

APLIKO DE MODERNAJ
RUBAJSENDAĜERIGAJ
METODOJ
KAJ LA MEDIOPROTEKTADO

Francisko Molnár
HUNGARIO

Apliko de modernaj rubaĵsendanĝerigaj metodoj - kaj la medioprotektado

Francisko MOLNÁR
HUNGARIO — 1984

Antaŭ ol pritrakti la temon mem, oni devas klare fiksi la ĝustan signifon de du nocioj: rubaĵo kaj sendanĝerigo.

RUBAĴO: Laŭ la vortaro de SAT (1971) verkita de profesoro E. Grosjean-Maupin:

1. Rompitaĵoj de ruinigita konstruo;
2. Rompitaĵoj de iu ajn objekto;
3. Senvaloraj forĵetindaj objektoj, balaaĵoj.

En tiu ĉi laboraĵo mi uzas la vorton en la du lastaj signifoj, pli detale: ĉiuspecaj foruzitaj, rompitaĵ objektoj, senvaloriĝintaj materialoj, komunumaj kaj industriaj defalaĵoj, forigendaj el la homa kaj industria medioj.

SENDANĜERIGO: La rubaĵo ĝenerale enhavas tiajn materialojn, kiuj povas kaŭzi diversajn nociojn al la homo aŭ al la medio. Ekz. la komunuma rubaĵo enhavas organikajn materialojn, kiuj dum malkomponiĝo ellasas venenajn, infektajn kaj fetorajn gasojn, likvaĵojn ktp. Inter la industria defalaĵoj troveblas ofte tre venenaj flankproduktaĵoj, brulivaj kaj eksplodivaj eventuale radiantaj materialoj — ekde la foruzitaj lubrikaĵoj ĝis la radioaktivaj atomrubaĵoj. La sendanĝerigo estas sistemo de metodoj, teknologioj kaj aranĝoj, kies celo estas transformado de la danĝeraj materialoj je neŭtralaj. En certaj kazoj la sendanĝerigo okazas per sekura izolado.

MEDIOPROTEKTADA KAJ ĜENERALA SIGNIFO DE LA FORIGO KAJ SENDANĜERIGO DE LA RUBAĴO

Dum la fiziologia funkciado de la homa organismo, dum la ĉiutaga vivo kaj ekonomia agado de la homo kreiĝas plej diversaj defalaĵoj, solidaj, ŝlimecaj, fluidaj kaj gasaj. La nekonvena forigo kaj sendanĝerigo de la rubaĵo povas kaŭzi malsanojn — en ekstremaj kazoj eventuale epidemiojn — kaj malpuriĝon de la rekta aŭ pli vasta natura ĉirkaŭaĵo.

La malfavoraj konsekvencoj de la nekonvena traktado de la defalaĵoj skizeblas jene:

a) Rubaĵo kiel infekto-disvastiganto

En la rubaĵo devenanta el diversaj fontoj ofte troveblas mikroorganismoj kaŭzantaj malsanojn (virusoj, bakterioj, vermo-ovoĵoj ktp.). Inter konvenaj cirkostancoj ili konservas sian vivkapablon dum longa tempo kaj povas kaŭzi infekton. Nepre menciindas, ke la rubaĵo ne estas rekta infektofonto, sed facile povas esti peranto de infektoj, epidemioj. Kelkaj malsanigaj mikroorganismoj, ofte troveblaj en rubaĵo:

1. Salmonella typhi, Salmonella paratyphi B. (Tifo)
2. Echerichia Coli (Vivanta en la homa intesto)
3. Clostridium tetani (Tetano)
4. Vibrio cholerae (Ĥolero)
5. Virusoj de la hepatito

b) Plimultiĝo de insektoj kaj ronĝuloj

La ronĝuloj kaj insektoj estas konataj disvastigantoj de infektoj. Ili tre ŝatas lokiĝi en kaj sur rubaĵamasoj, kie ili trovas abundan nutraĵon. Laodoro de la rubaĵo allogas ilin el granda distanco kaj la nekovritaj rubaĵamasoj antaŭhelpas ilian plimultiĝon.

c) Malpuriĝo de la grundo, la surfacaj kaj subteraj akvoj

En la rubaĵo la precipitaĵoj (pluvo, neĝo ktp.) elsolvas la produktaĵojn de la malkomponiĝo de organikaj materialoj kaj la diversajn solveblajn nocajn materialojn. La kreiĝintaj solvaĵoj penetras en la grundon kaj en la surfacajn akvojn, kie ili kaŭzas malboniĝon de la akvokvalito. La mastrumaj lavmaterialoj, industriaj defalaĵoj ofte enhavas venenajn, malfacile malkomponiĝantajn substancojn, kiuj pere de la akvo laŭ diversaj vojoj povas aperi en la homaj nutraĵoj, akumuliĝi en la homa organismo.

d) Malpuriĝo de la aero

Dum la malkomponiĝo de la organikaj defalaĵoj kreiĝas fetoraj gasoj (amoniako, hidrogena sulfido ktp.). La vento sur granda tereno disportas la gasojn kaj la fajnan polvon de la rubaĵo, pro tio la aeromalpuriĝo disvastiĝas. Al tiu ĉi procezo ofte aldoniĝas fumo, fulgo kaj flugcindro, kiam la malbone ordigitaj nekovritaj rubaĵamasoj membruliĝas en la rubaĵdemetejoj.

e) Estetika medionocado

La nekonvene demetita rubaĵamaso estas naŭza vidaĵo, kaj donas malkulturan aspekton al la pejzaĝo.

Ĉe la prijuĝo de la rubaĵtraktado krom la supre menciitaj negativaj efikoj oni devas priatenti ankaŭ tion, ke la diversaj rubaĵiĝintaj materialoj rekte aŭ post konvena prilaboro povas esti utiligeblaj por certaj ekonomiaj celoj.

Dum la kolektado, forigo kaj sendanĝerigo de la defalaĵoj aperas teknikaj kaj medioprotektadaj problemoj, kies solvo pretendas detalan ekzamenadon de la cirkostancoj de la rubaĵestiĝo, kaj prilaboradon de plej ekonomiaj kolektaj, deponadaj kaj sendanĝerigaj metodoj por ĉiu defalaĵo-speco.

La rubaĵspecoj laŭ la loko de la kreiĝo povas esti tre malsamaj, kaj vicigeblas en tri ĉefajn grupojn:

- Industriaj kaj agrikulturaj defalaĵoj
- Komunumaj defalaĵoj
- Ceteraj defalaĵoj

En tiu ĉi laboraĵo mi deziras okupiĝi nur pri la kolektado kaj sendanĝerigo de komunumaj defalaĵoj.

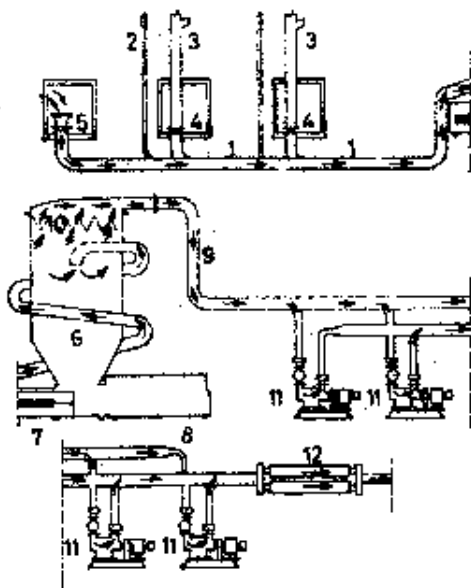
KOMUNUMAJ DEFALAĴOJ

Al tiu ĉi grupo apartenas ĉiu defalaĵo, kiu kreiĝas en homaj loĝlokoj (urboj, vilaĝoj) **en la mastrumoj kaj sur la komunaj terenoj** (stratoj, parkoj ktp.). La komunumaj defalaĵoj estiĝas en du ĉefaj formoj: solida kaj fluida. La solidajn defalaĵojn en la pluaĵ mi konsekvence nomos rubaĵo, la fluidaj defalaĵoj havos la komunan nomon **kloakakvo**.

KOLEKTADO

La kolektado kaj forigo de la komunumaj defalaĵoj devas esti organizita agado, parto de la loĝloka infrastrukturo. Jara ĉe la kolektado oni devas priatenti la medioprotektajn pretendojn kaj la teknologiajn kondiĉojn de la sendanĝerigo. La kolektado de la rubaĵo povas okazi pere de fermitaj kanalsistemoj — same kiel en kazo de kloakakvo — post konvena muelado. Tiu ĉi metodo en multaj landoj eksperimente uzatas, sed la iom grandaj rubaĵpecoj per tiu ĉi metodo ne estas forigeblaj, pri ilia kolektado oni devas aparte zorgi. Pro tio, ĉi tiu procedo ne havas tro grandan signifon, kvankam la utiligo de la kanala reto por rubaĵforigo satus ekonomia. Simila sistemo estis, kiam la rubaĵo en grandaj loĝblokoj aŭ industriaj uzinoj kolektatas en centra loko, helpe de pneŭmatika livera sistemo. El la loĝejoj aŭ laborejoj la rubaĵo helpe de vakuo en fermata tuboreto estas transportata al la rubaĵkolektejo kaj de tie liveratas al la loko de la sendanĝerigo. Tiu ĉi sistemo estis aplikata ekz. en

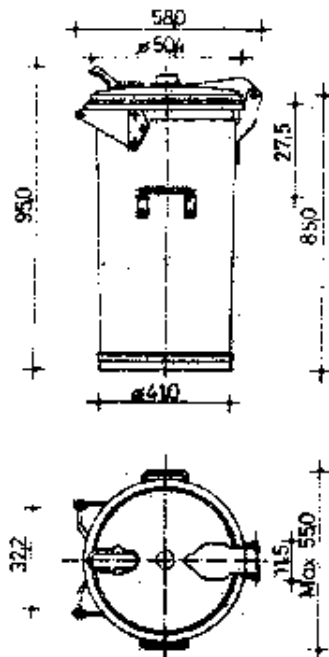
München, en la olimpia vilaĝo, kaj ĝi bonege funkciis. La skizon de la instalaĵo montras figuro 1.



Figuro 1. Rubaĵforigo per vakuo (Centralsug-sistemo, Svedio)

1. rubaĵlivera tuba reto; 2. polvoelsuĉado; 3. rubaĵenfaligilo; 4. klapo; 5. valvo por aeroenlaso; 6. rubaĵrezervujo; 7. kompaktilgilo; 8. rubaĵelpreno; 9. vakua tubo; 10. senpolvigilo; 11. vakuoturbinoj; 12. bruomallaŭtigilo

La plej ofte uzata kaj plej disvastiĝinta kolekta metodo estas la kolektado en fermataj rubujoj kaj provizora deponado en la kolektejoj. La rubujoj povas esti fermeblaj rubvazoj aŭ plastsakoj. La rubvazojn oni malplenigas en kamionojn, la sakoj same povas esti malplenigataj, sed prefere la rubaĵo kutime forliveratas kune kun la sako. Kondiĉe, ke la rubvazoj estas bone **maintenataj** kaj ankaŭ la sakoj estas fortaj kaj bone fermeblaj, la rubaĵkolektado estas relative higiena, apenaŭ malpurigatas la medio per polvo kaj fetoro.

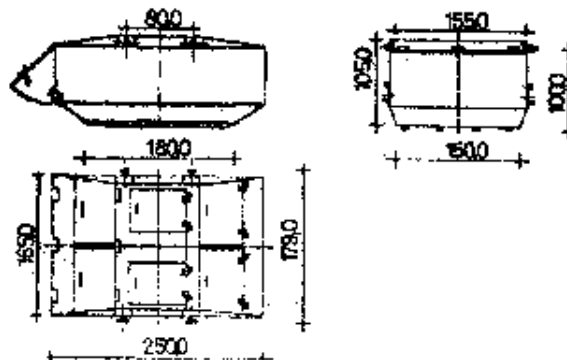
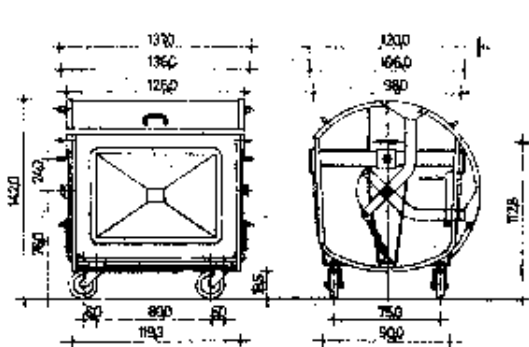


Figuro 2. Rubvazo kun volumeno de 110 litroj

Ekde kelkaj jaroj komencis disvadiĝi la rubaĵkolektado en ŝanĝeblaj rubvazegoj t.n. **konteneroj**. Per ŝanĝado de la vazoj ĉesas la malpurigo ĉe la kolekta loko. La plenajn kontenerojn oni fermas, forliveras kaj ŝanĝas je malplenaj. Tiu ĉi metodo ebligas uzi grandajn rubujojn kun volumeno de pluraj kubmetroj, kies maintainado kaj purigo solveblas en centra loko, tiamaniere la higienaj kondiĉoj pli facile plenumblas. Ĝenerale uzatan rubvazo-tipon montras figuro 2.

Sur figuroj 3 kaj 4 videblas etkontenero kun volumeno de 1100 litroj, resp. ŝanĝo-kontenero kun volumeno de 5m³. La etkontenero ne ŝanĝatas, ĝi malplenigatas en kamionon, kiea surkonstruaĵo

pretiĝis speciale por tiu ĉi celo.



Figuro 3. Etkontenero kun volumeno de 1100 litroj Figuro 4. Ŝanĝo-kontenero kun volumeno de 5m³

La fluidaj komunumaj defalaĵoj en la iom grandaj loĝlokoj (urboj, grandvilaĝoj) estas kolektataj kaj traktataj en centraj kloakakvopurigejoj. En multaj lokoj ne konatuiĝis purigejo, pro tio la kloakakvo tutkvante enlasatas en proksiman lagon aŭ riveron. (Tio estas unu el la plej gravaj faktoroj en la **eŭtrofiĝo** de la vivaj akvoj). En la kanalizitaj loĝlokoj la kolektado okazas pere de la kanala reto, la traktado (putrigo, seketigo ktp.) en grandaj instalaĵoj kontrolatas far fakuloj, ĝenerale la purigo kaj sendanĝerigo okazas inter bone organizitaj cirkonstancoj. En malpli grandaj loĝlokoj la kolektado, putrigo kaj antaŭseketigo de la kloakakvo okazas en apartaj malgrandaj sedimentigaj fosaĵoj ĉe la privataj domoj. La kolektado el tiuj ĉi fosaĵoj faratas per specialaj elsuĉilo-veturiloj, kiuj liveras sian enhavon al la kloakakvopurigejo de pli grandaj loĝlokoj aŭ al speciale por tiu ĉi celo destinita ŝlimodemetejo. Ĉi kolektada metodo estas ĉiam kunligita kun certa mediopoluciado.

SENDANĜERIGO DE LA RUBAĴO

Demetado

Vaste en la mondo estas uzata por loki kaj sendanĝerigi la rubaĵon la t.n. **neordigita demetado**. Ĝian disvastigitecon indikas ekzemple, ke laŭ la statiatikoj en la jaroj 1970-71 en FRG 80%-oj de la rubaĵdemetejoj apartenis al tiu ĉi kategorio, en Usono 95%-oj.

La metodo konsistas el tio, ke diversaj urbomastrumadaj entreprenoj kolektas la rubaĵon kaj simple demetas ĝin en konvenaj lokoj — plej ofte en kavoj, fosaĵoj, forlasitaj argilminejoj au en malpli grandaj valoj k.a. La demetejo ĝenerale situas en — aŭ rekte apud — la koncerna loĝloko, eventuale oni trovas konvenan lokon, kie povas esti demetata la rubaĵo de pluraj vilaĝoj (urboj). Grava malavantaĝo estas ĉe tiu ĉi procedo, ke la vento povas facile diablovi la pli malpezajn rubaĵ-ingrediencojn, en la demetejo povas plimultiĝi ronĝuloj kaj insektoj. La putrantaj organikaj substancoj fetoras malpurigante la aeron sur granda tereno. La nekovrita rubaĵamaso inklina je membruliĝo, la kreigiĝinta fumo ofte enhavas venenajn materialojn.

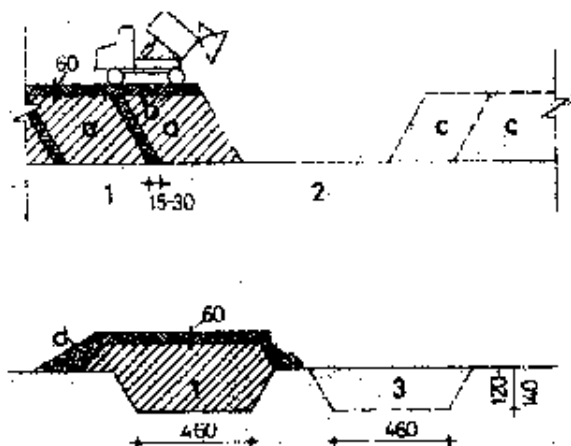
Pluevoluigita formo de la demetado estas la t.n. **ordigita demetado**. Ĉefa karakterizo de ĉi metodo estas, ke la demetita rubaĵo estas kompaktigata — plej ofte rekte per la rubaĵkolektaj kamionoj — kaj tuj kovratas per tero aŭ skorio por reteni la polvon kaj fetoron. La rubaĵamaso tiamaniere estas izolita disde la ronĝuloj kaj insektoj, ankaŭ la disblovo far la vento estas malebligata.

La plej disvastigitaj procedoj de la ordigita demetado estas la jenaj:

a) Demetado en tranĉeiforman fosaĵon

La rubaĵo demetatas en ĉ. 4-5 metrojn larĝan kaj ĉ. 1,5-2,0 metrojn profundan longan fosaĵon, kompaktigatas kaj tuj kovratas per 50-60 cm-ojn dika tertavolo. La tereno post plenigo kaj ebenigo de la fosaĵo utiligatas por agrikulturaj celoj. Grava malavantaĝo estas, ke la procedo pretendas

grandan areon. La praktikan realigon prezentas figuro 5.



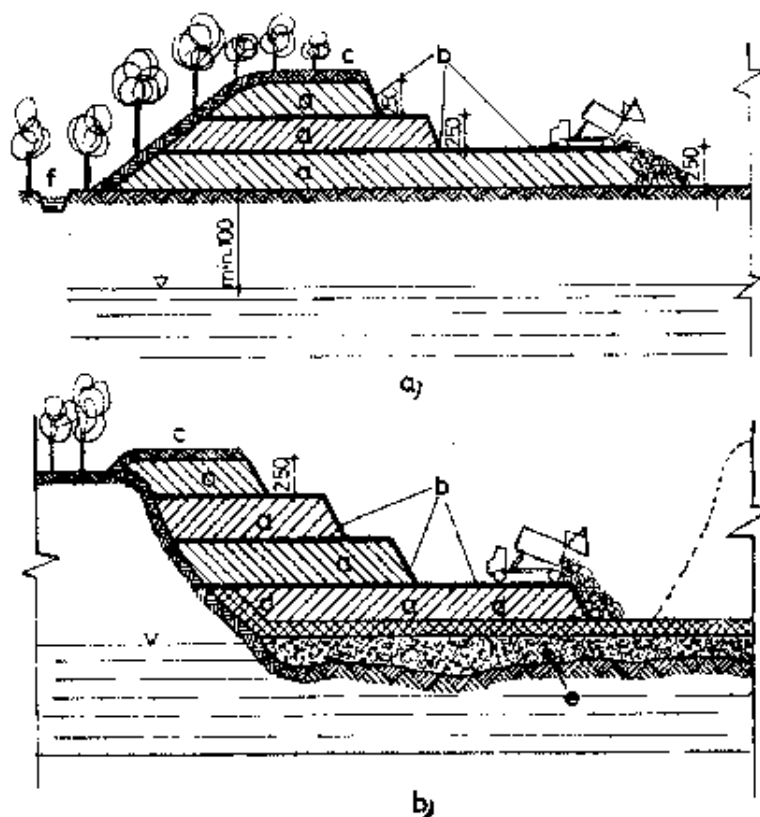
Figuro 5. Demetado en tranĉeiforman fosaĵon (Sanitary landfill, trench method, Usono)

1. plenigita fosaĵo; 2. elfosita parto; 3. elfosota tertavolo;

a. demetita rubaĵo; b. kovra tavolo; c. elfosenda parto; d. flanka terkovraĵo

b.) Demetado sur ebenan terenon aŭ sur deklivon.

Ĉe tiu ĉi procedo la demetado okazas en maksimume 1,8 metrojn dikajn tavolojn (kompaktigita dikeco), ankaŭ tuj kovratas la rubaĵtavoloj, sed ili lokeblas unu sur la alian. Tiamaniere plenigeblas kavoj, fosaĵoj, sed sur ebena tereno elformeblas montetoj el la rubaĵtavoloj. En la plej supran terkovraĵon planteblas vegetaĵoj por agrikultura utiligo de la tereno. Tiu ĉi metodo taŭgas por sendanĝerigo de granda kvanto da rubaĵo sur relative malgranda areo. (Vidu figuron 6.)



Figuro 6. Ordigita demetado sur ebenan terenon kaj sur deklivon (Geordnete Ablagerung, FRG)

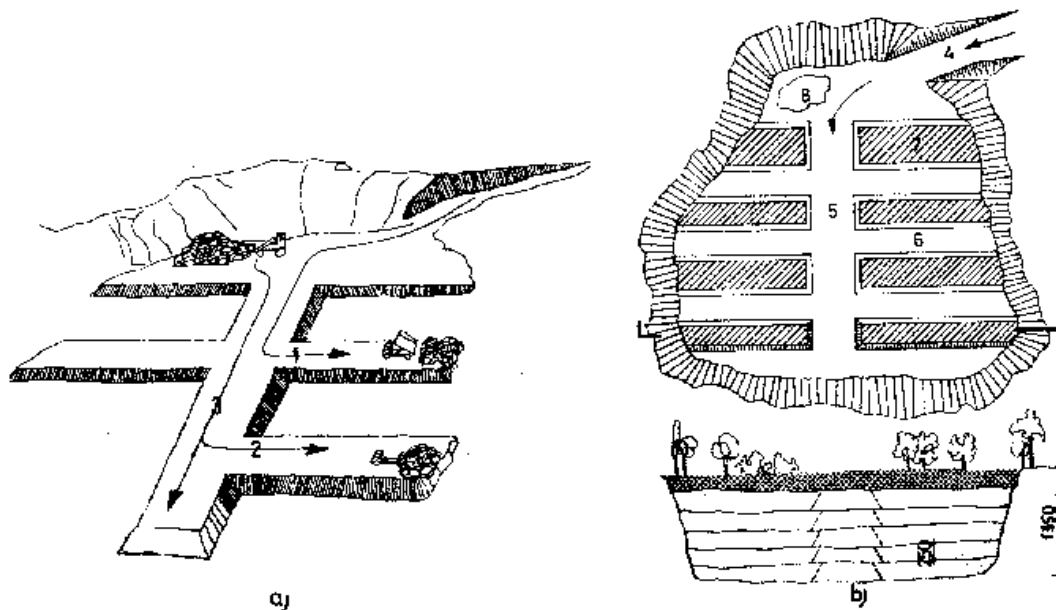
a) demetado sur ebenajon;
b) demetado en kavaĵon

a. demetita rubaĵo;
b. kovra tavolo;
c. ferma tavolo;
d. izolaĵo;
e. gruzotavolo;
f. fosaĵo por akvoforkonduko

c.) Demetado en prismojn (prisma kavoplenigo)

La kerno de la procedo estas, ke la rubaĵon oni demetas en 2-2,5 metrojn altajn, 6-8 metrojn larĝajn prismojn. La prismoj fine de ĉiu labortago kovratas per skorio. La elformadon de la ĉefprismo oni komencas laŭlonge de la fundo de la plenigenda kavaĵo. El la ĉefprismo disbranĉiĝas flankaj prismoj.

La malplenaj lokoj inter la branĉoj plenigatas nur post la elformado kaj kovrado de la prismoj. La plenigon kaj poste ebenigon de unu tavolo sekvas elformado de nova tavolo laŭ la sama maniero. Grava avantaĝo de la prisma demetado estas, ke en la relative mallarĝaj branĉoj pro pli facila enpenetro de la aero la putrado rapide finiĝas, krom tio, dum la konstruado de la prismoj en la sama tempo nur relative malgranda surfaco estas nekovrita. (Vidu figuron 7.)



Figuro 7. Prisma demetado en forlasita argilminejo (Prizmás lerakás téglagyári gödörben, Hungario)
 1. demetado de kruda rubaĵo; 2. kompaktigo, ebenigo; 3. liverado de kovraĵmaterialo; 4. enira vojo;
 5. ĉefprismo; 6. prismobranĉo; 7. plenigita interbranĉo; 8. kovraĵmaterialo

La demetadaj metodoj pretendas la plej malaltan investkoston inter la sendanĝerigaj procedoj, pro tio ili uzatas tre vaste en la mondo. Pro medioprotektadaj kialoj en multaj landoj la neordigita demetado jam estas malpermesata, sed la ceteraj demetadaj metodoj — pro ilia malkareco — plu evoluas. La demetejoj povas esti — en kiu ajn formo — gravaj fontoj de akvomalpurigo, pro tio ĉe la elekto de konvena loko por demetejo necesas fari detalajn geodeziajn esplorojn.

En tiu kazo, kiam mankas akvoretana tavolo en la grundo super la grundakvonivelo, oni nepre devas iel izoli la rubaĵamason disde la gruadakvo. Tio povas okazi per kovrado de la grundo per argiltavolo, kalkoŝlimo aŭ cemento, sed ofte uzatas ankaŭ veldataj plastfolioj por tiu ĉi celo. Ĉe la fermado, kovrado de la rubaĵtavoloj devas esti certigata la forkonduko de la precipitaĵakvoj de sur la jam kompaktigita kaj ebenigita tereno.

Kvankam laŭ la diversaj eksperimentoj la bone ordigitaj, fermitaj rubaĵdemetejoj principe estas utiligeblaj por agrikulturaj celoj, eĉ en kelkaj kazoj ili havas pejzaĝo-regeneran rolon, tamen la rekultivado de tiuj ĉi terenoj estas iom malfacila. Oni devas ekzemple eviti la plantadon de tiaj arboj, kiuj kreskigas ĝian radikon profunden, ĉar la radikoj traboras la kovran tavolon, kaŭzante tiamaniere la malpurigon de la grundakvo. Kelkaj neorganikaj rubaĵpartoj (tuboj, skatoloj, bareloj ktp.) restas en originala stato jardekojn eĉ eventuale jarcentojn, la foruzitaj pneŭmatikoj de aŭtoj tre malbone kompaktiĝas, lante malkomponiĝas, pro tio la grundo restas elasta por longa tempo. Sekve el la menciitaj problemoj, la plenigitaj rubaĵdemetejoj ne taŭgas por konstruado de iom grandaj domoj, konatraŭjoj, sed elformeblas sur ili parkoj, sportejoj, aŭ ili utiligeblas agrikulture.

Ekzistas metodoj, en kiuj la rubaĵo dum — aŭ post la sendanĝerigo en ia formo utiligatas por regajni almenaŭ parton de la sendanĝerigaj elspezoj — originale destinitaj je perejo. El inter ili la plej gravaj estas la sekvaj:

- Mulĉigo (biotermika procedo)
- Bruligo
- Pirolizo (pervarma malkomponado)

- Biogasproduktado
- Selektado

Tiuj ĉi metodoj malofte aplikatas pure en si mem. Ĝenerale ili kompletigas unu la alian por la realigo de la duobla celo: sendanĝerigo kaj utiligo.

Mulĉigo (biotermika procedo)

La diversaj mulĉofaradaj metodoj bazigas sur tio, ke la organikaj substancoj de la rubaĵo — inter konvenaj cirkonstancoj — helpe de mikroorganismoj malkomponiĝas kaj kreiĝas kiel finproduktaĵo humoriĉa, tersimila materialo, la mulĉo.

La procezon akompanas estiĝo de granda kvanto da varmo. La mulĉo utiligeblas en la agrikulturo kiel grundoplignonigilo, sed fabrikeblas el ĝi ekzemple varmizolaj lamenoj. Tamen en la urbomastrumado la ĉefa celo de la mulĉigo estas ne la utiligo, sed la sendanĝerigo de la rubaĵo.

La malkomponado daŭras ĉ. 1 monaton, dum tiu ĉi tempo la kreiĝinta varmo ekstermas plejparton de la malsanokaŭzantaj mikroorganismoj. La malkomponiginta materialo jam ne havas fetoron, ĝi facile trakteblas kaj el higiena vidpunkto konsidereblas sendanĝera.

La mulĉigo havas gravan rolon en la rubaĵtraktado ekzemple en Nederlando, kie ĉ. 17% de la urba mastruma rubaĵo estas mulĉigata por fekundigi la polderojn (submarnivelajn novajn agrojn). Menciindas, ke en Izraelo, en urbo Tel Aviv estas la plej granda en la mondo mulĉigejo, kie prilaboratas 43% de la urba rubaĵo.

Grava avantaĝo de la mulĉigo estas, ke kune kun la solidaj defalaĵoj prilaboreblas ankaŭ la fluidaj, t.e. al la rubaĵo mikseblas kloakakvoŝlimo, kies traktado ĝenerale kaŭzas tre gravajn zorgojn.

La malkomponiĝo de la organikaj materialoj povas okazi en du formoj: aerobia kaj malaerobia. La aerobia formo produktas pli da varmo, la temperaturo en tiu ĉi procezo povas atingi 50 — 90 Celsiusojn, dum la malaerobie putranta materialo ĝenerale ne varmigas super 40 Celsiusojn. Emfazendas, ke la celo de la mulĉigo de la rubaĵo estas antaŭ ĉio la ekstermado de la malsanokaŭzantaj mikroorganismoj, pro tio oni devas strebi al la certigo de plejparte aerobiaj cirkonstancoj dum la procezo por garantii konvenan sterilecon de la finproduktaĵo. La regantan formon de la malkomponiĝo influas la aeroprovizado de la rubaĵo, sed ambaŭ tipoj de la putrado partoprenas en la procezo samtempe, unu apud la alia. Dum la mulĉigo devas esti ekzamenataj la sekvaj faktoroj:

- a. homogeneco
- b. akvoenhavo
- c. aeroprovizado
- d. C/N proporcio
- e. pH valoro

Homogeneco

La bone digpecigita materialo certigas pli favorajn cirkonstancojn por la plimultiĝo kaj vivagado de la mikroorganismoj ol la kruda rubaĵo, konsistanta el iom grandaj pecoj. Pro tio, ofte aplikatas en la antaŭprepara fazo dispecigo, kiu estas favora ankaŭ pro tio, ĉar antaŭhelpas la malfirmiĝon de tiuj strukturoj, kiuj por la mikroboj alie malfacile estus alireblaj. La diserigita rubaĵo, precipe la miksata kun kloakakvoŝlimo pli bone konservas sian akvoenhavon ol la kruda.

Akvoenhavo

La troa sekiĝo de la putranta materialo grandmezure bremsas la vivagadon de la mikroboj, aliflanke tro alta akvoenhavo same estas malfavora, ĉar la direkton de la malkomponiĝo povas puŝi al la malaerobia formo. Al la akvoenhavo kalkulendas ankaŭ la akvoenhavo de la ĉeloj, la kemie ligita kaj per surfacaj fortoj ligita akvo. Ĝenerale konforman akvoenhavon indikas, se dum la tuta procezo la

materialo manpalpe sentiĝas humida, sed kunpremite ne elfluigas akvon. Pro la alta temperaturo la putranta rubaĵamaso perdas multe da akvo, pri kies suplementado oni devas zorgi per akvumado. Ĉe la konstruado kaj funkciigo de la mulĉigejo oni devas certigi la forkondukon de precipitaĵakvoj por eviti la troan malsekiĝon de la materialo.

Aerprovizado

La tipo de la malkomponiĝo dependas unuavice de la aerprovizado, la aerobiaj resp. malaerobiaj cirkostancoj determinas la rapidecon de la procezo, la kvaliton de la finproduktaĵo, ĝian sanitaran kaj merkatan valoron. La mikroboj, okazigantaj la malaerobian malkomponadon, povas vivi ankaŭ sen aera oksigeno, ĝin ili elgajnas el la malkomponata materialo. Dum la malaerobia putrado kreiĝas forte fetorantaj substancoj (amoniako, hidrogena sulfido, putrescino, kadaverino ktp.), kiuj allogas muŝojn kaj ronĝulojn. Aspekto la materialo estas pasteca, mukoza, ĝia temperaturo estas relative malalta (maks. 40 Celsiusoj). Se la rubaĵo ne enhavas sufiĉe da kalcio kaj magnezio, la materialo acidiĝas dum la putrado. La aerobie malkomponentaj mikroorganismoj por sia energiomastrumo utiligas la aeran oksigenon. Ĉe la aerobia putrado ne kreiĝas fetoro, oni ne devas kalkuli pri signifa muŝo- kaj ronĝuloplimumiĝo. Dum la procezo rapide altigas la temperaturo ĝenerale ĝis 60 — 75 Celsiusoj, sed povas atingi eĉ 85 — 90 Celsiusojn. Ankaŭ la malkomponiĝo mem estas rapida, la estiĝinta mulĉo estas pli valora kaj el sanitara kaj el merkataka vidpunktoj. Kvankam la aerobia formo de la putrado estas pli favora, oni ne devas ĉiamaniere strebi al ĝia ekskluzivigo, ĉar la du formoj bone kompletigas unu la alian.

C/N proporcio

La mikroorganismoj ĝenerale pretendas la samajn nutraĵmaterialojn, kiel la pli latrangaj kreskaĵoj (karbon, nitrogenon, fosforon, sulfuron, kalion, kalcion, magnezion kaj diversajn spurelementojn). En la komunumaj rubaĵoj tiuj ĉi substancoj abunde troveblas, escepte la karbo kaj nitrogeno, pro tio antaŭ la mulĉigo nepre necesas ekzameni kaj korekti ilian proporcion rilate unu al la alia.

Por mulĉigo de rubaĵo la optimuma C/N proporcio estas ĝenerale 20:1-35:1. La mastruma rubaĵo ofte — precipe dum la vintraj monatoj — enhavas multe pli da karbo ol estus necese. Por kompletigi la nitrogenenhavon kutime almiksatas al la rubaĵo diversaj organikaj materialoj, (ekzemple kloakakvoŝlimo), kies nitrogenenhavo estas relative alta.

La malfavora C/N proporcio malrapidigas la putradan procezon pro tio, ĉar la mikroboj okaze de nitrogenmanko nur tiamaniere povas daŭrigi la konstruadon de siaj ĉeloj, ke ili malkonstruas la ĉelojn de la ekstermiĝintaj por gajni nitrogenon.

Tute ĝustaj ciferoj por la C/N proporcio ne difineblas, ĉar ofte okazas, ke la proporcio ja estas ĝusta, sed la karbo aŭ la nitrogeno estas en tia formo, en kiu por la mikroboj ĝi malfacile akireblas. Ĉikaze la rapidecon de la procezo determinas la rapideco de la elgajno de la koncerna elemento.

pH valoro

La pH valoro de la medio estas decida faktoro por ĉiu vivanta ĉelo. Ankaŭ ĉe la mulĉigo ĝi estas unu el la plej gravaj determinantoj de la tuta procezo. La pH valoro, favora por la mikroorganismoj partoprenantaj en la malkomponiĝo estas inter 4-9. Inter acidaj cirkostancoj prefere fungoj, en alkala medio ĉefe bakterioj aktivas.

La pH rilatojn determinas unuavice la kvalito de la rubaĵo kaj la aerobia-malaerobia rilato. La malaerobiaj cirkostancoj antaŭhelpas la acidiĝon de la materialo, precipe se la rubaĵo enhavas malmulte da kalcia- kaj magnezia karbonatoj, kiuj havas acidoligan efikon. En tiuj landoj, kie la grundo estas ĝenerale malriĉa je kalcio kaj magnezio, kaj pro tio la minerala parto de la rubaĵo ne povas alligi acidon, oni kutimas kalkumi la rubaĵon antaŭ mulĉigo. La legomdefalaĵoj helpas la acidiĝon de la materialo, ĉar ili elfluigas akvon kaj tiamaniere la aerprovizado malboniĝas, elformiĝas malaerobiaj cirkostancoj, kreiĝas multe da organikaj acidoj (buteracido, propionacido ktp.), kiuj malaltigas la pH valoron. La certigo de optimuma aerobia-malaerobia rilato povas malhelpi la acidiĝon,

pro tio ĝi havas influon ankaŭ al la kvalito de la mulĉo.

Mulĉigo en la praktiko

En la mulĉopreparaj uzinoj la prilaboro de la solidaj kaj fluidaj defalaĵoj okazas laŭ tre diversaj manieroj, sed la procedo divideblas ĝenerale en tri fazojn:

- Antaŭpreparo de la krudmaterialoj;
- Putrigo (preparo de kruda mulĉo);
- Postselektado.

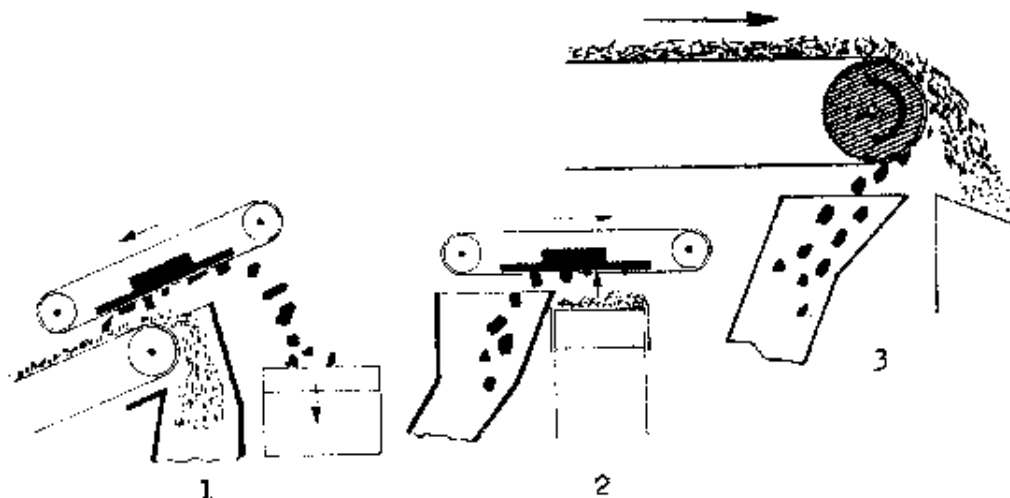
Dum la prilaboro de la rubaĵo la meĥanikaj kaj biologiaj procezoj ne disigeblas strikte unu de la alia. Por malaltigi la kostojn de la transportado interne en la uzino, la diversaj teknologiaj procezoj ofte estas unuigataj. Pro la relative alta tereno-pretendo de la mulĉigo oni ĉiam strebas al akcelado de la malkomponadaj procezoj. La teknologioj ĝenerale ne povas garantii tutan senodorecon, dum la transportado kaj manipulado ĉiam aperas la danĝero de la plimultiĝo de muŝoj, kiuj povas kontaĝi malsanojn. Pro tio la mulĉopreparaj uzinoj devas esti lokitaj 0,5-1 km. for de la loĝlokoj.

Antaŭpreparo de la krudmaterialoj

Ĝenerale oni klopodas prilabori kiel eble plej multspecajn materialojn, ĉar la proprecoj de diversaj defalaĵoj kompletigas unu la alian kemie, fizike kaj biologie, sekve, altiĝas ankaŭ la valoro de la finproduktaĵo. Precipe favora estas la miksado de rubaĵo kaj kloakakvoŝlimo, ĉar la fekaĵaj fluidaj defalaĵoj en si mem malfacile estas trakteblaj, sed ili tre taŭgas por ĝustigi la akvoenhavon kaj C/N proporcio de la mulĉigenda rubaĵo. Se la kvanto de la fluidaj defalaĵoj estas tro granda, oni kutimas plidensigi la miksaĵon per almiksita torfo. La lante malkomponiĝantaj materialojn kaj la venenajn, al la mikroba agado malfavore efikantajn defalaĵspecojn oni devas aparte prilabori, ĉar ili malakcelas aŭ tute malebligas la mulĉigon. Por kompletigo de la mineraloenhavo de la kruda rubaĵo, se necese, almiksatas bentonito aŭ argiloriĉa tero kaj eventuale kalko, se la materialo estas eksplicite malriĉa je kalcia- kaj magnezia karbonatoj. Se la optimuma C/N proporcio per naturaj materialoj ne certigeblas, por kompletigi la nutraĵenhavon de la rubaĵo ofte uzatas artefaritaj N kaj P sterkaĵoj en 1-2%.

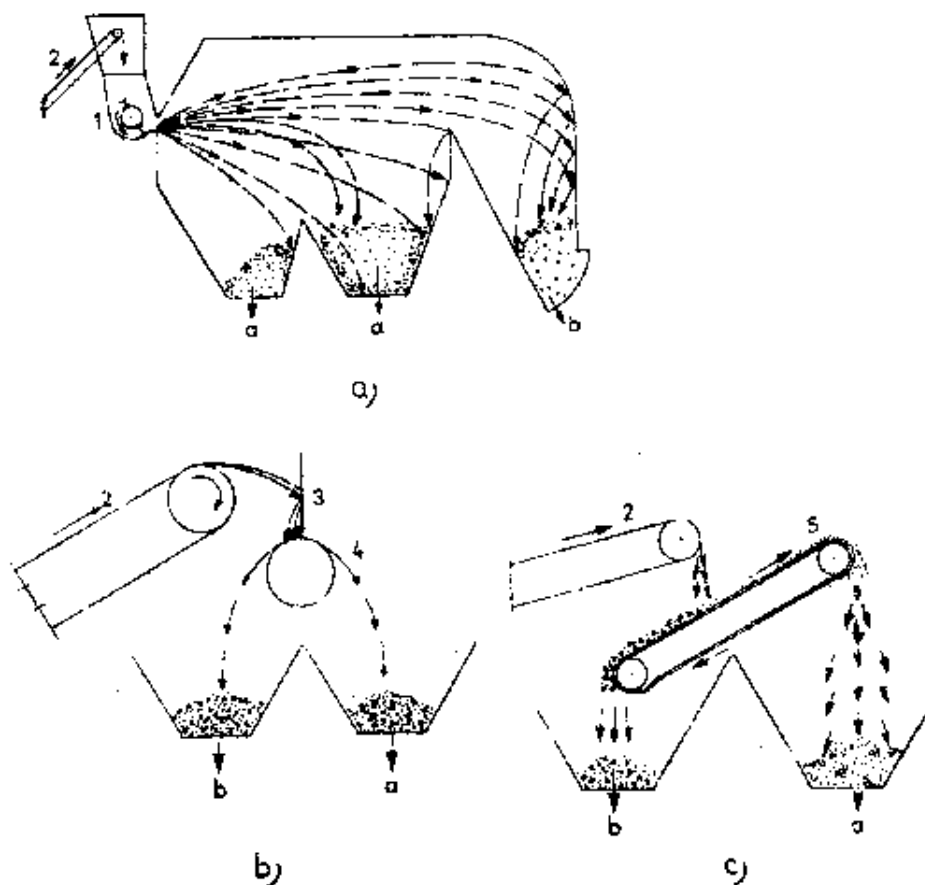
La meĥanika antaŭpreparo de la rubaĵo celas la akceladon de la biologiaj procezoj, egaligon de la fizikaj kaj kemiaj proprecoj de diversaj rubaĵspecoj, kaj, elselektadon de ne malkomponiĝipovaj resp. reutiligeblaj materialoj. Por selektado laŭ grandeco aplikatas diversaj kribriroj, kiuj ebligas anticipan apartigon de la fajna (sub 8-20 mm) frakcio por plifaciligi la pluan antaŭpreparon (permana selektado, dispecigo, fero-elgajno ktp.). La fajna frakcio poste remiksatas al la materialo. El la grandpeca frakcio post la kribrado apartigatas la materialoj, kiuj rekte utiligeblas (ekzemple fero) kaj la duraj pecoj, kiuj povus noci al la pecetigilo.

La ferelselektado okazas per diverssistemaj magnetaj selektiloj, kies plej konatajn tipojn montras figuro 8.



Figuro 8. Magnetoj por ferelsektado: 1 — 2. magnetbendoj; 3. cilindro-magneto

La ferdefalaĵoj ĝenerale per specialaj premiloj kunprematas en kubojn por plifaciligi la traktadon kaj deponadon. La durajn materialojn oni strebas elsekti per tre malsamaj manieroj. Inter ili plej konataj kaj uzataj estas la balistikaj selektiloj (vidu figuron 9.). En la praktiko krom ili aplikatas ankaŭ alispecaj specialaj selektiloj, sed ilia funkciado ĉiam baziĝas sur la malsameco de la maso kaj elasteco de la diversaj materialoj. (Por ekzemplo vidu sur figuro 9.b kaj c desegnojn).

Figuro 9.
Instalaĵoj por apartigo de duraj kaj molaj pecoj

a) apartiga bunkro;
b) ĵetselektilo;
c) oblikva bendo

a. molaj (malpezaj) materialoj;
b. pezaj (duraj) pecoj

1. rotoro;
2. transportbendo;
3. ferlameno;
4. cilindro;
5. malrapide sin movanta speciala transportbendo

Menciindas, ke nenia selektilo povas atingi perfektan apartigon, sed signife ĝi povas senŝarĝigi la pecetigilon. La diserigo kontribuas al la intensigo de la agado de la mikroboj, plifaciligas la intermiksadon, egaligon de la materialo. La pecetigiloj ofte havas ankaŭ kribradan efikon, speciale por tiu ĉi celo konstruitaj instalaĵoj kapablas plenumi samtempe ambaŭ funkciojn.

La fina operacio de la antaŭpreparo estas la intermiksado de la krudmaterialoj per maŝinaj miksiloj. En tiu ĉi fazo okazas ankaŭ la aldonado de helpmaterialoj (kalko, torfo ktp.)

Putrigo

La putrigo povas okazi laŭ statika aŭ dinamika teknologio kaj divideblas en du fazojn:

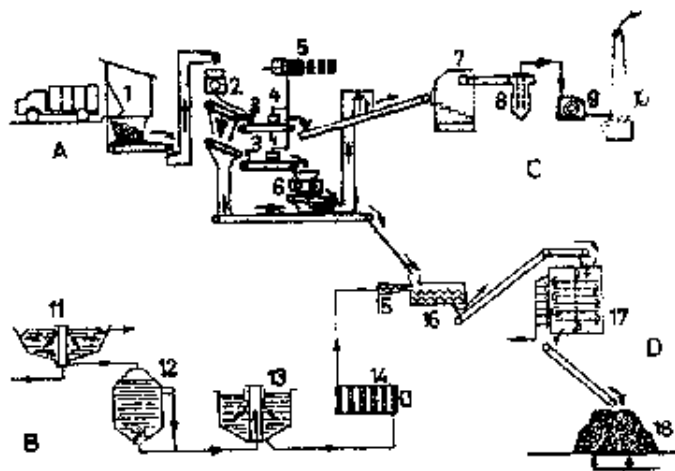
- Antaŭputrigo, dum kiu okazas intensa aerobia malkomponiĝo. La temperaturo en tiu ĉi fazo estas alta, la malsanokaŭzantaj mikroboj plejparte ekstermiĝas, la facile malkompreneblaj substancoj transformiĝas (sukeroj, pektino, amelo, celulozo kaj similaj), la strukturo de la krudmaterialoj loziĝas. La tempodaŭro de tiu ĉi periodo estas 5-10 diurnoj.
- Maturigo. En tiu ĉi fazo la malkomponadaj procezoj pluiras, fortiĝas la transformiĝo de pli stabilaj substancoj kiel ekzemple lignino, keratino ktp. Ĉi periodo daŭras plurajn monatojn. La matura kaj finputrinta mulĉo fariĝas simila al huma tero.

Notindas, ke tre ofte la kruda mulĉo vendatas sen plua maturigo kiel duonpreta produktaĵo.

La statikajn putrigajn procedojn karakterizas, ke la tuta amaso restas sur la sama loko dum la tuta

procezo. Tiatipa prilaboro povas okazi en subĉiela mulĉigejo en grandaj ujoj aŭ fosaĵoj. La aeroprovizadon — por atingi aerobiajn cirkostancojn — oni solvas per aeroenblovo tra perforitaj tuboj aŭ per ofta meĥanika lozigo kaj mikrado de la materialo. Post la antaŭputrigo ofte aplikatas selektado, kribrado, post kiu nur la fajna kaj mola frakcio maturigatas plu. Dum tiu ĉi operacio samtempe okazas la aerumado.

La dinamikaj mulĉigaj metodoj baziĝas sur tio, ke la tuta amaso estas movata dum la procezo por certigi la aerumadon. La putrigo povas okazi en t.n. maturiga turo, kie konvena maŝinaro movas la materialon, dum tra tuboj aero enblovas garantiante la plej perfektan kontaktiĝon kun la aera oksigeno. Tiatipan instalaĵon prezentas figuro 10.



Figuro 10. Teknologia skizo de mulĉiga uzino prilaboranta kune rubaĵon kaj kloakakvoŝlimon

A. antaŭpreparo de rubaĵo;
B. antaŭpreparo de kloakakvoŝlimo;
C. bruligo de nemulĉigeblaj restaĵoj;
D. mulĉigo

1. deponejo; 2. pecetigilo; 3. kribrilo;
4. magneto; 5. premilo por la ferrestaĵoj; 6. pecetigilo; 7. bruligilo;
8. fumgaspurigilo; 9. fumelsuĉilo; 10. fumturo; 11. sedimentigilo; 12. putrigilo; 13. densigilo; 14. sekigilo;
15. dozilo; 16. miksililo; 17. maturiga turo; 18. kruda mulĉo.

Laŭ alia metodo la putrigo okazas en iom oblikve instalita rotacianta ŝtalcilindro, kiu daŭre aerumatas. Tiu ĉi tekniko ebligas, ke la kreĝintajn gasojn, polvon k.s. oni elfiltru el la aero, tiamaniere la mediomalpurigo signife malpliĝeblas.

En la dinamikaj procedoj ĝenerale nur la antaŭputrigo okazas en vere dinamika formo, la maturigo (postputrigo) de la mulĉo preskaŭ ĉiam okazas subĉiele en prismoj aŭ en grandaj fosaĵoj. Ankaŭ en la maturaĵoj oni devas zorgi pri la subtenado de aerobiaj cirkostancoj por eviti la fluidiĝon, acidiĝon de la mulĉo kaj la kreĝon de fetoro.

Postselektado

En la plej multaj kazoj antaŭ la vendado de la preta produktaĵo faratas postselektado, apartigo de duraj restaĵoj (betono, ŝtonoj, vitro, porcelano ktp.) por plibonigi la kvaliton de la mulĉo. Ofte aplikatas en tiu ĉi fazo kribrado, kiam apartiĝas la iom grandpecaj organikaj restaĵoj, kiuj ne povis malkomponiĝi. Ĝenerale ili estas bruligataj. La durajn restaĵojn oni utiligas por kovri rubaĵtavolon en la rubaĵdemetejoj.

Ĝenerale konstanteblas, ke la mulĉigo estas tre konvena tekniko por sendanĝerigi komunumajn solidajn kaj fluidajn defalaĵojn. El medioprotektada vidpunkto la procedo havas certan neneglekteblan malpurigan efikon.

El inter ĝiaj malavantaĝoj menciindas, ke la mulĉigo apartenas al la plej multekostaj sendanĝerigaj metodoj, precipe ĉar la mulĉo ĝenerale malfacile vendeblas, eĉ ofte transdonatas al la agrikulturo tute senkoste.

Bruligo

Por la sendanĝerigo de komunumaj defalaĵoj ekde ĉ.20 jaroj disvastiĝas ĉie en la mondo la bruligo. Tiu ĉi tekniko ebligas la utiligon de la energienhavo de la rubaĵingrediencoj, rezultas grandmezuran malgrandiĝon de la maso kaj volumeno, ĝia finproduktaĵo por certaj celoj utiligeblas aŭ almenaŭ el

higiena vidpunkto estas sendanĝera, pro tio inter konvenaj cirkonstancoj demetebblas en la natura medio sen noci ĝin. La bruliga metodo por sendanĝerigo de rubaĵo ekonomie kaj kun relative malgranda mediopoluciado aplikeblas nur en grandaj, koncentritaj bruligejoj, t.n. **inceneratoroj**. (En la pluaj mi uzas tiun ĉi fakvorton en senco de granda, kompleksa rulaĵbruliga uzino) Por specialaj celoj ja estas uzataj ankaŭ malgrandaj bruligiloj, sed ilia funkciado estas malekonomia kaj ankaŭ la medioprotektaj kriterioj malfacile plenumebblas. En multaj tipoj eĉ ne realigeblas perfekta sendanĝerigo.

La bruligo — laŭ la opinio de multaj fakuloj — estas unu el inter la plej higienaj teknikoj. Inter ĝiaj avantaĝoj la plej gravaj:

- En unu instalaĵo sendanĝerigeblas granda kvanto da rubaĵo;
- Mem la inceneratoro lokeblas interne en urbo;
- La kvalito de la rubaĵo kaŭzas relative malmultajn zorgojn;
- La kondiĉoj de la mediohigieno kaj medioprotektado estas (kvankam multekoste) facile plenumebblaj;
- stiĝinta varmo utiligeblas por diversaj celoj;
- nstalaĵo en sia tuto ankaŭ estetike akordigeblas kun la rekta ĉirkaŭaĵo.

Malavantaĝoj de la bruligo:

- Tre altaj invest- kaj funkciigaj kostoj;
- Oftaj perturboj en la bruliga instalaĵo, pro tio ne forlaseblas konstruado de rezervaj instalaĵoj;
- Pro la ŝanĝiĝanta kvalito de la rubaĵo bezonatas helphejtado por stabiligi la brulon;
- Por la funkciigo bezonatas altkvalifikitaj manipulistoj;
- La organikaj materialoj presas por la agrikulturo.

Por ekonomia sendanĝerigo de rubaĵoj per bruligo, oni devas jam antaŭ la konstruado de inceneratoro analizi la ĝeneralan kvaliton de la rubaĵo atendeble bruligota. Ĉe la projektado necesas teni antaŭ la okuloj la atendeblan kvanton, malsekecon, varmenharon kaj aliajn gravajn karakterizojn de la rubaĵo. La analizado de la rubaĵo ebligas determini inter aliaj la permeseblan varmŝarĝadon, tralasokapablon kaj tipon de la konstruota sistemo resp. la necesecon de helphejtado kaj la eblecojn koncerne la varmutiligon.

La varmutiligo ĝenerale povas okazi laŭ du sistemoj:

- Sendependa funkciado, vendado de vaporo aŭ (kaj) elektro;
- Kunlaboro kun hejta- aŭ elektra centralo.

La kondiĉoj de ekonomia, aŭtarka (memsubtena) bruligo estas:

- Laŭeble freŝa materialo;
- Malpli ol 60% cindroenhavo;
- Malpli ol 50-55% malsekeco;
- Minimume 25% da brulivaj materialoj;
- Minimume 1000kcal (4186 kJ) da varmenhavo de 1 kg. da rubaĵo averaĝe.

Inceneratoroj

En inceneratoroj la diversaj instalaĵoj kaj teknologiaj unuoj estas konstruataj ĉiam kiel kompleksa tuto.

Ĝenerale la teknologio divideblas en tri ĉefajn fazojn:

- Antaŭpreparo
- Bruligo
- Skoriotraktado

Ankaŭ la maŝinaro kaj la konstruaĵoj grupiĝas laŭ la supraj.

Al la antaŭpreparo apartenas kiel tre grava instalaĵo la veturilpesilo. Ĝia funkciado servas por kontrolado de la rubaĵkvanto, la rendimento de la inceneratoro, sed ĝi donas gravajn informojn ankaŭ por la direktado, statistika analizo kaj financa planado. En modernaj inceneratoroj la ordnumerojn de veturiloj, la rubaĵkvanton, la forliveratan skoriokvanton k.s. enmemorigas kaj prilaboras komputiloj.

Post pesado la rubaĵo metatas kaj deponatas en rezervejo nomata bunkro. En la bunkro okazas la homogenigo de la diversaj rubaĵspecoj, sed ĝi servas ankaŭ por provizora rezervado de la rubaĵo. La bunkro devas esti fermebla por eviti la polvo- kaj fetoroeliron (tion servas ankaŭ la ĝenerale uzata teknologia aranĝo, laŭ kiu la aerokvanton bezonatan por la brulo oni elsuĉas el la bunkrospaco, por estigi en ĝi malgrandan vakuon). Grava pretendo estas, ke la rubaĵo estu akceptebla el diverstipaj veturiloj (malplenigantaj sin malantaŭe aŭ flanke). La volumeno de la bunkro determinas la rendimenton de la uzino pro la sekvaj kaŭzoj:

- a. La rubaĵkolektado okazas ĝenerale nur dum labortagoj, do necesas rezervi certan kvanton por la semajnfinaĵoj, ja la uzino devas funkcii tagnokte sen halto — parte pro ekonomiaj kialoj, parte, ĉar la kaldronejoj havas grandan varmo-inercion, pro kio el teknologia vidpunkto estas pli konvene ilin daŭre funkciigi.
- b. La rubaĵo en tute freŝa stato estas malfacile bruligebla pro ĝia malkompakteco. Post ioma "maturigo" ĝi fariĝas konvene kompakta pro ĝia propra pezo, krom tio, komenciĝas en ĝi fermentaj procezoj, kiuj kaŭzas altiĝon de la temperaturo ĝis ofte pli ol 80-100 (Celsiusoj). La matura rubaĵo havas pli altan averaĝan hejtvaloron ol la kruda t.e. la maturigo kontribuas ankaŭ al la ekonomieco de la bruligo.

La optimuma matura daŭro — depende de la rubaĵspeco — estas 3-5 tagoj. Ĝenerale ĉe la projektado oni konsideras necesa 3 tagan provizon por la kontinua funkciado, al tio do devas esti konvena la volumeno de la bunkro.

La homogenigo okazas per arganoj, kiuj samtempe servas ankaŭ por la nutrado de la kaldronejoj. Tre grava instalaĵo estas en la bunkro la fajroestinga akvokanono, estante la rubaĵo tre inklina al membruliĝo.

Bruligo

(Bruligaj instalaĵoj)

En la diverstipaj instalaĵoj ĉiam distingeblas la sekvaj zonoj dum la brulo:

- Sekiga zono, kie la rubaĵo pro la radiantaj varmo kaj la alkondukata — ĝenerale antaŭvarmigita — aero perdas sian akvoenhavon.
- Zono de ekbrulo. En tiu ĉi zono komenciĝas malkomponiĝo pro la varmo, liberiĝas granda kvanto da brulivaj gasoj kaj vaporoj, kiuj ekbrulas ĉirkaŭ 250-300 (Celsiusoj). Tiu ĉi zono konsidereblas la komenco de la brulo.
- Zono de forbrulo, kie la plejparto de la brulivaj materialoj transformiĝas, la tuta amaso ekardas.
- Postbruliga zono. Tie okazas la fina fazo de la brulo. En tiu ĉi zono la koaksiĝintaj materialoj preskaŭ tute forbrulas, la kreiĝo de la brulgasoj ĉesas.

La ardanta skorio estingatas per akvo kaj foriĝas el la fajrejo.

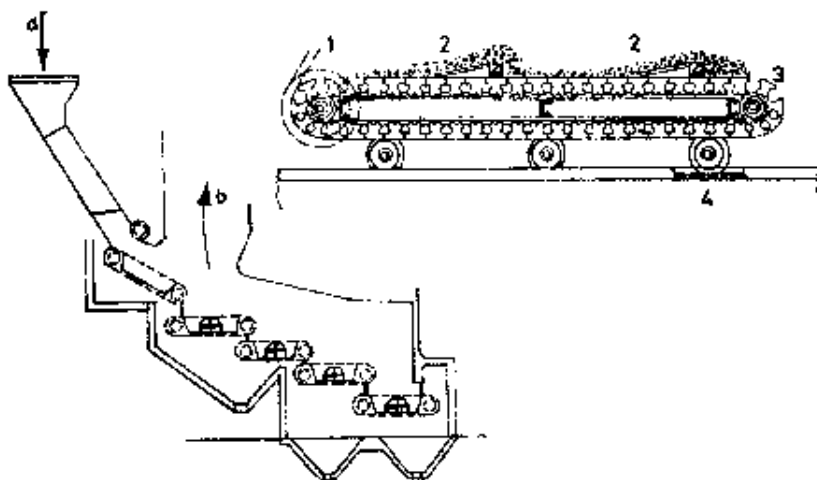
En la fajrejo la temperaturo devas esti inter 800-1000 (Celsiusoj). Sub 800 gradoj ne garantiĝas la perfekta malkomponiĝo de la fetoraj, venenaj — plejparte gasformaj — materialoj, super 1000 gradoj la skorio povas fandiĝi kaj kaŭzi perturbon en la instalaĵo. En kelkaj sistemoj eksperimente aplikatas la t.n. skoriofandiga metodo. En tiu ĉi tekniko la skorion per enblovo de varmega aero aŭ vaporo oni varmigas ĝis 1500-1600 (Celsiusoj, kio rezultas forbrulon de ĉiu bruligebla materialo kaj fandiĝon de la skorio. La fandiĝintan skorion oni fluigas en akvon. La abrupta malvarmigo rezultas grajniĝon, kiu plifaciligas la traktadon, deponadon kaj transportadon de la brulrestaĵoj. Tiu ĉi metodo ankoraŭ ne estas disvastiĝinta pro nesolvitaj teknikaj problemoj.

Plej disvastiĝintaj tipoj de bruligaj instalaĵoj estas la fajrokrado-sistemaj, kvankam ekzistas tre malsamaj aliaj sistemoj, tamen en grandaj inceneratoroj por sendanĝerigo de komunuma rubaĵo ekskluzive ili uzatas. La kradsistemoj estas evoluigitaj speciale por rubaĵbruligo, en ĉiu kazo ili estas movantaj sin por certigi parte la antaŭeniron de la rubaĵo en la fajrejo, parte ĝian kontinuan lozigon, turnadon, miksadon, helpante tiamaniere la intensan kontakton kun la aero kaj la disfalon de la rubaĵamasoj.

La krado tipoj grupigeblas en du specojn:

- Kradoj sen taŭzanta mekanismo;
- Kradoj kun aparta taŭzanta mekanismo.

Inter la taŭzantan mekanismon ne havantaj kradsistemon la plej konata estas la simpla migranta krado, kiu ĝenerale uzatas ankaŭ por kaldronegoj hejtataj per karbo. En la rubaĵbruligo ĝi havas rolon nur en malpli grandaj instalaĵoj, ĉar ĝia taŭza efiko estas malperfekta kaj ankaŭ la aerprovizado estas malfacile regulebla. (Vidu figuron 11.)

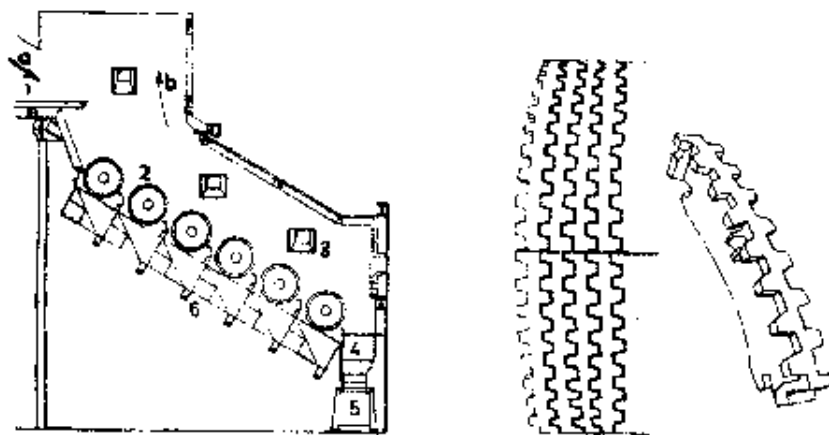


Figuro 11. Bruliga instalaĵo kun migranta krado kaj migranta krado por rubaĵbruligo

- a.) rubaĵenmetado;
b.) fumgaseliro;

1. movanta ĉeno;
2. taŭzanta kojno;
3. kraderoj;
4. ruliloj.

Konsidereblas migranta krado ankaŭ la rotacianta cilindrokrado, kiu estas speciale por rubaĵbruligo evoluigita kaj taŭga ankaŭ por grandpovumaj inceneratoroj. En unu kaldronego aplikatas ĝenerale 5-7 malrapide turniĝantaj cilindrokradoj kun aparta aeroenblovo el sub la cilindro. La rapideco, turnodirekto kaj aerprovizado de la cilindroj reguleblas sendepende unu de la alia. Tiu ĉi sistemo certigas tre bonan fajrodirekteblecon. La brulanta materialo en la oblikva fajrejo faladas de sur unu kadro sur la alian, la taŭzado kaj miksado tiamaniere estas kontinua. La cilindrokradan bruligilon kaj la kraderojn montras figuro 12.



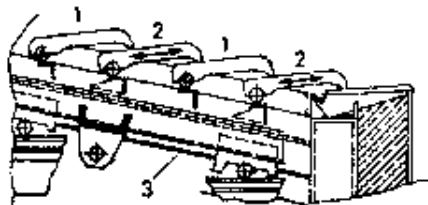
Figuro 12. Bruliga instalaĵo kun cilindrokradoj kaj kraderoj de cilindrokrado

- a.) rubaĵenmetado;
b.) fumgaseliro

1. dozanta mekanismo;
2. cilindrokrado;
3. kontrola ĝiĉeto;
4. skoriokolektilo;
5. skorioforigilo;
6. aero-enkonduko

La karakterizo de la kradoj, havantaj apartan taŭzantan mekanismon estas, ke la krado mem restas en sia loko, sed la kradelementoj faras komplikajn apartajn movojn por taŭzi kaj antaŭenigi la rubaĵon.

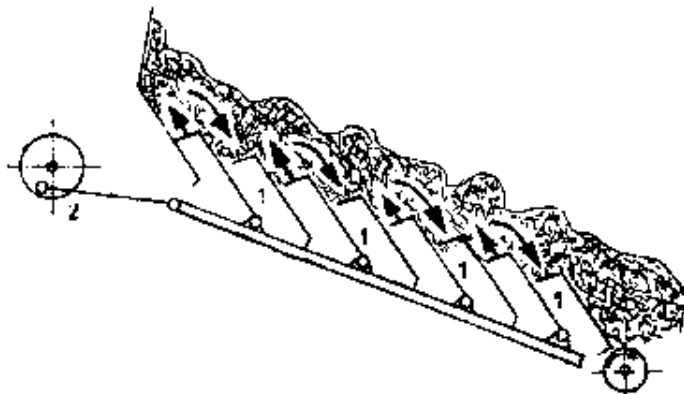
La **antaŭenpuŝanta krado** uzatas vaste en la grandaj inceneratoroj en Eŭropo. Ankaŭ tiu ĉi sistemo estas evoluigita speciale por rubaĵbruligo. El inter la kradoj ĉiu dua faras alterne tien-reen puŝantajn movojn, pere de kiuj la rubaĵtavolo malrapide glitas antaŭen al la direkto de la fino de la fajrejo. La loziga, taŭza efiko ĉe tiu ĉi tipo estas forta, la rapideco kaj aerprovizado reguligeblas aparte en la zonoj de la brulo. Tiatipan kradon montras figuro 13.



Figuro 13. Antaŭenpuŝanta krado

1. staranta kradero;
2. sin movanta kradero;
3. movanta mekanismo

La t.n. **repuŝanta krado** la ĉefajn movojn faras al la direkto de la rubaĵenmetado. La formo de la kradelementoj kaj la maniero de ilia movado rezultas tiun specialan efikon, ke la rubaĵtavolo rekte sur la krado retroiras al la direkto de la rubaĵenmetado, la freŝe enmetata materialo glitas malsupren en la oblikva fajrejo sur la suba tavolo. Tiamaniere la jam parte forbrulinta rubaĵo reiras al la komenco de ĝia vojo, ĝis tuta forbrulo ĝi ĉirkaŭ trifoje laŭiras la tutan fajrejon. Tiu ĉi sistemo konsidereblas nuntempe la plej efika laŭ tralasokapablo kaj rendimento. La skizon de la repuŝanta krado oni povas vidi sur figuro 14.



Figuro 14. Repuŝanta krado

1. movata elemento;
2. movanta mekanismo

Ekzistas ankoraŭ multaj tipoj de kradaĵ kaj ankaŭ senkradaĵ sistemoj, sed ilia evoluigo estas en eksperimenta stadio, aŭ ili aplikatas nur por sendaĝerigo de prefere industriaĵ defalaĵoj.

Posttraktado de la fumgasoj kaj solidaj restaĵoj

Fumgasoj

En plejparto de la kazoj la varmegajn fumgasojn oni utiligas por vaporproduktado, sed ekzistas instalaĵoj, kiuj estas konstruitaj ekskluzive nur por sendaĝerigo. En ĉiu kazo la fumgasoj nepre devas esti purigitaj por protekti la medion, sekve, ankaŭ la neutiligitaj fumgasoj devas esti malvarmigataj per enblovo de aero aŭ alimaniere almenaŭ sub 300(Celsiusojn por ne noci la fumgaspurigilon.

Dum la brulo de rubaĵo kreiĝas granda kvanto de grajnaj produktaĵoj (fulgo, flugcindro kaj polvo). Ila kvanto povas atingi 5-20 g/kubmetro, pro tio la filtrado de la fumo estas necesa en ĉiu kazo. Tio solveblas per mekanika aŭ elektra filtrilo. Por rubaĵbruligo pli konvenas la elektraj, ĉar ili kapablas reteni 99%-ojn de la grajnaj malpuraĵoj kaj kun tre bona efikeco ili retenas la plej danĝerajn, tre fajnajn polvojn (sub 0,5 mikrono). La elfiltrita flugcindro forskueblas de la filtroelementoj kaj plej ofte traktatas kune kun la skorio, sed okazis eksperimentoj ankaŭ por ĝia utiligo en la fabrikado de cemento, betono k.s.

Inter la gasformaj produktaĵoj de la brulo menciindas en la unua loko kiel mediopoluciantoj la acidaj komponaĵoj. Inter ili plej gravajn zorgojn kaŭzas la salacido (HCl), kiu kreiĝas dum la malkomponiĝo

de kloritaj karbonhidrogenoj (ĉefe polivinilklorido; PVC). En la komunuma rubaĵo troviĝas multe da maldikaj folioj, infanludiloj, tuboj k.s. fabrikitaj el PVC. La estiĝinta dum la brulo salacido forte korodas la ferajn partojn de la bruliga instalaĵo kaj la materialon de la fumturo. Laŭ multaj mezuradoj la salacido kaŭzas rekte aŭ malrekte la plejparton de la perturboj, malfunkcioj en la kaldronejoj de la inceneratoroj.

El la rubaĵo dum la brulo kreiĝas ankaŭ aliaj acidaj komponaĵoj, nome: nitrogenaj oksidoj (NO_x), sulfuraj oksidoj (SO_2 kaj SO_3) kaj hidrogena fluorido (HF). La acidaj produktaĵoj foriĝinte el la inceneratoro povas solviĝi en la akvogutetoj enhavantaj de la aero, kaj, kune kun la precipitaĵoj ili atingas la tersurfacon kiel acida pluvo. Tamen, laŭ la ekzamenado de multaj instalaĵoj evidentiĝis, ke acidaj kaj aliaj — eventuale venenaj — substancoj ĝenerale ne foriĝas en tia kvanto, kiel oni povus atendi. Tion kaŭzas, ke la acidaj materialoj plejparte ankoraŭ en la bruliga instalaĵo ligiĝas al alkalaj polvoj, kiujn la fumfiltriloj retenas. La venenaj organikaj komponaĵoj super 800 grada temperaturo malkomponiĝas je sendanĝeraj. La plej novaj esploroj elmontris, ke inter la nocaj emisioj de inceneratoroj meritas nuntempe la plej grandan atenton la HF emisio, ĉar en la evoluantaj landoj pli kaj pli rapide disvastiĝas la uzado de la politetrafluor-etileno (PTFE), kies proporcio en komunuma rubaĵo altiĝas pli rapide ol tiu de PVC. Fakuloj ĝenerale konsideras pli danĝera al la medio la fluorderivaĵojn ol la salacidon. La medioprotektaj preskriboj jam en multaj landoj faras deviga la lavadon de la fumgasoj. Por tiu ĉi celo aplikeblas diversaj lavinstalaĵoj, konataj ankaŭ en la industriaj gaspurigaj teknologioj (Venturi-lavilo, gaslava turo ktp.), sed oni eksperimentas ankaŭ kun sekaj metodoj (ekzemple kalkoaldono al la fumgasoj aŭ rekte al la rubaĵo antaŭ bruligo). La gaspurigo ankoraŭ ne estas teknike definitive solvita, la gaslavaj instalaĵoj estas tre multekostaj kaj la neŭtraligo de la ellavitaj materialoj kaŭzas gravajn problemojn. En la futuro verŝajne povas esti rezultoplena la uzado de zeolitaj molekulfiltriloj, sed ilia utiligo por tia celo estas ankoraŭ en eksperimenta stadio.

Skoriotraktado

Post la bruligo la nebrulivaj rubaĵingredienoj kaj la solidaj brulrestaĵoj konsistigas la skorion, kies volumeno estas dekonon-dudekono, la maso estas triono — kvinono de la originala volumeno resp. maso de la rubaĵo. La skorio enhavas multe da diversaj, ankoraŭ utiligeblaj materialoj. Inter ili plej facile regajneblas la fero (per diversaj magnetaj sistemoj), pro tio ĝenerale en la inceneratoroj almenaŭ la ferrestaĵoj selektatas el la rubaĵoskorio. La efikeco de la ferregajno en unu fazo estas ĝenerale 40-50%, sed kombinita kun kribrado kaj eventuale muelado, la ferelsekto povas atingi 80-90% efikecon. La ferdefalaĵoj por plifaciligi la deponadon kaj transportadon kunprematas en blokojn per speciala premilo, kaj, ĝenerale vendatas al la metalurgia industrio. Pro la tutmonda altiĝo de la prezo de krudmaterialoj lastatempe iom post iom komencis disvastiĝi la regajno de ankaŭ aliaj valoraj materialoj el la skorio (ekzemple: neferaj metaloj, vitrodefalaĵo), sed la tiucele aplikataj instalaĵoj estas tre multekostaj, pro tio la ĝenerala skoriotraktado estas nur ferelgajno kaj poste demetado.

La skorio de la rubaĵo — estante tute sterila — rekte utiligeblas por kovri rubaĵtavolojn en demetejoj aŭ por plenigi kavojn, fosaĵojn. Kvankam el medioprotektada vidpunkto ĝi konsidereblas sendanĝera, sed ĝi ĉiam enhavas kelkajn procentojn da solviĝemaj substancoj, pro tio ĉe ĝia demetado en la naturan medion oni devas antaŭvidi certan grundakvomalpurigan efikon.

Ekzamenante la bruligon kiel rubaĵsendanĝerigan metodon el la vidpunkto de la medioprotektado konstateblas, ke ĝi estas moderna, higiena kaj relative ekonomia tekniko, sed oni devas dediĉi grandan atenton al la funkciigo de la diversaj fumgas- kaj poluciakvopurigaj instalaĵoj kaj esplori la rimedojn por utiligo de la skorio anstataŭ ĝia demetado en la natura medio.

En la lastaj jardekoj la evoluo de diversaj rubaĵsendanĝerigaj metodoj prenis la direkton al la rekonduko de la rubaĵiĝintaj materialoj en la produktantan procezon. Tio signifas, ke la sendanĝerigo mem iom post iom fariĝas nur sekundara tasko de la rubaĵtraktado, la primara celo estas la reutiligo en diversaj formoj.

La elformiĝintaj novaj procedoj divideblas en du kategoriojn (kiuj cetere ne ĉiam distingeblas akre unu de la alia):

1. **Reuzado**, t.e. post fizika aŭ kemia transformado de la materia strukturo, produktado de novaj materialoj.
2. **Recirkuligo**, t.e. priselektado kaj utiligo de la rubaĵingrediencoj kiel sekundaraj krudmaterialoj.

Pirolizo

Tiun ĉi procedon oni ĝenerale vicigas en la 1-an kategorion. La esenco de la pirolizo (pervarma malkomponado) estas, ke la rubaĵo en fermata sistemo varmigatas sen allaso de oksigeno. Pro la efiko de la varmo la organikaj materialoj malkomponiĝas, kreiĝas gasoj kaj fluidaj resp. solidaj produktaĵoj, kiuj bruligeblas aŭ utiligeblas por diversaj celoj. La nebrulivaj solidaj restaĵoj estas tute sterilaj, en la naturo ili lokeblas sen nocaj konsekvencoj.

La pirolizaj metodoj havas malsamajn trajtojn laŭ la temperaturo, laŭ la tipo kaj hejtmaniero de la instalaĵo kaj laŭ la celo de la procedo.

Laŭ la temperaturo kutime oni distingas tri ĉefajn grupojn:

1. Seka distilado 450 — 700(Celsiusoj (ettemperatura)
2. Koaksigo 700 — 1100(Celsiusoj (meztemperatura)
3. Skoriofandado 1100 — 1700(Celsiusoj (alttemperatura)

La hejtado de la reaktoro povas okazi en du formoj:

1. Rekta hejtado, kiam per aero- aŭ oksigenenblovo certa parto de la rubaĵo bruligatas en la reaktoro por certigi la konvenan temperaturon. Por ke la pirolizo ne transiru en brulon, la kvanton de la aero aŭ oksigeno oni severe kontrolas.
2. Malrekta hejtado povas okazi tra la muro de la reaktoro, aŭ uzatas internaj hejtelementoj elektraj, eĉ, elektra arko. En multaj tipoj la varmon enportas en la sistemon varmega, neŭtrala gaso, sablo, ŝtalglobetoj, porcelanglobetoj k.s.

La finproduktaĵoj de la pirolizo estas brulivaj gasoj, oleecaj materialoj, gudro, karbo, akvo kaj solida skorio. La proporcio de la kreiĝintaj materialoj dependas ĉefe de la temperaturo. La ekonomiecon determinas la vendebleco de la finproduktaĵoj, pro tio la teknologion (temperaturo, hejtada maniero ktp.) oni elektas laŭ la elgajnenda produktaĵospeco.

La ettemperaturaj procedoj uzatas ĉefe por prilaborado de industriaj homogenaj defalaĵoj, aŭtopneŭmatikoj, sekigita kloakakvoŝlimo k.s., sed post konvena antaŭpreparo trakteblas ankaŭ rubaĵo. La gajnataj — plejparte oleecaj — produktaĵoj utiligeblas kiel hejtmaterialoj, sed ili estas valoraj ankaŭ por la kemia industrio, kiel bazmaterialoj. La skorio ĉe tiuj ĉi procedoj enhavas multe da karbo, kiu utiligeblas ekzemple kiel aktiva karbo en la akvopurigado. Ĝenerala proporcio de la produktaĵoj:

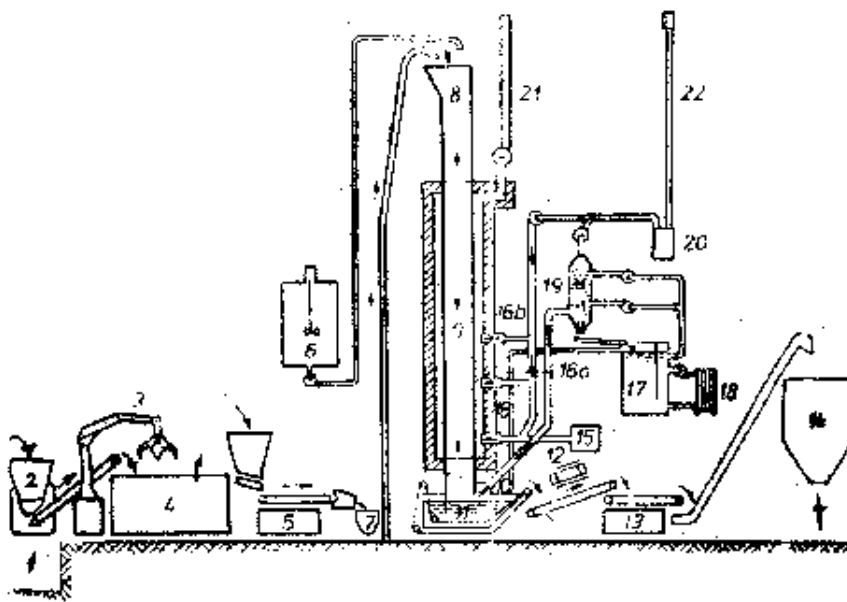
- 15-20% da oleoj kaj gudro,
- 20% da karbo,
- 5-10% da gasoj.
- La restaĵon konsistigas CO₂ kaj skorio.

La mez- kaj alttemperaturaj metodoj precipe taŭgas por prilaboro de komunuma rubaĵo. Ĝenerale ili ne pretendas tro multekostan antaŭpreparadon de la prilaborenda materialo. La ĉefa produktaĵo ĉe tiuj ĉi procedoj estas gaso (8700-1000 kubmetroj el 1 tuno da rubaĵo). La solida restaĵo ĉe la meztemperaturaj procedoj, elgajneblas kaj utiligeblas. La skorio de la skoriofandataj procedoj tute

ne enhavas brulivajn ingrediencojn, pro tio okazis eksperimentoj por ĝia uzado en la konstruindustrio.

Hidrogenizado

Tiu ĉi metodo konsidereblas speciala formo de la pirolizo. La kerno de la procedo estas, ke la prilaborendaj materialoj en relative malalttemperatura (300-400(Celsiusoj)), sed grandprema (70-100 bar-oj) reaktoro estas varmigitaj en hidrogen- aŭ karbonoksidiĉa atmosfero. La efiko de la rekte aldonata aŭ pro la karbonoksido-reakcio kreiĝinta hidrogeno rezultas, ke dum la malkomponiĝo de la organikaj materialoj estiĝas diversaj karbonhidrogenoj en formo de gasoj kaj olecaj komponaĵoj. La produktaĵoj utiligeblas kiel kemiindustriaj krudmaterialoj, aŭ kiel hejtmaterialoj. La procezo-skizo de alttemperatura piroliza metodo videblas sur figuro 15.



Figuro 15. Piroliza procedo (Pollution Control K/S, Danio) "Destructor" procedo
 1. depona bunkro; 2. pecetigilo; 3. dozilo; 4. rubaĵrezervujo; 5. pesilo; 6. rezervujo de kloakakvoŝlimo; 7. dozanta mekanismo; 8. gorĝego; 9. reaktoro; 10. gaselsuĉado; 11. skoriomalvarmigilo; 12. magneto por ferregajno; 13. pesilo; 14. forigo de la solidaj restaĵoj; 15. tergaso; 16, 16a kaj 16b. flamingoj por bruligo de la gasaj produktaĵoj; 17 kaj 18. instalaĵoj por apartigo de akvo kaj oleo; 19. gaslavilo; 20. gaspremo-stabiligilo; 21. fumturo; 22. torĉego por forbruligo de la superflua gaso.

La diversaj pirolizaj metodoj el medioprotekta vidpunkto estas pli puraj ol la bruligo. La gasoj ĉiam estas purigataj, la skorio enhavas tre malmulte da solveblaj ingrediencoj, pro tio la mediopoluciado estas minimuma. Ilian disvastiĝon malhelpas, ke multe da teknikaj problemoj ankoraŭ ne estas definitive solvitaj, tial la plejparto de la funkciantaj instalaĵoj havas eksperimentan karakteron. La pirolizo estas taŭga procedo ankaŭ por prilaborado de t.n. malfacile trakteblaj defalaĵoj (kloakakvoŝlimo, aŭtopneŭmatikoj, venenaj materialoj ktp.), prio tio la evoluigo sur tiu ĉi kampo estas tre intensa.

Biogasproduktado

Ekde la finaj jaroj de la 19a jarcento forte evoluis tiuj gasproduktadaj procedoj, kies bazmaterialo estas diversaj organikaj defalaĵoj, ekzemple mastruma rubaĵo, kloakakvoŝlimo, agrikulturaj defalaĵoj kaj flankproduktaĵoj. La tiamaniere produktita gaso havas la nomon "biogaso". Ankaŭ la biogasproduktado apartenas al la reuzadaj metodoj.

Oni jam antaŭlonge ekatentis pri tio, ke certaj organikaj substancoj dum biologia malkomponiĝo ellasas brulivajn gasojn. La gaskreiĝo okazas rezulte de la malkomponada agado de mikroorganismoj. La procezo estas tre simila al la mulĉokreiĝo, sed ĉi tie — kontraŭe al la mulĉigo — ĝuste la

malaerobiaj cirkonstancoj estas dezirindaj.

La malkomponiĝo okazas en du etapoj. En la unua periodo okazas la malkomponiĝo de karbohidratoj kaj albuminoj je simplaj organikaj acidoj, en la sekva periodo aliaj mikroorganismoj tiujn ĉi acidaĵojn transformas je gasoj. La kreĝinta gaso konsistas el ĉ. 60% da metano (CH₄) kaj 40% karbondioksido (CO₂). Estiĝas ankoraŭ aliaj gasoj (hidrogeno, karbonoksido, amoniako ktp.), sed ilia kvanto neglekteblas (1-3%).

La karbondioksido per lavado de la gaso facile forigeblas, la purigita metano havas hejtvaloron de ĉ. 37MJ/kubmetro, ĝi utiligeblas kiel bonega hejtgaso.

La gasproduktado pretendas relative altan temperaturon (inter 30-50(Celsiusoj) kaj, estante la tiatipa malkomponiĝo endoterma procezo, la konvenan temperaturon oni devas certigi per ekstera hejtado aŭ per provizora kreado de aerobiaj cirkonstancoj ĝis la atingo de la necesa varmeco. La putranta materialo devas esti multe pli malseka ol ĉe la mulĉigo (pli ol 50% da akvoenhavo), la optimuma pH valoro estas 7,0-7,6. La tempodaŭro de la intensa putrado estas ĉ. 10-12 diurnoj. Dum tiu ĉi tempo ĉ. 90% de la organikaj materialoj malkomponiĝas, poste la procezo tre malrapidiĝas, por tuta finiĝo de la putrado necesas 890-100 diurnoj, eventuale eĉ pli. La solida finproduktaĵo de la malkomponiĝo (en fermataj sistemoj) estas mulĉo kun bonega kvalito.

La granduzina biogasproduktado evoluis en du ĉefajn direktojn, elformiĝis du metodoj: subĉiela kaj fermata.

Subĉiela metodo

En la rubaĵdemetejoj, precipe, kie aplikatas iu formo de la ordigita demetado, pro la forta kompaktigo kaj odororetena kovrado, en la rubaĵtavoloj elformiĝas malaerobiaj cirkonstancoj. Tiu ĉi fenomeno el la vidpunkto de la sendanĝerigo estas malfavora, ĉar la malkomponiĝo daŭras dum longa tempo, la kreĝintaj gasoj kaj fluidaj komponaĵoj estas tre fetoraj kaj, pro la malaerobia malkomponiĝo elformiĝas relative malalta temperaturo, kiu ne povas garantii ekstermadon de la mikroorganismoj, danĝeraj el sanitara vidpunkto. En multaj demetejoj pro tio oni traboras la rubaĵtavolon kaj tra perforitaj tuboj aerumas la putradan rubaĵon. Jam antaŭlonge estis spertite, ke el tiuj ĉi tuboj ofte elfluas bruliva gaso, kiu konsistas ĉefe el metano.

La kontinua altiĝo de la energiprezoj elvokis la atenton pri la rubaĵdemetejoj, kiel gasfontoj. La esploroj finfine rezultis elformiĝon de granduzinaj metodoj por elgajno de la gaso. Ĝenerale la kerno de la procedo estas la sekva:

En la rubaĵtavolon profundigatas perforitaj tuboj 10-30 m longaj, kaj, tiuj ĉi tuboj kunligatas per kolekta tuboreto. La spontanea gaselfluo rezultas relative puran gason, en averaĝa kvanto de 2-5 kubmetroj/diurno/tubo. La kvanto grandigeblas per vakuo, sed la tiamaniere elsuĉita gaso enhavas multe da polvo kaj vaporo, pro tio ĝi devas esti purigata.

En la rubaĵdemetejoj, kie aplikatas biogaselgajno, favore sendanĝerigeblas ankaŭ kloakakvoŝlimo, per kiu oni povas ĝustigi la akvoenhavon de la rubaĵo.

Por optimuma gasproduktado la konvena denseco de la rubaĵmiksaĵo estas 600-700 kg/m³, la bezonataj akvoenhavo kaj pH valoro estas 36-55%, respektive 7,3-7,6.

La subĉiela biogasproduktado rapide disvastiĝas en la mondo, precipe la rubaĵdemetejoj de grandaj urboj donas eblecon por produktado de malkara hejtmaterialo. La biogaso utiligeblas rekte por hejtado de uzinoj aŭ loĝkvartaloj, sed aldoneblas ankaŭ al la urba tergaso-provizado.

Fermata sistemo

La biogasproduktado en fermata ujo (en multaj landoj nomata "biotank" metodo) havas du ĉefajn formojn. Unu el inter ili estas la etuzina, en kiu en apenaŭ maŝinigitaj malgrandaj instalaĵoj okazas putrigo de diversaj defalaĵoj de unu aŭ pluraj mastrumoj, eventuale malgrandaj agrikulturaj uzinoj. En

Ĉinio kaj Hindujo jam ekde la 60aj jaroj komenciĝis forta disvastiĝo de la uzado de apuddomaj malgrandaj biogasproduktiloj por kovri la energibezonon de la unuopaj mastrumoj, surbaze de kuirejaj kaj ĝardenaj defalaĵoj. La nombro de tiaj instalaĵoj nuntempe jam atingis 5 milionojn en Ĉinio kaj 2 milionojn en Hindujo. En Eŭropo eĉ komence de la 80aj jaroj funkciis apenaŭ kelkiloj da similaj instalaĵoj, sed aŭ kun eksperimenta karaktero, aŭ en propio de ekologie engaĝantaj kaj eksperimentemaj privatuloj.

La alia, pli signifa formo estas la granduzina biogasproduktado. Sur tiu ĉi kampo elformiĝis tre malsamaj metodoj, kies evoluigo estas plej forta en Usono.

La granduzinaj metodoj baziĝas sur prilaborado de organikaj sterkaĵoj, se konstruiĝis instalaĵoj ankaŭ por prilaborado de komunuma rubaĵo. Karakterizas tiujn ĉi procedojn grandmezura maŝiniziteco kaj alta rendimento, kaj, ne neglekteblas ankaŭ la fakto, ke en la biogasreaktoroj prilaboreblas kaj sendanĝerigeblas ankaŭ kloakakvoŝlimo aŭ en la bestbredado kreiĝanta t.n. maldensa sterko.

La biogasproduktado en fermata sistemo pretendas bonan antaŭpreparadon de la putrigendaj materialoj kaj certigon de diversaj fizikaj kaj kemiaj kondiĉoj. La solidajn defalaĵojn oni devas anticipe selekti, disigi la durajn materialojn (vitro, ŝtono, porcelano ktp.) kaj la pli grandajn pecojn. Post kribrado la fajna frakcio kutime enhavas 40-60% da organika materialo. Tiu ĉi fajna substanco ĝenerale muelatas kaj miksatas kun kloakakvoŝlimo en proporcio de 3:1 — 4:1, poste la amaso ofte inokulatas per jam finputrinta mulĉo por akceli la plimultiĝon de la mikroorganismoj.

La purtigujo estas fermata instalaĵo, en kiu la antaŭpreparita materialo devas esti varmigata ĝis 30-40(Celsiusoj).

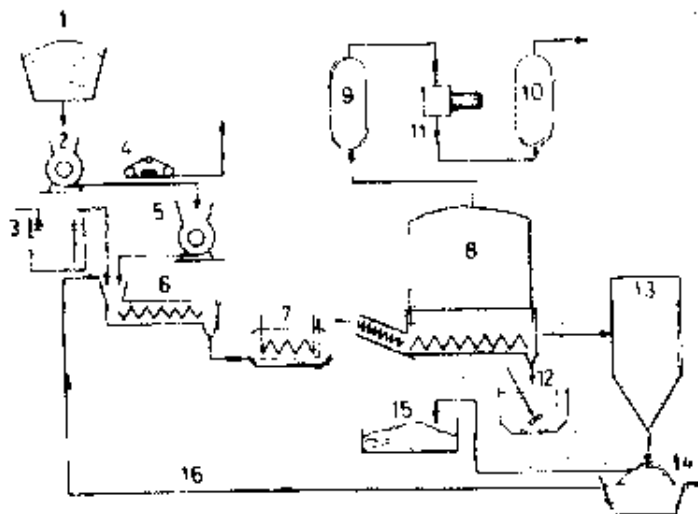
Tio povas okazi aŭ per enblovo de aero por antaŭhelpi elformiĝon de aerobiaj cirkonstancoj, aŭ per ekstera varmigo pere de forbruligo de certa kvanto da biogaso. Evidentas, ke por la aeroenblova tekniko bezonatas pli seka materialo, ol por la ekstera varmigo, sed la subteno de la konvena temperaturo ĉiam forkonsumas parton de la kreiĝinta energio. Al tio alkalkulendas ankaŭ la energio, necesa por la movado, de la materialoj, kiu en kazo de alta akvoenhavo solveblas simple per pumpililoj, la movado de pli seka maso ĝenerale pretendas specialan maŝinaron kun pli alta energikonsumo.

Malgraŭ la menciitaj, la energibilanco de la putrigo ĉiukaze estas pozitiva, la superfluo de la kreiĝinta biogaso vendeblas aŭ utiligeblas en la diversaj teknologiaj blokoj de la funkciiganta entrepreno.

La finputrigita materialo en la plejmulto de la teknologioj estas aerumata por steriligi kaj stabiligi la kreiĝintan produktaĵon pere de aerobia malkomponado de la organikaj restaĵoj, kiu jam ekonomie ne utiligeblas por gasproduktado. La aerumita finproduktaĵo estas stabila, sendanĝera terosimila mulĉo, uzebla en la agrikulturo por grundoplibonigo.

La biogasproduktado en fermataj ujoj el medioprotektada vidpunkto apartenas al la plej puraj teknologioj, sed taŭgas prefere por prilaboro de agrikulturaj kaj bestbredadaj defalaĵoj. Por traktado de komunuma rubaĵo pli taŭgas la subĉiela metodo, ĉar en fermata sistemo ekonomie prilaboreblas nur la fajna, je organikaj substancoj riĉa parto de la rubaĵo, pro tio oni devas aparte zorgi pri la sendanĝerigo aŭ utiligo de la dura kaj grandpeca frakcio. Tio pretendas specialajn antaŭpreparajn teknikojn kaj apartan traktadon de la ekonomie por biogasproduktado ne utiligeblaj rubaĵingrediencoj kaj restaĵoj. El energetika vidpunkto multaj fakuloj konsideras la biogasproduktadon, kiel unu el la t.n. alternativaj energifontoj, kies aplikado ludos gravan rolon en la estonto. La teknologian skizon de biogasproduktado el rubaĵo prezentas figuro 16.

Figuro 16. Biogasproduktado el komunuma rubaĵo (Dinatech Corporation, Cambridge, Usono)



1. rezerva bunkro; 2. dispecigilo; 3. rezervujo por kloakakvoŝlimo; 4. ferelsekta magneto; 5. muelilo; 6. miksilo; 7. varmigilo; 8. biogasreaktoro; 9 kaj 10. gaspurigiloj; 11. gaskunpremilo; 12. malvarmigo kaj aerumado; 13. ŝlimodensigilo; 14. ŝlimosekigilo, 15. sekigita ŝlimo, 16. recirkuligo de akvo el la sekigilo

En la lastaj jaroj forte evoluis ankaŭ la recirkuligaj procedoj (priselektado kaj reutiligo de la rubaĵingrediencaj, kiel sekundaraj krudmaterialoj). Al tiu ĉi grupo apartenas tre multaj procedoj, en tre multaj faktoroj diferencantaj unu de la alia, sed ĉiuj baziĝas sur la selektado de la diversaj reutiligeblaj materialoj.

Selektado

Permana selektado

Tiu ĉi tekniko povas certigi tre akran disigon de la rubaĵkomponentoj, sed ĝia produktiveco estas malgranda kaj portas en si la danĝeron de infektiĝo de la laboristoj. Malgraŭ tio ĝi ofte aplikatas ĉefe por esplorado, mezurado de la rubaĵkonsisto en eksperimentaj uzinoj, kaj, en kelkaj mulĉofarejoj por postselektado. La signifo de la permana selektado en la granduzinaj metodoj estas tre malgranda, kaj, kune kun la enpraktikiĝo de modernaj maŝinaj procedoj ĉiam pli malgrandiĝas pro ĝia malekonomieco.

Maŝina selektado

La metodojn de la masina selektado oni povas vicigi en du ĉefajn grupojn:

- Sekaj metodoj
- Malsekaj metodoj

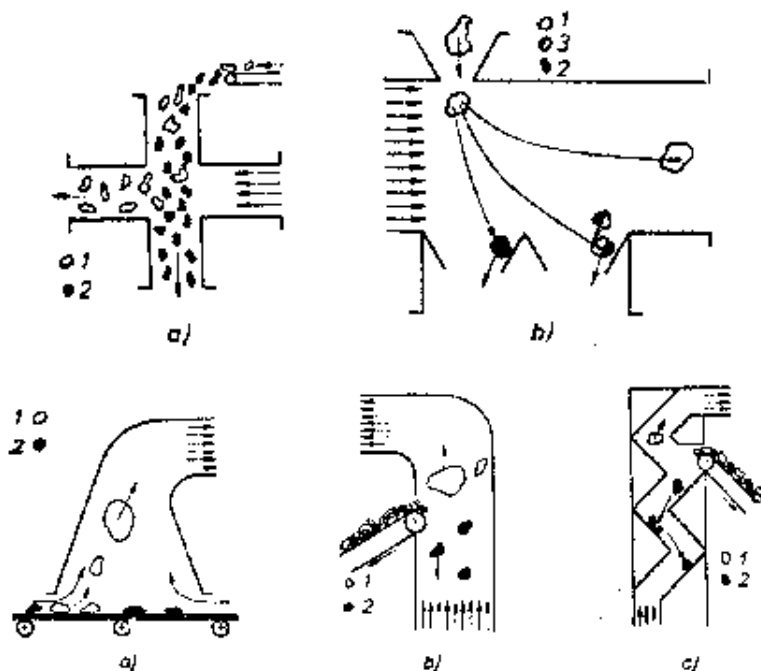
Inter tiuj ĉi du procedoj neniu konsidereblas pli efika aŭ pli ekonomia ol la alia, la aplikeblecon ĉiam determinas la lokaj cirkonstancoj kaj la vendebleco de la regajnitaj materialoj. La selektado ĉiam devas esti kunligita kun ia tradicia sendanĝeriga metodo, ĉar en si mem ĝi ne certigas sendanĝerigon kaj, ĉiam la celo de la selektado determinas la elgajnendajn materialojn, la restaĵo el teknologia vidpunkto konsideratas defalaĵo. Plej ofte la selektado estas nur parto de iu kombinita, kompleksa sendanĝeriga-reutiliga procedo, kiel ĉenero en la teknologia ĉeno.

La komunuma rubaĵo relative plej facile dissekteblas en du ĉefajn frakciojn: pezan kaj malpezan. La peza frakcio konsistas el ŝtonoj, tero, vitro- kaj porcelanpecoj, kaj diversaj metaloj. La malpezaj materialoj estas papero, plasto, lignopecoj, ĉifonaĵoj, ktp. En multaj teknologioj la ĉefa celo estas la elgajno de la malpezaj brulivaj ingrediencoj, por utiligi ilin kiel hejtmaterialojn aŭ kiel bazmaterialojn por mulĉofarado. Tiucele aplikatas prefere la sekaj metodoj, la malsekaj uzatas ĉefe por elselektado de pezaj materialoj aŭ por purigo de la finproduktaĵoj.

Ĝenerale en la prilaborado de la solida rubaĵo kiel unua fazo okazas frakciigo laŭ grandeco per

kibrado. Tiun sekvas pecetigo kaj denove kibrado. Post la dua kibrado la nekonvene diserigitaj partoj rekondukatas en la muelaparaton.

La apartigo de la pezaj kaj malpezaj ingrediencoj plej ofte okazas per t.n. aeroklasifikiloj, en kiuj la enblovita aero drivigas la malpezajn materialojn en apartan sektoron de la instalaĵo, kie ili kolektiĝas. Diversajn tipojn de la aeroklasifikiloj montras figuro 17.



Figuro 17. Diversaj tipoj de aeroklasifikiloj

Supre: horizontalaj tipoj
a) dufrakcia klasifikilo;
b) trifrakcia (kamera) tipo

1. malpezaj materialoj;
2. pezaj materialoj;
3. meza frakcio

Sube: vertikalaj tipoj
a) aerensuĉilo;
b) aeroklasifikanta kolono;
c) vertikala zigzag-sistema aeroklasifikilo

1. malpezaj materialoj;
2. pezaj materialoj

La malpeza frakcio rekte aŭ post konvena prilaborado bruligeblas aŭ mulĉigeblas, sed ekzistas sistemoj, en kiuj post plua selektado kaj prilaborado la fibraj materialoj povas esti vendeblaj al la paperindustrio kiel bazmaterialoj. La peza frakcio povas esti transportata en rubaĵdemetejojn, sed per specialaj teknologioj regajneblas el ĝi ankoraŭ valoraj ingrediencoj, pro tio ankaŭ ĝi povas esti plupurigata.

La kibrado, pecetigo kaj aeroklasifikado estas partoj de preskaŭ ĉiu teknologio, sed tiujn ĉi antaŭpreparajn procedojn povas sekvi tre diversaj laborfazoj.

Pro la larĝega skalo de la teknologioj kaj regajneblaj materialspecoj, estu mallonge prezentataj du teknologioj, kiuj baziĝas sur la selektado de la rubaĵingrediencoj. La unue pritraktata teknologio estas pli simpla, la alia estas kompleksa, servanta por elgajno de pluraj materialoj.

Fabrikado de hejtmaterialo el rubaĵo

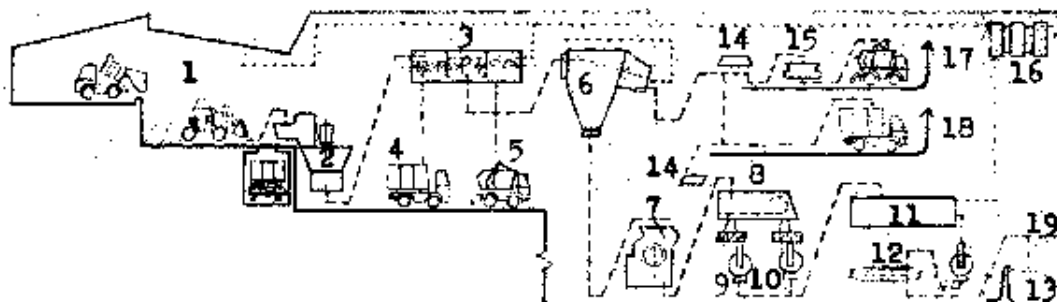
La prezentata teknologio, kies celo estas fabrikado de hejtmaterialo el komunuma rubaĵo, realiĝis en Anglio (Newcastle) kaj kapablas prilabori 300 t/d (d=diurno) da rubaĵo. La vendata finproduktaĵo estas **peletigita** brulaĵo, taŭga por bruligo en migrantan kradon havanta kaldronego, kune kun karbo. La teknologio konsistas el la sekvaj fazoj:

La kruda rubaĵo post pecetigo per rotacianta kribrilo apartigatas en tri frakciojn. La fajna frakcio (malpli ol 12 mm) konsistas ĉefe el polvo, tero, vitro- kaj porcelanpecetoj ktp. Ĝi estas transportata en ŝtonminejon aŭ en rubaĵdemetejon. La grandaj pecoj (pli ol 150 mm) estas denove metataj en la pecetigilon. La mezan frakcion oni disigas je peza kaj malpeza frakcioj pere de aeroklasifikilo. La pezaj materialoj post megneta ferelsektado ankaŭ estas transportataj en rubaĵdemetejon, la ferenhavaj metaloj kunpremas en kubojn kaj vendatas por metalurgiaj celoj. En la komunuma rubaĵo la plejparton de la ferenhavaj metaloj konsistigas konservajŝkatoloj, kies stanokovraĵo per varmigo forandebblas kaj aparte regajneblas.

La malpeza frakcio el la klasifikilo iras en muelaparaton, kiu disŝiras la materialon je maksimuma 25

mm-aj pecetoj. Post tio sekvas miksado kaj peletigo per specialaj peletigaj premiloj. La peletojn oni malvarmigas, sekigas kaj deponas en bunkro ĝis la utiligo. La rubaĵpeletoj bruligatas en la urba hejta centralo. El energetika, teknologia kaj medioprotektada vidpunktoj la tiamaniere okazanta bruligo de la rubaĵo estas multe pli favora ol rekta bruligo en inceneratoro. La malpeza frakcio post aeroklasifikado konsistas el papero, plasto, vegetaĵaj fibroj ktp., do preskaŭ ekskluzive el organikaj, brulivaj materialoj, sekve, post ilia forbruligo la skoriokvanto estas minimuma. Tiamaniere la solidaj brulrestaĵoj kaŭzas multe malpli da medioprotektadaj problemoj ol tiuj de la bruligo de la kruda rubaĵo.

La teknologian skizon de la peletofabrikado montas figuro 18.



Figuro 18. Fabrikado de hejtmaterialo el rubaĵo (Byker, Newcastle, Anglio)

1. akceptejo; 2. pecetigilo; 3. rotacianta kribrilo; 4. fajna frakcio en demetejon; 5. grandpeca frakcio muelota; 6. vertikala aeroklasifikilo; 7. ŝirpecetigilo (maks. 25 mm); 8. rezervujo por la disŝirita materialo; 9. miksilo; 10. peletiga premilo; 11. sekigilo; 12. malvarmigita kamero; 13. rezerva bunkro por la preta, peletigita hejtmaterialo; 14. ferelsektaj magnetoj; 15. premilo por metalpakegoj; 16. aeropurigiloj; 17. ferpakegoj por metalurgia utiligo; 18. pezaj materialoj en demetejon; 19. brulaĵo por vendado

Per maŝina selektado el la rubaĵo regajneblas tre multspecaj valoraj ingrediencoj, sed la konvena pureco de la produktaĵoj certigeblas nur per tre komplikaj kaj multekostaj teknologioj. Pro tio, la elselektado de larĝa skalo da materialoj ĝis nun realiĝis nur en malmultaj uzinoj. Ili estas plejparte eksperimentaj, kapablaj prilabori nur kelkajn tunojn da rubaĵo dum unu horo. Tamen, la recirkuligaj procedoj en la futuro verŝajne havos pli signifan rolon ol en la nuntempo, sekve, ilia evoluigo estas grava afero kaj el ekonomia, kaj el medioprotektada vidpunktoj. Por ekzemplo estu prezentata sveda teknologio, kun rendimento de 5 t/h.

La teknologio de Svenska Fläktfabriken A.B (Svedio)

Tiu ĉi eksperimenta uzino realiĝis en urbo Stockholm, en la inceneratoro de Högdalen.

La kruda rubaĵo post dispecigo sub 200 mm estas kribrata. La trafalanta materialo iras en vertikalan aeroklasifikilon, la restanta parto rekondukatas en la dispecigilon. El la aeroklasifikilo la malpeza frakcio foriĝas kune kun la aero, la apartigo okazas en ciklono, post kiu la aero per filtrilo plupurigatas. La solidaj materialoj post magnetaj ferelselektado diserigatas sub 40 mm-ojn kaj rekte utiligatas por hejtado aŭ ili ricevas pluan traktadon laŭ la sekvaj:

Post kribrado per rotacianta kribrilo, purigo en horizontala kamera aeroklasifikilo kaj denova kribrado per vibranta kribrilo, la restaĵo konsistas preskaŭ ekskluzive el paperpecoj, teksaĵoj kaj plastfolioj. Tiu ĉi materialo traktatas per varmega aero (ĉ. 130(Celsiusoj)), por ke la ŝrumpintaj pro la varmo folioformaj plasto estu disigeblaj disde la papero- kaj ĉifonaĵopecoj. La fibraj materialoj vendebblas por plua prilaboro al la paperindustrio, la aglomeritaj plasto bruligatas.

El la peza frakcio de la vertikala aeroklasifikilo magnetaj bendo eltiras la ferajn pecojn, post tio sekvas aeroklasifikado en horizontala kamera instalaĵo. La ferrestaĵojn oni post termika senstanigo kunpremas en kubojn. La senferigita peza frakcio kribratas per rotacianta kribrilo. La trafalanta materialo konsistas ĉefe el vitropecetoj. Ĝin oni purigas per pulsanta sedimentigilo, el kiu aparte forigas la organikaj malpuraĵoj, la vitropecetoj kaj la ceteraj neorganikaj materialoj. La organika

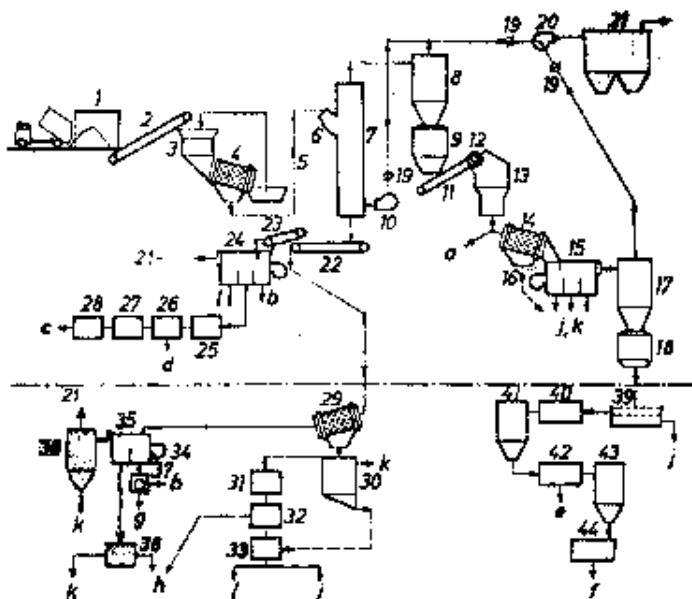
frakcio bruligatas aŭ demetatas en rubaĵdemetejon, la vitro plupurigatas per **flotaciado**.

El la aliaj neorganikaj materialoj post muelado kaj kribrado per vibranta kribrilo apartiĝas la aluminio, la restaĵo kondukatas en la vitropurigantan flotaciilon.

La iom grandpecaj materialoj, ne trafalantaj ĉe la kribrado per rotacianta kribrilo, kondukatas en horizontalan kameran aeroklasifikilon, el kiu la organikaj materialoj plejparte foriĝas kune kun la aero kaj retenatas en ciklono, la peza frakcio iras en elektrostatan selektilon, kie apartiĝas la aluminio disde la aliaj metaloj kaj mineralaj partoj, ankaŭ la fero forigatas el la metala parto per cilindra magneto.

La regajnitaj materialoj parte vendatas al la paperindustrio kaj vitrofabrikoj, resp. al metalurgiaj uzinoj, parte demetatas en rubaĵdemetejon. La neutiligeblaj organikaj malpezaj restaĵoj bruligatas rekte en la loka inceneratoro.

La teknologia skizo videblas en figuro 19.



Figuro 19. Skizo de la teknologia procezo de rubaĵselektado (Svenska Fläktfabriken A. B. Stockholm, Svedio)

- a. malpezaj materialoj por bruligo (alternativo);
- b. fero;
- c. senstanigitaj ferlamenoj;
- d. elfalinta stano;
- e. aglomerita plastdefalaĵo;
- f. paperdefalaĵo por vendado;
- g. senfera metala defalaĵo;
- h. aluminio;
- i. pura vitro;
- j. neorganikaj restaĵoj;
- k. organikaj restaĵoj

- 1. rubaĵenportado; 2. dozado; 3. antaŭpecetigilo; 4. rotacianta kribrilo; 5. transportado; 6. ĉela dozilo; 7. vertikala zigzag-sistema aeroklasifikilo; 8. ciklono; 9. rezervujo; 10. ventolilo; 11. dozilo; 12. cilindromagneto;
- 13. diserigilo (fajna); 14. rotacianta kribrilo; 15. horizontala kamera aeroklasifikilo; 16. ventolilo; 17. ciklono;
- 18. rezervujo; 19. klapoj; 20. ventolilo; 21. aeropurigiloj; 22. transportbendo; 23. magneta bendo; 24. horizontala kamera aeroklasifikilo; 25. pecetigilo; 26. senstanigo; 27. malvarmigo; 28. pretigo de pakegoj;
- 29. rotacianta kribrilo; 30. pulsanta sedimentigilo; 31. disrompilo; 32. vibranta kribrilo; 33. flotaciilo; 34. ventolilo; 35. kamera aeroklasifikilo; 36. ciklono; 37. cilindromagneto; 38. elektrostata selektilo; 39. vibranta kribrilo; 40. sekigilo; 41. ciklono; 42. varmaera klasifikilo; 43. ciklono; 44. paperpakegilo

El medioprotektada vidpunkto la diversaj metodoj, apartenantaj al la grupo de recirkuligaj procedoj, baziĝantaj sur la selektado kaj reutiligo de la rubaĵingrediencaj, konsidereblas tre puraj kaj modernaj, des pli, ĉar plej ofte la teknologio mem inkludas la purigon aŭ recirkuligon de la malpurigitaj gasformaj kaj fluidaj help- kaj flankaj materialoj (aero, lavakvo ktp). Tamen, ne neglekteblas la fakto, ke tiuj ĉi teknologioj en si mem ne havas sendanĝerigan funkcion.

La disvastiĝo de la recirkuligaj procedoj malhelpas la ĝenerala malstabileco de la merkata pozicio de la regajnitaj materialoj kaj tio, ke la instalaĵoj, necesaj por la maŝina selektado estas tre multekostaj.

RESUMO

La problemoj, koncerne la traktadon de la rubaĵiĝintaj materialoj aperas ĉie, kie vivas homoj. La diversaj rubaĵsendangerigaj metodoj konsidereblas kiel rimedoj, servantaj por konservi la purecon de la homa medio, defendi la sanon de la homo. Ekde la komenco de la organizita rubaĵtraktado en homaj loĝlokoj ĝis la nuna tempo elformiĝis tre larĝa skalo de la sendangerigaj metodoj. Tiuj ĉi metodoj ĝenerale solvas la problemon laŭ du vojoj: Redono de la rubaĵiĝintaj materialoj al la medio (naturo) kaj ilia reutiligo.

La simpla demetado kaj ĝia pluevoluigita formo, la ordigita demetado estas metodoj, kiuj baziĝas sur forigo de la rubaĵo el la homa medio, kaj ilia transdono al la naturo. Kompreneble, kiam la homaro ankoraŭ uzis kaj "rubaĵigis" nur naturajn materialojn, la naturo povis tiujn akcepti sen malfavoraj konsekvencoj. La apero de artefaritaj materialoj kaj grandmezure prilaboritaj produktaĵoj, kune kun la elformiĝo de grandaj, koncentritaj loĝlokoj, kunportis novajn problemojn. Nome: la naturo ne plu povis toleri la ŝarĝadon, evidentiĝis, ke ekzistas limo, trans kiu ĝi jam ne povas perfekte regeneri sin. Kune kun la pliseverigo de medioprotektadaj pretendoj, pro ekonomiaj kialoj komencis elformiĝi novaj procedoj por rubaĵsendanĝerigo, kies celo fariĝis iamaniera utiligo de la rubaĵo. La sendanĝerigo mem ekhavis nur sekundaran signifon.

La novaj procedoj sekvas du direktojn: Reuzado kaj recirkuligo. La reuzadaj metodoj, komencite de la mulĉigo, tra la pirolizo, ĝis la biogasproduktado, celas iamaniere utiligi la materialojn de la rubaĵo, en transformita, malkomponita formo.

La recirkuligo de la sekundaraj bazmaterialoj en la produktadon rezultas gravan ŝparadon en la forkonsumo de la krudmaterialo-trezoroj de nia Tero. La rubaĵo enhavas multe da denove utiligeblaj materialoj. Por ilia regajno kaj rekonduko en la produktadan procezon, elformiĝis diversan selektadaj prilaboradaj metodoj.

La rubaĵsendanĝerigaj procedoj ankaŭ en la nuna tempo forte evoluas, sed definitiva solvo por la rubaĵproblemo ankoraŭ ne naskiĝis. Ekde la plej primitivaj ĝis la plej modernaj procedoj, ne ekzistas tia, kiu tute ne polucius certgrade la naturan medion. La esploroj sur tiu ĉi kampo kontinue daŭras, la celo por la estonto estas trovi metodojn, kiuj minimumigas la medionocadon, kaŭzantan far la rubaĵsendanĝerigaj procedoj. El medioprotektadaj kaj ankaŭ el ekonomiaj vidpunktoj estas necese esplori la eblecojn por malgrandigo de la kvanto de la rubaĵo jam ĉe la loko de la kreiĝo, ekz. pere de fabrikado de varoj kun pli longa uzodaŭro, disvastigo de la aplikado de plurfoje uzeblaj pakmaterialoj, fabrikado de malkomponiĝipovaj plasto ktp.

GLOSOJ

En tiu ĉi laboraĵo mi uzis kelkajn fakvortojn, ĝenerale internacie konatajn, kies uzadon mi trovas rekomendinda anstataŭ komplikaj ĉirkaŭskriboj. Tiujn ĉi vortojn mi signis per asterisko en la teksto.

- **Ciklono:** Instalaĵo por purigo de aero kaj gasoj. En ĝia interno elformiĝas ciklonsimila gasrotacio kaj la centrifuga forto, resp. la direktoŝanĝiĝo rezultas apartiĝon de la iom pezaj materialoj (grajnoj, gutoj) disde la aero aŭ gaso.
- **Eŭtrofiĝo:** Pliriĉiĝo de akvoj (naturaj) je nutraĵsubstancoj. Tio rezultas plimultiĝon de algoj, kaj

la granda kvanto de organikaj materialoj startigas putradajn procezojn, kiuj malgrandigas la oksigenenhavon de la akvo. Tiu ĉi fenomeno ofte kaŭzas — precipe en varma vetero — amasan fiŝekstermiĝon. La eŭtrofiĝo povas antaŭenigi ankaŭ la transformiĝon de la viva akvo je marĉo.

- **Flotaciado:** Industria metodo por apartigo de materialoj, inter kies denseco estas malgranda diferenco (ekzemple: metalerco kaj senvalora ŝtonpulvoro). La kerno de la procedo estas, ke la klasifikendaj pulvorigitaj materialoj metatas en fluidan medion kaj per forta kirlado kaj aeroenblovo estigatas fajnaj aerveziketoj en la miksaĵo. Tiuj materialoj, kiuj pli forte ligas al sia surfaco la aeron ol la akvon, suprenleviĝas kaj koncentriĝas en la ŝaŭmo, la ceteraj sedimentiĝas en la suba parto de la instalaĵo.
- **Inceneratoro:** Kompleksa uzino por bruligo de rubaĵo kaj defalaĵoj. Ĝi konsistas el akcepta, deponada-antaŭprepara, bruliga kaj posttraktada unuoj. En inceneratoro ĝenerale forbruligatas unu apud la alia aŭ kune (miksita) komunuma rubaĵo kaj diversaj aliaj defalaĵoj (industriaj, hospitalaj, buĉeaj ktp.), eventuale kloakakvoŝlimo.
- **Kontenero:** Rezervujo por transportado de solidaj materialoj kaj varoj. Ĝi estas fermebla metalkesto, kiu ebligas la transportadon de varoj per diversaj veturiloj (kamiono, vagono, ŝipo, aviadilo) sen plurfoja en- kaj elpakado. En la ĉiutaga praktiko nomiĝas kontenero ĉiu iom granda (ĉefe metala) ujo, kiu servas por provizora rezervado kaj transportado de solidaj materialoj, produktaĵoj, defalaĵoj, kaj moveblas kune kun sia enhavo nur per argano, levĉaro ktp.
- **Maintenado:** Konservado de iloj, konstruaĵoj, maŝinoj ktp. en bona stato, pere de regula prizorgado, flegado.
- **Peleto:** Cilindroforma peceto, fabrikita el grajnaj materialoj, por plifaciligi ilian traktadon kaj transportadon. Laŭ grandeco ĝi ĝenerale estas 25-60 mm-ojn longa, kun diametro de 8-25 mm. En la modernaj prilaboradaj procedoj ofte aplikatas la aglomerado de la grajnaj materialoj. Tiuj ĉi aglomeritaj pecetoj havas diversajn formojn: grajno, briketo, pilolo, buleto, peleto ktp.

LITERATURO:

1. Jugel, W.: Környezetvédelmi technika. "Umweltschutztechnik" (Medioprotektada tekniko). Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1979.
2. Fehér Gyula: Települési hulladékok eltávolítása és hasznosítása. (Forigo kaj utiligo de komunumaj defalaĵoj). Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1977.
3. Olessák Dénes — Szabó László: Energia hulladékból. (Energio el defalaĵo). Műszaki Könyvkiadó, 1984.
4. Szabó László — Olessák Dénes: Hulladékhasznosítás — szilárd hulladékok feldolgozása. (Utiligo de defalaĵoj — prilaborado de solidaj defalaĵoj). Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1983.
5. Detlev Block: Gumihulladékból fűtőgáz és vegyszer. (Hejtgaso kaj kemiaĵo el gumdefalaĵo). Profil (hungaringva periodaĵo, aperanta en GFR), Hamburg, 1983/10.
6. dr. Kovács Margit (Red.): A környezetvédelem biológiai alapjai. (Biologiaj bazoj de la medioprotektado). Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 1977.
7. Dipl. ing. Hubert Gromotka: Neue Verfahren für die thermische Behandlung von umweltschädlichen Industrieabfällen. (Novaj procedoj por termika sendanĝerigo de medionocivaj industriaj defalaĵoj). Energie und Technik, 1974/6.

Fonto: Diplomblaboro por ELTE, 1984

STEB: <http://www.eventoj.hu>