötkammare*“).

**Fjölþrepa vinnsla:** Fyrsti hluti vinnslunar gerist sér í einum eða fleiri geymum en sjálf metangasframleiðslan í öðrum sér geymi. Þetta er gert til að ná sem bestri nýtni og framleiðslu út úr vinnslunni.

**Einfasameltun:** Meltingin gerist í einum og sama fasa þ.e.a.s. í blöndu af þurrefnum og vatni.

**Tvífasameltun:** Fasta efnið er skilið frá og einungis vatnsfasinn er látinn framleiða metangas.

**Samfelld vinnsla:** Fæðing og úrtaka efna gerist samfelld þ.e.a.s. efni er bætt inn í og tekið út í litlum skömmtum borið saman við stærð meltarans.

**Tröppuvinnsla:** Meltarinn er fylltur og vinnslan fer öll fram áður en hann er tæmdur. Síðan er meltarinn fylltur aftur og ný vinnsla tekur við.

**Blöndunarvinnsla:** Á við um votvinnslu þar sem hægt er að blanda efninu á vélrænan hátt í meltaranum.

**Tappavinnsla:** Þessi vinnsla á við um þurrvinnslu þar sem efnið er svo þurrt að ekki er hægt að blanda því á vélrænan hátt. Efnið fer því í gegnum vinnsluna eins og „tappi“ í gegnum rör.

Form eða gerð þessara meltara er mjög mismunandi. Vatn blöndunarvinnsla gerist venjulega í hringlaga geymum. Þurr tappavinnsla getur átt sér stað á mismunandi hátt t.d. í hringlaga turnum eða hringlaga eða réttthyrndum geymum.

Í tveggja fasa vinnslu getur fyrsti fasinn gerst á margvíslegan hátt en seinni fasinn, þar sem efnið er á fljótandi formi, á sér venjulega stað í einhvers konar turni eða geymi.

Venjulega þarf að eftirvinna það efni sem kemur frá melturum, en það er þó ekki algilt. T.d. er næringarríkur flotáburður, sem kemur frá votvinnslu, venjulega tilbúinn til notkunar.

Helstu kostir loftfirrtrar vinnslu eru að með þessum aðferðum er allt það nýtt úr hráefninu sem hægt er að vinna. Metangasið er í raun lausbundin mjög orkurík sólarorka. Þó svo að hita þurfi upp ferlið er sú orka sem þarf til þess ekki nema brot af þeirri heildarorku sem myndast í formi metangass (um 10%). Jafnvel þótt vinnslan krefjist eftirmeðferðar á hinu fasta efni hefur verið sýnt fram á að einungis þurfi um 1/4 af framleiddri orku til að hita ferlið og sjá um orkuþörf við loftháða eftirvinnslu<sup>8</sup>. Gasið er hægt að brenna til rafmagnsframleiðslu, varmaframleiðslu eða hreinsa sem eldsneyti á ökutæki. Vinnslutíminn er frekar stuttur eða frá 10 dögum upp í 3 vikur, allt eftir aðferð og taka votar aðferðir styttri tíma en þurrar og hálfþurrar. Eftirvinnsla í formi loftháðra aðferða tekur venjulega 1-2 vikur. Annar kostur þessarar aðferðar er að rýmisþörf er frekar lítil miðað við loftháðar aðferðir.

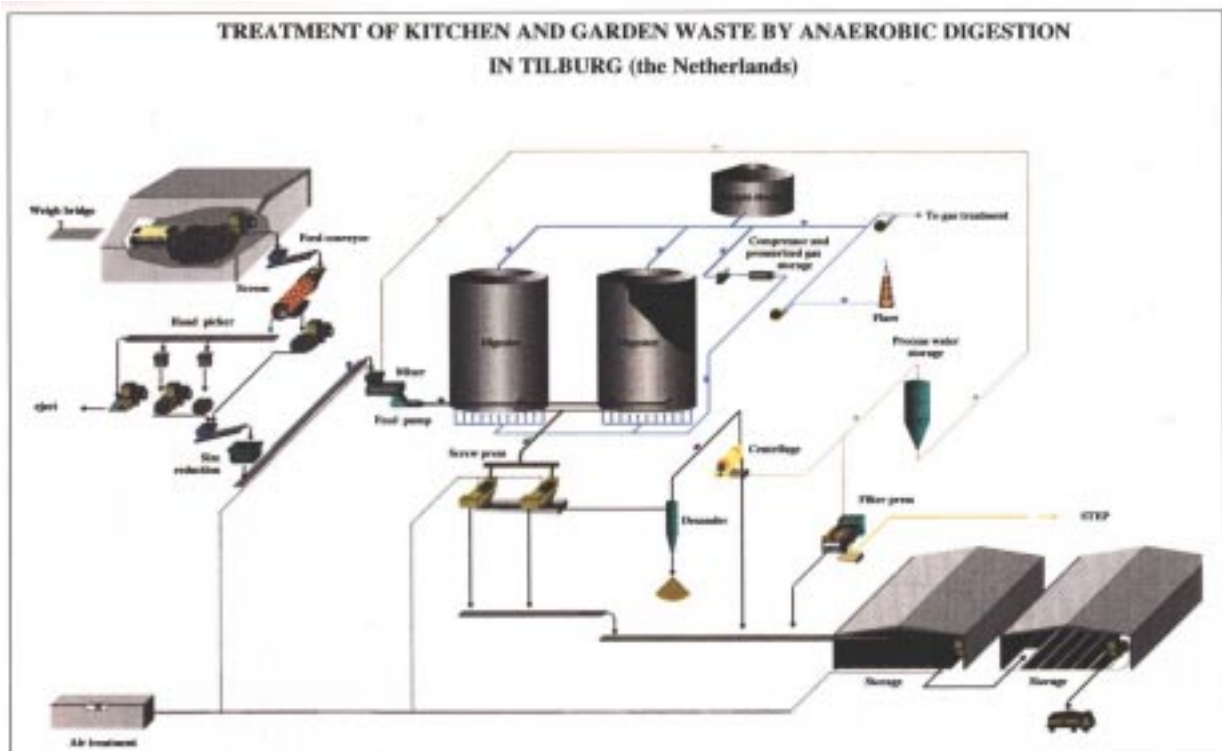
Helstu gallar loftfirrtrar vinnslu með melturum eru að þær eru tæknilega flóknar, hreinsa þarf afgangsvatn í flestum tilfellum (sérstaklega við votvinnslu), erfitt getur reynst að hreinsa metanið af óæskilegum gösum (fer þó eftir samsetningu hins lífræna úrgangs).

<sup>8</sup> Edelmann, W., Schleiss, K., „*Ecologic, energetic and economic comparison of treating biogenic wastes by digestion, composting and incinerating*“, paper written for R99, Geneva, Switzerland, (sjá <http://www.biogas.ch/arbi/ecobalan.htm>)

## MELTARAR

### 2.2.1 Þurrvinnsla

Þessi tegund vinnslu þróaðist fyrst í kringum 1980 og þá við vinnslu óflokkaðs heimilisúrgangs, en óflokkaður heimilisúrgangur er þurrari en flokkaður lífrænn úrgangur. Þurrefnainnihaldið skal vera milli 25 - 30 % af þyngd. Sé efnið votara er algengt að bæta við það þurrari efnum til að ná þessu marki t.d. með úrgangspappír eða trjásþæni. Venjulega er „ferska“ hráefnið sem kemur inn í ferlið „smitað“ með tilbúnu efni til að fá meltinguna af stað sem fyrst. Markmiðið með þurri vinnslu er að hafa í öllu vinnsluferlinu sæmilega þurrt efni þannig að ekki þurfi að meðhöndla vatn eftir vinnsluna. Við það að þurrefnainnihaldið er þetta hátt þarf meltarinn ekki að vera eins stór og annars væri. Upphitunarþörfin er einnig minni þar sem ekki þarf að hita upp jafn mikið vatn og við t.d. vota vinnslu. Þess fyrir utan er afurðin þurrari og þarf ekki sérstaka meðhöndlun eða blöndun ef jarðgera á efnið með loftháðum aðferðum eftir. Hins vegar er erfiðara að flytja efni um vinnsluna ef það er mjög þurrt. Einnig getur verið erfitt að hræra (e. „*agitate*“) efnið til að ná fram einsleitu efni og auðvelda losun metans ef efnið er mjög þurrt. Þær aðferðir sem þróast hafa við þurrvinnslu eru allar samfelldar, einsþrepa, einfasa, millihitakærar eða hitakærar tappvinnsla, venjulega með einhvers konar vélrænni blöndun (s. „*agitering*“).



**Mynd 2.2-1** Þurrvinnsla í Tilburg í Hollandi. Framleiðandi Steinmüller Valorga Sarl Parc du Millénaire. Vinnslan er þurr, eins þrepa samfelld millihitakær tappvinnsla. Efnið er síðan jarðgert við loftháð skilyrði (rásam). Þessi stöð tekur við 52.000 tonn/ári og þarf 18 starfsmenn. Svæðið sem notað er undir starfseminu er 16.000 m<sup>2</sup>. (Úr „*Biological Treatment of Domestic Waste in Closed Plants in Europa - Plant Visit Reports*“, RVF Rapport 98:8).

Helstu kostir þessarar aðferðar eru að hægt er að vinna frekar þurrt efni og ekki þarf mikla hreinsun á vatni. Hægt er að nota framleitt gas sem orkugjafa fyrir eftirmeðferð, meindýr komast ekki að efninu og lyktarvandamál eru nær óþekkt. Helstu gallarnir eru þeir að aðferðin er tæknilega flókin og krefst flókins



tæknibúnaðar. Eftirmeðferð á efninu er nauðsynleg í formi einhvers konar loftháðrar vinnslu.

Aðferðin þekktist m.a. í Frakklandi (Amines), Tahiti (Pateete), Hollandi (Tilburg, Lelystad), Ítalíu (Campo-Brasso), Belgíu (Mons, Brecht), Austurríki (Graz, Salzburg), Sviss (Rümlang/Zürich, Allmig/Baar) og Svíþjóð (Borlänge/Falun).

**Kröfur til flokkunar:** Eins og við aðrar loftfirrtar aðferðir henta ekki trénisefni en þau mega þó vera með við þurra vinnslu ásamt öllum venjulegum lífrænum eldhúsúrgangi. Plast má vera með.

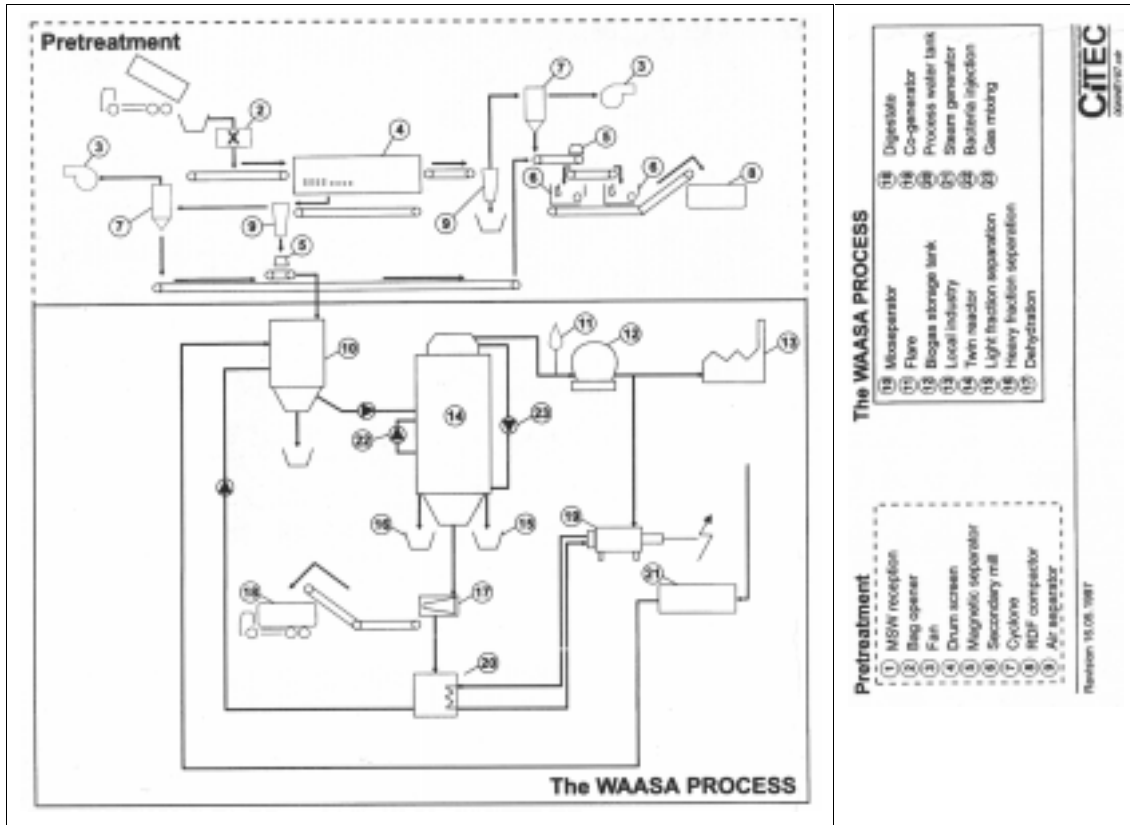
### 2.2.2 Hálfpurr vinnsla

Þessi aðferð þróaðist fyrst í kringum 1980 vegna samvinnslu óflokkaðs heimilisérgangs og seyrur. Hægt er að nota tæknina á mismunandi blöndur hráefna en einnig á eina gerð, s.s. flokkaðan lífrænan úrgang. Þurrefnainnihald við hálfpurra vinnslu liggur kringum 15% af þyngd. Ef hráefnið inniheldur herra þurrefnainnihald er það oft blandað með ferskvatni og/eða vinnsluvatni (úr vinnslunni). Ákveðin blöndun með afgangsefni er venjulega viðhöfð til að koma vinnslunni af stað. Markmiðið með hálfpurri vinnslu er á sama hátt og við þurrvinnslu að takmarka vatnsinnihaldið og þar með stærð meltarans, upphitunarþörfina, magn efnis sem þarf að meðhöndla og þörfina á að meðhöndla vatn. Þurrefnainnihaldið er miðað við að hægt er að dæla efninu.

Þær aðferðir sem þróast hafa eru samfelldar, eins þrepa, einfasa, millihitakærar eða hitakærar aðferðir.

Helstu kostir þessarar aðferðar fram yfir þurra vinnslu er að hægt er að dæla efninu, aðgangur meindýra og fokvandamál eru úr sögunni, vinnslan tekur stuttan tíma og lyktarvandamál eru nær óþekkt. Helstu gallarnir eru að aðferðin er tæknilega flókin, þarf flókin tæki og byggingar og eftirmeðferð þarf í formi loftháðra aðferða. Einnig getur reynst nauðsynlegt að hreinsa vatn. Aðferðin er m.a. notuð í Svíþjóð (Kil), Finnlandi (Vaasa), Japan (Tokyo, Jouestu, Shimoima), Hollandi (Groningen), Þýskalandi (Kiel-Wellsee, Bottrop), Pakistan (Islamabad) og Póllandi (Rzeszeow)

**Kröfur til flokkunar:** Trénisefni henta ekki en allur venjulegur lífrænn eldhúsúrgangur. Plast má vera í efninu.



**Mynd 2.2-2** Flæðirit fyrir hálfþurra vinnslu í Vaasa í Finnlandi. Framleiðandi er Citec International Ltd Oy. Vinnslan er hálfþurr, einsþrepa, samfelld hitakær vinnsla. Efnid er jarðgert á loftháðan hátt eftir vinnsluna. Tekið er við 15.000 tonn/ári og starfa 7 menn við vinnsluna. 10.000 m<sup>2</sup> þarf undir starfseminu. (Úr „Biological Treatment of Domestic Waste in Closed Plants in Europa - Plant Visit Reports“, RVF Report 98:8).



**Mynd 2.2-3** Nærmynd af meltara í Vaasa



**Mynd 2.2-4** Gasgeymsla í Vaasa (lágþrýst)

Úr „Biological Treatment of Domestic Waste in Closed Plants in Europa -Plant Visit Reports“, RVF Report 98:8

### 2.2.3 Eins þrepa votvinnsla

Votvinnsla þróaðist fyrst fyrir um 50 árum við vinnslu á seyru úr frárennslisreinsun. Votvinnsla er einnig notuð við vinnslu húsdýraáburðs (mykju, svínaskít o.s.frv.). Vinnsla á slíkum einsleitum hráefnum er mjög þróuð vinnsla.

Frá því um 1980 hafa einnig þróað aðferðir við votvinnslu heimilísúrgangs annað hvort með blöndun við húsdýraáburð og/eða seyru eða jafnvel alveg sér. Við

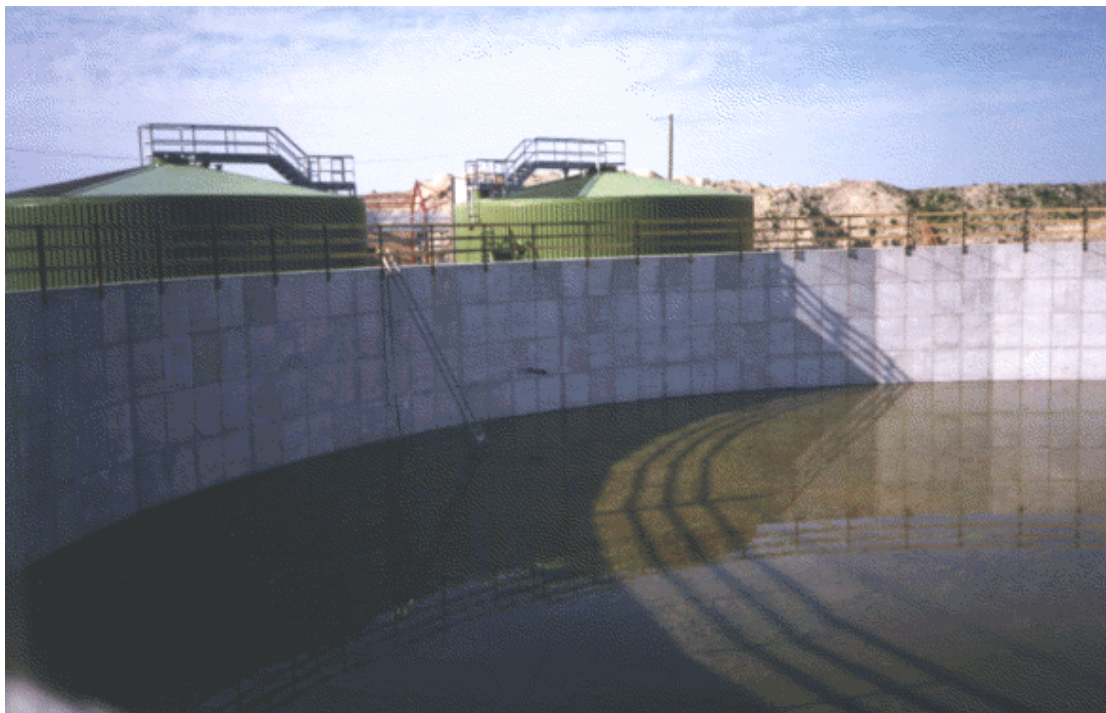
samvinnslu verður að leysa lífræna eldhúsúrganginn upp í vatni, aðskilja og jafnvel gerileyða áður en honum er blandað við önnur efni (t.d. mykju).

Vegna þess hve þurrefnainnihaldið er lítið, venjulega 5 - 10%, þarf stóra meltara. Hins vegar er vinnslan að því leyti léttari að blöndun með hræringu er auðveldari og hægt er að dæla efninu. Meltararnir eru venjulega hringlaga, einangraðir geymar sem staðsettir eru utanhúss.

Vinnslan er samfelld og annað hvort millihitakær eða hitakær. Öll hin loftfirra vinnsla gerist í einu þrepi og einum fasa, jafnvel þótt efninu sé stundum dælt á milli geyma. Blöndun venjulega fram með vélrænni hræru eða með því að hluta gassins sem myndast er blásið upp í gegnum efnið. Hér er því um samfellda, eins þrepa, einfasa, millihitakæra eða hitakæra blöndunarvinnslu að ræða.

Helstu kostir þessarar aðferðar er að hægt er að vinna mjög blautt efni, hægt er að dæla öllu efninu, ekki þarf sérstaka eftirmeðferð, lyktarvandamál og fokvandamál eru úr sögunni. Helstu ókostir eru hins vegar að aðferðin er tæknilega flókin, krefst flókinna tækja og bygginga, hreinsa þarf mikið af vatni (þó eru til aðferðir þar sem hreinsun vatns er hluti vinnslunnar) og hráefnið þarf að vera hreint og einsleitt. T.d. hafa komið upp miklir rekstrarörðugleikar þar sem illa flokkuðum lífrænum heimilisúrgangi hefur verið blandað saman við annan lífrænan úrgang. Þessi aðferð er m.a. notuð í Danmörku (á að a.m.k. 12 stöðum), Úkraínu (Zaporozhstal), Svíþjóð (Laholm, Kristianstad), Þýskalandi (Wittmund, Heilbronn, Karlsruhe), Austurríki (Wels) og Eistlandi (Linnemäe)

**Kröfur til flokkunar:** Ásamt opnum múgum gera þessar aðferðir sennilega mestar kröfur til flokkunar efnisins. Trénisefni henta engan veginn. Bleiur henta ekki. Plast má ekki vera í efninu vegna hættu á að það stífli dælur og annað.



Mynd 2.2-5. Votvinnsla hjá Jysk Biogas í Danmörku.

### 2.2.4 Tveggja eða fjölþrepa vinnsla

Hugmyndin með því að skipta vinnslunni upp í fleiri en eitt þrep er sú að með því móti má hámarka hvert þrep vinnslunnar fyrir sig þannig að vinnslan taki sem stystan tíma. Eins og kemur fram í viðauka A, eru það mismunandi bakteríur sem sjá um hvern hluta vinnslunnar, vatnsrof, sýrumyndun og metanframleiðslu. Hver hluti vinnslunnar þarf í raun mismunandi umhverfisaðstæður til að hámarksnýtni sé náð. Sé metanframleiðslan höfð sér, er hægt að tryggja rétt sýrustig, hitastig, blöndun, næringarefnasamsetningu o.s.frv.

Með því að skipta vinnslunni upp í mismunandi þrep er einnig hægt að skipta vinnslunni í ólíka fasa. Þetta er venjulega gert þannig að vatnsrof og sýrumyndun gerist í föstum fasa og metanframleiðslan í vökvafasa, þ.e.a.s. í þeim vökva sem pressast úr fasta fasanum. Ef metanframleiðslan fer fram á þennan hátt þar sem öll efni eru uppleyst í vökva og þurrefnainnihaldið er nánast núll, gerist metanframleiðslan venjulega í svokölluðum loftfirrtum síum (s. „anaerobfilter“). Þessar síur eru til í ýmsum gerðum en tæknin gengur út á að loftfirrtar bakteríur eru á einhverju yfirborði úr óvirku efni í síunni sem vökvanum er beint um.

Vinnslulínur fyrir tveggja eða fjölþrepa vinnslu er misleitur flokkur tæknilegra lausna sem hafa það sameiginlegt að meltingunni er skipt upp þannig að vatnsrof og sýrumyndun eru aðskilin frá metanframleiðslunni. Hvað varðar aðra þætti er hægt að útfæra vinnsluna á margvíslega vegu, t.d. þannig að hin ýmsu stig vinnslunnar eru þurr eða vot, aðskiljun í þurrfasa og votfasa sem jafnvel innihalda einhvers konar loftháða vinnslu. Slíkar aðferðir þekkjast m.a. í Þýskalandi (Brandenburg, Aachen), Hollandi (Leiden, Balk), Luxembúrg, Austurríki (Hirnsdorf) og Svíþjóð (Sobcken/Borås og Uppsölum)

**Kröfur til flokkunar:** Trénisefni henta engan veginn en allur venjulegur lífrænn eldhúsúrgangur. Plast má vera í efninu.

## AÐRAR AÐFERÐIR

### 2.2.5 Orkuhleifur (s. „energy limpan“)

Hugmyndin að orkuhleifnum er upphaflega komin frá sænska fyrirtækinu VBB VIAK, nú SWECO. Hugmyndin gengur út á það, að vinna metangas úr lífrænum úrgangi, en eiga jafnframt möguleika á að nota afgangsefnið frekar. Komist er hjá tæknilega flóknum byggingum og rýmisfrekri loftháðri eftir meðferð sem einkennir aðrar loftfirrtar aðferðir. Hinum lífræna úrgangi er komið fyrir í hleifum (8 - 13 m þykkum) sem útbúnir eru með leiðslum til að safna gasi og sigvatni og leiðslum fyrir vökvunar- og hitakerfi. Vinnslan tekur 3-5 ár, þá er afgangsefnið orðið að jarðvegsbæti. Lengd vinnslutímans fer eftir því hvort vinnslan er hitakær eða millihitakær. Tilbúið efnið er fjarlægt og nýr hleifur lagður í stað hins eldri.

Þessi aðferð byggir á loftfirrti jarðgerð, en ekki er hægt að flokka hana með neinni þeirra aðferða sem áður hafa verið tiltekna. Þetta helgast fyrst og fremst af því að við aðrar loftfirrtar aðferðir tekur vinnslan mjög stuttan tíma og fer fram í svokölluðum meltara („rötkammare“, „reaktor“, „digester“). Þó mætti skilgreina þessa aðferð sem einfasa, einsþrepa, hitakæra eða millihitakæra tröppuvinnslu.

Einfaldasta form þessara orkuhleifa eru venjulegir sorphaugar þar sem haugagasi er safnað. Við orkuhleifana eru hins vegar gerðar meiri kröfur til efnisins sem fer í



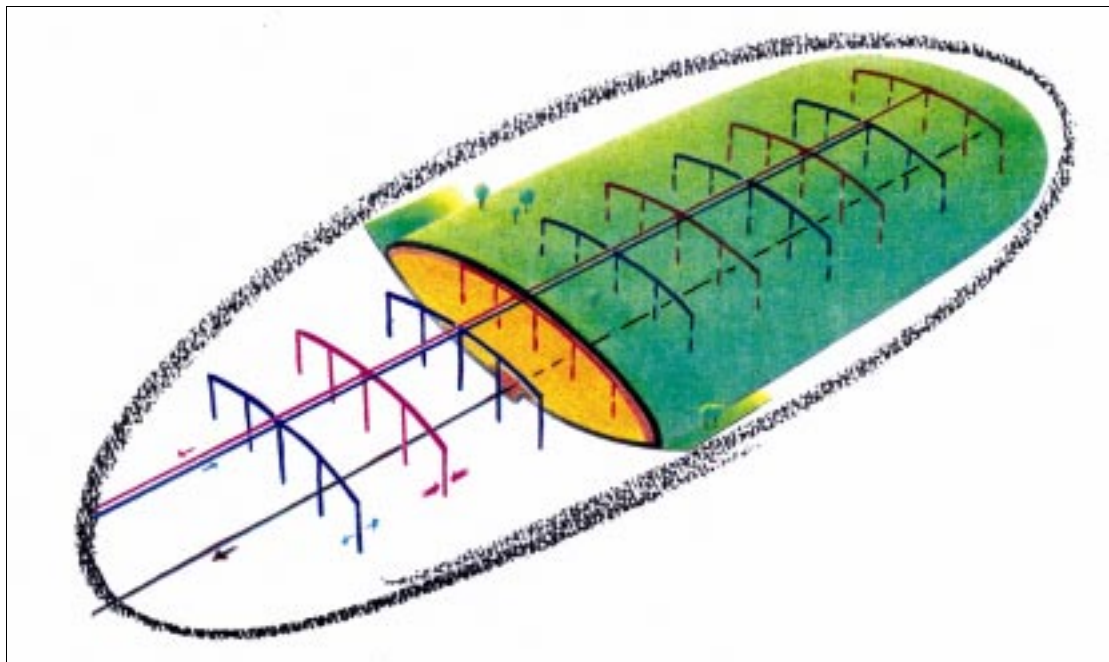
hleifinn og gert ráð fyrir að þar komi svo til eingöngu lífrænt efni. Hins vegar er nauðsynlegt að efnið innihaldi ákveðið magn blöndunarefna. T.d. er æskilegt að skinkubréf, afþurrkunarklútar og eitthvað af óendurvinnanlegum pappa sé í úrgangnum. Þetta er nauðsynlegt til að tryggja að efnið verið ekki of blautt eða of þétt. Á mynd 2.4-1 má sjá dæmi um slíkan hleif.

Til að vinnsla á þennan hátt skili sem mestum árangri þarf að hakka efnið, sýrustig þarf að vera um pH=7, rakastig um 60 - 70 % af þyngd og hlutfall kolefnis og niturs C/N þarf að vera 40 - 60. Hægt er að hafa vinnsluna hitakæra eða millihitakæra. Sigvatni af hleifnum er safnað, það hitað og sett aftur í hleifinn. Þannig hreinsast vatnið smám saman. Hægt er hita vatnið með brennslu metans. Að loknum vinnslutímanum er hægt að blása lofti um gasleiðslurnar og þannig þurrka efnið.

Þessi aðferð er ný af nálinni og er einungis vitað um einn haug í Svíþjóð sem byrjað er að grafa út. Gerðar verða prófanir á efninu og á eftir að koma í ljós hver niðurstaðan verður<sup>9</sup>. Fyrstu niðurstöður benda hins vegar til að efnið sé fullunnið en upplýsingar um eiginleika og efnainnihald koma síðar.

Venjulega eru byggðir 2 haugar á ári. Því líða 3-5 ár áður en byrjað verður að grafa út fyrsta hauginn.

Slíkir haugar hafa m.a. verið byggðir í Pakistan, Póllandi, Lettlandi og Svíþjóð. Megintilgangur slíkrar vinnslu þar, er orkuvinnsla á formi metans en einnig að geta notað afgangsefnið (jarðvegsbætir) þó ekki væri nema til að nota í stað venjulegra yfirlagsefna á sorphauga.



Mynd 2.2-6 Orkuhleifur (SWECO™)

Helstu kostir þessarar aðferðar er að ekki þarf miklar og stórar byggingar eða plön, aðferðin er tæknilega einföld og hægt er að byggja slíka hauga ofan á núverandi sorphaugum. Vegna þess hve efnið hefur verið lengi í hauginum (3-5 ár) er efnið niðurbrotið að fullu og ekki þarf sérstaka eftirvinnslu. Gasmyndun er meiri pr. tonn af

<sup>9</sup> Munnlegar upplýsingar frá SWECO.

úrgangi en við vinnslu með meltara þar sem vinnslan tekur það langan tíma að frekara niðurbrot verður ekki, jafnvel með loftháðum aðferðum. Lyktarmengun er engin.

Helstu gallar þessarar gerðar vinnslu er að ekki er ljóst hvort eða hvaða kröfur afgangsefnið/jarðvegsbætirinn uppfyllir. Það að allur úrgangur endar á sama „haugnum“ getur valdið doða hjá íbúum ef taka á upp umfangsmikla flokkun á heimilum.

**Kröfur til flokkunar:** Allur lífrænn eldhúsúrgangur má fara í vinnsluna. Því hreinna sem efnið er því minni verður kostnaðurinn. Plast má vera í efninu.

### 2.3 BLANDAÐAR AÐFERÐIR

Með loftháðri vinnslu á lífrænum úrgangi er megin markmiðið að umbreyta úrgangnum í e.k. jarðvegsbæti sem hægt er að nýta sem áburðar- eða stoðefni. Á þennan hátt er náttúruleg hringrás efnisins tryggð. Orkuvinnsla úr slíkri vinnslu er mjög erfið, hitastig sem unnið er við er í hæsta lagi 60 - 70 °C. Erfitt er að nýta þennan varma þannig að nýtni hans sé ásættanleg. Slíkt er þó hægt, en er mjög háð staðbundnum skilyrðum. Í staðinn er oftast notuð orka við þessa vinnslu og er hún bæði í formi rafmagns (blásarar ofl.) og í formi brennsluolíu (hjólaskóflur, múgasnerlar, vörubílar). Jarðgerð með loftháðum aðferðum er því í flest öllum tilfellum nettó orkunotandi.

Tafla 2.3-1 Mismunandi eiginleikar loftháðrar og loftfirtrar vinnslu (á ekki við um orkuhleifa í öllum tilfellum).

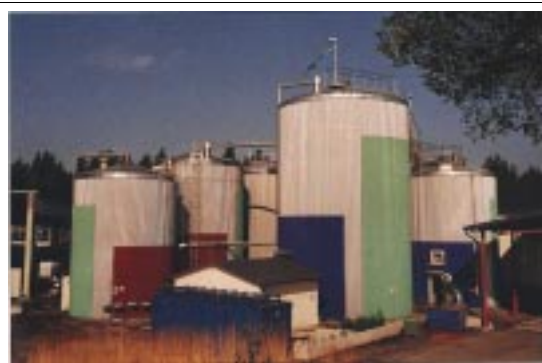
Þáttur	Loftháð vinnsla	Loftfirt vinnsla
Hráefnisgerð	Bæði efni sem brotna auðveldlega niður t.d. eldhúsúrgangur og efni sem brotnar hægt niður eins og garðaúrgangur	Einungis efni sem brotnar auðveldlega niður t.d. eldhúsúrgangur en ekki „þyngri“ efni eins og trénisríkur garðaúrgangur
Rakamagn í hráefni	Vinnslan vinnur best við 40 - 50 % rakamagn. Því verður að þurrka seyru og annan blautan úrgang eigi að jarðgera hann með þessum aðferðum	Vinnslan er mjög sveigjanleg hvað varðar rakainnihald. Bæði er til tækni fyrir votan og þurrkan úrgang
Orkuframleiðsla	Mikill hluti orkuinnihalds hráfnanna breytist í lágildisorku sem hækkar hitastig efnisins og umhverfisins, en tæpast er hægt að nýta þennan varma til annars en staðbundinnar hitunar	Stór hluti orkuinnihalds hráfnanna (óháð rakamagni) breytist í haugagas, sem er endurnýjanleg hágildisorka með lágt mengunarstig og án nettótilfærslu koltvíoxíðs. Hægt er að nota orkuna til framleiðslu varma, rafmagns og sem brennsluefni fyrir ökutæki (síðastnefnda aðferðin er best bæði með hliðsjón af hagkvæmni og umhverfi)
Orkunotkun	Sú orkuþörf sem þarf til vinnslunnar verður að koma frá öðrum og utanaðkomandi aðilum, annað hvort í formi rafmagns eða brennsluolíu	Sú orka sem framleidd er með aðferðinni er langtum meiri en sú sem þarf til sjálfrar vinnslunnar, þ.e.a.s. loftfirt vinnsla er nettó orkuframleiðandi.
Eftirmeðferð	Afurðin sem hefur verið geymd og eftirmeðhöndlað í nægilega langan tíma samanstendur af sæmilega stöðugu húmus og næringarefni. Efnið hentar til margvíslegra nota.	Afgangsefnið inniheldur efni sem ekki eru fullkomlega niðurbrotin og hafa að öllu jöfnu herra rakainnihald en efni úr loftháðum aðferðum. Eftir votvinnslu verður eftir fljótandi jarðvegsbæti  Notkun afgangsefnis í upprunalegu formi er mjög takmörkuð, helst notað sem áburðarefni á akra við sáningu. Því þarf að geyma efnið stóran hluta ársins.  Hægt er eftir afvötnun efnisins eða blöndun með þurrari efninu, að nota loftháðar aðferðir til að fá fram efni með svipaða eiginleika og notkunarmöguleika og efni sem unnið er með venjulegum loftháðum aðferðum.  Ef þarf að afvatna efnið verður til fljótandi efni sem er mjög næringarefnafríkt. Sé þessi aukaafurð ekki nýtt þarf að hreinsa þau efni frá. Á þann hátt falla úr „hringrásinni“ næringarefni sem annars færu í jarðvegsbæti

Með loftfirtri vinnslu er megin markmiðið að vinna eins mikla orku úr úrganginum og hægt er. Þetta er gert með því að safna haugagasi (e. „biogas“). Hægt er að lagera eða breyta gasinu þannig að hægt verði að nota það til framleiðslu rafmagns, varma

eða sem eldsneyti á farartæki. Nýting orkunnar við slíka vinnslu er mjög há. Afgangsefnið sem verður til við loftfirrt vinnslu er á sumum stöðum notað beint sem áburðarefni. Á öðrum stöðum er afgangsefnið unnið frekar með loftháðri vinnslu, annað hvort í opnu eða lokuðu kerfi og síðan notað á sama hátt og jarðvegsbætir úr loftháðri vinnslu.

Loftháð og loftfirrt vinnsla eru þannig aðferðir með mismunandi eiginleika sem á margan hátt vegea hvor aðra upp. Hægt er að flokka eiginleika þessara aðferða eins og sýnt er í töflu 2.3-1.

Á sumum stöðum er báðum þessum aðferðum beitt (loftháð/loftfirrt) þannig að varmi, rafmagn, vatn og ákveðnir hlutar vinnslunnar samnýtast. Á mynd 2.3-1 er dæmi um samþætta vinnslu.



**Mynd 2.3-1.** Í Borås í Svíþjóð er samþætt loftháð og loftfirrt vinnsla. Loftfirrt vinnslan er blönduð, tveggja þrepa, tveggja fasa, hálf samfelld votvinnsla við millihitakært hitastig og síðan óloftaðir múgar (undir þaki). Framleiðendur eru YIT-VMT AB (meltari) og Komptech Graz fyrir loftháðu vinnsluna. Tekið er við 9.000 tonnum í loftfirrt vinnslu og um 12.000 tonnum til loftháðrar vinnslu. Rýmisþöfnin er 11.000 m<sup>3</sup> (þar af loftfirrti hlutinn 1.200 m<sup>3</sup>). (Úr „Biological Treatment of Domestic Waste in Closed plants in Europa-Plant Visit Report“, RVF 98:8)

## 2.4 SAMANBURÐUR - LOFTHÁÐAR/LOFTFIRRTAR EÐA BÁÐAR AÐFERÐIR?

Hvort velja skal loftháða eða loftfirrt aðferð við vinnslu lífræns úrgangs er spurning sem mjög er háð staðbundnum og svæðisbundnum aðstæðum. Ekkert „rétt“ svar er til við þessari spurningu og eru kostir og gallar við hvora aðferð fyrir sig. Mikilvægasti munur þessara aðferða varðar:

- hráefni og niðurbrot
- rakainnihald úrgangsins
- orkujafnvægi
- vatnsjafnvægi

Hér á eftir verður fjallað um hvern þessara þátta fyrir sig og að lokum verður kostum slíkrar samþættrar vinnslu lýst.

### 2.4.1 Hráefni og niðurbrot

Loftháðar og loftfirrtar aðferðir eru jafngildar aðferðir fyrir ákveðinn hluta af hinum lífræna úrgangi, þ.e. efni sem brotna auðveldlega niður t.d. eldhúsúrgangur, garðaúrgagnur (sem ekki inniheldur viðarefni), húsdýramykja (skítur), seyra o.fl. Þessar gerðir úrgangs innihalda mikið af smáum eindum s.s. sykrur, sterkju, prótein, fitu, hálfbeðmi ofl. sem ekki þarf að brotna frekar niður áður en loftháðar eða

loftfirrtar lífverur taka til við niðurbrotið. Samkvæmt reynslu frá Þýskalandi og Sviss eru um 30-50 % af því efni sem safnast við flokkun af þessari gerð<sup>10</sup>.

Aðrir hlutar efnisins, það sem er meira viðarkennt s.s. kvistir, greinar, stofnar og annað sem hægt er að flísa niður, sem og lauf og börkur er betra að vinna með loftháðum aðferðum en loftfirrtum. Þessi hluti inniheldur stórar sameindir eins og beðmi, beðmistréni (s. „*lignin cellulosa*“) og tréni sem verður að brotna frekar niður. Loftfirrtar bakteríur ráða illa við slík efni.

### 2.4.2 Rakastig

Eftir því sem meira af efni er flokkað frá s.s. pappír, pappi, gler, plast og fatnaður, því blautari verður sá úrgangur sem eftir stendur. Þar sem úrgangurinn er í lokuðum plastílátum í flestum tilfellum verður vökvinn eftir í úrganginum. Rakainnihald lífræns eldhúsúrgangs er í kringum 70%.

Rakainnihald við loftháðar aðferðir á að liggja milli 40-50 % af þyngd. Of mikið rakainnihald gerir loftun efnisins erfiðari og þar með allt hið loftháða ferli. Oft er hægt að laga vatnsinnihaldið með garðaúrgangi sem þá er sett sem stoðefni. Einnig er hægt að laga vatnsmagnið með því að blanda þurrum efnum eins og tjáspæni og pappírsspæni. Ef kaupa þarf slíkt efni getur það hins vegar orðið dýrt.

Rakamagnið við loftfirrt skilyrði er milli 60-95% og er háð því hvort aðferðin er þurr, hálfþurr eða vot. Almenn er loftfirrt vinnsla ekki jafn háð rakamagninu og loftháð vinnsla. Eina undantekningin er þurr, tappavinnsla þar sem of blautt efni getur valdið vandræðum.

### 2.4.3 Orkujafnvægi

Bæði loftháð og loftfirrt vinnsla eru aðferðir sem framleiða varma, en mis mikinn. Við loftháða vinnslu breytist mikið af orkuinnihaldi úrgangsins í varma sem hækkar hitastig efnisins og umhverfisins. Mjög erfitt er hins vegar að nýta þessa orku til annars en að hita upp það svæði þar sem vinnslan fer fram (svo kölluð *lágildisorka*). Við loftfirrt skilyrði myndast mjög lítil varmi. Í staðinn er orkuinnihaldi úrgangsins breytt í metangas, sem er endurnýjanleg hágildisorka sem hægt er að geyma og brenna til rafmagns- eða varmaframleiðslu eða sem orkugjafi á ökutæki.

Í rauninni er það svo að loftháð ferli þurfa orku (*nettóorkunotandi*) en loftfirrt ferli framleiða orku (*nettóorkuframleiðandi*). Við loftháða vinnslu er notuð rafmagnsorka til að brjóta upp, blanda og forvinna efni, við loftræstingu, sigtun og eftir meðhöndlun, flutning ofl. Þessa rafmagnsorku er ekki hægt að framleiða með loftháðum aðferðum og verður því að koma annars staðar frá. Samkvæmt þýskum rannsóknum þarf rafmagnsorku sem svarar um 50 kwh/tonn af unnu hráefni<sup>11</sup>. Sé eitthvað af þessari orkuþörf framkölluð með brennslu olíu (múgasnerlar, hjólaskóflur, traktorar, vörubílar) verður til nettó aukning á koltvíoxíði sem sleppt er út í andrúmsloftið.

Í loftfirrti vinnslu er notað rafmagn á svipaðan hátt og við loftháða vinnslu. Hins vegar er hægt að framleiða þessa orku úr því haugagasi sem myndast, þ.e.a.s. án þess

<sup>10</sup> Wannholt, L, „*Biologis behandling av hushållsavfall i slutna anläggningar i Europa - Huvudrapport*“, RVF Rapport 98:7.

<sup>11</sup> Wannholt, L, „*Biologis behandling av hushållsavfall i slutna anläggningar i Europa - Huvudrapport*“, RVF Rapport 98:7.



að nota aðkeypta raforku eða jarðefnaeldsneyti. Því verður ekki nettóaukning á koltvíoxíði. Þess fyrir utan verður til afgangorka sem nota má í stað jarðefnaeldsneytis t.d. á ökutæki.

Helsti umhverfislegi ávinningur og sennilega hagrænn ávinningur líka er notkun metangass sem orku á ökutæki. Þá þarf reyndar að kaupa inn rafmagn til notkunar við vinnsluna. Jafnvel þó slíkt rafmagn sé framleitt með brennslu jarðefnaeldsneytis hefur verið sýnt fram á að sá ávinningur sem næst með brennslu metangass í ökutækjum vinnur upp þau umhverfisáhrif<sup>12</sup>.

#### **2.4.4 Vatnsjafnvægi**

Í vel rekinni loftháðri vinnslu verður ekki til neitt aukavatn þar sem mest af vatninu gufar upp við vinnsluna (lokaðar aðferðir). Í staðinn verður að færa vatn inn í ferlið til að halda því við.

Í lokaðri loftfirrtri vinnslu verður einungis til lítilsháttar afgangsvatn í formi vatnsgufu sem felst í haugagasinu. Afgangurinn er ennþá í efninu. Sé þetta efni þurrkað verður til nokkuð magn afgangsvatns. Þetta vatn inniheldur mikið magn verðmætra næringarefna, t.d. köfnunarefni. Verðmæti hins fasta efnis úr loftfirrtri vinnslu liggur fyrst og fremst í „húmus“ byggjandi eiginleikum þess. Bæði hið fasta og fljótandi efni á að færa aftur inn í hringrás náttúrunnar (sá möguleiki er fyrir hendi að hreinsa vatnið í hreinsimannvirkjum skólperfa).

#### **2.4.5 Kostir við samþætta loftháða og loftfirtra vinnslu**

Fari loftháð og loftfirrt vinnsla fram á sama stað má ná fram hagræðingu og ekki síst umhverfislegum ávinningi. Við samþættri vinnslu má skipta efninu strax við móttöku eftir því í hvora vinnsluna það hentar betur. Blautt efni sem brotnar auðveldlega niður fer í meltara en annað efni í loftháð vinnslu.

Til að það efni sem kemur frá hinni loftfirrtu vinnslu henti betur sem áburðarefni er það látið fara í gegnum loftháða meðferð eftir aðalvinnsluna. Í samþættri vinnslu er hægt að blanda þessu efni saman við hráefnið í loftháða ferlinu. Þannig blandað efni gefur af sér afurð sem er betri jarðvegsbætir eða áburðarefni en þær afurðir sem koma frá loftháðum eða loftfirrtum aðferðum eingöngu<sup>13</sup>.

Sú staðreynd að hægt er að melta hluta af hinum lífræna úrgangi og nota þá hágildisorku sem þannig er framleidd á umhverfisvænan hátt og sú staðreynd að loftháð vinnsla krefst orku má nýta í samþættri vinnslu.

Orkuframleiðslan úr loftfirrtu vinnslunni gefur af sér endurnýjanlega og verðmæta orku í formi haugagass, sem hægt er að breyta í varma og rafmagn.

Orkuna sem þarf í loftháða ferlið má fá með rafmagnsframleiðslu úr því gasi sem myndast við loftfirrtu vinnsluna. Jafnvel þó haugagasið (metanið) sé notað sem orkugjafi á bíla og kaupa þurfi rafmagnið annars staðar frá, þá er orkujafnvægið samt þannig að framleidd orka er meiri en notuð orka.

<sup>12</sup> Wannholt, L., „*Biologis behandling av hushållsavfall i slutna anläggningar i Europa - Huvudrapport*“, RVF Rapport 98:7

<sup>13</sup> Wannholt, L., „*Biologisk behandling av hushållsavfall i slutna anläggningar i Europa - Huvudrapport*“, RVF Rapport 98:7.

Loftháð vinnsla krefst vatnsnotkunar meðan loftfirrt vinnsla gefur af sér vatn. Við samþætta vinnslu má nota næringarefnafrítt vatnið til að vökva efnið í loftháðu vinnslunni og koma þannig í stað þess vatns sem hverfur með uppgefum.

Þetta næringarríka vatn inniheldur m.a. köfnunarefni í formi ammóníaks og getur losnað ef það er notað til að vökva efnið. Hættan á þessu er þó minnst við byrjun ferlisins og ef loftið er hreinsað gegnum lífræna síu er hægt að ná þessu efni burt.

Ákveðnir annmarkar finnast þó. Ef loftfirra ferlið er millihitakært telst efnið ekki gerileytt og þarf því frekari meðhöndlun t.d. í hinni loftháðu vinnslu.

Við samþætta vinnslu er hægt að samnýta svo til allan búnað við forvinnslu, eftirvinnslu og eftir meðferð (sigtun, hreinsun o.s.frv.). Einnig er hægt að samnýta vinnslustýringar, eftirlitskerfi, mannahald, yfirstjórn o.s.frv. sem og vinnuafli, byggingar og „infrastruktur“.

## 2.5 UMHVERFISÁHRIF AÐFERÐA

Nokkuð skortir á að til séu gögn um heildarsamanburð loftháðra og loftfirtra aðferða. Höfundar þessarar skýrslu hafa einungis rekist á eina heimild þar sem gerð er tilraun til að bera þessar aðferðir saman á skipulegan hátt. Sú athugun<sup>14</sup> var gerð í Sviss af *Arbeitsgemeinschaft Bioenergie* (arbi). Þar var reynt að bera saman heildar umhverfisáhrif mismunandi aðferða:

- (EC) Fullkomlega lokuð og sjálfstýrð loftháð vinnsla með lífrænni síu á frálofti. Miðað var við vinnslu í rásun.
- (OC) Opin loftháð vinnsla í kössum undir þaki og eftirvinnsla í múgum með dúk.
- (DP) Lokuð, hitakær, einsþrepa tröppuvinnsla með lokaðri loftháðri vinnslu á eftir. Fráloft er hreinsað með lífrænum síum.
- (DE) Samsett hitakær loftfirrt vinnsla og fullkomlega lokuð, sjálfvirk loftháð vinnsla með kössum þar sem 40% af hráefninu fór gegnum hið loftfirra ferli áður en því var blandað við annað efni í loftháðu vinnslunni. Fráloft er hreinsað með lífrænum þvotti („*bio-washers*“)
- (DO) Samsett, fjölþrepa, hitakær, tröppuvinnsla með múgum þar sem 60 % af efninu fór í gegnum loftfirra vinnslu áður en því var blandað saman við annað efni í loftháðu vinnslunni (múgar).
- (IS) Brennsla í nýrri brennslustöð með vothreinsun á afgasi.

Allar aðferðir voru staðlaðar fyrir 10.000 tonna afkastagetu á ári, fyrir utan brennsluna sem miðaði við 100.000 tonn á ári. Í öllum tilfellum var miðað við sömu samsetningu úrgangsins, þ.e. 60% af eldhúsúrgangi (létt niðurbrjótanlegt efni) og 40% af tréni. Gert var ráð fyrir að allar hinar lífrænu aðferðir gætu minnkað fast efni um 50% (miðað við þyngd).

Allir reikningar miðuðust við hráefnið frá því að það er tekið af heimilum og þar til afurðirnar hafa verið notaðar (fast efni sem áburðarefni og gas notað á vélar eða til

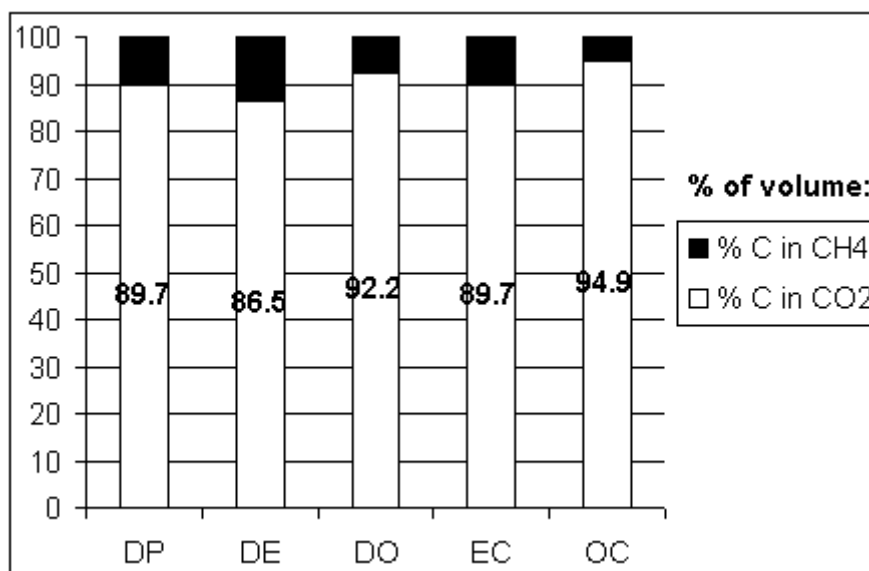
<sup>14</sup> Edelmann, W., Schleiss, K., „*Ecologic, energetic and economic comparison of treating biogenic wastes by digesting, composting or incinerating*“, Paper written for R99, Geneva, Switzerland (sjá <http://www.biogas.ch/arbi/ecobalan.htm>)

rafmagns eða varmavinnslu). Reikningarnir taka mið af öllum hráefnum sem nota þarf, orku og líftíma tækja og bygginga. Hér er því um nokkurs konar líftímagreiningu að ræða (e. „*life cycle analysis*“)

Heildar umhverfisáhrifin eru síðan reiknuð út með ákveðnum aðferðum þar sem m.a. er tekið tillit til orkuþarfar, gróðurhúsaáhrifa, súrs regns, vetrarmisturs („*winter smog*“), áburðarmengunar, aukinnar hættu á krabbameini, þynningu ósonlagsins, sumarmisturs („*summer smog*“) og geislavirkni. Það skal reyndar tekið fram að í þessari athugun er gert ráð fyrir að hluti rafmagnsorku sem notuð er sé framleidd með kjarnorku og hluti með kolum. Beinn samanburður við Ísland er því varasamur, en ýmsar athuganir sem framkvæmdar voru eiga þó fullt eins við hér og í Sviss. Á mynd 2.4-1 má sjá samanburð á því hve mikið metangas sleppur út í umhverfið frá mismunandi aðferðum.

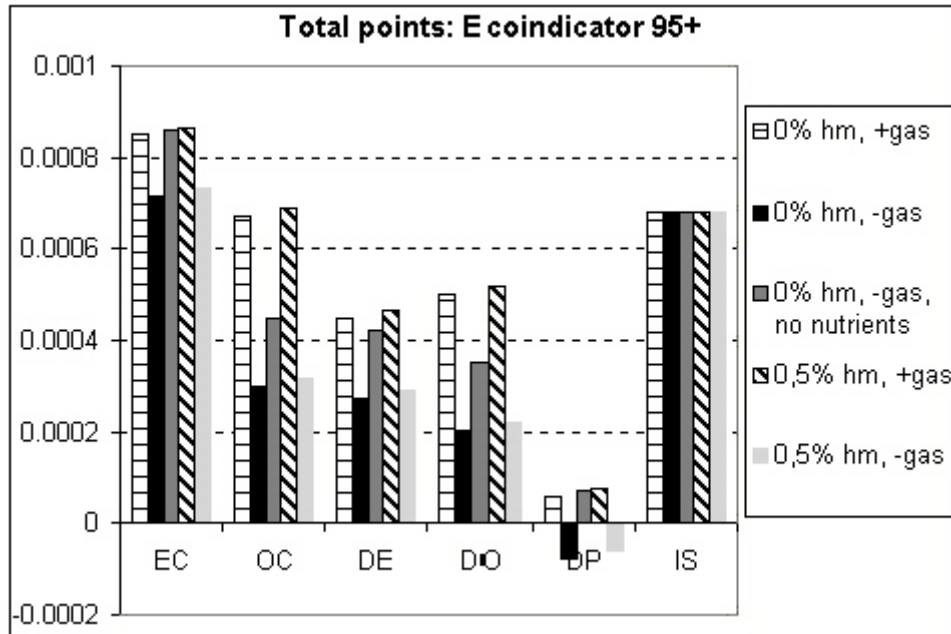
Eins og sést sleppur töluvert magn af metani út í andrúmsloftið, jafnvel við vel loftaða kassa og múga (OC). Gróðurhúsaáhrif metans eru um 25 sinnum meiri en koltvíoxíðs. Mest af því metani sem sleppur út við loftfirrtar aðferðir sleppur út þegar efnið er tekið úr meltaranum og fært til eftirmeðhöndlunar en ekki frá hinni eiginlegu loftfirtu vinnslu.

Við reikningana kemur m.a. í ljós að mestu neikvæðu áhrifin á orkuuppsprettur hafa rásir innanhúss (EC) sem og mestu gróðurhúsaáhrifin. Mest neikvæð áhrif á súrt regn hafa kassar og múgar (OC) sem og mest áhrif á vetrarmistur. Mesta hættan á áburðarmengun (e. „*eutrophication*“) er frá kössum og múgum (OC). Mestri hættu á krabbameini valda rásir innanhúss (EC), mestri þynningu ósonlagsins valda rásir innanhúss (EC) og mestu sumarmistri veldur samsett, fjölþrepa, hitakær, tröppuvinnsla með múgum (DO).



**Mynd 2.4-1.** Myndin sýnir samanburð á því hve mikið metan og koltvíoxíð sleppur út í andrúmsloftið miðað við mismunandi aðferðir. Metan sem myndast við loftháð skilyrði er reiknað sem koltvíoxíð þar sem það oxast við brennslu í vélum í koltvíoxíð (<http://www.biogas.ch/arbi/ecobalan.htm>)

Að lokum eru reiknaðir svokallaðir vistpunktur (e. „*EcoIndicator*“), sjá mynd 2.4-2. Því færri sem punktarnir eru því „umhverfisvænni“ á aðferðin að vera.



**Mynd 2.4-2.** Útreikningur á vistpunktum fyrir mismunandi aðferðir. Skýringar: „hm“ þýðir hvort tekið sé tillit til útskolunar þungmálma, +/- gas þýðir hvort tekið sé tillit til útblásturs NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O eða H<sub>2</sub>S, „no nutrient“ þýðir að ekki er tekið tillit til þess að hægt er að nota efni í stað áburðar.

Eins og áður segir eru þessir reikningar miðaðir við Sviss og aðstæður þar og því ekki hægt að heimfæra niðurstöðuna beint á aðstæður hér á landi. Hins vegar gefa þessar niðurstöður ákveðna vísbendingu um heildarumhverfisáhrif þessara aðferða.

Af ofangreindum samanburði má ljóst vera að „umhverfisáhrif“ lofháðra og loftfirtra aðferða eru ekki einhlít og langt í frá einföld. Hverju breyta t.d. aðstæður hér á landi þar sem notað er rafmagn framleitt með vatnsorku eða ef jarðvegsbætirinn er notaður til uppgræðslu? Hins vegar má alveg taka undir orð höfunda þessarar greinar sem segja „...í dag er erfitt að skilja hvers vegna menn vinna efnið eingöngu loftháð og nota dýrt og óendurnýjanlegt jarðefnaeldsneyti til að eyðileggja þá endurnýjanlegu sólarorku sem felst í hinum lífræna úrgangi“.

## 2.6 VINNUMHVERFI STARFSMANNA

Nokkrar rannsóknir hafa farið fram á vinnuumhverfi starfsmanna sem vinna við opnar loftháðar aðferðir. Einn af megin kostum lokaðra aðferða er að sjálf vinnslan er að mestu leyti sjálfvirk og starfsmenn sem vinna við vinnsluna þurfa ekki að komast í snertingu við efnið. Sýnt hefur verið fram á að við loftháða vinnslu verða til a.m.k. 110 lífræn efni<sup>15</sup> sem geta verið í þeim gösum sem frá starfseminni sleppa m.a. aldehyð, alkohol, ketónar, esterar, klórsambönd ofl. Þó svo þessi efni hafi verið í litlum mæli og flest brotni frekar hratt niður, geta þessi efni valdið starfsmönnum óþægindum. Skv. finnskri athugun er töluvert magn örvera í andrúmslofti við slíka staði jafnvel þótt ekki sé verið að eiga við efnið, m.a. sjúkdómavaldandi sveppir eins og „*Aspergillus fumigatus*“<sup>16</sup>. Mikið magn af inneitri (e. „endotoxin“) hefur fundist í stjórklefa múgasnerla sem og í andrúmslofti vinnslustaða. Svo mikið hefur fundist

<sup>15</sup> Tolvanen, O.K., Hänninen, K. I., Veijanen, A., Villberg, K., „Occupational hygiene in biowaste composting“, Waste Management & Research, volume 16, number 6, 1998, ISWA 1998, ISSN 0743-242X

<sup>16</sup> Tolvanen, O.K., Hänninen, K. I., Veijanen, A., Villberg, K., „Occupational hygiene in biowaste composting“, Waste Management & Research, Volume 16, December 1998, ISWA, ISSN0734-242X

af loftbornum örverum að telst yfir hættumörkum<sup>17,18</sup>. Lyktarvandamál eru tíð og eru jafnvel dæmi um að lykt fylgi efninu eftir 18 mánaða meðferð<sup>19</sup>. Ofangreind atriði eiga í raun við um allar tegundir vinnslu þar sem efnið stendur einhvern tíma opið fyrir andrúmslofti, sérstaklega þegar verið er að hreyfa við efninu. Að sjálfsgöðu myndast þessi efni, bakteríur, sveppir og inneitur einnig í lokuðum aðferðum og jafnvel við formeðhöndlun efnisins. Hins vegar er miklu auðveldara að hreinsa loftið af slíkri mengun ef vinnslan er öll í lokuðu rými.

Af ofansögðu má ljóst vera að tryggja verður starfsmönnum sem best skilyrði þannig að þeir hljóti ekki skaða af vinnu sinni. Það er best tryggt með því að haga vinnslunni þannig að bein snerting starfsmanna við efnið sé í algjöru lágmarki. Þurfi starfsmenn vegna bilana eða annars að koma í snertingu við efnið ættu þeir að nota grímur og hlífðarfatnað.

## 2.7 SAMANBURÐUR AÐFERÐA

Þegar bera á saman mismunandi aðferðir geta þeir þættir sem mestu máli skipta verið mismunandi milli staða. Hér verður valin sú leið að reyna að meta saman ýmsa þætti, fyrir utan kostnað, sem áhrif gætu haft á val aðferða. Þeir þættir sem hér eru valdir til samanburðar ákvarðast af mati skýrsluhöfunda á því hvað teljist mikilvægir þættir sem hafa verði í huga við val á aðferð. Þessir þættir eru (röð af handahófi):

- Aðgengi meindýra
- Hætta á foki
- Hætta á lyktarmengun
- Heilnæmi afurða (gerileyðing)
- Flatarmálsþörf
- Byggingaþörf
- Tæknistig
- Sigvatn
- Orkunotkun
- Starfsumhverfi

Ofangreindir þættir eru lagðir til grundvallar samanburði aðferða. Gert er ráð fyrir að að sama hráefni sé unnið í öllum tilfellum, þ.e. lífrænn eldhúsúrgangur frá heimilum, svipaður úrgangur frá atvinnulífi og þau stöðefni sem kunna að vera nauðsynleg.

Í töflu 2.4-1 má sjá samanburð þessara atriða fyrir allar þær aðferðir sem lýst er í skýrslunni, nema maðkavinnslu sem af áðurgreindum ástæðum er ekki skoðuð frekar.

Í töflunni eru gefnar einkunnir fyrir hina ýmsu þætti (--, -, -/+, +/-, +, ++) eftir mati skýrsluhöfunda á neikvæðum og jákvæðum þáttum. Í dálknum um meindýr eru gefnir

<sup>17</sup> N. Koivula, K. Hänninen, O. Tolvanen, „Windrow composting of source separated kitchen biowaste in Finland“, Waste Management & Research, volume 18, 2000, ISWA, ISSN 0734-342X

<sup>18</sup> Heldal, K.K., Statens arbeidsmiljøinstitutt, „Helse- og miljørisiko ved avfallshåndtering“, glærur frá „NRF Seminar om våtorganisk avfall“, Bodø, Noregi, mars 2000.

<sup>19</sup> N. Koivula, K. Hänninen, O. Tolvanen, „Windrow composting of source separated kitchen biowaste in Finland“, Waste Management & Research, volume 18, 2000, ISWA, ISSN 0734-342X



tveir mínusar (--) í múgaaðferð þar sem meindýr eiga greiðan aðgang að efninu, fyrir loftaða múga er gefinn einn mínus (-) því aðgengið er torvelað en hverfur þó ekki alveg. Allar lokaðar loftháðar aðferðir fá einkunnina tveir plúsar (++) þar sem vinnslan er í lokuðu rými. Orkuhaugur fær +/- þar sem ekki er ljóst hvort aðgengið er að fullu lokað, sérstaklega meðan á byggingu haugsins stendur. Fokhætta er metin á svipaðan hátt.

Tafla 2.4-1 Samanburður aðferða

AÐFERÐ	Meindýr	Fokhætta	Lyktarmengun	Heilnæmi afurða	Flatarmálsþörf	Byggingarþörf	Tæknistig	Sigvatn	Orkunotkun	Starfsumhverfi
<b>Loftháðar opnar</b>										
- Múgar	--	--	--	-	--	++	++	-	--	--
- Loftaðir múgar	-	-	-	-	--	++	+	-	-	-
- Dúkar/membrur	+/-	-	-	+	--	++	+	+/-	-	-
<b>Loftháðar lokaðar</b>										
- Loftaðir gangar	++	++	+/-	++	+/-	--	-	+	-	+
- Hrærðir gangar	++	++	+/-	++	+/-	--	-	+	-	+
- Rásir	++	++	+/-	++	+/-	--	-	+	-	+
- Turnar	++	++	+/-	++	+	--	-	+	-	+
- Gámaaðferð	++	++	+	++	+	+	+/-	++	-	+
- Snúningstromlur	++	++	+/-	++	-	--	-	++	-	+
- Beddar	++	++	+/-	++	-	--	-	++	-	+
- Kassar	++	++	+/-	++	-	--	-	++	-	+
- Þjöppunaraðferðir	++	++	+/-	++	+/-	-	--	++	-	+
- Votmeðferð	++	++	+/-	++	+	-	-	--	-	+
<b>Loftfirrtar</b>										
- Þurrvinnsla, hálfhitakær	++	++	+/-	--	++	+	--	++	+	+
- Þurrvinnsla, hitakær	++	++	+/-	++	++	+	--	++	+	+
- Hálfþurr, hálfhitakær	++	++	+/-	--	++	+	--	++	+	+
- Hálfþurr, hitakær	++	++	+/-	++	++	+	--	-	+	+
- Votvinnsla, hálfhitakær	++	++	+/-	--	++	+	--	--	+	+
- Votvinnsla, hitakær	++	++	+/-	++	++	+	--	--	+	+
- Orkuhleifur	-/+	-/+	+/-	++	-/+	++	+	++	++	+

Lyktarmengun er metin út frá því hvort fundist hafi í gögnum dæmi um slíkt. Heilnæmi afurða er einnig metið á sama hátt. Flatarmálsþörfin er metin þannig að múgaaðferð fær tvo mínusa (--) þar sem það er sú aðferð sem krefst mests flatarmáls. Loftaðir múgar og dúkar/membrur fá einnig sömu einkunn jafnvel þótt þeir múgar geti verið stærri og þar með minnki flatarmálsþörfin. Munurinn er ekki það mikill að hann sé látinn koma fram í einkunn. Loftfirrtar aðferðir aðrar en orkuhleifur þurfa rými til eftirmeðferðar, en gert er ráð fyrir að það sé í öllum tilfellum það sama. Byggingarþörf er metin út frá því hve miklar og stórar byggingar þarf að byggja. Opnar loftháðar aðferðir krefjast engra bygginga en lokaðar aðferðir krefjast yfirleitt stórra og mikilla bygginga.

Sigvatn er metið út frá því hvort hreinsa þurfi vatn í tengslum við aðferðina eða ekki. Múgaaðferð fær einn mínus þar sem það ofanvatn sem kemst í snertingu við efnið krefst venjulega meðferðar, sama á við um loftaða múga. Flestar lokaðar loftháðar aðferðir krefjast ekki meðferðar á vatni, en loftfirrt votvinnsla krefst hreinsunar. Því fær sú aðferð tvo mínusa (--).

Orkunotkun er metin út frá því hvort hægt sé að endurnota varma sem myndast eða hvort hægt sé að framleiða orku með aðferðinni. Enga orku er hægt að endurnota með múgaaðferð og fær hún því tvo mínusa (--). Orkuhleifur fær tvo plúsa (++) þar sem unnin er eins mikil orka úr efninu og mögulegt er. Aðrar loftfirrtar aðferðir fá einn plús en lokaðar loftháðar aðferðir fá einn mínus (-) þar sem hægt er að endurnota hluta þeirrar orku sem myndast við vinnsluna. Starfsumhverfi er metið út frá því hve mikillar nálægðar starfsmanna við efnið á fyrstu stigum vinnslunnar aðferðin krefst. Múgaaðferð fær tvo mínusa (--). Þar sem öll vinnslan krefst nálægðar starfsmanna. Loftaðir múgar og dúkar/membrur fá einn mínus vegna þess að umhirða efnisins krefst ákveðinnar nálægðar. Aðrar aðferðir fá einn plús þar sem vinnslan krefst í öllum tilvikum einhverrar nálægðar.

Hafa verður í huga að hér er um huglægt mat að ræða en gefur ekki til kynna mikilvægi eða stærðargráðu þeirra atriða sem borin eru saman.

Út frá töflunni má sjá að ef plúsar og mínusar eru lagðir saman er röðunin þessi („bestu“ aðferðir fyrst):

1. Gámaaðferð og hitakær þurrvinnsla
2. Orkuhleifur
3. Hálfþurr hitakær vinnsla
4. Millihitakær þurrvinnsla, millihitakær hálfþurr vinnsla og hitakær votvinnsla
5. Loftaðir gangar, turnar og þjöppunaraðferðir
6. Hrærðir gangar, snúningstromlur, beddar og kassar
7. Loftháð votvinnsla og millihitakær loftfirrt votvinnsla
8. Rásir
9. Dúkar/membrur
10. Loftaðir múgar
11. Múgar

Inn í þennan samanburð koma engar kostnaðartölur, hvorki stofnkostnaður né rekstrarkostnaður sem augljóslega er misjafn milli aðferða. Hins vegar gefur samanburðurinn vegvísi á þær aðferðir sem hentað gætu út frá öðrum atriðum en kostnaði.

## 2.8 SJÁLFBÆR ÞRÓUN – STAÐARDAGSKRÁ 21

Mikilvægur þáttur í úrgangsmeðhöndlun og úrgangseyðingu er hvernig hinar mismunandi lausnir falla að hugmyndum um sjálfbæra þróun og staðardagskrá 21. Í því sambandi er ekki úr vegi að líta til þeirrar forgangsröðunar úrlausna sem almennt er viðurkennd. Forgangsröðunina má í rita á eftirfarandi hátt:

1. Draga úr myndun úrgangs
2. Endurnotkun

3. Flokkun og endurvinnsla
4. Umbreyting með orkunýtingu
5. Umbreyting án orkunýtingar
6. Urðun með orkunýtingu
7. Urðun á orkunýtingar

Í þessari skýrslu er verið að fjalla um einn þessara liða, þ.e.a.s. umbreytingu og eftir tilfellum orkunýtingu. Umbreyting getur verið fólgin í brennslu eða annarri hitameðferð (hið fasta efni umbreytist í gös og ösku) eða umbreytingu efnisins í annað form t.d. í jarðvegsbæti og haugagas. Orkunýting felst síðan í nýtingu varma frá sorpbrennslum eða nýtingu metangass frá loftfirrtum aðferðum.

Þau sjónarmið sem hljóta að ráða mestu um hve vel mismunandi aðferðir við vinnslu lífræns eldhúsúrgangs falla að hugmyndum um sjálfbæra þróun hljóta að vera eftirfarandi:

Hve mikið af „auðlindum“ er hægt að vinna úr efninu

Umhverfisáhrif aðferðar

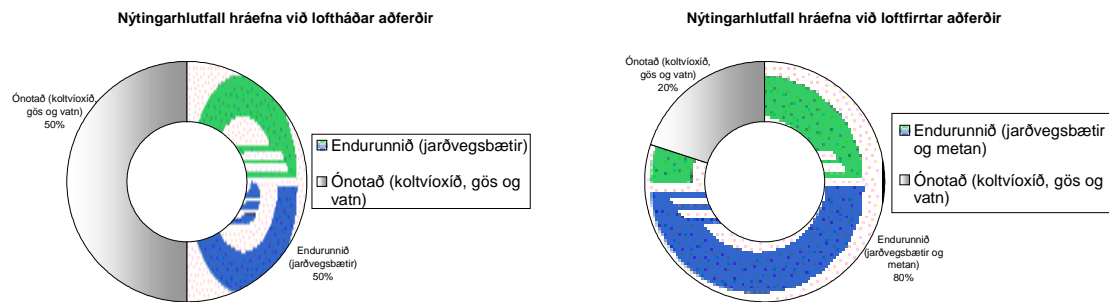
Auðlindanýting

Hvaða auðlindum er hægt að ná út úr lífrænum eldhúsúrgangi? Augljóslega er hægt að ná jarðvegsbæti úr hráefninu með bæði loftháðum og loftfirrtum aðferðum, en með loftfirrtum má einnig vinna haugagas. Við loftháða vinnslu efnisins minnkar þyngd þess um ca. 50 %. Þau 50% sem hverfa verða að koltvíoxíði, vatnsgufu og öðrum gösum eins og t.d. metani. Við loftfirta vinnslu gerist í raun það sama, þ.e. þyngdin minnkar um ca. 50%. Afgangurinn (50%) af efninu verður að koltvíoxíði, metangasi og öðrum gösum (haugagasi). Augljóslega má nýta það fasta efni sem eftir er úr báðum aðferðum (þ.e. jarðvegsbætinn, 50%). Að auki má nýta það metangas sem myndast við loftfirta vinnslu. Hlutfall metans í haugagasi getur verið misjafnt milli hráefna og vinnslu en er venjulega á bilinu 50-70%. Sé gert ráð fyrir að þetta hlutfall sé 60% er mögulegt nýtingarhlutfall hráefnisins (lífræns eldhúsúrgangs) við loftfirtar aðferðir um 80 % (50% + 50% $\times$ 60%). Á mynd 2.4-3 má sjá „nýtingarhlutfall“ þessara tveggja megináferða, loftháðra og loftfirtra.

Mismunandi umhverfisáhrif þessara aðferða hafa þegar verið tíunduð í kafla 2.5. Eins og þar kemur í ljós geta umhverfisáhrif þessara aðferða verið mjög mismunandi og fer nokkuð eftir aðstæðum á hverjum stað. Þó má fullyrða að sé sama efnið tekið til vinnslu, annars vegar til loftháðrar og hins vegar til loftfirtrar og fasta efnið notað úr báðum aðferðum þá hafa loftfirtar aðferðir jákvæð umhverfisáhrif umfram loftháðar. Brennsla metangass í stað jarðefnaeldsneytis skilar margföldum jákvæðum umhverfisáhrifum.

Hvað varðar auðlindanýtingu er ljóst að við báðar megináferðir þarf að ganga á náttúruauðlindir við smíði og rekstur aðstöðu fyrir vinnsluna. Loftháðar aðferðir þurfa hins vegar orku við sjálfa vinnsluna sem loftfirtar þurfa ekki. Sú orka er annað hvort í formi jarðefnaeldsneytis eða rafmagns framleitt með vatnsaflsvirkjunum eða jarðgufu. Loftfirtar aðferðir framleiða orku á formi metans sem getur komið í stað jarðefnaeldsneytis eða rafmagns. Orkan sem felst í hinum lífræna úrgangi er í raun

endurnýtanleg sólarorka. Því er ekki gengið á orkuauðlindir með loftfirrtum aðferðum. Það skal tekið fram að þessi samanburður á einungis við ef hægt er að nota allar afurðir framleiddar úr lífrænum eldhúsúrgangi.



**Mynd 2.4-3.** „Nýtingarlutfall“ megináðferða við vinnslu lífræns eldhúsúrgangs. Ónotað er t.d. koltvíoxíð, vatnsgufa og önnur gæs. Samanburðurinn gengur út frá því að hægt sé að nota það fasta efni sem myndast sem jarðvegsbæti eða áburðarefni.

Af ofangreindum samanburði er ljóst að loftfirrtar aðferðir uppfylla fullkomlega markmið um sjálfbæra þróun og er raunar leitun að aðferðum sem gera slíkt jafn vel. Næringarefnum úr jurta- og dýraríkinu er skilað inn í hringrás efna í náttúrunni og nýtt er sú bundna sólarorka sem í úrganginum fellst. Orkuframleiðslan nægir ekki eingöngu til að drífa vinnsluferlið áfram heldur verður til afgangsorka sem getur komið í stað innflutts jarðefnaeldsneytis. Þannig er ávinningur loftfirtra aðferða margfaldur.

Þessi síða á að vera alud



### 3 HÖNNUNARFORSENDUR

Í þessum kafla verður fjallað um almennar hönnunarforsendur fyrir lífrænni vinnslu, magn, kröfur til afurða o.s.frv.

#### 3.1 HEILDARMAGN ÚRGANGS

SORPA bs. hefur skráð og látið athuga þyngd og samsetningu sorps sem fyrirtækið SORPA bs. tekur við og flutt er hvort sem er í Álfsnes til urðunar eða til endurvinnslu. Í töflu 3.1 er samantekt á þessum upplýsingum.

Tafla 3.1-1 Flutt úr móttökustöð í Gufunesi, tonn á ári.

Innihald/tonn	%	Söfnun sveitarfélaga	Endurvinnslu-stöðvar	Atvinnu-rekstur	Samtals	Til endurvinnslu (frá öllum)	Heild	Heild (%)
Lífrænt								
Dagblöð	11,5	4.600			4.600	4.900	9.500	7,8
Fernur	2,9	1.160			1.160	80	1.240	1,0
Pappi	10,1	4.040		13.120	17.160	1.675	18.835	15,6
Timbur	0,4	160			160	12.000	12.160	10,0
Bleiur	4,8	1.920			1.920		1.920	1,6
Blandað	43,9	17.560	7.000	9.690	34.250		34.250	28,3
Garðaúrg.	3,4	1.360			1.360	5.000	6.360	5,3
Kjötvinnsla						1.400	1.400	1,2
<b>Lífrænt alls</b>	<b>77,0</b>	<b>30.800</b>	<b>7.000</b>	<b>22.810</b>	<b>60.610</b>	<b>25.055</b>	<b>85.665</b>	<b>70,7</b>
Ólífrænt								
Gler	2,9	1.160			1.160		1.160	1,0
Plast	11,9	4.760	3.000	9.840	17.600		17.600	14,5
Málmar	3,6	1.440			1.440	4.700	6.140	5,1
Fatnaður	3,8	1.524			1.524	160	1.684	1,4
Annað	0,5	200			200	8.220	8.420	7,0
<b>Ólífrænt alls</b>	<b>22,7</b>	<b>9.084</b>	<b>3.000</b>	<b>9.840</b>	<b>21.924</b>	<b>13.080</b>	<b>35.004</b>	<b>28,9</b>
Spilliefni	0,3	120	30	150	300	150	450	0,4
<b>SAMTALS</b>	<b>100</b>	<b>40.004</b>	<b>10.030</b>	<b>32.800</b>	<b>82.834</b>	<b>38.285</b>	<b>121.119</b>	<b>100</b>
<b>Hlutfall</b>		<b>33,0 %</b>	<b>8,3 %</b>	<b>27,1 %</b>	<b>(68,4 %)</b>	<b>31,6 %</b>	<b>100 %</b>	

Eins og sést í töflunni er endurvinnsluhlutfall þess úrgangs sem fer frá móttökustöðinni 31,6% í dag. Endurvinnsluhlutfall höfuðborgarsvæðisins er um 34 %. Ef hægt væri að endurvinna allan lífrænan úrgang sem kemur frá stöðinni færi þetta hlutfall í 70,7 %. Það myndi einnig þýða að 77 % heimilisúrgangs væri endurunninn sem verður að telja ásættanlegt.

Eins og sést í töflunni er lífrænn heimilísúrgangur um 31 þúsund tonn á ári. Lífrænn eldhúsúrgangur er hins vegar um 20 þúsund tonn á ári (blandað + bleiur). Til viðbótar því magni, sem til fellur á höfuðborgarsvæðinu og er innifalið í töflu 3.1, fellur til árlega nokkurt magn af hrossataði, svínaskít, kjúklingadriti og refaskít. Þetta efni berst ekki til SORPU og er því ekki tekið með í töflu 3.1. Hins vegar er þetta efni tilvalið sem stoðefni fyrir vinnslu á jarðvegsbæti auk þess sem hluti þessa efnis hentar vel til gasvinnslu. Magn þessa efnis hefur verið áætlað um 45.000 tonn á ári á höfuðborgarsvæðinu<sup>20</sup>. Samkvæmt þessu falla til á höfuðborgarsvæðinu um 130.000 tonn af lífænum úrgangi á ári.

Tilgangur þessarar skýrslu er að kanna kostnað og möguleika við vinnslu lífræns eldhúsúrgangs. Því verður ekki tekið tillit til annars lífræns úrgangs, nema þar sem hann nýtist sem stoðefni við vinnsluna. Ekki er gert ráð fyrir að pappír, pappi, timbur eða garðaúrgangur sé inni í þessari vinnslu nema þá sem stoðefni.

Eins og sést í töflu 3.1 er blandaður úrgangur frá heimilum u.þ.b. 17.560 tonn á ári. Þessi úrgangshluti inniheldur mest af þeim blauta eldhúsúrgangi sem frá heimilum kemur. Við þetta má síðan bæta 1.920 tonnum af bleiur sem einnig falla til. Því má segja að til vinnslu lífræns eldhúsúrgangs sé hægt að ná um 19.480 tonnum af lífrænum eldhúsúrgangi á ári frá heimilum. Til viðbótar þessu eru í töflu 3.1 tilgreind 9.690 tonn á ári af blönduðum lífrænum úrgangi frá atvinnurekstri. Samtals gera þetta því 29.170 tonn á ári.

Til að sannreyna tölur um úrgang frá heimilum eru þær í töflu 3.1-2 bornar saman við reynslu Dana af skiptingu heimilissorps<sup>21</sup>:

Tafla 3.1-2. Hlutfallsleg skipting heimilissorps skv. reynslu Dana.

Flokkur	Hlutfall skv. reynslu Dana	Áætlað magn á höfuðborgarsvæðinu skv. reynslu Dana	Skv töflu 3.1-1
	%	tonn/ári	tonn/ári
A. Grænmetisúrgangur	29,9	11,962	20,960
B. Kjöt og fiskur	7,2	2,880	
C. Bleiur, bindi, bómull	5,2	2,080	
D. Afburkkunarpappír	2,1	840	
E. Pappír og pappírspokar	6,2	2,480	
F. Annað	49,4	19,762	19,044
<b>Samtals</b>	<b>100</b>	<b>40,004</b>	<b>40,004</b>

Til samanburðar er síðasti dálkurinn í töflu 3.1-2 sem sýnir áætlað magn SORPU. Eins og sést er ekki mikill munur á þessum tölum. Það bendir eindregið til þess að til falli um 19,000 tonn af lífrænum eldhúsúrgangi frá heimilum á ári. Alla hina sérgreindu efnisflokkar í töflu 3.1-2 má vinna, en þeir henta misjafnlega vel til jarðgerðar. Við þetta má síðan bæta 9.690 tonnum frá atvinnurekstri sem gera þá

<sup>20</sup> Línuhönnun/Björn Guðbrandur Jónsson, „Lífræn efni í Landnámi Ingólfs - athugun á magni, gerð og dreifingu“, GFF ágúst 1997.

<sup>21</sup> VSÓ Ráðgjöf, „Möguleikar og hagkvæmni þess að taka upp flokkun og vinnslu lífræns úrgangs frá heimilum í Reykjavík“, unnið fyrir Hreinsunardeild Gatnamálastjóra, október 1997.

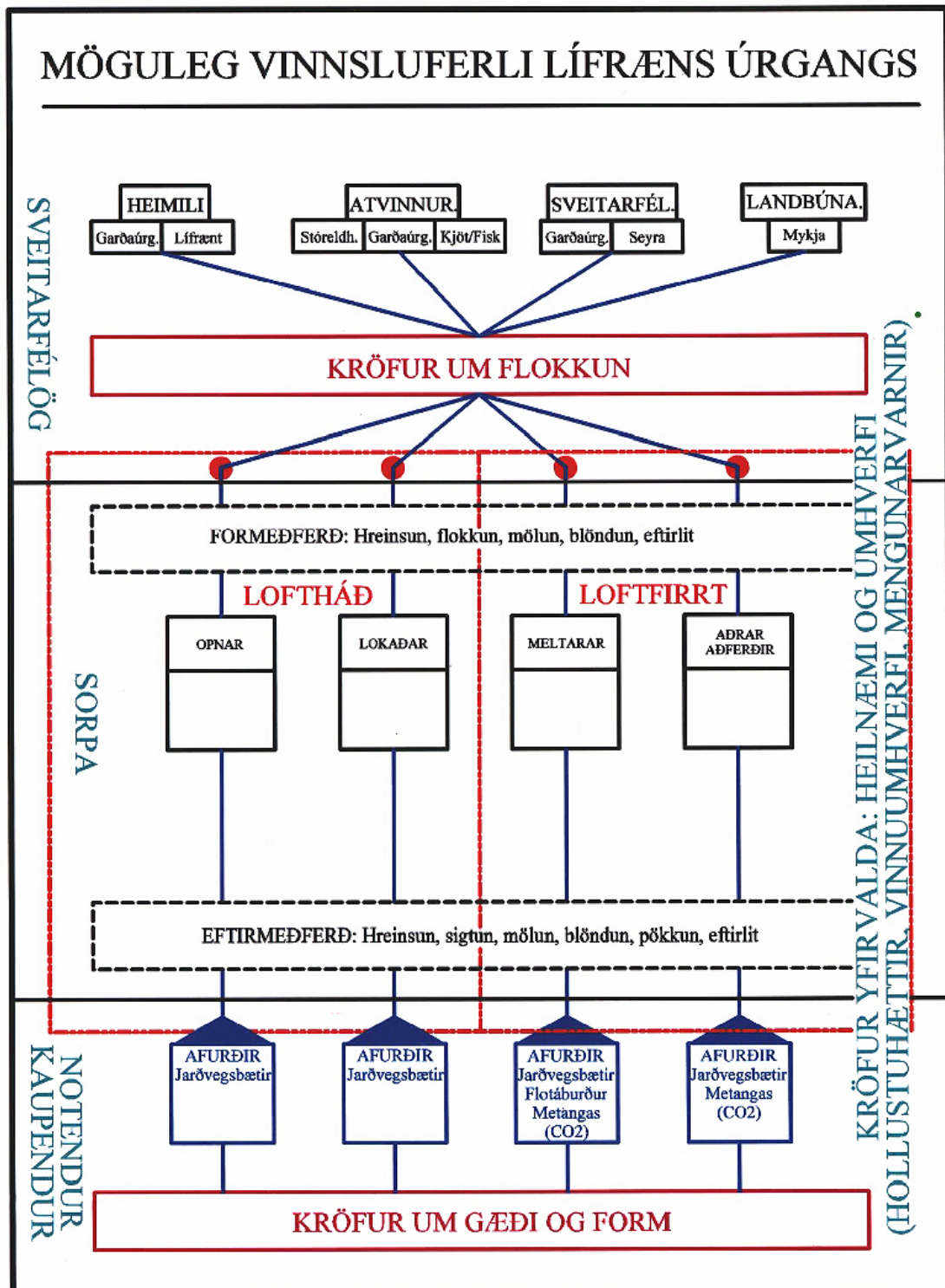
29.000 tonn á ári. Til að auðvelda kostnaðarreikninga er í kostnaðaráætlunum miðað við að magnið sé 7.500, 15.000 og 20.000 tonn á ári. Þetta er m.a. gert vegna þess að skv. reynslu t.d. Dana eru eiginleg skil á lífrænum úrgangi ekki nema um 30% þótt tekin sé upp flokkun á upprunastað. Gert er ráð fyrir að stoðefni sem þarf til loftháðrar vinnslu sé innifalið í þessum magntölum (7.500, 15.000, og 20.000 tonn/ári). Þessi stoðefni geta verið pappír, pappi, garðaúrgangur, trjáflís, hrossatað eða annað svipað efni.

### 3.2 KRÖFUR TIL VINNSLU OG AFURÐA

Kröfur sem gerðar eru til afurða, sérstaklega jarðvegsbætis, setja í raun bæði flokkun og vinnslu ákveðin skilyrði, sjá mynd 3.2-1. T.d. setja kröfur um hámarks magn þungmálma í afurðunum ákveðin skilyrði fyrir flokkunina. Kröfur um gerileyðingu setja hins vegar sjálfri vinnslunni ákveðin skilyrði. Því má í raun segja að reglur og kröfur til afurða, hvort sem þær eru fram settar af yfirvöldum eða notendum afurðanna, ákvarða að miklu leyti allt ferlið; flokkun, söfnun og vinnslu. Ekki eru til neinar reglur hér á landi um jarðvegsbæti sem unninn er úr lífrænum úrgangi. Til eru reglur um seyru en þær ná skammt í þessu tilfelli<sup>22</sup>. Því verður að gefa sér ákveðnar forsendur um afurðirnar. Þetta er m.a. gert til að auðvelda kostnaðarsamanburð og til að færa allar aðferðir niður á sama grunn. Gert er ráð fyrir að afurðirnar uppfylli eftirfarandi kröfur:

1. Efnið skal vera full þroskað í öllum tilfellum, þ.e. efnið flokkast ekki sem hrár jarðvegsbæti (e. „*raw compost*“) heldur sem vel þroskaður (e. „*matured compost*“). Þetta þýðir í raun að efnið skal vera nægjanlega lengi í vinnslu til að það sé lyktarlaust og nothæft innan þéttbýlis.
2. Gerileyðing skal vera tryggð eftir ströngustu reglum. Þetta þýðir í raun að við vinnsluna verður að tryggja hitakær skilyrði í ákveðinn tíma.
3. Þungmálmáinnihald skal vera innan viðunandi marka. Þetta þýðir í raun að koma þarf fyrir málmskilju við móttöku efnisins.
4. Efnið skal vera laust við aðskotahluti eins og gler og skal hafa einhverja ákveðna hámarks kornastærð. Þetta þýðir að koma þarf fyrir sigti við eftirvinnslu efnisins.
5. Tilbúinn jarðvegsbæti skal vera laus við plast. Þetta þýðir að koma þarf fyrir plastskilju a.m.k. við eftirvinnslu efnisins. Við sumar aðferðir þarf þessi plastskilja að vera fyrir vinnsluna.
6. Sá fljótandi jarðvegsbæti, sem hugsanlega kemur frá vinnslu lífræns úrgangs, skal vera nothæfur á tún þar sem gras er ræktað til skepnuhalds eða skal hreinsaður áður en honum er sleppt í fráveitukerfi.
7. Það haugagas, sem hugsanlega kemur úr vinnslunni, skal vera tilbúið til hreinsunar (gert er ráð fyrir að SORPA bs selji haugagasið sem hráorku).

<sup>22</sup> Reglugerð nr. 799/1999



Mynd 3.2-1 Möguleg vinnsluferli lífræns úrgangs. Í raun eru það kröfur notenda/kaupenda og yfirvalda sem stjórna þessu ferli.

Nokkur umræða hefur verið um hvort þungmálminnihald í jarðvegsbæti frá loftfirrtum aðferðum sé innan viðunandi marka. Skýrsluhöfundar höfðu undir höndum upplýsingar frá 8 loftfirrtum vinnslustöðvum og kemur þar t.d. í ljós að af þeim er ein sem ekki uppfyllir sænskar kröfur um þungmálminnihald í seyru<sup>23</sup>. Sú stöð vinnur óflokkaðan heimilisúrgang. Allar hinar stöðvarnar (7) vinna flokkaðan

<sup>23</sup> Sænsku kröfurnar eru (miðast við þurrefni) Cu<600 mg/kg, Pb<100 mg/kg, Cr <100 mg/kg, Ni<50 mg/kg, Cd<2 mg/kg, Hg<2,5 mg/kg, Zn<800 mg/kg.

lífrænan eldhúsúrgang og garðaúrgang og sumar hverjar hrossatað. Þess má geta að sænsku reglurnar um seyru eru strangari en þær íslensku (sjá reglugerð nr. 799/1999). Af þessum samanburði verður ekki séð að hætta á þungmálmamengun sé meiri við loftfirrtar en loftháðar aðferðir. Það er hráefnið sem kemur til vinnslunnar sem ræður þungmálmmainnihaldi afurða. Þungmálmur verða ekki til eða eyðast við vinnsluna, hvorki loftháða né loftfirrtar. Ekki er heldur hætta á því að þungmálmur verði „leysnalegri“ vegna sýrustigs þar sem kjörsýrustig metanbaktería er pH 7-8 og deyja reyndar ef skilyrðin verða of „súr“. Kjörsýrustig loftháðra aðferða er pH 7. Því má fullyrða, að sé sama samsetning á hráefninu, skiptir engu máli hvort efnið er unnið með loftháðum eða loftfirrtum aðferðum, þungmálmmainnihaldið er það sama. Vitað er hins vegar að þar sem óflokkaður heimilisúrgangur eða seyra er unnin er hætta á að þungmálmmainnihald hækki og skiptir þá heldur ekki máli hvort efnið er unnið á loftháðan eða loftfirrtan hátt.

### 3.3 KRÖFUR UM FLOKKUN OG SÖFNUN HRÁEFNA / SÖFNUNAR-GRÁÐA

Eins og áður hefur komið fram setja reglur um afurðina í raun allri flokkun og söfnun ákveðin skilyrði. Hins vegar er söfnun sveitarfélaganna á þeirra eigin vegum og ekki á verksviði SORPU bs. Eigi að koma til vinnslu lífræns eldhúsúrgangs þarf því að koma til víðtækt samstarf sveitarfélaganna á höfuðborgarsvæðinu varðandi flokkun og söfnun. Margar aðferðir eru til við flokkun og söfnun og henta ekki allar hér á landi. Flokkunar- og söfnunarkerfi eru að auki mjög flókin og þarf að skoða það sérstaklega og er rétt að hafa í huga að söfnun sorps á höfuðborgarsvæðinu er um 70% af heildarkostnaði við málaflokkinn.

Þær aðferðir sem til eru við flokkun og söfnun eru t.d.

Íbúar flokka í tvær til þrjár mismunandi tunnur sem sveitarfélagið hirðir með mismunandi tíðni (t.d. flokka pappír, lífrænt og annað, lífrænt hirt aðra hverja viku en annað með þriggja vikna millibili)

Íbúar flokka í mismunandi poka og setja allt í sömu tunnuna. Pokarnir eru aðgreindir á móttökustað með „optískri“ greiningu.

Íbúar flokka í tvískiptar tunnur, lífrænt í annað hólfið og annan úrgang í hitt. Tunnurnar eru síðan hirtar með sérstökum tvískiptum sorphirðubíl.

Íbúar flokka ólífrænt frá lífrænu. Lífrænt fer í tunnuna sem sveitarfélagið sér um að safna, en íbúar fara með annað á grenndarstöðvar eða endurvinnslustöðvar.

Íbúar flokka í mismunandi poka sem síðan fara í sogkerfi þar sem sorpið er sogað í miðlægar stöðvar. Sorpið er flokkað í poka sem fara í sinn rétta gám. Ekki þarf optíska greiningu.

Eins og sést eru möguleikarnir fleiri en einn og er ekki um tæmandi talningu að ræða. Ef vel ætti að vera þyrftu sveitarfélögin að koma sér upp sameiginlegu kerfi þannig að ekki verði hætta á ruglingi eða misskilningi, t.d. þegar íbúar flytja milli sveitarfélaga eða vinna í einu sveitarfélagi en eiga heimili í öðru.

Rétt er að hafa í huga að hér á landi tíðkast að á sorpbílunum séu 4-6 menn sem hirða sorph. Þeir fara í sorphgeymslur, ná í tunnur, draga þær fram á götu, tæma í bílinn og skila tunnunum aftur. Erlendis er orðið mjög algengt að íbúar séu skyldugir til að



koma sorplátum út að götu, þar sem einn maður á bíl kemur, tæmir tunnuna og skilar henni aftur (e. „curbside collection“). Bíllinn er þá útbúinn með armi sem nær í tunnuna, losar hana og skilar aftur. Íbúinn þarf síðan að koma tunnunni til baka. Þannig má spara í innsöfnun sorps. Hér hefur heyrst að slíkt gangi ekki vegna veðurs. Á það skal bent í þessu sambandi að í Bodö í Noregi (sem liggur norðan við heimskautsbaug) eru þrjár tunnur fyrir hvert heimili, ein fyrir lífrænt, ein fyrir pappír og ein fyrir annað. Íbúar skila tunnnum út að götu og sækja síðan aftur. Þar eru snjóþyngsli ekki minni en hér á höfuðborgarsvæðinu og vindur síst minni. Því ætti sú leið að vera möguleg hér, sennilega þyrfti þó að breyta sorphirðusamþykktum ef skylda ætti húseigendur til að færa tunnur sínar út að götu. Einnig er alveg óvíst að íbúar myndu setta sig við þess konar breytingu.

Af ofansögðu má ljóst vera að breytingar á söfnun og kostnaðarreikningar samfara því, eru langtum viðameiri en svo að rúmist innan þessarar skýrslu og þess tímaramma sem um hana var settur. Því er lagt til að sérstaklega verði athugað á hvern hátt megi breyta flokkun íbúa og söfnun sveitarfélaganna.

Annar mikilvægur þáttur sem hafa verður í huga og snýr að flokkun og söfnun, er hve miklu af lífrænum eldhúsúrgangi er hægt að ná með flokkun og söfnun. Söfnunargráðan (hlutfall innvegins magns á móti heildarmagni heppilegs úrgangs) ræður í raun hönnunarstærð vinnslulínunnar. Eins og áður hefur komið fram er reynsla Dana sú að um 30% söfnunargráða náist við flokkun lífræns eldhúsúrgangs. Heildarmagn heppilegs úrgangs er hins vegar mismunandi milli aðferða. T.d. henta bleiur til gámavinnslu, þurrar loftfirrtar vinnslu og í orkuhleifa en henta engan veginn í opna eða loftaða múga (vegna foks) eða loftfirrtar votvinnslu (vegna hættu á að efnið stífli dælur). Í töflu 3.3- 1 er sýnt það magn sem hægt er að vinna með góðu móti með hverri aðferð.

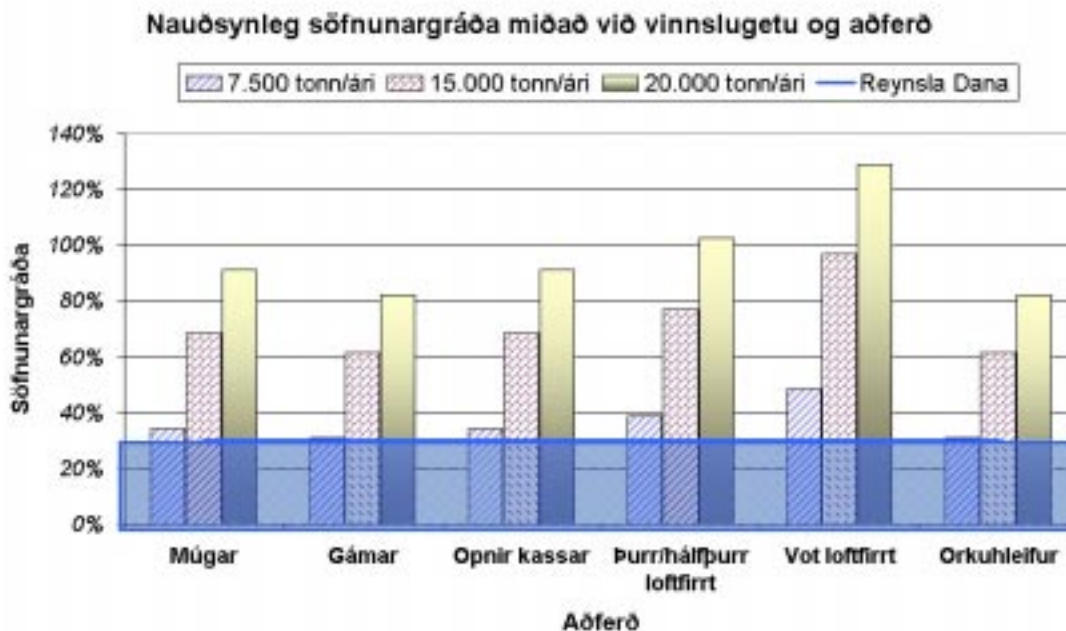
**Tafla 3.3-1** Vinnanlegt magn á höfuðborgarsvæðinu eftir aðferð.

Aðferð	Vinnanlegt magn tonn/ári
Múgar	17.560
Gámar	19.480
Opnir kassar	17.560
Þurr/hálfþurr loftfirrt	19.480
Vot loftfirrt	15.500
Orkuhleifur	19.480

Á mynd 3.3-1 er sýnt hvaða söfnunargráðu er nauðsynlegt að ná við hverja aðferð og magn. Eins og sést af myndinni þarf t.d. 125% söfnunargráðu ef vinnslan er hönnuð fyrir 20.000 tonna vota loftfirrtar vinnslu. Sé hins vegar miðað við orkuhleif þarf um 80% söfnunargráðu.

Reynsla Dana sýnir<sup>24</sup> að söfnunargráðan sé um 30%. Skv. reynslu frá Svíþjóð og Noregi er ekki óalgengt að söfnunargráðan sé um 70 - 80% í byrjun en detti fljótlega niður í 40-60%. Náist 60% söfnunargráða er ljóst að hægt er að gera ráð fyrir 15.000 tonna vinnslu á höfuðborgarsvæðinu a.m.k. fyrir gáma og orkuhleifa. Aðrar aðferðir þurfa hærri söfnunargráðu. Verði vinnslulínan hönnuð fyrir 15.000 tonn/ári en söfnunargráðan reynist minni en 60%, þarf mismunurinn að koma annars staðar frá, t.d. frá atvinnurekstri, til að vinnslulínan og fjárfestingin séu fullnýttar.

<sup>24</sup> VSÓ Ráðgjöf, „Möguleikar og hagkvæmni þess að taka upp flokkun og vinnslu lífræns úrgangs frá heimilum í Reykjavík“, unnið fyrir Hreinsunardeild Gatnamálastjóra, október 1997



Mynd 3.3-1. Nauðsynleg söfnunargráða sem ná þarf fyrir hverja aðferð og magn (búið er að taka tillit til stoðefna þar sem þeirra er þörf).

### 3.4 NAUÐSYNLEG TÆKI OG AÐSTAÐA

Í öllum tilfellum er gert ráð fyrir að fjárfesta þurfi í eftirfarandi tækjum og búnaði:

Pokaopnara

Málmflokkara I (e. „*metallic separator*“)

Málmflokkara II (e. „*non-ferrous metallic separator*“)

Tætara

Sigti fyrir eftirmeðhöndlun. Í sumum tilvikum er hægt að nýta þetta tæki einnig fyrir formeðferð.

Plastskilju

Fyrir loftháða vinnslu er að auki gert ráð fyrir að fjárfesta þurfi í blandara (e. „*batch mixer*“)

Verði tekin upp flokkun lífræns úrgangs í mislita poka þarf optískan greini í móttökustöð SORPU bs. Slík flokkun hentar þó ekki öllum aðferðum. Kostnaður við slíkan greini leggst á allan úrgang og tilheyrir því frekar flokkun og söfnun en vinnslu lífræns úrgangs.

Í öllum tilfellum er gert ráð fyrir að jarðvegsbætir sé á lausu formi og afgreiddur þannig frá SORPU bs., þ.e. ekki leggist aukakostnaður á ferlið vegna þökkunar í poka.

#### 3.4.1 Opnir múgar

Fyrir sjálfa múgana þarf asfaltborið plan. Stærð plansins er háð magni sem þarf að vinna, stærð múgans og viðverutíma efnisins á vinnslusvæðinu. Gert er ráð fyrir að rúmþyngd efnisins sé  $620 \text{ kg/m}^3$ , að þverskurðarflatarmál múganna sé  $5,09 \text{ m}^2$ , milli múga séu 2,5 m og að viðverutími efnisins í múgunum sé 8 vikur. Gert er ráð fyrir að

efnið léttist um helming á þessu tímabili. Fyrir eftirmeðhöndlunina er gert ráð fyrir að rúmþyngd efnisins sé  $560 \text{ kg/m}^3$ , að þverskurðarflatarmál múganna sé  $7,0 \text{ m}^2$ , milli múga séu  $2,5 \text{ m}$  og að viðverutími sé  $8 \text{ vikur}$ .

Gert er ráð fyrir að sigvatnssöfnun þurfi við allt planið en einungis þurfi að leggja lagnir meðfram tveimur hliðum. Gert er ráð fyrir sandfangi og fitugildru. Gert er ráð fyrir að tengingar við lagnakerfi eða útrásir séu  $1.000 \text{ m}$  frá vinnslusvæðinu.

Gert er ráð fyrir vegagerð að svæðinu og að sá vegur sé  $1.000 \text{ m}$  með bundnu slitlagi. Þá er og gert ráð fyrir  $300 \text{ m}^2$  vélageymslu.

Í kostnaðarútreikningum er ekki gert ráð fyrir landakaupum sem þó eru væntanlega óhjákvæmileg.

Í töflu 3.4-1 er samantekt á þessum stærðum.

**Tafla 3.4-1.** Samantekt á helstu stærðum fyrir opna múga

Liður	7.500 tonn/ári	15.000 tonn/ári	20.000 tonn/ári
Lengd aðalmúga + aukapláss	45 m + 5 m	91 m + 5 m	60 m + 5 m
Flöldi aðalmúga	8	8	16
Viðverutími í aðalmeðferð	8 vikur	8 vikur	8 vikur
Lengd eftirmúga + aukapláss	17 m + 5 m	33 m + 5 m	49 m + 5 m
Fjöldi eftirmúga	8	8	8
Viðverutími í eftirmeðferð	8 vikur	8 vikur	8 vikur
Asfaltplan-aðalmeðferð	$2.600 \text{ m}^2$	$5.000 \text{ m}^2$	$6.500 \text{ m}^2$
Asfaltplan-eftirmeðferð	$1.150 \text{ m}^2$	$2.000 \text{ m}^2$	$2.800 \text{ m}^2$
Safnlagnir við aðalplan	200 m	250 m	300 m
Safnlagnir við eftirmeðferð	125 m	140 m	160 m
Fráveitulögn	1.000 m	1.000 m	1.000 m
Vegagerð	1.000 m	1.000 m	1.000 m
Vélageymsla	$300 \text{ m}^2$	$300 \text{ m}^2$	$300 \text{ m}^2$

### 3.4.2 Loftaðir múgar

Á sama hátt og fyrir opna múga þarf asphalt borið plan. Stærð plansins er eins og áður háð því magni sem á að vinna, stærð múganna og viðverutíma efnisins í múgunum. Í þessu tilfalli geta múgarnir verið stærri en þá þarf stærri blásara til að sjá um loftun. Því geta slíkir múgar ekki verið jafn langir og opnir múgar. Gert er ráð fyrir að rúmþyngd efnisins sé  $640 \text{ kg/m}^3$ , þverskurðarflatarmál múganna sé  $12 \text{ m}^2$  og lengd þeirra sé í öllum tilfellum  $20 \text{ m}$ . Yfir efnið er lagt  $0,5 \text{ m}$  þykkt lag af þroskuðu efni (lífræn sía) til að koma í veg fyrir lykt. Gert er ráð fyrir að viðverutími í aðalmúgum sé  $4 \text{ vikur}$ . Gert er ráð fyrir að efnið léttist um helming á þessum tíma. Fyrir eftirmeðhöndlunina er gert ráð fyrir að efnið hafi rúmþyngd  $560 \text{ kg/m}^3$ , þverskurðarflatarmál múganna sé  $7 \text{ m}^2$ , milli múga séu  $2,5 \text{ m}$  og að auki  $2,5 \text{ m}$  á alla kanta, viðverutíminn sé  $4 \text{ vikur}$  og að efninu sé snúið með hjólaskóflu.

Blásari er við hvern múga í aðalvinnslu og eru lagðar loftlagnir undir múgana úr götuðum plastpípum. Í hverjum múga eru einnig hita- og rakaskynjarar.

Gert er ráð fyrir að sigvatnssöfnun þurfi við allt planið en einungis þurfi að leggja lagnir meðfram tveimur hliðum. Gert er ráð fyrir sandfangi og fitugildru. Gert er ráð fyrir að tengingar við lagnakerfi eða útrásir séu 1.000 m frá vinnslusvæðinu.

Gert er ráð fyrir vegagerð að svæðinu og að sá vegur sé 1.000 m með bundnu slitlagi. Þá er og gert ráð fyrir vélageymslu upp á 300 m<sup>2</sup>.

Í töflu 3.4-2 er samantekt á þessum stærðum.

**Tafla 3.4-2** Samantekt á helstu stærðum fyrir loftaða múga.

<b>Liður</b>	<b>7.500 tonn/ári</b>	<b>15.000 tonn/ári</b>	<b>20.000 tonn/ári</b>
Lengd aðalmúga + aukapláss	20 m + 10 m	20 m + 10 m	20 m + 5 m
Flödi aðalmúga	4	8	10
Viðverutími við aðalmeðferð	4 vikur	4 vikur	4 vikur
Lengd eftirmúga + aukapláss	17 m + 5 m	33 m + 5 m	49 m + 5 m
Fjöldi eftirmúga	4	4	4
Viðverutími við eftirmeðferð	4 vikur	4 vikur	4 vikur
Asfaltplan-aðalmeðferð	1.560 m <sup>2</sup>	2.940 m <sup>2</sup>	3.630 m <sup>2</sup>
Asfaltplan-eftirmeðferð	600 m <sup>2</sup>	1.030 m <sup>2</sup>	1.460 m <sup>2</sup>
Safnlagnir við aðalplan	85 m	130 m	150 m
Safnlagnir við eftirmeðferð	50 m	65 m	85 m
Fráveitulögn	1,000 m	1,000 m	1,000 m
Vegagerð	1,000 m	1,000 m	1,000 m
Vélageymsla	300 m <sup>2</sup>	300 m <sup>2</sup>	300 m <sup>2</sup>

### 3.4.3 Gámar

Vinnslan fer fram í lokuðum gámum sem tengdir eru miðlægu loftunarkerfi. Gámarnir þurfa að standa á steypu plani þannig að hægt sé að festa þá niður. Gámarnir eru misstórir eftir framleiðendum og er því notast við þær tölur sem framleiðendur gefa upp. Einnig þarf asphaltplan undir eftirmeðferðina óháð framleiðenda. Einnig þarf að byggja yfir stjórnstækin til að verja þau veðri.

Verði gámaaðferðin valin er gert ráð fyrir að hægt sé að finna starfsemi stað á lóð SORPU bs. í Gufunesi. Efninu væri síðan ekið í Álfsnes eftir aðalmeðferð, þar sem það væri látið þroskast frekar á asfaltlögðu undirlagi.

Ekki þarf neinar sigvatnslagnir fyrir aðalmeðferðina. Hins vegar þarf rafmagn. Fyrir eftirmeðferðina er gert ráð fyrir sigvatnssöfnun meðfram tveimur hliðum, sandgildru og fituskilju. Tenging (fráveitulögn) við viðtaka er áætluð 100 m.

Í töflu 3.4-3 er samantekt á helstu stærðum frá tveimur framleiðendum.

Eins og fram kemur í töflunni er nokkur munur milli framleiðenda, hvað varðar stærðir á plönunum. Mismunurinn í stærð steypis undirlags undir gámana helgast af mismunandi stærð gáma og mismunandi viðverutíma. Sama á við um eftirmeðhöndlunina.

Nota þarf sérstakt tæki til að flytja gámana um og er það dregið af venjulegum traktor.

Tafla 3.4-3 Samantekt á helstu stærðum fyrir gámaaðferð.

<b>Liður</b>	<b>7.500 tonn/ári</b>	<b>15.000 tonn/ári</b>	<b>20.000 tonn/ári</b>
Gámaaðferð-1			
- Stærð gáma (fjöldi gáma)	ekki gefið upp	ekki gefið upp	ekki gefið upp
- Viðverutími í gámum	10 dagar	10 dagar	10 dagar
- Viðverutími í eftirmeðferð	10 vikur	10 vikur	10 vikur
- Steypt plan undir gáma	1.116 m <sup>2</sup>	1.736 m <sup>2</sup>	2.046 m <sup>2</sup>
- Asfaltplan fyrir eftirmeðferð	3.600 m <sup>2</sup>	4.950 m <sup>2</sup>	6.300 m <sup>2</sup>
- Sigvatnssöfnun	130 m	145 m	160 m
- Fráveitulögn	100 m	100 m	100 m
Gámaaðferð-2			
- Stærð gáma (fjöldi gáma)	33.6 m <sup>3</sup> (21)	33.6 m <sup>3</sup> (42)	33.6 m <sup>3</sup> (55)
- Viðverutími í gámum	18 dagar	18 dagar	18 dagar
- Viðverutími í eftirmeðferð	8 vikur	8 vikur	8 vikur
- Steypt plan undir gáma	293 m <sup>2</sup>	585 m <sup>2</sup>	766 m <sup>2</sup>
- Asfaltplan fyrir eftirmeðferð	2.035 m <sup>2</sup>	4.070 m <sup>2</sup>	5.330 m <sup>2</sup>
- Sigvatnssöfnun	90 m	130 m	150 m
- Fráveitulögn	100 m	100 m	100 m

### 3.4.4 Opnir kassar

Þessi aðferð byggir á því að komið er fyrir steypum kössum utanhúss og í þá er hið lífræna efni lagt í nokkuð þykkum lögum. Öll meðhöndlun og blöndun efnisins fer fram innandyra en aðalvinnsla í opnum kössum utanhúss og eftirvinnslan fer sömuleiðis fram í eins kössum. Í aðalvinnslunni er lagt þroskað efni yfir (lífræn sía) til að koma í veg fyrir lyktarmengun. Aðalvinnsla tekur 3 vikur og eftirvinnsla 8 vikur. Efnið er ekki tætt áður en það er lagt í kassana heldur látið þangað eins og það kemur inn í stöðina. Eftir aðalvinnsluna er efnið sigtað og stærstu klumparnir (hlutarnir) fara aftur inn í vinnsluna. Í töflu 3.4-4 eru dregnar saman helstu upplýsingar um þessa aðferð.

Tafla 3.4-4 Samantekt á helstu stærðum fyrir opna kassaaðferð

<b>Liður</b>	<b>7.500 tonn/ári</b>	<b>15.000 tonn/ári</b>	<b>20.000 tonn/ári</b>
Flatarmálsþörf	(10.000 m <sup>2</sup> )	12.000 m <sup>2</sup>	13.500 m <sup>2</sup>
Viðverutími í aðalmeðferð	3 vikur	3 vikur	3 vikur
Viðverutími í eftirmeðferð	8 vikur	8 vikur	8 vikur
Fjöldi starfsmanna	(3)	4	5

Aðrar upplýsingar fengust ekki um þessa aðferð. Flatarmálsþörf og mannafla er áætlaður þar sem framleiðandinn gaf ekki upp tölur fyrir þessa stærð vinnslulínu.



### 3.4.5 Þurr-hitakær loftfirrt vinnsla með loftháðri eftirvinnslu

Tvær lausnir eru skoðaðar.

**Tilfelli 1.** Í fyrra tilfellinu er um að ræða loftfirrt, þurra, eins þrepa, samfellda hitakæra vinnslu. Hið flokkaða lífræna efni er sett í þró þaðan sem það er fært með sjálfvirkum krabba í tætarar. Þaðan fer efnið á færiband sem leitt er undir segul. Einnig er efnið skoðað af starfsmönnum. Eftir það fer efnið í hakkara sem tætir efnið í 10-20 mm. Snigill færir síðan efnið í sjálfvirkan matara, þar sem það er hitað upp. Rúmmál matarans svarar til 5 daga efnis. Efnið er síðan fært úr mataranum með hreyfanlegum botnplötum.

Meltingin fer fram í tveimur melturum. Efnið er „smitað“ með eldra efni og með vatni úr vinnslunni þar til réttu vatnsinnihaldi er náð (30 - 35 % af þyngd). Hvor meltari er um 350 m<sup>3</sup>. Meltararnir eru hitaðir í botninn með hitakerfi sem brennir metangasi.

Viðverutíminn í meltaranum er 15-20 dagar. Eftir að meltingu lýkur fer efnið í tank þar sem lofti er blásið um það (loftháð ferli). Viðverutíminn við loftháða ferlið er 5-10 dagar og að þeim tíma liðnum er efnið tilbúið til notkunar.

Loftið sem kemur frá loftháða ferlinu er hreinsað með lífrænum þvotti (e. „*bio-scrubber*“) ásamt lífrænni síu.

Vatn sem kemur úr vinnslunni er bæði geymt á staðnum til notkunar síðar meir og jafnframt er hluti þess hreinsaður með miðflóttaafllskilju og hreinsað lífrænt þar til hægt er að hleypa því niður í frárennsliskerfi.

Haugagasið sem myndast við vinnsluna nýtist þannig:

- 8 % orkunnar tapast,
- 8 % er notuð ferliorka í formi varma,
- 51 % er seld varmaorka,
- 25 % er selt rafmagn,
- 8 % er notuð ferliorka í formi rafmangs,

Í töflu 3.4-5 er samantekt á helstu stærðum í þessari aðferð. Það skal tekið fram að þessar upplýsingar eru ekki komnar beint frá framleiðanda.

**Tafla 3.4-5** Samantekt á helstu stærðum fyrir hitakæra þurrvinnslu með loftháðri eftirmeðferð.

Liður	5,000 tonn/ári	10,000 tonn/ári	15,000 tonn/ári
Flatarmálsþörf (heildar)	2.500 m <sup>2</sup>	2.500 m <sup>2</sup>	2.900 m <sup>2</sup>
Flatarmál bygginga	800 m <sup>2</sup>	800 m <sup>2</sup>	1.200 m <sup>2</sup>
Fjöldi og stærð meltara	2 x 175 m <sup>3</sup>	2 x 350 m <sup>3</sup>	3 x 350 m <sup>3</sup>
Viðverutími í meltara	15-20 dagar	15-20 dagar	15 - 20 dagar
Viðverutími í eftirvinnslu	10 dagar	10 dagar	10 dagar

**Tilfelli 2.**

Í seinna tilfellinu er um að ræða þurra/hálþurra hitakæra, einfasa, einsþrepa samfellda vinnslu. Hinn lífræni úrgangur er settur í skömmunartæki með hreyfanlegu gólfi. Þaðan fer efnið í snúningssigti þar sem efni sem er stærra en 40 mm, er sigtað frá. Efnið sem fer í gegnum sigtið fer strax í skömmunartæki en > 40 mm fer fyrst í tromlu sem minnkar lífræna efnið frekar. Þaðan fer efnið í málmaskilju en síðan í skömmunartækið. Því næst fer efnið í fæðidælu þar sem það er smitað með eldra efni og hitað með gufu í rétt hitastig. Þaðan fer efnið efst í vel einangraðan meltunartank. Efnið fer síðan gegnum meltarann með hjálp þyngdarlögmálsins og er tekið úr botninum með snigli.

Pegar efnið kemur úr meltaranum er það blandað með fjölliðu (e. „polymer“) og síðan pressað í pressusnigli til að ná vatninu úr. Vatnið er leitt í tank þar sem því er haldið á stöðugri hreyfingu. Þaðan fer vatnið í miðflóttaafllsskilju þar sem hrat og sandur eru skilin frá. Þessi fasti hluti er síðan blandaður við fasta efnið sem kom úr pressusniglinum en vatnið fer til frekari vinnslu í skólphreinsistöð. Fasta efnið fer síðan til loftháðrar jarðgerðar með beddajarðgerð (hæð bedda um 2,5 m) þar sem lofti er blásið um efnið. Viðverutími í meltaranum er 15-30 dagar og 14 dagar í loftháðri eftirmeðferð. Í töflu 3.4-6 er samantekt á helstu stærðum fyrir þessa aðferð.

**Tafla 3.4-6.** Hitakær hálþurr/þurr loftfirt vinnsla með loftháðri beddameðferð.

<b>Liður</b>	<b>7,500 tonn/ári</b>	<b>15,000 tonn/ári</b>	<b>20,000 tonn/ári</b>
Flatarmálsþörf (heildar)	1.000 m <sup>2</sup>	1.750 m <sup>2</sup>	2.600 m <sup>2</sup>
Flatarmál bygginga	375 m <sup>2</sup>	800 m <sup>2</sup>	1.200 m <sup>2</sup>
Fjöldi og stærð meltara	1 x 548 m <sup>3</sup>	1 x 750 m <sup>3</sup>	1 x 1.460 m <sup>3</sup>
Viðverutími í meltara	15-30 dagar	15-30 dagar	15 - 30 dagar
Viðverutími í eftirvinnslu	14 dagar	14 dagar	14 dagar

Upplýsingar um stærðir bygginga og rúmmál meltara fyrir 7.500 tonn og 20.000 tonn eru áætluð út frá 15.000 tonna verksmiðju þar sem framleiðandi gaf einungis upp stærðir fyrir þá vinnslugetu.

**3.4.6 Millihitakær votvinnsla**

Upplýsingar fengust frá einum framleiðanda þessarar aðferðar. Hér er um sérstakan meltara að ræða sem kallast ADUF<sup>®</sup> „membru“ meltari (e. „*Anaerobic Digestion with UltraFiltration membrane reactor*“). Þessi gerð meltara hefur aðallega verið notuð til vinnslu á fljótandi húsdýraáburði en einnig til vinnslu á flokkuðum lífrænum eldhúsúrgangi.

Hráefnið er fyrst bleytt upp þar til komið er fljótandi hráefni. Áður en efnið fer lengra fer það í gegnum skilju þar sem stærri hlutir og hlutir sem innihalda tréni eru fjarlægðir. Fljótandi hráefnið fer síðan í biðtank. Efnið er síðan leitt um varmaskipti þar sem efnið er hitað með brennslu metangass og fer síðan inn í sjálfan meltarann, sem er einangraður stáltankur. Efninu er síðan dælt úr meltaranum gegnum síuna sem meltarinn dregur nafn sitt af (UltraFiltration). Þar er vatn sem inniheldur niðurbrotin næringarefni skilið frá. Sá hluti efnisins sem ekki hefur brotnað niður er færður aftur inn í meltarann og færir þá með sér bakteríur. Við þessa stöðugu hringrás fer efnið

um varmaskipti sem sér um að halda réttum hita á meltaranum. Varmaskiptirinn er hitaður með kælivökva gasbrennarans í stöðinni.

Sá vökvi sem kemur úr vinnslunni fer gegnum ammoníaksþvott (d. „ammoniakstripper“) þar sem mestur hluti ammoníaksins þvæst úr. Eftir verður saltríkt vatn sem því næst fer í gegnum öfuga osmos vinnslu þar sem vatnið er skilið frá og söltin verða eftir í samþjöppuðu formi.

Það fasta efni, sem kemur úr þessari vinnslu þarf ekki frekari meðhöndlunar við. Framleiðandinn segir aftur á móti að hinn lífræni flokkaði úrgangur þurfi að vera mjög „hreinn“ og einsleitur til að þessi vinnsla gangi, ekkert plast eða t.d. bleiur. Garðaúrgangur hentar ekki til þessarar vinnslu.

Framleiðandi þessarar aðferðar gefur upp að undir framleiðsluna þurfi hús sem er 300 m<sup>2</sup> óhád magni. Ekki er ljóst hver sé viðverutími í meltaranum. Aðrar upplýsingar eru af skornum skammti.

### 3.4.7 Hálfpurr hitakær lofffirrt vinnsla

Svör fengust frá einum framleiðanda þessarar aðferðar en lýsing og stærðir eru af skornum skammti. Fyrst er efnið hakkað, síðan fer það um málmkilju, þaðan í blöndunartank þar sem heitu afgangsvatni er blandað við efnið. Þaðan fer efnið í meltunartank. Efnið er fjarlægt úr botni tanksins og blandað með fjölliðu (e. „polymer“) áður en það fer í snigilpressu þar sem vatn er fjarlægt. Vatnið er hitað upp og geymt til að hita upp nýtt efni. Afgangsvatn þarf að hreinsa. Fasta efnið er fært til eftirmeðferðar með loftháðri aðferð. Í töflu 3.4-7 er samantekt á þeim upplýsingum sem fengust frá framleiðanda.

Tafla 3.4-7. Samantekt á helstu stærðum fyrir hálfpurra hitakæra lofffirra vinnslu.

Líður	7.500 tonn/ári	15.000 tonn/ári	20.000 tonn/ári
Flatarmálsþörf (heildar)	1.200 m <sup>2</sup>	2.500 m <sup>2</sup>	4.500 m <sup>2</sup>
Flatarmál bygginga	400 m <sup>2</sup>	600 m <sup>2</sup>	800 m <sup>2</sup>
Fjöldi og stærð meltara	Upplýsingar fengust ekki	Upplýsingar fengust ekki	Upplýsingar fengust ekki
Viðverutími í meltara	14 dagar	14 dagar	14 dagar
Viðverutími í eftirvinnslu	10-14 dagar	10-14 dagar	10-14 dagar

### 3.4.8 Orkuhleifur

Upplýsingar fengust frá hönnuði um nauðsynlegan tækjakost, aðstöðu og verð. Gert er ráð fyrir að vinnslan fari fram í Álfsnesi og verði hleifarnir byggðir ofan á núverandi sorphaugum. Hleifarnir verða unnir við hitakær skilyrði (~55 °C), m.a. til að flýta ferlinu. Þannig er gert ráð fyrir að efnið sé 3 ár í hverjum hleif. Tveir hleifar verða byggðir á hverju ári og líða því þrjú ár þar til allir hleifarnir eru komnir í notkun. Alls þarf því sjö hleifa (tvo fyrir hvert ár og einn á meðan fyrsti hleifurinn er fjarlægður).

Grunnflatarmál hleifanna er mismunandi eftir því magni sem unnið er á hverju ári, sjá töflu 3.4-8 og er þykktin 8 - 13 m. Undir hleifunum er komið fyrir drenlögnum fyrir sigvatn og nýttast þær lagnir þó hleifurinn sé grafinn burt og annar settur í staðinn. Sigvatninu er safnað, það hitað og síðan dælt í hauginn aftur, bæði til að tryggja rétt

rakastig en einnig til að tryggja rétt hitastig. Í hleifana eru síðan lagðar safnlagirnir fyrir haugags. Gaslagirnir úr öllum haugunum verða tengdar inn á sameiginlega gasdælustöð. Gasið er síðan sogað úr hleifunum og þannig tryggt að þeir séu undir stöðugum undirþrýstingi. Yfir haugana er lagður jarðvegur og þökur til að tryggja að efnið sé við loftfirrt skilyrði. Gert er ráð fyrir að það efni fái á staðnum til að byrja með, en síðan má nota jarðvegsbætir sem fjarlægður hefur verið úr eldri hleifum til að leggja yfir nýja hleifa.

Komið er með efnið á móttökustað í Álfsnesi. Þar fer efnið í formeðhöndlun, pokaopnara, tætara, málmskilju og blandara. Efnið er síðan flutt með færriböndum út í hleifana og bætast því færribönd við á hverju ári þar til allir hleifarnir hafa verið byggðir. Við vinnsluna er að auki gert ráð fyrir að þurfi hjólaskóflu og dráttarvél. Við kostnaðarreikninga er gert ráð fyrir að öll athafnasvæði fyrir forvinnslu, eftirvinnslu og vegi sé með asfaltfirborði.

Eftir þrjú ár þegar niðurbroti efnisins er lokið er lofti blásið um gasleiðslurnar til að þurrka efnið. Við eftirmeðhöndlunina þarf síðan sigti þar sem fjarlæggt er plast og annað sem gæti verið í efninu. Sá hluti fer til urðunar í Álfsnesi, en afgangurinn er tilbúinn jarðvegsbætir sem ekki þarf frekari meðhöndlun. Í töflu 3.4-8 er samantekt á helstu stærðum fyrir orkuhleifana.

**Tafla 3.4-8.** Samantekt á helstu stærðum fyrir orkuhleifa.

<b>Liður</b>	<b>7.500 tonn/ári</b>	<b>15.000 tonn/ári</b>	<b>20.000 tonn/ári</b>
Heildarfjöldi orkuhleifa	7	7	7
Þykkt orkuhleifa	8 m	8 m	8 m
Flatarmál hvers hleifs	760 m <sup>2</sup>	1.510 m <sup>2</sup>	2.015 m <sup>2</sup>
Flatarmálsþörf (heildar)	8.500 m <sup>2</sup>	17.000 m <sup>2</sup>	22.400 m <sup>2</sup>
Flatarmál bygginga	400 m <sup>2</sup>	400 m <sup>2</sup>	400 m <sup>2</sup>
Sigvatnslagnir	550 m	710 m	980 m
Gassöfnun	550 m	710 m	980 m
Viðverutími í hleif	3 ár	3 ár	3 ár
Viðverutími í eftirvinnslu	0	0	0

### 3.5 SAMNÝTING MEÐ ANNARRI STARFSEMI SORPU

Í öllum tilfellum er gert ráð fyrir að aðstaðan í Gufunesi verði að einhverju leyti notuð. Þó er misjafnt eftir aðferðum hvernig hún nýtist. Gert er ráð fyrir í öllum tilfellum að móttaka á hinum lífræna úrgangi verði í móttökustöð SORPU bs. Vigtun fari þar einnig fram. Í þeim tilfellum þar sem ekki þarf sigtun fyrir vinnslu er þeim tækjabúnaði sem til þarf og talinn er upp í kafla 3.4 komið fyrir í móttökustöðinni. Efnið er síðan flutt á bandi í gámum eða á vöruflutningabílum á vinnslustað. Eftirmeðferð fer fram á vinnslustað lífræna úrgangsins nema annað sé tekið fram.

### 3.6 FJÁRHAGSLEGAR FORSENDUR

Við stofnkostnaðarútreikninga er gert ráð fyrir 9 % vöxtum og 50 ára afskriftartíma á fasteignum, 8 ára afskriftartíma á tækjum og tólum. Í þeim tilfellum þar sem ekki er

hægt að greina á milli hvað telst tæki og hvað telst fasteign er reiknað með sömu vöxtum en 20 ára afskriftartíma. Allar kostnaðartölur eru án virðisaukaskatts.

Gert er ráð fyrir eftirfarandi:

Tímataxti vinnuafls er áætlaður 2.500 kr/tímann.

Orkuverð er áætlað sem hér segir:

Rafmagnsorkunotkun > 200.000 kWh/ári

Fast gjald 45.100 kr/ári

Aflgjald 7.640 kr/kW/ári

Vetrarorka 3,77 kr/kWh

Sumarorka 1,74 kr/kWh

Meðalorkugjald er reiknað 2,92 kr/kWh  $(7 \times 3,77 + 5 \times 1,74) / 12$ , þetta er sú tala sem notuð er í útreikningum

Rafmagnsnotkun < 200.000 kWh/ári

Fast gjald 10.100 kr/ári

Orkugjald 3,28 kr/kWh

Olíuverð er reiknað 27 kr/l

Hönnunar-, eftirlits- og leyfiskostnaður er áætlaður 10 milljónir í öllum tilfellum.

Heildarkostnaður vegna flutninga, tolla og trygginga eru áætlaðar 25% af innkaupsverði.

Ófyrirséð er áætlað sem hér segir;

15% af innkaupsverði tækja

25 % af hönnunar- og byggingarkostnaði fasteigna

10 % af rekstrarliðum

Viðhaldskostnaður á ári er áætlaður 10 % af stofnkostnaði nema aðrar upplýsingar liggi fyrir.

Kostnaður vegna gæðaeftirlits er áætlaður 2 millj/7.500 tonn, 3 millj/15.000 tonn og 4 millj/20.000 tonn í öllum tilfellum.

Við rekstur er yfirstjórn áætluð 10 % af rekstrarliðum.

**Kostnaður við flokkun og söfnun er ekki tekinn með.**

## 3.7 FJÁRHAGSLEGUR ÁVINNINGUR

### 3.7.1 Afurðir

Úr vinnslu lífræns eldhúsúrgangs geta komið mismunandi afurðir, jarðvegsbætir, fljótandi jarðvegsbætir og haugagas. Erfitt getur hins vegar verið að verðleggja þessar afurðir. Það er óumdeilt að jarðvegsbætir hefur ákveðna kosti fram yfir venjulegan tilbúinn áburð, hins vegar er vandkvæðum bundið að verðleggja þennan ávinning. Ein aðferð er sú að leggja til jafns verðmæti áburðarefna í jarðvegsbæti og í tilbúnum



áburði. Hins vegar hrekkur sú jöfnun skammt því efnin eru á mismunandi formi, krefjast mismunandi flutningsmáta og krefjast mismunandi dreifingar- og notkunaraðferða. Frá sjónarhóli framleiðandans á þessi hugsanlegi „ávinningur“ ekki heima í bókhaldi framleiðslunnar.

Hér á landi hafa nokkrir aðilar lýst yfir áhuga sínum á notkun jarðvegsbætis, en engar tölur hafa verið nefndar í því sambandi. Því er gert ráð fyrir að efnið sé verðlaust fyrir framleiðandann. Þetta er líka í samræmi við reynslu erlendis. Algengast er að framleiðendur gefi sína framleiðslu eða fái í mesta lagi einhverja sárabót upp í kostnað. Ekki er vitað um neinn stað þar sem sala afurðarinnar (fljótandi eða föst) stendur undir kostnaði við framleiðsluna.

Hvað varðar haugagasið er ekki gert ráð fyrir að framleiðandinn hreinsi, tanki eða selji gasið beint til notanda, hvorki sem eldsneyti á ökutæki né til framleiðslu rafmagns. Gert er ráð fyrir að framleiðandinn safni gasinu og skili því óhreinsuðu til annars aðila sem hráorku. Verðlagning hráorkunnar er nokkrum vandkvæðum bundin. Sé miðað við heitt vatn sem hráorku er það venjulega verðlagt á um 1,14 kr/kWh. Hins vegar er jarðgufa sem hráorka verðlögð á um 0,26 kr/kWh. Því má ætla að hráorkuverð haugagass liggi einhvers staðar þarna á milli. Hér verður valin sú leið að verðleggja haugagasið á 0,40 kr/kWh.

Magn haugagas er misjafnt eftir vinnsluáðferðum, en hér verður valin sú leið að áætla sama gasmagn frá öllum loftfirrtum aðferðum nema orkuhleifum. Ástæðan er m.a. sú að í orkuhleifnum gengur hið loftfirrt lífræna niðurbrot eins langt og hægt er og úr efninu næst það gas sem tæknilega er mögulegt að ná úr efninu. Vinnsla í meltara á hinn bóginn tekur langtum styttri tíma og hið loftfirrt ferli nær ekki að brjóta niður þau efni sem erfiðast er að brjóta niður. Framleiðslan er áætluð sem hér segir:

Meltarar 670 kWh/tonn<sup>25</sup> lífrænn úrgangur

Orkuhleifur 1.100 kWh/tonn lífrænn úrgangur

Samkvæmt þessu og því verði sem áætlað er að fáist fyrir hráorku eru tekjur af sölu haugagas eins og fram kemur í töflu 3.7-1.

Tafla 3.7-1 Áætluð sala hráorku í millj kr/ári (óhreinsað gas).

Aðferð/magn lífræns úrgangs	7.500 tonn	15.000 tonn	20.000 tonn
Meltari	2,0	4,0	5,4
Orkuhleifur	3,3	6,6	8,8

### 3.7.2 Sparað urðunarpláss

Urðunarstaðurinn í Álfsnesi er um 30 ha að stærð og var tekinn í notkun árið 1992. Í upphafi var gert ráð fyrir að urðunarstaðurinn myndi endast til ársins 2015. Á þeim átta árum sem liðin eru frá opnun staðarins hafa um 10 ha verið notaðir eða 35 % af urðunarsvæðinu. Með sömu notkun (1.3 ha/ári) endist urðunarstaðurinn í Álfsnesi til ársins 2016 sem er nokkuð nærri áætluðum líftíma staðarins.

Samtals eru urðuð í Álfsnesi um 121.000 tonn af böggðuðum og óböggðuðum úrgangi ár hvert<sup>26</sup>. Eins og áður hefur komið fram má ætla að lífrænn eldhúsúrgangur sé um

<sup>25</sup> Mjög misjafnar tölur eru um framleiðslugetu á hráorku (gasi), allt frá 410-910 kWh/tonn lífrænn úrgangur. Framleiðslugetan er bæði háð samsetningu úrgangsins en einnig aðferðinni sem notuð er.

<sup>26</sup> Skv. upplýsingum frá SORPU bs.

20.000 tonn á ári. Þrátt fyrir að gert sé ráð fyrir að tekin verði upp flokkun lífræns úrgangs frá heimilum verður ekki hægt að gera ráð fyrir að allt þetta magn náist. Hér verður því gert ráð fyrir sama magni lífræns úrgangs sem fer til loftháðrar eða loftfirtrar vinnslu og kemur fram í kafla 3.1 eða 7.500 tonn/ári, 15.000 tonn/ári og 20.000 tonn/ári.

Sé gert ráð fyrir að sparað urðunarpláss sé í réttu hlutfalli við minkun úrgangs til urðunar í Álfsnesi, má gera ráð fyrir að sparnaðurinn sé eins og sýnt er í töflu 3.7-2. Reikningarnir miða við þyngd efnisins, en í raun ætti að miða við rúmmál hins lífræna úrgangs. Þetta er hins vegar vandkvæðum bundið þar sem allur slíkur úrgangur er í dag þjappaður og baggaður. Ekki liggja fyrir upplýsingar um rúmmálssparnað en í fræðibókum er áætlað að blautur laus eldhúsúrgangur hafi rúmpýngd um 700-800 kg/m<sup>3</sup>. Því er ekki úr vegi að áætla að vel þjappaður lífrænn eldhúsúrgangur hafi rúmpýngdina 1.000 kg/m<sup>3</sup>.

Skv. upplýsingum frá SORPU bs. er framreiknaður stofnkostnaður við urðunarstaðinn í Álfsnesi 160.000.000.- Sé gert ráð fyrir að þetta sé sú upphæð sem nýr urðunarstaður kostar og þessi upphæð sé látin ávaxtast þann tíma sem sparast við að minnka úrganginn, á 9% vöxtum kemur fram sá sparnaður sem sýndur er í síðustu línunni í töflu 3.7-2.

Tafla 3.7-2. Sparað urðunarpláss.

Lífrænt flokkað tonn/ári	7.500	15.000	20.000
Sparað pláss %/ári	6	12	17
Sparað pláss ha/ári	0,08	0,16	0,22
Sparað pláss á 16 árum, ha (til ársins 2016).	1,3	2,6	3,5
Sparaður endingartími, ár	1	2	3
„Sparnaður“ á formi vaxta af 160.000.000.-	14,4 millj	30,0 millj	47,0 millj

Þetta er einungis ein leið við að meta sparnaðinn. Í framreiknuðum stofnkostnaði (160.000.000.-) er m.a. kostnaður vegna landaupa. Hins vegar má gera ráð fyrir að þetta land væri í dag selt á allt öðru verði en gert var á sínum tíma. Þetta helgast m.a. af því að byggðin hefur stækkað verulega og Álfsnes er kjörið byggingarland. Því má spyrja hvort hægt sé að meta „verðgildi“ landsins út frá lóðarverði. Ein leið er t.d. að nota lóðarverð undir iðnaðarstarfsemi sem reist er á uppfyllingum eins og t.d. í Sundahöfn. Skv. upplýsingum skýrsluhöfunda er áætlað lóðarverð þar um 4.000 kr/m<sup>2</sup>. Sé gert ráð fyrir að meðalverð fyrir iðnaðarlóð sé 3.000 kr/m<sup>2</sup> mætti meta hvern hektara lands á 30.000.000.- Verðgildi sparaðs urðunarpláss er því:

Stærð	1 ha	2 ha	3 ha
Verðgildi	30,0 millj	60,0 millj	90,0 millj
9 % vextir	2,7 millj (1 ár)	11,3millj (2 ár)	26,5 millj (3 ár)

Þetta er einungis dæmi um hvernig hægt er að reikna sér „ávinning“ af spöruðu urðunarplássi. Óvissuþættir eru þó margir og verður þessi ávinningur ekki talinn með í frekari útreikningum.

### 3.7.3 Sparnaður rekstrarkostnaður í Álfsnesi

Kostnaður við rekstur urðunarstaðar breytist með magni til urðunar. Ekki breytast allir kostnaðarliðir, t.d. má gera ráð fyrir að starfsmannakostnaður breytist lítið nema umtalsvert minna magn kæmi til urðunar. Landleiga breytist ekki og ekki heldur rekstur fasteigna eða kostnaður við eftirlit og mælingar. Tafla 3.7-3 sýnir áætluð rekstrargjöld við urðunarstaðinn í Álfsnesi<sup>27</sup> ásamt áætluðum kostnaði við breytta urðun.

Gert er ráð fyrir að starfsmannakostnaður breytist ekki. Kostnaður við rekstur svæðisins sem slíks er fastur sem og rekstur fasteigna, rannsóknir og eftirlit ásamt urðunargjöldum. Urðunargjöld eru í raun landleiga sem SORPA bs. greiddi í upphafi til Kjalarneshrepps en nú Reykjavíkurborgar og eru ákveðin upphæð á ári. Aðrir kostnaðarliðir breytast í réttu hlutfalli við minnkaðan úrgang sem fer til urðunar.

Tafla 3.7-3. Rekstrargjöld vegna urðunarstaðarins í Álfsnesi, millj kr/ári.

Líður	Rekstraráætlun	7.500 tonn	15.000 tonn	20.000 tonn
Starfsmannakostnaður	15,5	15,5	15,5	15,5
Móttaka á sorpi	31,3	29,4	26,3	24,4
Gröftur, frág. urðunar	24,9	22,9	20,9	19,4
Rekstur svæðisins	5,5	5,5	5,5	5,5
Rannsóknir og eftirlit	2,2	2,2	2,2	2,2
Rekstur fasteigna	4,8	4,8	4,8	4,8
Urðunargjöld	14,3	14,3	14,3	14,3
Samtals	98,5	94,7	87,5	83,4
<b>Sparnaður/ári</b>	-	<b>3,8</b>	<b>11,0</b>	<b>14,2</b>

Í töflunni er síðan reiknaður sparnaður á ári miðað við það magn sem fer til lífrænnar vinnslu. Eins og sést af töflunni má ná nokkrum sparnaði í rekstri urðunarstaðarins með því að taka upp flokkun og vinnslu á lífrænum úrgangi.

### 3.7.4 Heildarávinningur lífrænnar vinnslu

Heildarávinningur (fjárhagslegur) SORPU bs. af því að taka upp vinnslu lífræns úrgangs er háður þeirri aðferð sem valin verður til að vinna lífrænan úrgang. Hluti ávinningsins er þó sá sami í öllum tilfellum. Ávinningur vegna hráorkusölu kemur hins vegar eingöngu sem ávinningur í þeim tilfellum þar sem hráorka er framleidd. Í töflu 3.7-4 til 3.7-5 er samantekt á áætluðum ávinningi allra aðferða.

Tafla 3.7-4. Áætlaður ávinningur loftháðrar vinnslu.

Aðferð/magn lífræns	7.500 tonn/ári	15.000 tonn/ári	20.000 tonn/ári
Loftháð vinnsla:			
- Rekstrarsparnaður	3,8	11,0	14,2
- „Vaxtasparnaður“	14,4	30,0	47,0
<b>Samtals loftháð vinnsla</b>	<b>18,2</b>	<b>41,0</b>	<b>61,2</b>

<sup>27</sup> Rekstraráætlun 2000, samþykkt í stjórn SORPU 16. desember 1999.

**Tafla 3.7-5.** Áætlaður ávinningur loftfirtrar vinnslu með meltara.

<b>Liður/magn lífræns</b>	<b>7.500 tonn/ári</b>	<b>15.000 tonn/ári</b>	<b>20.000 tonn/ári</b>
Loftfirt vinnsla/meltarar			
- Rekstrarsparnaður	3,8	11,0	14,2
- „Vaxtasparnaður“	14,4	30,0	47,0
- Sala hráorku / meltarar	2,0	4,0	5,4
<b>Samtals loftfirt vinnsla/meltarar</b>	<b>20,2</b>	<b>45,0</b>	<b>66,6</b>

**Tafla 3.7-6.** Áætlaður ávinningur loftfirtrar vinnslu með orkuhleif

<b>Liður/magn lífræns</b>	<b>7.500 tonn/ári</b>	<b>15.000 tonn/ári</b>	<b>20.000 tonn/ári</b>
Loftfirt vinnsla - orkuhaugur			
- Rekstrarsparnaður	3,8	11,0	14,2
- „Vaxtasparnaður“	14,4	30,0	47,0
- Sala hráorku / orkuhleifur	3,3	6,6	8,8
<b>Samtals loftfirt vinnsla/orkuhleifur</b>	<b>21,5</b>	<b>47,6</b>	<b>70,0</b>

Þessi síða á að vera alud



## 4 ÁÆTLAÐUR KOSTNAÐUR VIÐ JARÐ- OG GASGERÐ

Til að áætla stofn- og rekstrarkostnað við hinar ýmsu aðferðir var haft samband við 21 aðila sem framleiða og selja tæki og tól til mismunandi aðferða. Beðið var um upplýsingar um aðferðir sem gætu unnið 7.500 tonn/ári, 15.000 tonn/ári og 20.000 tonn/ári af flokkuðum lífrænum heimilisúrgangi. Mjög erfiðlega gekk að nálgast upplýsingar og er greinilegt að framleiðendur eru ófúsir að gefa upp verð á framleiðslu sinni.

Alls bárust svör frá 7 aðilum og skiptust þau þannig milli aðferða:

- 2 með gámaaðferð (loftháð)
- 1 með opna kassaaðferð (loftháð)
- 1 með millihitakæra votvinnslu (loftfirra)
- 2 með þurra hitakæra vinnslu (loftfirra)
- 1 með hálfþurra hitakæra vinnslu (loftfirra)
- 1 með orkuhleif (loftfirt)

Upplýsingar um aðra þurru hitakæru vinnsluna eru fengnar úr sænskri bók frá 1998<sup>28</sup>. Þar voru reyndar gefin upp verð fyrir 5.000 tonn/ári, 10.000 tonn/ári og 15.000 tonn/ári. Reynt var að uppfæra þessi verð þannig að þau gætu átt við hér á landi.

Kostnaður við opna múga og loftaða múga var einnig áætlaður út frá þeim stærðum sem gefnar eru í töflum 3.4-1 og 3.4-2 og upplýsingum frá framleiðendum annarra aðferða um kostnað ýmissa tækja.

**Áætlaður kostnaður gefur allgóða vísbendingu um kostnaðarmun milli aðferða og endurspeglar gróflega raunkostnað hverrar aðferðar.**

### 4.1 SAMEIGINLEGUR KOSTNAÐUR ALLRA AÐFERÐA

Þau tæki og tól sem þarf til vinnslunnar eru bæði háð þeirri flokkunar- og söfnunaraðferð sem valin er en einnig þeirri aðferð sem notuð er til vinnslunnar. T.d. er afar óheppilegt að taka upp vinnslu með opnum aðferðum en láta íbúa flokka í mislita poka. Þá er hætta á að plastið verði til vandræða við vinnsluna (fjúki). Einnig hentar þannig forvinna ekki þeirri loftfirrtu votaðferð sem hér er skoðuð. Því verður sú leið farin að reikna út stofnkostnað optísku greinis sérstaklega.

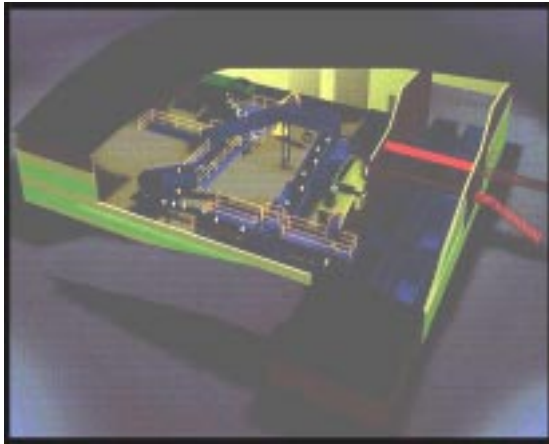
Sú kassaaðferð sem hér er skoðuð þarf ekki tættara og er hann því ekki innifalinn í útreikningi þeirrar aðferðar.

#### 4.1.1 Optískur greinir

Ekki fengust upplýsingar frá framleiðanda um verð á slíkum greini. Hins vegar fundust tölur frá Borås í Svíþjóð þar sem ein slík stöð var sett upp. Sú stöð þjónar um

<sup>28</sup> Wannholt, L., „*Biological Treatment of Domestic Waste in Closed Plants in Europe - Plant Visit Reports*“, RVF Report 98:8.

140.000 manns og er því áþekkt að stærð og höfuðborgarsvæðið. Tölurnar sem fengust eru frá 1995 og voru uppfærðar miðað við 3,5% verðbólgu á ári.



**Mynd 4.1.1.** Optískur greinir þarf mikið pláss og ljóst er að uppsetning slíks tækis er verulegt inngríp í móttöku úrgangs hjá SORPU bs.

Stofn- og rekstrarkostnaður per tonn er óháður því magni sem fer til lífrænnar vinnslu því greinirinn flokkar jú tvær gerðir þoka, sem innihalda annars vegar lífrænan úrgang og hins vegar annað. Því ber að reikna stofn- og rekstrarkostnað á heildarmagn þess úrgangs sem fer um greinirinn.

Í töflu 4.1-1 eru sýndir útreikningar samkvæmt þessu.

**Tafla 4.1-1.** Áætlaður kostnaður við optískan greini.

<b>Liður</b>	<b>Kostnaður (í milljónum króna)</b>
<b>STOFNKOSTNAÐUR</b>	
- Innkaup, flutningur, tryggingar, tollar, 15% ófyrirséð	187,0
- Uppsetning, breytingar, hönnun, ferðakostn, þjálfun	32,5
<b>SAMTALS STOFNKOSTNAÐUR</b>	<b>219,5</b>
<b>STOFNKOSTNAÐUR Á ÁRI</b>	<b>36,7</b>
<b>REKSTRARKOSTNAÐUR</b>	
- Viðhald (10% af stofnkostnaði)	21,9
- Orkukaup (áætlað)	2,0
- Mannahald (1.000 tímar)	2,5
- Yfirstjórn (10%)	2,6
- Ófyrirséð (25%)	6,6
<b>SAMTALS REKSTRARKOSTNAÐUR Á ÁRI</b>	<b>35,7</b>
<b>Stofnkostnaður kr/tonn-ári</b>	<b>816</b>
<b>Rekstrarkostnaður kr/tonn-ári</b>	<b>793</b>
<b>Kostnaður tonn/ári</b>	<b>1.609</b>

Sá kostnaður sem af optískum greini hlýst leggst á magn alls innvegins sorps. Þessi kostnaður leggst því á flokkun og söfnun sorps og á ekki heima í tölum um vinnslu lífræns eldhúsúrgangs. Hér er þessi útreikningur einungis hafður með til að sýna hvaða viðbótar kostnað við móttöku, uppsetning optísku greinis hefði.

Þó svo uppsetning optísku greinis sé óneytanlega kostnaðarsöm má vel vera að sú leið sé hagkvæmust og auðveldust m.t.t. flokkunar og söfnunar lífræns eldhúsúrgangs.

#### 4.1.2 Annar sameiginlegur kostnaður

Af vinnslu lífræns úrgangs leiðir margvíslegur kostnaður sem ekki verður tekinn með hér. Eins og áður segir er ekki skoðaður flokkunar- eða söfnunarkostnaður hins lífræna eldhúúrgangs. Ekki er heldur tekið tillit til aukins auglýsingar- og samhæfingarkostnaðar sem óhjákvæmilega hlýst af flokkun lífræns eldhúúrgangs. Þessi kostnaður er sameiginlegur öllum aðferðum, en getur verið mismunandi milli vinnsluaðferða og ekki síður innsöfnunarkerfa. Hér er þessi kostnaður látinn liggja milli hluta því hann er of háður innsöfnuninni til að hægt sé að taka tillit til hans hér.

#### 4.2 OPNIR MÚGAR

Hér á eftir verður gerð grein fyrir kostnaði sem hlýst af því að taka upp vinnslu lífræns úrgangs með opnum múgum. Gert er ráð fyrir að inni í magntölum sé nauðsynlegt magn stoðefna. Forsendur eru tilgreindar í kafla 3.4.1.

Tafla 4.2-1. Áætlaður kostnaður við lífræna vinnslu með opnum múgum

Liður	7.500 tonn	15.000 tonn	20.000 tonn
	millj kr	millj kr	millj kr
<i>Stofnkostnaður</i>			
- Tæki og tól, múgasnerill, sigti, tætarei, málmkilja, plastskilja, blandari, flutningur og ófyrirséð	76,5	80,5	87,7
- Fasteignir, plön, lagnir, grundun, vegagerð, vélageymsla, uppsetning, hönnun og ófyrirséð	192,1	211,7	223,6
<b>SAMTALS STOFNKOSTNAÐUR</b>	<b>268,6</b>	<b>292,2</b>	<b>311,3</b>
<b>STOFNKOSTNAÐUR Á ÁRI</b>	<b>31,3</b>	<b>33,9</b>	<b>36,2</b>
<i>Rekstrarkostnaður</i>			
- Mannahald (8.000, 10.000, 12.000 tímar)	20,0	25,0	30,0
- Olíunotkun	0,4	0,6	0,8
- Viðhald (10% af stofnkostnaði)	26,9	29,2	31,1
- Gæðaeftirlit	2,0	3,0	4,0
- Blöndun stoðefna, eftirmeðhöndlun	2,3	4,1	5,4
- Yfirstjórn (10%)	5,2	6,2	7,1
- Ófyrirséð (10%)	5,7	6,8	7,8
<b>SAMTALS REKSTRARKOSTNAÐUR</b>	<b>62,4</b>	<b>74,9</b>	<b>86,3</b>
<b>Stofnkostnaður/tonn-ári (kr/tonn)</b>	<b>4.179</b>	<b>2.257</b>	<b>1.812</b>
<b>Rekstrarkostnaður /tonn-ári (kr/tonn)</b>	<b>8.315</b>	<b>4.991</b>	<b>4.316</b>
<b>Kostnaður/tonn-ári (kr/tonn)</b>	<b>12.493</b>	<b>7.249</b>	<b>6.128</b>

Í ofangreindum útreikningum er ekki gert ráð fyrir landakaupum sem þó eru væntanlega óhjákvæmileg nauðsyn.

**Ofangreindir útreikningar taka ekki tillit til þess aukakostnaðar sem af flokkun og söfnun lífræns eldhúsúrgangs hlýst.**

### 4.3 LOFTAÐIR MÚGAR

Stofn- og rekstrarkostnaður er reiknaður á sama hátt og áður. Gert er ráð fyrir að inn í magntölum sé það magn stoðefna sem þarf til vinnslunnar. Kostnaðurinn er tekinn saman í töflu 4.3-1. Forsendur eru tilgreindar í kafla 3.4.2.

Tafla 4.3-1. Áætlaður kostnaður við lífræna vinnslu með loftuðum múgum

Liður	7.500 tonn	15.000 tonn	20.000 tonn
	millj kr	millj kr	millj kr
<i>Stofnkostnaður</i>			
- Tæki og tól, hjólaskófla, sigti, tætarei, málmkilja, plastskilja, blandari, blásarar, eftirlitstæki, flutningur og ófyrirséð	98,0	116,5	130,8
- Fasteignir, plön, lagnir, grundun, vegagerð, vélageymsla, uppsetning, hönnun og ófyrirséð	176,0	190,1	197,5
<b>SAMTALS STOFNKOSTNAÐUR</b>	<b>274,0</b>	<b>306,6</b>	<b>328,3</b>
<b>STOFNKOSTNAÐUR Á ÁRI</b>	<b>33,8</b>	<b>38,4</b>	<b>41,7</b>
<i>Rekstrarkostnaður</i>			
- Mannahald (6.000, 8.000, 10.000 tímar)	15,0	20,0	25,0
- Orkukaup (olía og rafmagn)	1,0	1,2	1,5
- Viðhald (10% af stofnkostnaði)	27,4	30,7	32,8
- Gæðaeftirlit	2,0	3,0	4,0
- Blöndun stoðefna, eftirmeðhöndlun	2,3	4,1	5,4
- Yfirstjórn (10%)	4,8	5,9	6,9
- Ófyrirséð (10%)	5,2	6,5	7,5
<b>SAMTALS REKSTRARKOSTNAÐUR</b>	<b>57,7</b>	<b>71,4</b>	<b>83,1</b>
<b>Stofnkostnaður/tonn-ári (kr/tonn)</b>	<b>4.502</b>	<b>2.559</b>	<b>2.083</b>
<b>Rekstrarkostnaður /tonn-ári (kr/tonn)</b>	<b>7.662</b>	<b>4.735</b>	<b>4.143</b>
<b>Kostnaður/tonn-ári (kr/tonn)</b>	<b>12.164</b>	<b>7.294</b>	<b>6.226</b>

Í ofangreindum útreikningum er ekki gert ráð fyrir landakaupum sem þó eru væntanlega óhjákvæmileg nauðsyn.

**Ofangreindir útreikningar taka ekki tillit til þess aukakostnaðar sem af flokkun og söfnun lífræns eldhúsúrgangs hlýst.**

#### 4.4 GÁMAR

Upplýsingar bárust frá tveimur framleiðendum slíkra kerfa. Báðum verða gerð skil hér og eru reikningar í töflum 4.4-1 og 4.4-2. Sömu forsendur úreikninga gilda og áður. Gert er ráð fyrir að í magntölum sé þegar nauðsynlegt magn stoðefna. Forsendur eru tilgreindar í kafla 3.4.3.

**Tafla 4.4-1.** Áætlaður kostnaður við lífræna vinnslu með gámum, nr. 1

Liður	7.500 tonn	15.000 tonn	20.000 tonn
	millj kr	millj kr	millj kr
<i>Stofnkostnaður</i>			
- Tæki og tól, gámar, sigti, tævari, málmkilja, plastkilja, blandari, blásarar, eftirlitstæki, flutningur og ófyrirséð	176,3	249,0	305,6
- Fasteignir, plön, lagnir, grundun, vegagerð, vélageymsla, uppsetning, hönnun og ófyrirséð	65,3	75,0	82,4
<b>SAMTALS STOFNKOSTNAÐUR</b>	<b>241,7</b>	<b>324,0</b>	<b>388,0</b>
<b>STOFNKOSTNAÐUR Á ÁRI</b>	<b>37,8</b>	<b>51,8</b>	<b>62,7</b>
<i>Rekstrarkostnaður</i>			
- Mannahald (6.249, 8.280, 10.300 tímar)	15,6	20,7	25,8
- Orkukaup (olía og rafmagn)	1,1	1,4	1,6
- Viðhald (10% af stofnkostnaði)	24,2	32,4	38,8
- Gæðaeftirlit	2,0	3,0	4,0
- Flutningur efnis í Álfsnes til eftirmeðhöndlunar	1,1	2,2	2,9
- Yfirstjórn (10%)	4,4	6,0	7,3
- Ófyrirséð (10%)	4,8	6,5	8,0
<b>SAMTALS REKSTRARKOSTNAÐUR</b>	<b>52,1</b>	<b>70,0</b>	<b>85,5</b>
<b>Stofnkostnaður/tonn-ári (kr/tonn)</b>	<b>5.043</b>	<b>3.456</b>	<b>3.137</b>
<b>Rekstrarkostnaður /tonn-ári (kr/tonn)</b>	<b>6.921</b>	<b>4.648</b>	<b>4.259</b>
<b>Kostnaður/tonn-ári (kr/tonn)</b>	<b>11.964</b>	<b>8.104</b>	<b>7.396</b>

**Ofangreindir útreikningar taka ekki tillit til þess aukakostnaðar sem af flokkun og söfnun lífræns eldhúsúrgangs hlýst.**



Tafla 4.4-2. Áætlaður kostnaður við lífræna vinnslu með gámmum, nr. 2

Liður	7.500 tonn	15.000 tonn	20.000 tonn
	millj kr	millj kr	millj kr
<i>Stofnkostnaður</i>			
- Tæki og tól, gámar, sigti, tævari, málmkilja, plastkilja, blandari, blásarar, eftirlitstæki, flutningur og ófyrirséð	155,7	227,2	254,7
- Fasteignir, plön, lagnir, grundun, vegagerð, vélageymsla, uppsetning, hönnun og ófyrirséð	64,0	74,4	80,7
<b>SAMTALS STOFNKOSTNAÐUR</b>	<b>219,7</b>	<b>301,6</b>	<b>335,3</b>
<b>STOFNKOSTNAÐUR Á ÁRI</b>	<b>34,0</b>	<b>47,8</b>	<b>53,4</b>
<i>Rekstrarkostnaður</i>			
- Mannahald (3.195, 6.390, 9.300 tímar)	8,0	16,0	23,3
- Orkukaup (Olía og rafmagn)	0,4	0,9	1,1
- Viðhald (10% af stofnkostnaði)	22,0	30,2	33,5
- Gæðaeftirlit	2,0	3,0	4,0
- Flutningur efnis í Álfsnes til eftirmeðhöndlunar	1,1	2,2	2,9
- Blöndun stoðefna, eftirmeðhöndlun	2,3	3,1	5,4
- Yfirstjórn (10%)	3,6	5,6	7,0
- Ófyrirséð (10%)	3,9	6,2	7,7
<b>SAMTALS REKSTRARKOSTNAÐUR</b>	<b>39,9</b>	<b>61,9</b>	<b>76,7</b>
<b>Stofnkostnaður/tonn-ári (kr/tonn)</b>	<b>4.529</b>	<b>3.189</b>	<b>2.669</b>
<b>Rekstrarkostnaður /tonn-ári (kr/tonn)</b>	<b>5.324</b>	<b>4.125</b>	<b>3.837</b>
<b>Kostnaður/tonn-ári (kr/tonn)</b>	<b>9.853</b>	<b>7.313</b>	<b>6.506</b>

Við kostnaðarsamanburð aðferða er notað meðaltal úr ofangreindum áætlunum.

**Ofangreindir útreikningar taka ekki tillit til þess aukakostnaðar sem af flokkun og söfnun lífræns eldhúsúrgangs hlýst.**

## 4.5 OPNIR KASSAR

Upplýsingar bárust frá einum framleiðanda slíks kerfis. Sömu forsendur útreikninga gilda og áður. Gert er ráð fyrir að í magntölum sé þegar nauðsynlegt magn stoðefna. Forsendur eru tilgreindar í kafla 3.4.4.

Tafla 4.5-1. Áætlaður kostnaður við lífræna vinnslu með opnum kössum

Liður	7,500 tonn	15,000 tonn	20,000 tonn
	millj kr	millj kr	millj kr
<i>Stofnkostnaður</i>			
- Tæki og tól, sigti, málmkilja, plastkilja, blandari, blásarar, eftirlitstæki, flutningur og ófyrirséð	97,9	136,4	165,2
- Fasteignir, plön, lagnir, grundun, vegagerð, vélageymsla, uppsetning, hönnun og ófyrirséð	258,7	359,2	440,5
<b>SAMTALS STOFNKOSTNAÐUR</b>	<b>355,9</b>	<b>495,7</b>	<b>605,7</b>
<b>STOFNKOSTNAÐUR Á ÁRI</b>	<b>41,2</b>	<b>57,4</b>	<b>70,0</b>
<i>Rekstrarkostnaður</i>			
- Áætlaður rekstrarkostnaður framleiðanda hækkaður um 25% og að auki 5% viðhaldskostnaður af stofnkostnaði	37,8	62,6	76,8
<b>SAMTALS REKSTRARKOSTNAÐUR</b>	<b>37,8</b>	<b>62,6</b>	<b>76,8</b>
<b>Stofnkostnaður/tonn-ári (kr/tonn)</b>	<b>5.497</b>	<b>3.828</b>	<b>3.502</b>
<b>Rekstrarkostnaður /tonn-ári (kr/tonn)</b>	<b>5.040</b>	<b>4.172</b>	<b>3.839</b>
<b>Kostnaður/tonn-ári (kr/tonn)</b>	<b>10.537</b>	<b>8.000</b>	<b>7.341</b>

Stofnkostnaðarupplýsingar framleiðanda voru mjög óvissar. Skipting milli tækja og tóla annars vegar og fasteigna hins vegar er áætluð af skýrsluhöfundum.

Eins og sést í töflunni er rekstrarkostnaður áætlaður út frá upplýsingum framleiðanda. Áætlun framleiðanda er hækkuð um 25% og að auki bætt við 5% viðhaldskostnaði þar sem gera megir ráð fyrir að framleiðandi hafi í sínum útreikningum gert ráð fyrir einhverjum viðhaldskostnaði.

**Ofangreindir útreikningar taka ekki tillit til þess aukakostnaðar sem af flokkun og söfnun lífræns eldhúsúrgangs hlýst.**

#### 4.6 ÞURR HITAKÆR LOFTFIRRT VINNSLA MEÐ LOFTHÁÐRI EFTIRVINNSLU

Upplýsingar frá einum framleiðanda bárust um þessa gerð. Að auki fengust upplýsingar skv. sænskum heimildum<sup>29</sup> um verð fyrir mismunandi stærðir. Tafla 4.6-1 endurspeglar kostnað samkvæmt þessu, en tafla 4.6-2 sýnir kostnað sem einn framleiðandi gaf upp. Engin stoðefni þarf til þessarar vinnslu.

**Tilfelli 1.** Skv. sænskum heimildum. Hér er gert ráð fyrir að tæki og tól séu afskrifuð á 20 árum. Þetta er bæði gert vegna óvissu um hvað telst til tækja og tóla í útreikningi framleiðanda en einnig vegna þess að fá tæki og tól í meltara eru hreifanleg og eru þess vegna endingargóð. Forsendur eru tilgreindar í kafla 3.4.5, tilfelli 1.

**Tafla 4.6-1** Áætlaður kostnaður við lífræna vinnslu með loftfirtri, hitakærri þurri vinnslu og loftháðri eftirmeðferð.

Liður	5,000 tonn	10,000 tonn	15,000 tonn
	millj kr	millj kr	millj kr
<i>Stofnkostnaður</i>			
- Tæki og tól, gámar, sigti, málmkilja, plastskilja, blandari, blásarar, eftirlitstæki, flutningur og ófyrirséð	380,9	488,8	610,9
- Fasteignir, plön, lagnir, grundun, vegagerð, vélageymsla, uppsetning, hönnun og ófyrirséð	58,8	76,3	93,8
<b>SAMTALS STOFNKOSTNAÐUR</b>	<b>439,7</b>	<b>565,0</b>	<b>704,7</b>
<b>STOFNKOSTNAÐUR Á ÁRI</b>	<b>47,1</b>	<b>60,5</b>	<b>75,5</b>
<i>Rekstrarkostnaður</i>			
- Mannahald (framleiðandi)	7,0	10,6	12,3
- Viðhald (framleiðandi)	8,5	10,4	12,4
- Gæðaeftirlit	2,0	3,0	4,0
- Aðföng og annað	4,8	9,7	12,3
- Yfirstjórn (áætlun framleiðanda)	1,1	1,8	1,8
- Ófyrirséð (10%)	2,7	4,3	5,5
<b>SAMTALS REKSTRARKOSTNAÐUR</b>	<b>26,1</b>	<b>39,8</b>	<b>48,3</b>
<b>Stofnkostnaður/tonn-ári (kr/tonn)</b>	<b>9.418</b>	<b>6.050</b>	<b>5.032</b>
<b>Rekstrarkostnaður /tonn-ári (kr/tonn)</b>	<b>5.226</b>	<b>3.968</b>	<b>3.215</b>
<b>Kostnaður/tonn-ári (kr/tonn)</b>	<b>14.644</b>	<b>10.018</b>	<b>8.247</b>

Stofnkostnaður er áætlaður fyrir verksmiðjur fyrir 5.000 tonn, 10.000 tonn og 15.000 tonn á ári. Þessir útreikningar eiga því ekki við sömu stærðir og í öðrum útreikningum nema fyrir 15.000 tonn af lífrænum eldhúsúrgangi á ári. Reiknaður samanburðarkostnaður fyrir 7,500 og 20,000 tonn er þá áætlaður sem hér segir:

	7,500 tonn	15,000 tonn	20,000 tonn
<b>Kostnaður/tonn-ári (kr/tonn)</b>	<b>11.731</b>	<b>8.247</b>	<b>7.196</b>

**Ofangreindir útreikningar taka ekki tillit til þess aukakostnaðar sem af flokkun og söfnun lífræns eldhúsúrgangs hlýst.**

<sup>29</sup> Wannholt, L. „Biological Treatment of Domestic Waste in Closed Plants in Europa-Plant Visit Reports“, RVF Report 98:8

**Tilfelli 2.** Einungis fengust upplýsingar um 15.000 tonna afkastagetu. Stærðir fyrir aðra vinnslu eru áætlaðar af skýrsluhöfundum. Hér er gert ráð fyrir að tæki og tól séu afskrifuð á 20 árum. Þetta er bæði gert vegna óvissu um hvað telst til tækja og tóla í útreikningi framleiðanda en einnig vegna þess að fá tæki og tól í meltara eru hreifanleg og eru þess vegna endingargóð. Eftirmeðferð felst í loftaðri beddavinnslu. Forsendur eru tilgreindar í kafla 3.4.5, tilfelli 2.

**Tafla 4.6-2.** Áætlaður kostnaður við lífræna vinnslu með loftfirtri, hitakærri þurri vinnslu og loftháðri beddavinnslu.

Liður	7.500 tonn	15.000 tonn	20.000 tonn
	millj kr	millj kr	millj kr
<i>Stofnkostnaður</i>			
- Tæki og tól, sigti, málmkilja, plastskilja, blásarar, eftirlitstæki, flutningur og ófyrirséð	385,3	602,2	668,4
- Fasteignir, plön, lagnir, grundun, vegagerð, vélageymsla, uppsetning, hönnun og ófyrirséð	87,5	130,5	143,8
<b>SAMTALS STOFNKOSTNAÐUR</b>	<b>472,8</b>	<b>732,7</b>	<b>812,2</b>
<b>STOFNKOSTNAÐUR Á ÁRI</b>	<b>50,2</b>	<b>77,9</b>	<b>86,3</b>
<i>Rekstrarkostnaður</i>			
- Mannahald (framleiðandi)	15,6	20,8	26,0
- Viðhald (framleiðandi segir 3% af tækjum og 1% af fasteignum en hér er notað 5% af stofnkostnaði)	21,7	39,4	43,7
- Rekstrarvörur	3,5	5,6	9,0
- Gæðaeftirlit	2,0	3,0	4,0
- Yfirstjórn (áætlun framleiðanda)	4,1	6,6	7,9
- Ófyrirséð (10%)	4,7	7,5	9,1
<b>SAMTALS REKSTRARKOSTNAÐUR</b>	<b>51,6</b>	<b>82,9</b>	<b>99,7</b>
<b>Stofnkostnaður/tonn-ári (kr/tonn)</b>	<b>6.691</b>	<b>5.192</b>	<b>4.317</b>
<b>Rekstrarkostnaður /tonn-ári (kr/tonn)</b>	<b>6.866</b>	<b>5.527</b>	<b>4.987</b>
<b>Kostnaður/tonn-ári (kr/tonn)</b>	<b>13.876</b>	<b>10.494</b>	<b>9.114</b>

Í áætlun framleiðanda var gert ráð fyrir að rafmagn væri framleitt úr gasi og miðuðust kostnaðartölur við nauðsynleg tæki og búnað til tengingar við rafmagnskerfi. Kostnaður við tæki og aðstöðu var því lækkaður í samræmi við áætlaðan kostnað sem af þessu hlyst.

**Ofangreindir útreikningar taka ekki tillit til þess aukakostnaðar sem af flokkun og söfnun lífræns eldhúsúrgangs hlýst.**

## 4.7 MILLIHITAKÆR VOTVINNSLA

Upplýsingar fengust frá einum framleiðanda. Hér er reiknað með venjulegum 8 ára afskriftartíma á tæki og tól en 50 ára fyrir fasteignir. Forsendur eru í kafla 3.4.6.

**Tafla 4.7-1** Áætlaður kostnaður við lífræna vinnslu með loftfirrri hitakærri votvinnslu.

Liður	5.000 tonn	10.000 tonn	15.000 tonn
	millj kr	millj kr	millj kr
<i>Stofnkostnaður</i>			
- Tæki og tól, gámar, sigti, málmkilja, plastskilja, blandari, blásarar, eftirlitstæki, flutningur og ófyrirséð	221,2	289,7	349,5
- Fasteignir, plön, lagnir, grundun, vegagerð, vélageymsla, uppsetning, hönnun og ófyrirséð	118,8	118,8	118,8
<b>SAMTALS STOFNKOSTNAÐUR</b>	<b>340,0</b>	<b>408,5</b>	<b>468,3</b>
<b>STOFNKOSTNAÐUR Á ÁRI</b>	<b>50,8</b>	<b>63,2</b>	<b>74,0</b>
<i>Rekstrarkostnaður</i>			
- Rekstrarkostnaður áætlun framleiðanda að viðbættum viðhaldskostnaði, 10% af stofni	37,7	46,7	54,1
<b>SAMTALS REKSTRARKOSTNAÐUR</b>	<b>37,7</b>	<b>46,7</b>	<b>54,1</b>
<b>Stofnkostnaður/tonn-ári (tonn/ári)</b>	<b>6.774</b>	<b>4.211</b>	<b>3.699</b>
<b>Rekstrarkostnaður /tonn-ári (tonn/ári)</b>	<b>5.027</b>	<b>3.116</b>	<b>2.706</b>
<b>Kostnaður/tonn-ári (tonn/ári)</b>	<b>11.801</b>	<b>7.328</b>	<b>6.405</b>

Stofnkostnaður tækja og tóla er áætlaður skv. upplýsingum framleiðanda. Stofnkostnaður fasteigna er áætlaður út frá upplýsingum framleiðanda um nauðsynlegan húsakost.

Rekstrarkostnaður er áætlaður út frá upplýsingum framleiðanda nema hvað bætt er við 10% af stofnkostnaði vegna viðhalds.

**Ofangreindir útreikningar taka ekki tillit til þess aukakostnaðar sem af flokkun og söfnun lífræns eldhúsúrgangs hlýst.**



#### 4.8 HÁLFÞURR HITAKÆR LOFTFIRRT VINNSLA

Upplýsingar bárust frá einum framleiðanda þessarar aðferðar. Ekki er ljóst hvort eða hvaða loftháða eftirmeðferð fylgir þessum áætlunum. Forsendur eru tilgreindar í kafla 3.4.7.

**Tafla 4.8-1** Áætlaður kostnaður við lífræna vinnslu með loftfirtri, hitakærr hálfþurri vinnslu.

Liður	5.000 tonn	10.000 tonn	15.000 tonn
	millj kr	millj kr	millj kr
<i>Stofnkostnaður</i>			
- Tæki og tól, gámar, sigti, málmkilja, plastskilja, blandari, blásarar, eftirlitstæki, flutningur og ófyrirséð	280,3	540,5	685,6
- Fasteignir, plön, lagnir, grundun, vegagerð, vélageymsla, uppsetning, hönnun og ófyrirséð	116,3	142,5	155,0
<b>SAMTALS STOFNKOSTNAÐUR</b>	<b>396,5</b>	<b>683,0</b>	<b>840,6</b>
<b>STOFNKOSTNAÐUR Á ÁRI</b>	<b>41,3</b>	<b>72,2</b>	<b>89,2</b>
<i>Rekstrarkostnaður</i>			
- Rekstrarkostnaður framleiðanda hækkaður með 5% viðhaldskostnaði.	28,2	48,0	59,4
<b>SAMTALS REKSTRARKOSTNAÐUR</b>	<b>28,2</b>	<b>48,0</b>	<b>59,4</b>
<b>Stofnkostnaður/tonn-ári (kr/tonn)</b>	<b>5.507</b>	<b>4.814</b>	<b>4.462</b>
<b>Rekstrarkostnaður /tonn-ári (kr/tonn)</b>	<b>3.763</b>	<b>3.203</b>	<b>2.971</b>
<b>Kostnaður/tonn-ári (kr/tonn)</b>	<b>9.271</b>	<b>8.017</b>	<b>7.434</b>

**Ofangreindir útreikningar taka ekki tillit til þess aukakostnaðar sem af flokkun og söfnun lífræns eldhúsúrgangs hlýst.**

## 4.9 ORKUHLEIFUR

Upplýsingar fengust frá SWECO um þessa aðferð. Sömu kostnaðarforsendur eru fyrir þessari aðferð eins og öðrum. Þessi aðferð er frábrugðin öðrum aðferðum að því leyti að stofnkostnaður dreifist á 3-4 ár þar til allir hleifar eru orðnir starfshæfir. Hér er þó reiknað með því að allur stofnkostnaður falli til á einu ári. Gert er ráð fyrir að efnið sé það blautt að það þurfi stöðfni til blöndunar og er gert ráð fyrir þeim aukakostnaði sem af því hlýst. Forsendur eru tilgreindar í kafla 3.4.8.

**Tafla 4.9-1** Áætlaður kostnaður við lífræna vinnslu með loftfirtri vinnslu í orkuhleif.

Liður	7.500 tonn	15.000 tonn	20.000 tonn
	millj kr	millj kr	millj kr
<i>Stofnkostnaður</i>			
- Tæki og tól, færíbönd, dælustöð, gasleiðslur, sigvatnskerfi, tætarei, málmkilja, blandari, sigti, plastskilja, hjólaskófla, beltavél, flutningur og ófyrirséð	97,8	98,5	98,9
- Fasteignir, plön, lagnir, grundun, hönnun og ófyrirséð.	68,3	80,1	82,9
<b>SAMTALS STOFNKOSTNAÐUR</b>	<b>166,1</b>	<b>178,6</b>	<b>181,8</b>
<b>STOFNKOSTNAÐUR Á ÁRI</b>	<b>23,9</b>	<b>25,1</b>	<b>25,4</b>
<i>Rekstrarkostnaður</i>			
- Mannahald (4.160/6.240/6.240 tímar)	10,4	15,6	15,6
- Orkukaup (rafmagn) og aðföng	3,2	3,6	4,2
- Uppsetning á tveim hleifum á ári	3,0	5,0	6,3
- Niðurrif tveggja hleifa á ári	0,8	0,8	0,9
- Yfirlagsefni	0,4	0,4	0,5
- Gæðaeftirlit	2,0	3,0	4,0
- Viðhald, 10% af stofni	16,6	17,9	18,2
- Yfirstjórn (10%)	3,6	4,6	5,0
- Ófyrirséð (10%)	4,0	5,1	5,5
<b>SAMTALS REKSTRARKOSTNAÐUR</b>	<b>33,7</b>	<b>40,5</b>	<b>44,4</b>
<b>Stofnkostnaður/tonn-ári (kr/tonn)</b>	<b>3.186</b>	<b>1.674</b>	<b>1.271</b>
<b>Rekstrarkostnaður /tonn-ári (kr/tonn)</b>	<b>4.489</b>	<b>2.702</b>	<b>2.219</b>
<b>Kostnaður/tonn-ári (kr/tonn)</b>	<b>7.675</b>	<b>4.376</b>	<b>3.490</b>

Kostnaður við orkuhleifa er breytilegur og er háður þeim tíma sem liðinn er frá upphafi starfseminnar. Hér er þó kostnaðurinn miðaður við hámarks starfsemi (þ.e. eftir 4 ár). Kostnaður við 7.500 tonn á ári er áætlaður út frá kostnaði við 15.000 tonna og 20.000 tonna orkuhleif þar sem upplýsingar fengust ekki fyrir þá stærð.

**Ofangreindir útreikningar taka ekki tillit til þess aukakostnaðar sem af flokkun og söfnun lífræns eldhúsúrgangs hlýst.**

#### 4.10 KOSTNAÐARSAMANBURÐUR AÐFERÐA

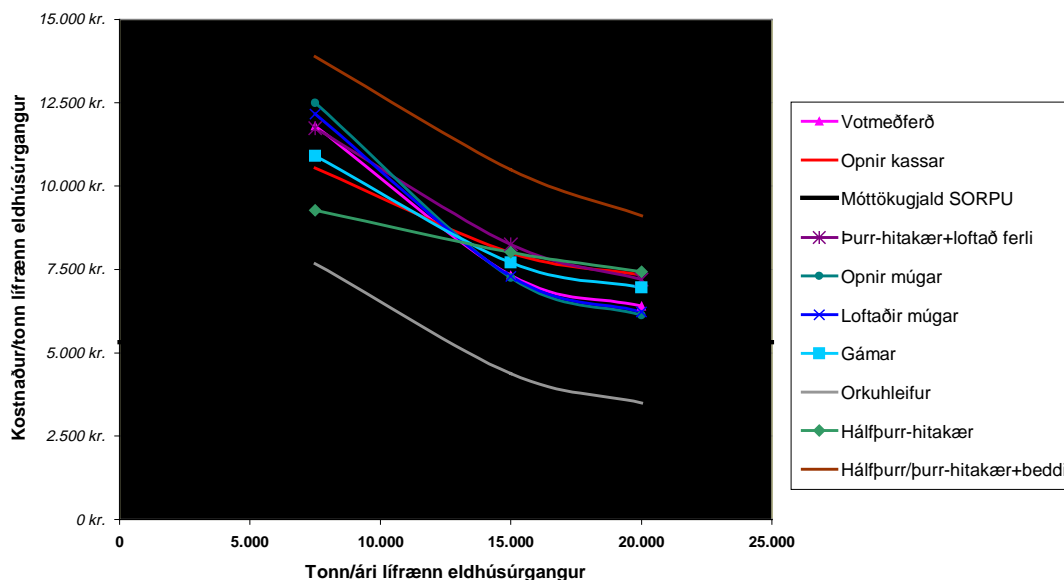
Í töflu 4.10-1 má finna samantekt á áætluðum kostnaði allra framangreindra aðferða. Í töflunni eru þrjár „ódyrustu“ aðferðirnar skyggðar í hverju tilfalli. Gámaaðferð er áætluð sem meðaltal þeirra tveggja kostnaðarupplýsinga sem fyrir liggja. Í þessari töflu er ekki tekið tillit til ávinnings SORPU bs. vegna orkusölu, sparaðs urðunarrýmis o.s.frv.

Tafla 4.10-1. Kostnaðarsamanburður aðferða án tillits til ávinnings.

AÐFERÐ	Tonn/ári		
	7.500	15.000	20.000
Opnir múgar	12.493	7.249	6.128
Lofaðir múgar	12.164	7.294	6.226
Gámar, meðaltal	10.908	7.708	6.951
Opnir kassar	10.537	8.000	7.341
Þurr hitakær+loftun	11.731	8.247	7.196
Hálfþurr-hitakær	9.271	8.017	7.434
Hálfþurr/þurr-hitakær+beddi	13.876	10.494	9.114
Millihitakær votvinnsla	11.801	7.328	6.405
Orkuhleifur	7.675	4.376	3.490
Núverandi móttökugjöld SORPU	5.320	5.320	5.320

Mynd 4.10-1 sýnir þennan samanburð myndrænt.

Kostir og kostnaður pr tonn



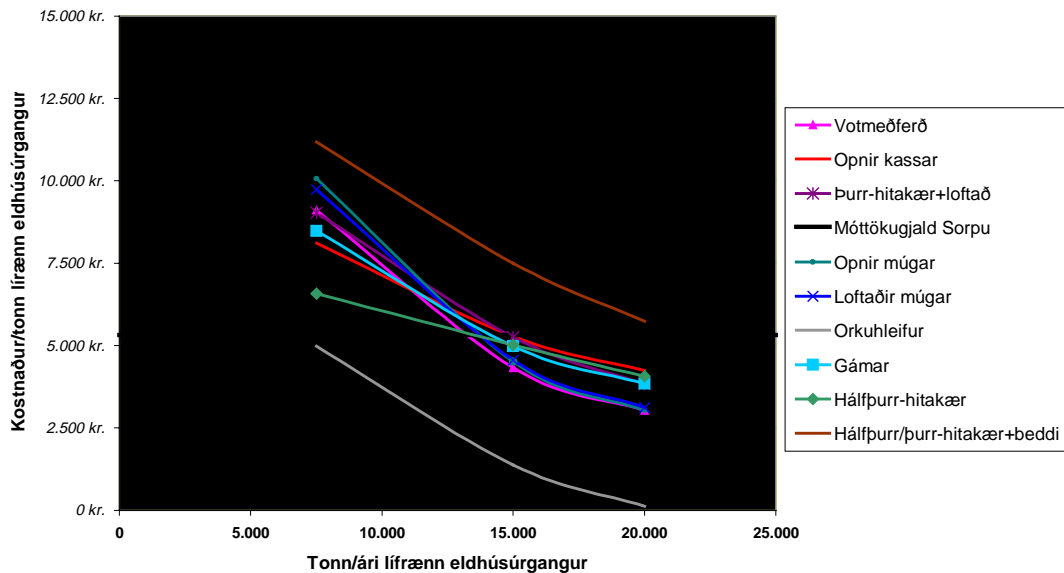
Mynd 4.10-1 Kostnaðarsamanburður aðferða. Á myndinni er einnig sýnt móttökugjald SORPU bs. eins og það er í dag (maí 2000).

Tafla 4.10-2 sýnir kosnað við jarðgerð að teknu tilliti til ávinnings af orkusölu o.fl. Að öðru leyti er taflan sambærileg við töflu 4.10-1. Upplýsingarnar má sjá myndrænt á mynd 4.10-2

Tafla 4.10-2. Kostnaðarsamanburður aðferða að teknu tilliti til ávinnings

AÐFERÐ	Tonn/ári		
	7.500	15.000	20.000
Opnir múgar	10.066	4.518	3.023
Lofaðir múgar	9.737	4.564	3.121
Gámar, meðaltal	8.481	4.978	3.846
Opnir kassar	8.109	5.270	4.236
Þurr hitakær+loftun	9.036	4.874	3.823
Hálþurr-hitakær	6.576	5.019	4.061
Hálþurr/þurr-hitakær+beddi	11.181	7.496	5.741
Millihitakær votvinnsla	9.105	4.329	3.032
Orkuhleifur	4.980	1.378	117
Núverandi móttökugjöld SORPU	5.320	5.320	5.320

## Kostir og kostnaður pr tonn að teknu tilliti til ávinnings

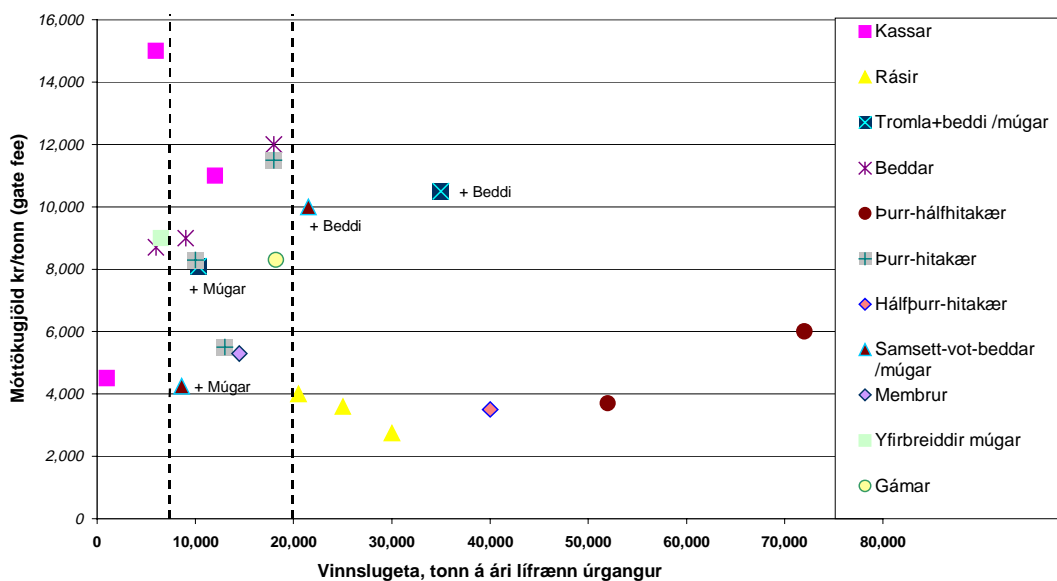


Mynd 4.10-2 Kostnaðarsamanburður aðferða að teknu tilliti til „ávinnings“. Móttökugjald SORPU bs. er einnig sýnt.

Til samanburðar má skoða móttökugjöld á ýmsum stöðum í Evrópu miðað við magn og aðferð. Á mynd 4.10-3 eru þessar upplýsingar fram settar. Þessar upplýsingar eru fengnar úr senskri skýrslu<sup>30</sup> frá 1998, miðast við sänkst gengi og eru framreiknaðar miðað við 3,5% verðbólgu á ári.

<sup>30</sup> Wannholt, L. „Biological Treatment of Domestic Waste in Closed Plants in Europe - Plant Visit Reports“, RVF Report 98:8.

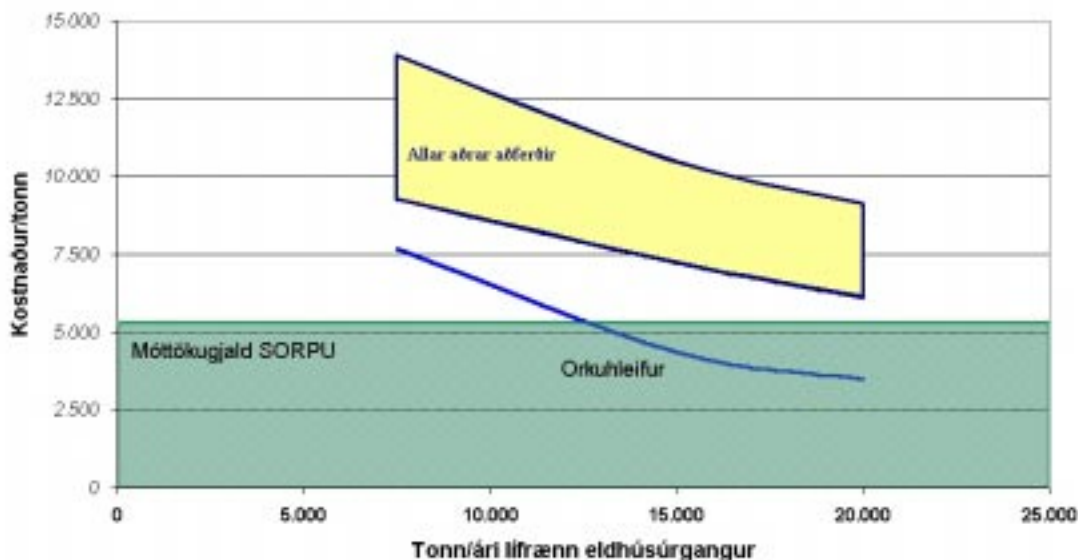
**Móttökugjöld fyrir lífrænan úrgang eftir aðferð og stærð**



Mynd 4.10-3 Móttökugjöld á nokkrum vinnslustöðvum lífræns úrgangs í Evrópu.

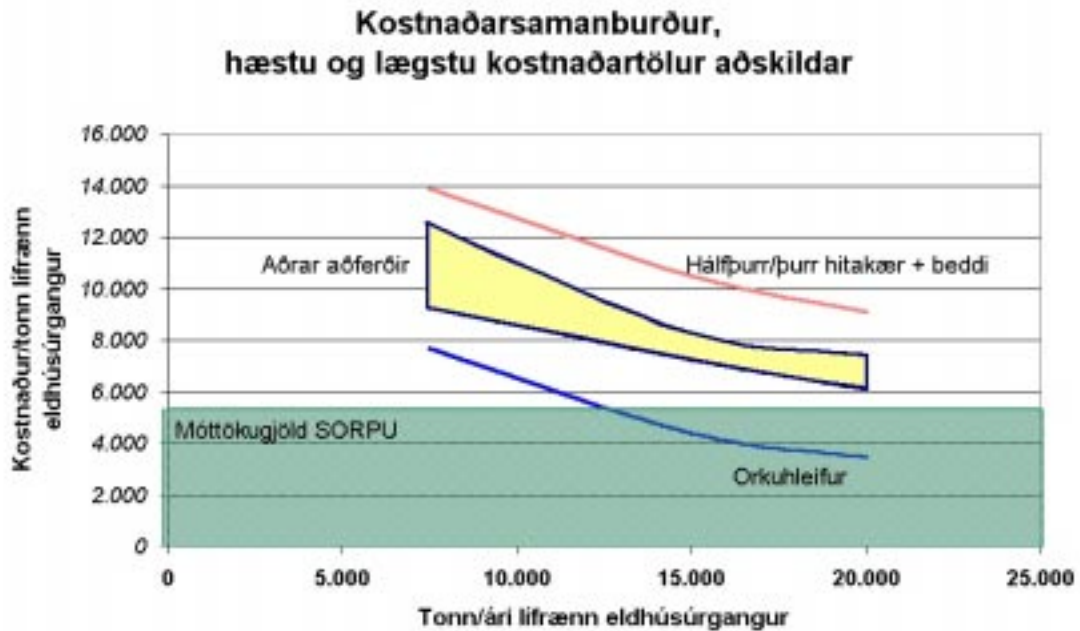
Þó svo að móttökugjöld endurspegli ekki í öllum tilfellum nákvæmlega raunkostnað gefa þau ágæta vísbendingu um kostnað. Á bilinu 7.500 tonn - 20.000 tonn þekkjast móttökugjöld frá rúmum 4.000 kr/tonn í um 12.000 kr/tonn. Að hluta til getur munurinn legið í því að móttökugjöld séu niðurgreidd af eigendum (sveitarfélögum). Ofangreindar kostnaðartölur virðast þó alls ekki fjarri lagi miðað við kostnaðaráætlanir í þessari skýrslu. Á mynd 4.10-4 er sýndur samanburður á milli orkuhleifs og annarra aðferða án þess að tekið sé tillit til ávinnings. Ef ná á einhverri hagkvæmni í vinnslu lífræns eldhúsúrgangs er ljóst að ná verður verulegu magni til vinnslu.

**Samanburður á milli orkuhleifs og annarra aðferða**



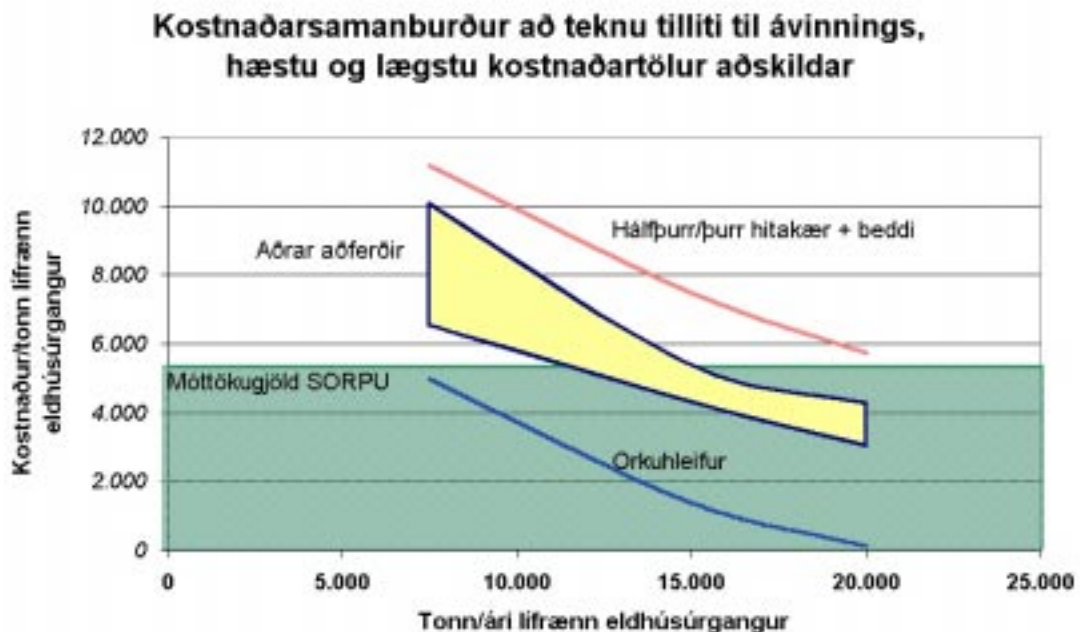
Mynd 4.10-4. Samanburður aðferða, orkuhleifur og aðrar aðferðir án tillits til ávinnings.

Á mynd 4.10-5 er sýndur þessi samanburður en dýrasta aðferðin hefur verið aðskilin (loftfírrt hálfþurr/þurr hitakær + beddi).



Mynd 4.10-5. Kostnaðarsamanburður, hæstu og lægstu aðferðir teknar frá (án tillits til ávinnings).

Sé síðan tekið tillit til áætlaðs ávinnings lítur dæmið út eins og sýnt er á mynd 4.10-6. Af þessum samanburði virðist meiga ráða að orkuhleifur sé hagkvæmur strax við 7.500 tonn á ári, loftfírrt hálfþurr/þurr hitakær + beddi sé hagkvæm við rúmlega 20.000 tonn á ári en aðrar aðferðir verði hagkvæmar við 12.000 - 15.000 tonn á ári



Mynd 4.10-6. Kostnaðarsamanburður að teknu tilliti til ávinnings. Hæstu og lægstu kostnaðartölur aðskildar.

Á svipaðan hátt og aðferðir voru metnar út frá ýmsum áhrifaþáttum má ráða aðferðum eftir kostnaði. Hér er þó röðunin háð magninu. Aðferðirnar raðast sem hér segir:



**Tafla 4.10-3.** Kostnaðarsamanburður aðferða. Aðferðum raðað eftir kostnaði pr. tonn, ódýrasta aðferðin talin fyrst.

<b>7.500 tonn/ári</b>	<b>15.000 tonn/ári</b>	<b>20.000 tonn/ári</b>
Orkuhleifur (loftfirt)	Orkuhleifur (loftfirt)	Orkuhleifur (loftfirt)
Hálfþurr hitakær (loftfirt)	Opnir múgar	Opnir múgar
Opnir kassar	Loftaðir múgar	Loftaðir múgar
Gámar	Millihitakær votvinnsla (loftfirt)	Millihitakær votvinnsla (loftfirt)
Þurr hitakær (loftfirt) + loftun	Gámar	Gámar
Millihitakær votvinnsla (loftfirt)	Opnir kassar	Þurr hitakær (loftfirt)+loftun
Loftaðir múgar	Hálfþurr hitakær (loftfirt)	Opnir kassar
Opnir múgar	Þurr hitakær (loftfirt) + loftun	Hálfþurr hitakær (loftfirt)
Hálfþurr hitakær (loftfirt)+beddi	Hálfþurr/þurr hitakær (loftfirt)+beddi	Hálfþurr/þurr hitakær (loftfirt) + beddi

Rétt er að hafa í huga að munur milli aðferða er og minnkar eftir því sem meira magn er unnið. Við 20.000 tonn/ári munar einungis um 20 % milli opinna múga og hálfþurrar hitakærrar vinnslu.

Sé tekið tillit til ávinnings lítur dæmið öðruvísi út:

**Tafla 4.10-4.** Kostnaðarsamanburður aðferða að teknu tilliti til ávinnings. Aðferðum raðað eftir kostnaði pr. tonn, ódýrasta aðferðin talin fyrst.

<b>7.500 tonn/ári</b>	<b>15.000 tonn/ári</b>	<b>20.000 tonn/ári</b>
Orkuhleifur (loftfirt)	Orkuhleifur (loftfirt)	Orkuhleifur (loftfirt)
Hálfþurr hitakær (loftfirt)	Millihitakær votvinnsla (loftfirt)	Opnir múgar
Opnir kassar	Opnir múgar	Millihitakær votvinnsla
Gámar	Loftaðir múgar	Loftaðir múgar
Þurr hitakær (loftfirt) + loftun	Þurr-hitakær(loftfirt) + loftun	Þurr hitakær (loftfirt) + loftun
Millihitakær votvinnsla (loftfirt)	Gámar	Gámar
Loftaðir múgar	Hálfþurr-hitakær (loftfirt)	Hálfþurr-hitakær
Opnir múgar	Opnir kassar	Opnir kassar
Hálfþurr hitakær (loftfirt)+beddi	Hálfþurr/þurr hitakær (loftfirt)+beddi	Hálfþurr/þurr hitakær + beddi

Þessi síða á að vera alud

## 5 NIÐURSTÖÐUR

Margar aðferðir eru til við vinnslu lífræns eldhúsúrgangs. Aðferðunum má skipta í tvær megin aðferðir, loftháðar og loftfirrtar.

Loftháðum aðferðum má síðan skipta upp í tvo megin flokka, opnar og lokaðar. Opnar aðferðir fara fram undir berum himni en lokaðar aðferðir einkennast af lokuðum rýmum þar sem öllum umhverfisaðstæðum er stjórnað. Helstu ókostir opinna aðferða eru að meindýr eiga greiðan aðgang, fok getur verið vandamál, lyktarmengun er þekkt vandamál og vandkvæðum getur verið bundið að tryggja heilnæmi afurða, þörf er á stóru athafnasvæði og heilnæmt starfsumhverfi er ekki tryggt. Ekki er hægt að nýta þann varma sem myndast við vinnsluna. Kostir þessara aðferða eru hins vegar fólgnir í því að þær eru tæknilega einfaldar og til þess að gera ódýrar.

Helstu ókostir lokaðra aðferða eru að þær krefjast alla jafna stórra bygginga og eru tæknilega flóknar. Helstu kostir eru þeir að aðgangur meindýra er torveldaður, fokvandamál eru úr sögunni, auðveldara er að komast fyrir lyktarmengun, heilnæmi afurða er betur tryggt sem og vinnuumhverfi starfsmanna. Hægt er að nýta að mestu þann varma sem myndast við vinnsluna.

Loftfirrtar aðferðir eru einnig fjölbreyttar en þó má skipta þeim niður í tvo megin flokka, meltara og aðrar aðferðir. Vinnsla með meltara má síðan skipta upp í þurrar, hálfþurrar eða votar og helgast skiptingin af rakainnihaldi þess efnis sem á að vinna. Helstu ókostir loftfirrtar vinnslu með meltara eru að þær eru tæknilega flóknar, venjulega þarf loftháða eftirmeðferð fyrir afurðirnar. Einnig getur þurft að hreinsa mikið magn vatns en það er þó háð aðferð. Helsti og stærsti kostur þessara aðferða er að við vinnsluna myndast metangas sem er endurnýjanleg hágildisorka sem nota má í stað innfluttrar óendurnýjanlegrar orku í formi olíu eða bensíns. Aðra kosti má telja að þær krefjast ekki jafn mikils rýmis og loftháðar aðferðir, lyktarvandamál eru nær óþekkt, fokvandamál eru úr sögunni, aðgengi meindýra er hamlað, vinnuumhverfi starfsmanna er betur tryggt og auðvelt er að tryggja heilnæmi afurða.

Til annarra loftfirtra aðferða telst einungis ein aðferð sem kölluð er orkuhleifur. Helsti ókostur þessarar aðferðar eru að ekki er ljóst hvort jarðvegsbætir sem myndast uppfyllir þr kröfur sem kunna að verða gerðar til slíkra afurða. Einnig getur það valdið „doða“ hjá íbúum ef allt fer á sama hauginn. Helsti kostur þessarar aðferðar er að ekki þarf flóknar byggingar eða tæknibúnað, ekki þarf að hreinsa vatn, framleiðsla haugagass er meiri en í venjulegum meltara og ekki þarf nýtt land undir starfseminna þar sem hægt er að byggja þessa hleifa á núverandi sorpurðunarstað.

Þegar allar þessar aðferðir eru bornar saman með tilliti til aðgengis meindýra, foks, lyktarmengunar, heilnæmi afurða, svæðisþarfar, byggingaþarfar, tæknistigs, sigvatns, orkunotkunar og starfsumhverfis starfsmanna er ljóst að opnar aðferðir koma lakast út úr þeim samanburði. Með tilliti til þessara þátta koma gámaaðferðir, hitakær(loftfirrt) þurrvinnsla og orkuhleifur best út.

Sé hins vegar litið til kostnaðar eru orkuhleifur hagstæðastur í öllum tilfellum en síðan kemur hálfþurr-hitakær loftfirrt vinnsla (við 7.500 tonn) og opnar múgar (við 15.000 tonn og 20.000 tonn). Sé tekið tillit til ávinnings er orkuhleifur ennþá hagstæðasta aðferðin í öllum tilfellum en síðan hálfþurr-hitakær loftfirrt vinnsla (við 7.500 tonn), millihitakær(loftfirrt) votvinnsla (við 15.000 tonn) og opnar múgar (við 20.000 tonn).

Með samanburði allra þátta, þ.e. meindýra, foks, lyktar, heilnæmi, svæðisparfar, byggingarparfar, tæknistigs, sigvatns, orkunotkunar, starfsumhverfis starfsmanna, annarra umhverfisþátta og kostnaðar er ljóst að loftfirrtar aðferðir eru hagstæðari en loftháðar. Með tilliti til allra þessara þátta er ljóst að af loftfirrtum aðferðum koma orkuhleifar best út en af loftháðum aðferðum koma gámar best út. Því er lagt til að þessar aðferðir verði skoðaðar nánar m.t.t. kostnaðar og þeirra þátta sem að ofan greinir. Skoða þarf t.d. nánar hvar hægt er að koma vinnslu með gámum fyrir.

Mikilvægur þáttur, sem ekki er athugaður í skýrslunni er flokkun og söfnun hins lífræna eldhúsúrgangs. Bent er á nokkrar leiðir og reiknaður kostnaður við uppsetningu á optískum greini. Uppsetning á optískum greini er dýr aðgerð en gæti samt verið ódýrust og auðveldust sé litið til flokkunar og söfnunar í heild sinni. Stærð vinnslulínu fyrir lífrænan eldhúsúrgang ræðst í raun af því magni sem hægt er að ná með flokkun á heimilum. Þær aðferðir, sem best koma út í öllum samanburði eru einnig sveigjanlegustu aðferðirnar og hægt að byggja þær þannig að vinnslugetan sé í takt við söfnunina. Mikilvægt er að sveitarfélögin skoði í sameiningu hvaða flokkunar og söfnunarkerfi er hagkvæmast og hentar best. Vinnsluaðferðin sem valin verður setur flokkun og söfnun ákveðin skilyrði. Svipuð skilyrði hvað varðar flokkun og söfnun gilda bæði fyrir vinnslu með gámum og orkuhleif. T.d. getur plast verið í hráefninu en það þarf þó að sigta frá á lokastigi vinnslunnar. Því minna sem er af slíku efni í hráefninu því auðveldari og ódýrari verður vinnslan.

Kröfur til afurða (jarðvegsbætis) setja einnig allri flokkun og vinnslu ákveðin skilyrði. Aðskotahluti þarf að fjarlægja (gler, plast, járn) og gera verður þá kröfu að efnið sé gerileytt. Einnig hlýtur að vera gerð sú krafa að afurðin innihaldi ekki mikið magn þungmálma. Þessar kröfur setja því flokkuninni þau skilyrði að hlutir sem geta gefið af sér óæskileg efni (þungmálma) mega ekki vera í hráefninu. **Þetta skilyrði er óháð þeirri aðferð sem valin er til vinnslu.** Hins vegar sanna dæmi erlendis frá að jafnvel þótt tekin sé upp flokkun á upprunastað getur allt lent með lífrænum úrgangi (hjól, bílvélar, felgur o.s.frv.). Því þarf að flokka málma frá við móttöku efnisins. Krafa um gerileyðingu setur síðan ákveðin skilyrði á vinnsluna sjálfa. Ná verður ákveðnu hitastigi í ákveðinn tíma til að efnið teljist gerileytt eða nota aðrar aðferðir til að uppfylla þá kröfu. Ljóst er því að flokkun, söfnun, móttaka, vinnsla, eftirmeðhöndlun og notkun þurfa að vera í samræmi hvert við annað. Ekki er hægt að taka upp vinnslu lífræns eldhúsúrgangs nema vitað sé hvaða kröfur gerðar verða til afurðarinnar hvort sem er opinberum aðilum eða kaupendum/notendum afurða. Ekki er heldur hægt að taka upp vinnslu lífræns úrgangs nema ákveðið sé hvaða flokkunar- og söfnunarkerfi hentar valdri aðferð. Séu þessi atriði ekki tryggð og fastsett áður en byrjað er á vinnslu lífræns úrgangs er betur heima setið en af stað farið.

## 6 HEIMILDASKRÁ

Björn Guðbrandur Jónsson, „Jarðgerð garðaúrgangs af höfuðborgarsvæðinu. Tilraunaverkefni SORPU 1994 - 1995, Lokaskýrsla“, SORPA mars 1996

Edelmann, W., Schleiss, K., „*Ecologic, energetic and economic comparison of treating biogenic wastes by digestion, composting and incinerating*“, paper written for R99, Geneva, Switzerland

IEA Bioenergy, „*Systems and Markets Overview of Anaerobic Digestion*“, bæklingur útgefinn af The International Energy Agency (IEA), 1997.

Kari Kulvik Heldal, Statens arbeidsmiljøinstitutt, „*Helserisiko ved avfallshåndtering*“, glærur frá „*NRF Seminar om våtorganisk avfall*“, Bodø, Noregi, mars 2000.

Línuhönnun/Björn Guðbrandur Jónsson, „*Lífræn efni í Landnámi Ingólfs - athugun á magni, gerð og dreifingu*“, GFF ágúst 1997

Lystad, H., „*Kvalitetskriterier for kompost fra våtorganisk husholdningsavfall*“, Jordforsk nytt, Senter for jordfaglig miljøforskning, Volum 7 - 1999. Nr. 2.

N. Koivula, K. Hänninen, O. Tolvanen, „*Windrow composting of source separated kitchen biowaste in Finland*“, Waste Management & Research, volume 18, 2000, ISWA, ISSN 0734-342X

Munnlegar og skriflegar upplýsingar frá SWECO

Rekstraráætlun 2000, samþykkt í stjórn SORPU 16. desember 1999.

SORPA bs. Ýmsar upplýsingar

Tchobanoglous, G., Theisen, H., Vigil, S., „*Intergrated Solid Waste Management, Engineering principles and management issues*“, McGRAW-HILL International Editions, ISBN 0-07-112865-4

Tolvanen, O.K., Hänninen, K. I., Veijanen, A., Villberg, K. „*Occupational hygiene in biowaste composting*“, Waste Management & Research, Volume 16, December 1998, ISWA, ISSN0734-242X

VSÓ Ráðgjöf, „*Möguleikar og hagkvæmni þess að taka upp flokkun og vinnslu lífræns úrgangs frá heimilum í Reykjavík*“, unnið fyrir Hreinsunardeild Gatnamálastjóra, október 1997

Wannholt, L., „*Biologisk behandling av hushållsavfall i slutna anläggningar i Europa*“, RVF Rapport 98:6, ISSN 1103-4092.

Wannholt, L., „*Biologis behandling av hushållsavfall i slutna anläggningar i Europa - Sammanfattning*“, RVF Rapport 98:6, ISSN 1103-4092.

Wannholt, L., „*Biological Treatment of Domestic Waste in Closed Plants in Europe - Plant Visit Reports*“, RVF Report 98:8

Upplýsingar frá ýmsum framleiðendum tækja og tóla til jarð- og gasgerðar.

Þessi síða á að vera auð