

3. LEKCIJA

BALTIJAS REĢIONA ILGTSPĒJA

CILVĒCE UN MATERIĀLU PLŪSMAS VIRZĪBA UZ ILGSTPĒJĪGU MATERIĀLU IZMANTOŠANU

REDAKTORS UN GALVENAIS AUTORS

STENS KARLSONS

**ČALMERAS TEHNOLOĢISKĀ UNIVERSITĀTE
UN
GĒTEBORGAS UNIVERSITĀTE**



BALTIJAS REGIONA ILGTSPĒJA

BALTIJAS UNIVERSITĀTES PROGRAMMAS LEKCIJU KURSS

1. CEĻŠ PRETĪ ILGTSPĒJAI

Vēsturiskā perspektīva.

Redaktors Sverkers Sorlins, Umeo universitāte

2. ENERĢĒTIKA

No fosilā kurināmā līdz ilgtspējīgiem enerģijas resursiem.

Redaktors Jurgens Salaji, Stokholmas Vides institūts un Lundas universitāte

3. CILVĒCE UN MATERIĀLU PLŪSMAS

Virzība uz ilgtspējīgu materiālu izmantošanu.

Redaktors un galvenais autors Stens Karlsons, Čalmeras Tehnoloģiskā universitāte un Gēteborgas universitāte

4. PĀRTIKA UN IZEJVIELAS

Ilgspējīga lauksaimniecība, mežsaimniecība un zivsaimniecība.

Redaktori Stens Eberstens un Bengts Bodins, Zviedrijas Lauksaimniecības zinātņu universitāte

5. ILGTSPĒJĪGA RŪPNIECĪBA

Atkritumu daudzuma samazināšana, tīrākas tehnoloģijas un rūpniecības ekoloģija.

Redaktors Jozefs Štrāls, Lundas universitāte

6. ILGTSPĒJĪGA TRANSPORTA SISTĒMA

Cilvēku un kravas pārvadājumi Baltijas reģionā.

Redaktori Emins Tengstroms, Olborgas universitāte un Marie Tainela, Gēteborgas universitāte

7. PILSĒTAS UN KOPIENAS

Ilgspējīgu mājokļu veidošana.

Redaktors Harijs Andersons, Turku universitāte

8. EKOLOĢISKĀ EKONOMIKA

Tirgus, cenas un budžets ilgtspējīgā sabiedrībā.

Redaktors Tomašs Žiličs, Varšavas universitāte

9. ILGTSPĒJĪGAS ATTĪSTĪBAS PAMATI

Ētika, likumdošana, kultūra un fizikālie ierobežojumi.

Redaktors Larss Ridens, Upsalas universitāte

10. NO NODOMA LĪDZ DARBĪBAI

Ilgspējīgas attīstības īstenošana.

Redaktors un galvenais autors Magnuss Andersons, Vrijes universitāte, Amsterdamā

PROJEKTA FINANSIĀLAIS ATBALSTĪTĀJS - ZVIEDRIJAS STARPTAUTISKĀ ATTĪSTĪBAS AGENTŪRA

© The Baltic University Programme, Uppsala university (angļu izdevums)
Uppsala university, Box 256, SE – 751 05, Uppsala, Sweden

© Ekonomikas un vadības fakultāte, Latvijas Universitāte (latviešu izdevums)
Aspazijas bulvāris 5, LV – 1050, Rīga, Latvija

CILVĒCE UN MATERIĀLU PLŪSMAS

VIRZĪBA UZ ILGTSPĒJĪGU MATERIĀLU IZMANTOŠANU

AUTORI

**STENS KARLSONS, KRISTIANS AZARS, GORANS BERNDESS,
DŽONS HOLMBERGS, KRISTIANS LINDGRENŠ**

REDAKTORS UN GALVENAIS AUTORS

STENS KARLSONS
Fizikālo resursu teorijas institūts,
Čalmeras tehnoloģiskā universitāte un Gēteborgas universitāte

LATVIEŠU IZDEVUMA REDAKTORS UN TULKOTĀJS

JĀNIS ZAĻOKSNIS
Ekonomikas un vadības fakultāte
Latvijas Universitāte

TEKSTA REDAKTORE

VELTA POLMANE

PRIEKŠVārds

Šajā lekcijā tiks piedāvāti dažādi sistēmas redzējumi par materiālu plūsmu sabiedrībā un dabā, galvenokārt no dabas zinātņu un tehniskā viedokļa. Pamatiecere ir sniegt pārskatu par svarīgākajām materiālu plūsmām sabiedrībā un dabā, kā arī par to ietekmi ilgtspējīgas attīstības perspektīvā. Tādā skatījumā lekcijas tekstam ir principiāla nozīme. Daudzi piemēri un specifiski risinājumi dažādos sabiedrības sektoros ir atrodamī citās šī kursa lekcijās. Diemžēl konkrēti piemēri un dati ir ņemti tikai no informācijas par Rietumeiropas valstīm. Dokumentētie dati un pieejamie pētījumi par materiālu plūsmām sabiedrībā un to saistībā ar vides un resursu problēmām pārsvarā raksturo Rietumu kopienas, un faktiski visa šī lekcija balstās uz tāda veida informāciju.

Lekcijas sagatavošanā piedalījās vairāki mūsu katedras locekļi. Piekto nodaļu par oglekļa plūsmu uzrakstījuši Kristians Azars (*Christian Azar*) un Gorans Berndess (*Goran Berndes*). Džons Holmbergs (*John Holmberg*) ir sagatavojis dažus jautājumus otrajai, ceturtajai un septītajai nodaļai, bet Kristians Lindgrens (*Kristian Lindgren*) - ceturtajai nodaļai. Karls Eriks Eriksons (*Karl Erik Eriksson*) un Kristians Lindgrens ir skatījuši manuskriptu dažādās gatavības pakāpēs. Vērtīgu ieguldījumu devis un rediģēšanu veicis Larss Ridens (*Lars Ryden*) no Baltijas universitātes.

Šīs lekcijas sagatavošanu nebija iespējams pilnībā finansēt no ierobežotā budžeta kursam "Baltijas reģiona ilgtspēja". Tas izdevās, tikai pateicoties projektam "Zviedrijas ilgtspējīgas nākotnes fizikāli konsekventais scenārijs", ko izstrādāja mūsu institūts un ko atbalstīja Zviedrijas Vides aizsardzības aģentūra. Tāpēc mēs izsakām atzinību par šo atbalstu.

*Stens Karlsons,
Gēteborga*

SATURS

1. CILVĒKS UN VIELU PLŪSMA

- 1.1. Jautājums par vielām un to daudzumu
- 1.2. Dabiskās vielu aprites traucējumi
- 1.3. Sistēmas perspektīvas nepieciešamība
- 1.4. Matērijas saglabāšanās
- 1.5. Materiālu plūsmas un transportēšana

2. DABISKĀ VIELU APRITE

- 2.1. Dabas virzošie spēki
- 2.2. Ekosfēra un litosfēra saistībā ar ģeoloģiskām materiālu plūsmām
- 2.3. Ģeofizikālās plūsmas
- 2.4. Ģeoloģiskie procesi un apmaiņa starp litosfēru un ekosfēru
- 2.5. Dzīvības procesi un biogeoķīmiskie cikli
- 2.6. Kā sabiedrība mijiedarbojas ar dabiskām plūsmām

3. CILVĒKU RADĪTĀ MATERIĀLU PLŪSMA

- 3.1. Materiālu izmantošanas intensitātes koncepcija
- 3.2. Materiālu apgrozījums: Vācijas piemērs
- 3.3. Materiālu plūsmu "ekoloģiskais balasts"
- 3.4. Globālās antropogēnās plūsmas
- 3.5. Materiālu plūsma tehnosfērā

- 3.6. Materiālu uzkrāšanās tehnosfērā un noplūde no tās

4. CEĻĀ UZ ILGTSPĒJĪGU MATERIĀLU IZMANTOŠANU

- 4.1. Ilgtspējas sociālie un ekoloģiskie principi
- 4.2. Pirmais un otrais princips - masas apmaiņas bilance
- 4.3. Trešais un ceturtais princips - piesardzīga planētas izmantošana
- 4.4. Materiālu plūsmas adaptēšana
- 4.5. Risinājumi - plūsmu samazināšana vai pārtraukšana
- 4.6. Atkārtota materiālu izmantošana
- 4.7. Transmaterializācija
- 4.8. Nākotnes plūsmu pārvaldīšana

5. NELĪDZSVAROTS OGLEKĻA CIKLS KĀ GLOBĀLA PROBLĒMA

- 5.1. Oglekļa izmantošana mūsdienu sabiedrībā
- 5.2. Oglekļa izmantošana desmit miljardu cilvēku industrializētā sabiedrībā
- 5.3. Fosilā kurināmā ierobežojumi
- 5.4. Biomasas izmantošanas ierobežojumi un globālā produktivitāte
- 5.5. Jūru izmantošana
- 5.6. Lielāku zemas platību iesaistīšana aprītē
- 5.7. Pieaugošās produktivitātes potenciāls
- 5.8. Biomasas enerģija

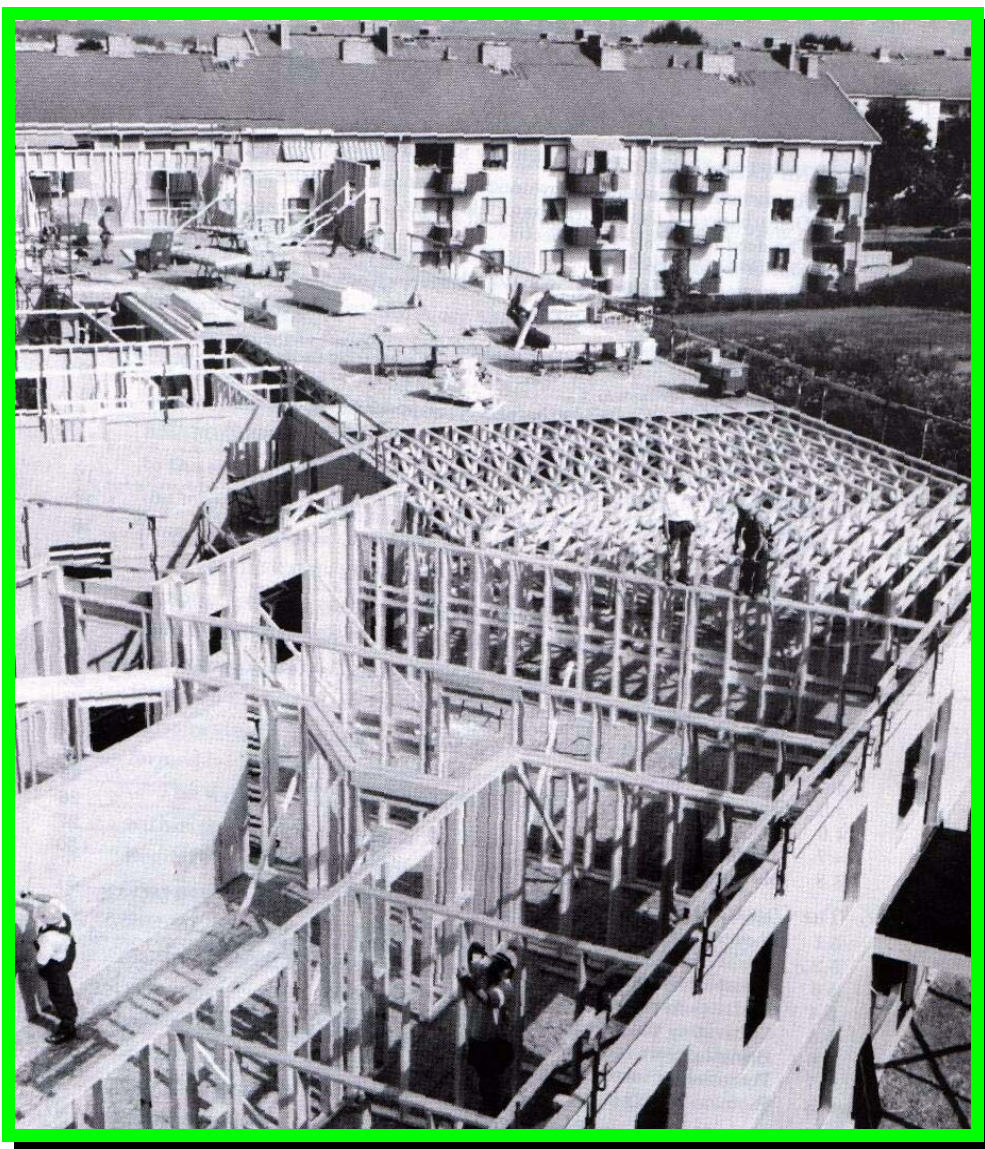
6. BARĪBAS VIELU PLŪSMAS UN DRAUDI VIDEI

- 6.1. Pieaugošā slāpekļa savienojumu plūsma
- 6.2. Sēra savienojumu izplatība ekosfērā
- 6.3. Fosfora savienojumu izmantošana lauksaimniecībā
- 6.4. Bāzisko katjonu savienojumi
- 6.5. Makroelementu pieaugošā noplūde un izkliede
- 6.6. Vides problēmas
- 6.7. Barības vielu resursi
- 6.8. Nākotnes perspektīvas

7. VĒRTĪGIE METĀLI

- 7.1. Metāli dabā un sabiedrībā
- 7.2. Metālu ekoloģiskais novērtējums
- 7.3. Metālu emisija
- 7.4. Retie un viegli pieejamie metāli
- 7.5. Metālu pieejamība ilgtermiņa nākotnē
- 7.6. Metālu ilgtspējīgas izmantošanas stratēģija
- 7.7. Utilizācija - metālu ilgtermiņa izmantošanas pamats

8. LITERATŪRA



L

ai mazinātu ugunsgrēku izcelšanās iespējas pilsētu centros, daudzās valstīs jau pagājušajā gadsimtā

ar likumu tika aizliegta senā prakse būvēt daudzstāvu koka mājas. Modernā ugunsgrēku profilakses tehnika šādu pieeju vērtē kā novecojušos. Zviedrijā kopš 1994. gada koka mājas atkal ir legalizētas. Četru un piecu stāvu dzīvokļu mājas ar koka karkasu šodien tiek celtas, piemēram, Linčopingā (attēlā). Būvdarbus veic "Skanska", kas ir lielākā celtniecības kompānija reģionā.

Koka daudzstāvu dzīvojamās ēkas faktiski ir gadījums, kad izteiktā veidā parādās dematerializācijas pieeja. Koksne ir daudz vieglāka nekā ierastais betons. Viena dzīvokļa izbūvei ir jāizmanto apmēram 25 tonnas koksnes vai 100 tonnas betona. Bez tam celtniecība neprasa tik lielus iepriekšējās sagatavošanas darbus. Var iztikt ar mazākiem celtniem, bet celtniecības process norit vieglāk un ātrāk. Līdz ar to šādi būvētā māja ir daudz lētāka. Turklāt guvums tieši attiecībā uz vidi ir ievērojams. Materiālu transportēšanai uz būvvieta var izmantot mazākus kravas automobiļus, kas savukārt pazemina izplūdes gāzu daudzumu un tik stipri nenoslogo ceļus. Kā tālāk varēs izlasīt šajā brošūrā, mazāks cementa patēriņš samazina tā ražošanas apjomu, bet tas dod savu ieguldījumu "siltumnīcas efekta" mazināšanā. Turklāt koksne ir atjaunojošais resurss, kas ir viegli pieejams Baltijas jūras reģionā.

Koka ēku celtniecība pašlaik tiek aktualizēta Ziemeļvalstu projektā, kurā ir iesaistījušās Somija, Dānija, Norvēģija un Zviedrija. Projekta centrs ir Lundas Tehnoloģijas universitāte. Foto - Holgers Stafānsons.

CILVĒKS UN VIELU PLŪSMA

1.1. Jautājums par vielām un to daudzumu

Lai varētu nodrošināt savu eksistenci un komfortu, cilvēks izmanto dažādas vielas un materiālus, ko var iegūt pasaulē - pārtikai, mājoklim, transporta līdzekļiem un visām citām ikdienas vajadzībām. Acīm redzams, ka naturālā saimniecībā vajadzības ir salīdzinoši mazākas, tās neprasa ņemt no Zemes kaut ko ļoti lielu vai daudz. Bet šo paņemto un izmantoto dabas resursu atgriešana atpakaļ apkārtējā vidē nenoved pie bīstamas ietekmes vai atkritumu rašanās. Cilvēka izraisītā vielu plūsma agrāk bija neliela un labi integrējās dabiskajās vielu un materiālu plūsmās. Šāds samērā harmonisks stāvoklis turpinājās ilgu laiku, līdz tas pilnīgi izmainījās mūsdienās. Dabas resursu un materiālu izmantošana pašlaik ir ļoti atšķirīga gan kvantitatīvā, gan kvalitatīvā ziņā. Turklāt ietekme uz vidi nav tikai piesārņojums, atkritumi un līdzīgi efekti. Pastāv vēl procesa otra puse - materiālu iegūšana no dabas resursiem. Ar kalnrūpniecības palīdzību mēs iegūstam retus un izzūdošus minerālus, ievācam vielu ražu arvien ekstensīvākā veidā,

iesaistot aprītē vairāk vai mazāk cilvēka ietekmētas ekosistēmas lauksaimnieciskās un mežsaimnieciskās teritorijas, un arī, diemžēl, nonākam pretrunās ar dabiskām ekosistēmām un to iemītniekiem.

Ja mēs ceļojam pa jebkuru Baltijas reģiona novadu, mēs viegli varam saskatīt milzīgās materiālu aprites nepārtrauktā pieauguma sekas, kas faktiski ir cilvēka darbības rezultāts. Lielās infrastruktūras vienības - pilsētas, ciemati, šosejas, tilti, rūdu ieguves vietas, rezervuāri utt. - apliecina resursu izmantošanas nomācošo ietekmi. Fakti, kas ir nesen iegūti, izvērtējot Vācijas stāvokli, liecina, ka pašreizējās materiālu plūsmas apjoms ir vidēji lielāks par 60 tonnām uz vienu cilvēku gadā. Tomēr šis rādītājs neietver izmantotā ūdens daudzumu, kas sastāda apmēram 900 tonnas uz cilvēku gadā.

Neapšaubāmi, ka izvirzās jautājums par to, vai šāda pieaugoša materiālu izmantošana var turpināties ilgu laiku. Vai tas ir ilgtspējīgi? Atbilde ir skaidra - NĒ! Tomēr nav nemaz tik viegli formulēt, kādai vajadzētu būt ilgtspējīgai materiālu izmantošanas intensitātei, un tāpēc vēlāk mēs atgriezīsimies pie šī jautājuma. Bet par to gan nav šaubu,

ka resursu izmantošanu vajadzētu krasī samazināt. Šķiet, ka samazinājumam vajadzētu būt vismaz četras līdz desmit reizes.

Jāņem vērā vēl kāda svarīga kvantitatīva iezīme. Vielās un materiāli, ko nekad neizmantoja agrākajos naturālās saimniecības laikos, tagad ikdienā tiek lietoti arvien vairāk un vairāk. Tie ir arī smagie metāli, kas tiek iegūti no rūdām un uzsāk savu virzību savienojumu vai cilvēka radītu vielu veidā, kuras bieži vien ir toksiskas un bīstamas. Aprītē ir iesaistīti arī ķīmiskie savienojumi, kas ļoti lēni vai nemaz nesadalās bioloģiskos procesos. Bez tam vēlreiz ir jāpasvītro, ka pašreizējā vielu plūsma nav ilgtspējīga. Mums vajadzētu apzināt visus procesus, kuros šādu vielu pārvērtības par netoksiskiem savienojumiem notiek vidi nepiesārņojošā un dabai ilgtspējīgā veidā.

1.2. Dabiskās vielu aprites traucējumi

Cilvēka ietekme uz vielu un materiālu plūsmām var tik salīdzināta ar dabiskiem cikliem, lai novērtētu to relatīvo nozīmīgumu (1.1. tabula).

1.1. tabula. Dažas cilvēka ietekmētās dabiskās plūsmas un ekosistēmas.

<i>Plūsmas, ekosistēmas</i>	<i>Cilvēku relatīvais ietekmes līmenis, salīdzinot ar dabisko</i>	<i>Ietekmētā sistēma</i>
Ogleklis (C)	+30 % attiecībā uz atmosfēru	litosfēra, ekosfēra
Slāpeklis (N)	+200 - 300 % attiecībā uz slāpekļa fiksāciju	neietekmē aktīvo slāpekli ekosfērā, bet ietekmē litosfēru un ekosfēru
Sērs (S)	+1000 % attiecībā uz reducēto sēra formu plūsmu atmosfērā	litosfēra, ekosfēra
Metāli	līdz pat 2400 % plūsmā no litosfēras	no litosfēras uz tehnosfēru, eventuāli uz ekosfēru
Mākslīgi radītas vielas	ļoti liels pieaugums plūsmā uz ekosfēru	no tehnosfēras uz ekosfēru
Sauszemes ekosistēmas	aptuveni 40 % no sauszemes kopējās primārās produkcijas	ekosistēmu sagraušana, draudi bioloģiskajai daudzveidībai

Oglekļa, slāpekļa, ūdens, skābekļa utt. aprīte ir pietiekami labi izpētīta, un ir labi zināmas svarīgākās dabiskās plūsmas un cikli, kā arī to nozīmīgākās komponentes un apakšplūsmas.

Slāpeklis ir apjomīgākā mūsu atmosfēras sastāvdaļa, jo veido 80 % no atmosfēras. Slāpeklis un tā savienojumi ir arī viena no nepieciešamām visu dzīvo šūnu sastāvdaļām. Tomēr slāpekļa plūsma starp šiem diviem pastāvēšanas veidiem ir samērā neliela. Slāpeklis no atmosfēras dabiskā veidā tiek piesaistīts galvenokārt ar tā saukto slāpekļa baktēriju palīdzību. Ņemot vērā šo samērā ierobežoto slāpekļa savienojumu piegādi dzīvībai dabā, tie bieži ir nepietiekami daudzumā kā barības vielas lauksaimniecībā un ekosistēmās. Tā kā rodas rūpnieciska iespēja slāpekli pārvērst par slāpekļa savienojumiem, varēja uzsākt slāpekļa minerālmēslu ražošanu. Bet tas krasī izmainīja situāciju, jo šīs cilvēka darbības dēļ slāpekļa plūsma biosfērā gandrīz dubultojās.

Visa tā rezultātā notiek slāpekļa savienojumu uzkrāšanās dabiskās ekosistēmās, piemēram, ūdenī un konkrētā, mūs vairāk interesējošā gadījumā - arī Baltijas jūrā. Bet sekas ir tādas, ka pastiprināti notiek eutrofikācija, aļģu vairošanās un gala rezultātā izzūd dzīvība jūras dibena nogulumos. Slāpekļa aprītei dabā ir jāieskaita arī cilvēka darbības lielais apjoms.

Līdzīgs stāvoklis ir arī ar oglekļa aprīti dabā. Atmosfērā ogleklis pastāv oglekļa dioksīda veidā un kā atmosfēras sastāvdaļa ir kvantitatīvi maza komponente, kas sastāda tikai 0,036 %. Tomēr ogleklis un tā savienojumi ir ārkārtīgi nozīmīgi dzīvībai dabā un šūnu uzbūvē. Plūsmā starp biosfēru un atmosfēru nozīmīgākais process ir oglekļa dioksīda saistīšana zaļajos augos fotosintēzes ceļā, tā rašanās pie degšanas, ja tiek izmantota biomasa, kā arī CO₂ rašanās dzīvu organismu elpošanas procesos. Ja šie procesi ir līdzsvaroti, oglekļa dioksīda koncentrācija atmosfērā paliek nemainīga.

Tomēr plaša mēroga organiskā kurināmā izmantošana enerģijas iegūšanai sabiedrības vajadzībām būtiski izjauc šo līdzsvaru. Nepārtraukta un pieaugoša oglekļa dioksīda koncentrācija atmosfērā, ko

tagad vērtē apmēram 130 % apjomā, salīdzinot ar dabisko līmeni, ir cilvēka darbības rezultāts. Un atkal var teikt, ka cilvēka ietekme uz dabiskiem cikliem noved pie bīstamām sekām, kas laika gaitā kļūst arvien draudošākas mūsu apdzīvotā vidē.

Slāpekļa un oglekļa cikli jeb aprīte dabā ir ne tikai labāk izpētītie, bet arī parāda visnopietnākās izmaiņas, salīdzinot ar citiem dabiskiem cikliem, kurus ir ietekmējis cilvēks. Diemžēl tas ir tikai sākums nevis minēto procesu laimīgas beigas un atgriešanās dabiskā veidā. Līdzīga ir situācija arī ar fosforu, sēru un acīmredzot ar smago metālu vai ķīmisko savienojumu cikliem, kurus ietekmē sabiedrības vajadzības un darbība. Piemēram, visi smagie metāli ir vairāk vai mazāk toksiski, bet to ikdienas iegūšana ir saistīta ar nepārtrauktu uzkrāšanos sabiedrības izmantojumā uz mūsu planētas. Ir skaidrs, ka materiālu plūsmas, kas ir saistītas ar sabiedrības vajadzībām, ir jāapzinās, jāizvērtē un principiāli jāmaina. Stāvoklis nav ilgtspējīgs, un tāpēc ir nepieciešamas lielas pārmaiņas.

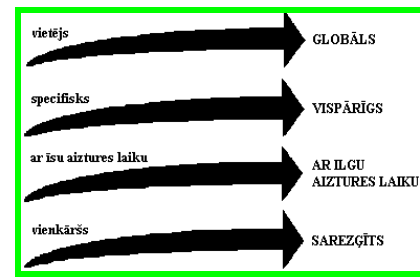
1.3. Sistēmas perspektīvas nepieciešamība

Kopš tā laika, kad mūsdienīgu modernās industriālās sabiedrības vides problēmas tika iekļautas darba kārtībā sešdesmitajos gados, uzmanība tika pievērsta vides un dabas resursu jautājumiem. Ir īstenoti daudzi pretpasākumi un stāvokļa stabilizēšanas projekti. Tomēr vides problēmu raksturs mainās, vismaz aptveramo vides problēmu raksturs. Var konstatēt četras svarīgas tendences, un tās ir parādītas 1.1. attēlā.

Pastāv četras galvenās tendences.

1. No vietējā uz globālo

Vides ietekmes darbības lauks aptver lielāku ģeogrāfisko teritoriju, nekā tas varētu šķist pirmajā tuvinājumā, un pašreiz, apspriežot vides problēmas, dominē globāla pieeja. Daudzas no agrāko laiku vides problēmām, kas saistījās ar vietējās rūpniecības piesārņojumu, ir atrisinātas, uzceļot augstākus dūmeņus vai ieliekot garākas notekūdeņu novadīšanas caurules.



1.1. attēls. Vides problēmu mainīgais raksturs (Holmberg, Karlsson, 1992).

Tomēr šī "atšķaidīšanas filozofijas" īstenošana tikai ar zināmu laika nobīdi ir pārcēlusi vietējās problēmas reģionālā vai pat globālā mērogā. Piemēram, fosilā kurināmā sadedzināšana, kuru izprata kā vietējā smoga cēloni Londonā piecdesmitajos gados, vēlāk izpaudās kā skābā lietus problēma Skandināvijā septiņdesmitajos gados. Tagad šī problēma ir kļuvusi par globālu problēmu saistībā ar oglekļa dioksīda noplūdi atmosfērā un ar to saistīto klimata maiņu.

2. No specifiskā uz vispārīgo

Piecdesmito gadu darbības, kas izraisīja daudzas vides problēmas, bieži bija saistītas ar specifisku piesārņojuma avotu, piemēram, rūpnīcas dūmeni, notekūdens caurules galu utt. Vietas, kas tad izplūda pa dūmeņiem vai no caurulēm, pašlaik tiek attīrītas un uzkrātas uz filtriem vai citās attīrīšanas iekārtās. Bet šie izgāztuvēs izmestie filtri vai savāktās cietās daļiņas izraisa jauna veida difūziju no deponēšanas vietas. Vēl vairāk, šodien daudzu vielu difūzijas emisija no patērētāju sektora dominē pār specifisko emisiju no ražošanas sektora. Daži autori (Bergback) ir parādījuši, ka šim gadījumam atbilst hroma un kadmija izplatīšanās Zviedrijā attiecīgi kopš 1970. un 1975. gada.

3. No īsas aiztures līdz ilgai aizturai

Tas fakts, ka ražošanas procesa laikā vielu daļiņas uzkrājas filtros vai citās attīrīšanas iekārtās, kā arī pašos produktos, liek domāt, ka tādā gadījumā paiet ilgāks laiks, līdz mēs saskatām kādu kaitējumu dabā. Daļiņām, kas tiek uztvertas ar filtru kādā attīrīšanas cehā, varētu būt vajadzīgi pat vairāki simti gadu, līdz tās no izgāztuvē izmestā filtra nonāktu gruntsūdeņos. Tas nozīmē, ka daudzu vielu gadskārtējie tiešie izmeši apkārtējā vidē ir tikai neliela daļa, salīdzinot ar šo pašu vielu uzkrāšanos

tehnosfērā, ražošanas teritorijā vai izgāztuvē.

4. No vienkāršības uz lielu sarežģītību un daudzveidību

Vides problēmu cēloņsakarības virknes kļūst arvien sarežģītākas. Pašreiz daudzas atšķirīgas darbības visai atšķirīgā veidā izraisa ļoti daudzveidīgas vides problēmas. Vēsturiskā skatījumā sabiedrības ietekme uz dabu bieži tiek uztverta ļoti vienkāršā cēloņsakarību veidā, piemēram, ezera bojā eja kā vietējās rūpnīcas saindējošās darbības rezultāts. Mūsdienīgās cēloņsakarību virknes, kādā antropogēnā darbība ietekmē dabu, vairāk atgādina cauraustu tīklu. Daudzos gadījumos ietekme iesniedzas ļoti dziļi, kā tas ir ar enerģijas un materiālu izmantošanu un apriti. Piemēram, vēlreiz atgriežoties pie smoga problēmas, varam teikt, ka grūtības radās tāpēc, ka ogles tika sadedzinātas savdabīgā veidā. Tomēr vides paskābināšanās efekts ir saistīts ar noteiktu ķīmisko savienojumu klātbūtni kurināmajā, bet konkrētajā akmeņogļu gadījumā tas ir sērs. Tikai tagad mēs sākam apjaust, ka fosilais kurināmais jau pats par sevi rada problēmas.

Vides problēmu mainīgais raksturs, kā tas tika aprakstīts iepriekš, netieši norāda, ka mēs nedrīkstam pašauties uz savām izjūtām, lai noteiktu, vai sabiedrības ietekme uz dabu ir ilgtspējīga un ka problēmas risinājums ietvers ne tikai minimālu, bet arī lielāku un pat daudz radikālāku adaptāciju attiecībā uz enerģijas un materiālu rūpniecisko apriti.

Pašlaik ir vērojams, ka palielinās atbildības sajūta par Zemes ierobežotām iespējām attiecībā uz resursiem, kas varētu nodrošināt strauji augošo iedzīvotāju skaitu ar nepieciešamo enerģiju un materiāliem, vienlaicīgi nenodarot pāri videi. Ilgtspējīgas attīstības koncepcija, kas ir radusies tikai pēdējā laikā un faktiski kļuva aktuāla pēc Bruntlandes ziņojuma publicēšanas, tiek izmantota kā vispārpieņemts elements daudzās diskusijās par resursu un vides pārzināšanas un pārveidošanas stratēģiju.

Tomēr sabiedrība lielā mērā vēl nav izšķīrusies par ilgtspējīgas attīstības koncepcijas un tai atbilstošas stratēģijas īstenošanu. Tas zināmā mērā ir saistīts ar zināšanu trūkumu attiecībā uz to, ka patiešām pastāv vides ierobežojumi un ka

nepieciešams mainīt attīstības veidu un iespēju izvēli. Pastāv arī zināma neizpratne par to, kāda gan varētu būt nākotnes ilgtspējīgā sabiedrība un vai varētu tikt īstenotas sabiedrības vēlmes un vajadzības.

Apkopojot iepriekš teikto, var secināt, ka:

- cilvēka radītā materiālu plūsma, salīdzinot ar dabisko plūsmu, ir liela;
- cilvēks ļoti nopietni ietekmē dabiskos elementu aprites ciklus un dabisko ekosistēmu eksistences pamatprasības;
- vides problēmu raksturs mainās, bet vides un resursu problēmas mijiedarbojas ļoti sarežģītā veidā, kā arī dziļi iesliecas industrializētās sabiedrības vielu apmaiņas procesos;
- ir nepieciešama adaptācija daudzos fundamentālos aspektos, bet tā īstenošana, kā arī priekšstatī par to, kāda varētu izskatīties ilgtspējīga sabiedrība, daudzos gadījumos vienkārši nav zināma.

Ņemot vērā apstākļus un faktus kontekstā ar perspektīvai sistēmai nepieciešamām materiālu plūsmām, var nonākt pie secinājuma, ka ir jāuzdod fundamentāls jautājums par attiecībām starp sabiedrību un dabu.

Masas nezūdamības likums

Atbilstoši modernās fizikas priekšstatiem masa ir enerģijas veids saskaņā ar Einšteina svarīgo formulu

$$E = m c^2.$$

Tomēr ārpus specifiskā pielietojuma lauka šai formulai nav lielas nozīmes ikdienas dzīvē. Kaut arī mēs ignorējam kodolreakcijas un radioaktīvo sabrukšanu, kas faktiski ir relatīvi neparasta parādība uz Zemes virsmas, tomēr masas nezūdamības princips saglabājas pietiekami stingri - kāda kodola atomu vai jonu skaits noteiktā ķīmiskā elementā vai izotopā saglabājas līdz ar kopējo elektronu daudzumu. Sistēmās, kurās notiek ķīmiskās reakcijas, dažādo molekulu skaits arī saglabājas. Ķīmiskās vielas, kas nepārtraukti tiek emitētas apkārtējā vidē, arī saglabājas un kaut kur uzkrājas, līdz tās tiek sagrautas vai pārveidotas ķīmiskās reakcijās. Neapšaubāmi, ka masas nezūdamības

likums attiecas arī uz sabrukšanas vai degradācijas produktiem. Piemēram, daudz augstākā - sabiedriskajā līmenī dažādas patēriņa preces, kā mēs to jau zinām, saglabājas tik ilgi, līdz tiek sabojātas vai iznīcinātas.

1.4. Matērijas saglabāšanās

Ja tiek novērtēta kādas sistēmas perspektīva attiecībā uz resursiem un vidi, ir loģiski sākt ar to fizikas daļu, kas attiecas uz dažādām enerģijas un matērijas formām, kā arī uz iespējamām pārvērtībām starp tām - tātad termodinamiku. Kā to nosaka pirmais termodinamikas likums, ir jāpatur prātā enerģijas un masas nezūdamība. Masas nezūdamības likums saka, ka masas nemainība saglabājas ikkatrā procesā. Kaut gan tā aspekti vienmēr ir bijuši zinātniski apzināti, dziļākās saknes ir jāmeklē ķīmijā. Lavuazjē (*Lavoisier*) jau 18. gadsimta beigās konstatēja, ka ķīmiskajās reakcijās vielu masa paliek nemainīga.

Tomēr mūsu gadījumā vajadzētu uzsvērt, ka masas saglabāšanās notiek dažādos līmeņos. Masas saglabāšanas likums norāda, ka līdzīgi, kā tas ir ar enerģijas saglabāšanos, pastāv iespēja veidot daudzveidīgas līdzsvarotas dažādu matērijas formu kombinācijas. Piemēram, ķīmiskie elementi vai ķīmiskie savienojumi atkarībā no specifiskiem apstākļiem var piedalīties dažādos procesos. Ja kāds parametrs tiek mainīts (kaut kas tiek radīts vai patērēts) noteikta procesa laikā, masas saglabāšanās notiek nākošajā, zemākajā līmenī. Piemēram, ķīmiskie elementi kā tādi saglabājas pat tad, ja ķīmiskajā reakcijā veidojas jauni ķīmiskie savienojumi vai vielas.

1.5. Materiālu plūsmas un transportēšana

Matērijas saglabāšanās likumam ir skaidri izteiktas sekas, ja tiek apspriests jautājums par materiālu un vielu dabisko apriti. Gan dabā, gan arī sabiedrības rīcībā ir noteikts materiālu daudzums izstrādājumu vai izejvielu veidā. Atkarībā no ieņemamā tilpuma materiāliem var būt atšķirīgs blīvums, koncentrācija vai daļiņu izmēri, kā arī vairāk vai mazāk sarežģīta struktūra. Cilvēki iegūst dabiskos materiālus izejvielu veidā un pārveido tos sev vairāk pieņemamā formā, veidā vai

strukturā, lai iegūtu nepieciešamo kvalitatīvo vērtību vai veiktu nepieciešamo funkciju. Tāpēc pastāv noteikta materiālu plūsma starp dažādām formām. Bieži vien, kad mēs runājam par materiālu plūsmām, mūsu intereses nebūt nav tieši saistītas ar tām, bet gan ar materiālu pārvērtību dažādās formās.

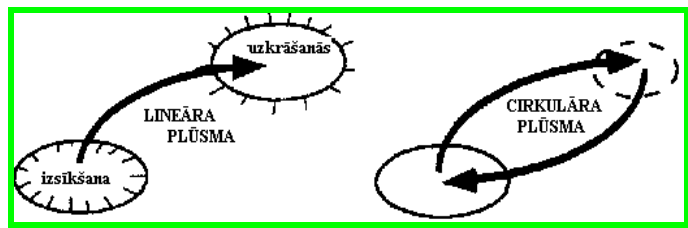
Termodinamika ir cieši saistīta ar struktūru un izmaiņām molekulārā vai atomārā līmenī. Tādējādi enerģija, kas

ir nepieciešama pārvērtību virknē, bieži vien ir saistīta ar ķīmisko procesu norisi, lai izejvielas pārvērstu mums derīgos materiālos, bet ķīmiskā enerģija kļūst par dominējošo. Modernie rūpniecības procesi daudzos gadījumos jau ir pietuvojušies dabiskajām enerģētiskajām robežām. Nākotnes tehnoloģiskajiem procesiem, no vienas puses, varētu būt raksturīgs tas, ka tie noris makro līmenī, izmantojot ļoti nelielu (teorētiski

nepieciešamu) enerģijas daudzumu. No otras puses, ražošanas pieredze par šādiem procesiem vispārīgā veidā vēl ir tālu no termodinamikas noteiktajām robežām.

Var būt divu veidu plūsmas, kurās konstanti ir saglabāts kāds parametrs, kā tas ir parādīts 1.2. attēlā.

Tās varētu nosacīti saukt par lineāro un cirkulāro plūsmu.



1.2. attēls. Divi principiāli atšķirīgi plūsmas veidi - lineārā un cirkulārā plūsma.

Lineārās plūsmas gadījumā kaut kas tiek pārvietots no vienas vietas uz otru vai pārvērsts no viena veida otrā. Tā rezultātā vienā vietā notiek krājumu izsīkšana, bet otrā - kaut kāda veida uzkrāšanās vai akumulēšanās. Otrajā gadījumā nav ne izsīkšanas, ne uzkrāšanās, jo materiāli atgriežas savā sākotnējo krājumu avotā.

Daudzām resursu un vides problēmām ir savas saknes matērijas nezūdamības fundamentālajos aspektos. Piemēram, fosilā kurināmā izmantošana zināmā mērā balstās uz reducēto oglekli (piemēram, elementārais ogleklis akmeņoglēs) saturošu komponentu izmantošanu, kas ir bagāti ar enerģiju, bet diezgan reti sastopami, kā arī noved pie oksidēto oglekļa formu (piemēram, oglekļa dioksīda) uzkrāšanos atmosfērā. Tomēr šie procesi nepārprotami maina starojuma līdzsvaru un līdz ar to arī izraisa klimata izmaiņas uz Zemes.

Bez tam var būt dažāda veida paralēlās vai papildplūsmas, kas ir saistītas ar galveno plūsmu, kuru mēs bieži identificējam kā sabiedrībai nepieciešamo enerģijas plūsmu. Diemžēl fosilais kurināmais satur ne vien vērtīgos ogļūdeņražus, bet arī sēra, slāpekļa, smago metālu vai citus

savienojumus, kas arī piedalās pārvērtībās. Vairumā tehnoloģisko procesu tiek izmantoti arī materiāli un vielas, piemēram, ūdens, gaiss, smērvielas, mazgāšanas līdzekļi utt., kas faktiski neietilpst gala produktā, bet tomēr ir nepieciešami, lai sasniegtu vēlamu rezultātu. Šāda veida procesos ir jāreķinās ar lieliem vielu un materiālu zudumiem, kas galu galā pārvēršas par atkritumiem un notekūdeņiem.

Lai sasniegtu vajadzīgo metāla rūdu iegulas un uzsāktu to ieguvī, dažas tehnoloģijas paredz nevajadzīgo un pat traucējošo iezu pārvietošanu. Šādas plūsmas bieži vien ir daudz intensīvākas par iegūstamo vajadzīgo rūdu plūsmām. Ceļu būve un infrastruktūras veidošana arī prasa virsmas nivelēšanu un izlīdzināšanu, kas arī ir saistīts ar milzīgas iezu un zemes virskārtas masas pārvietošanu. Par laimi, daži metāli atrodas tajās pašās rūdās, un, ja pareizi tiek organizēts tehnoloģiskais process, tos var iegūt vienlaicīgi, tādā veidā uzlabojot ekonomiskos rādītājus. Daži no retajiem metāliem vispār ir iegūstami tikai no palīgplūsmām, kas ir saistītas ar izplatītāko metālu iegūšanas plūsmām (piemēram,

kadmiju no cinka rūdās, telūru no vara rūdās, galliju no boksītiem).

Ar plūsmām ir saistīts arī īpašs gadījums, kad tās rodas, pat tieši neveidotas un pat nevēlamas. Bioloģisko resursu kultivēšana un ražas iegūšana lauksaimniecībā vai mežsaimniecībā var izraisīt barības vielu noplūdi, kā arī iniciēt eroziju, kas faktiski ir nevēlama un pat bīstama augsnes elementu plūsma.

Sabiedrībā daudzas plūsmas ir saistītas ar transportēšanu, ar to saprotot blīvas cilvēku, materiālu, enerģijas un informācijas plūsmas starp dažādām vietām. Cilvēku un preču transportēšanu bieži vien nodrošina ar transporta līdzekļiem. Šādas transportēšanas metodes pielietošana jau pati par sevi rada kādu noteiktu materiālu plūsmu. Tādai infrastruktūras funkcijai arī tiek veidota nepieciešamo materiālu plūsma, lai nodrošinātu vajadzīgo konstrukciju, kā arī uzturēšanu un remontēšanu.

Tādējādi dažādās materiālu plūsmas bieži mijiedarbojas sarežģītā veidā, ietverot arī savā sistēmā netiešās plūsmas. Ir jāņem vērā arī tas, ka sabiedrībā notiekošiem procesiem ir milzīga ietekme uz iepriekš aprakstīto ainu.

DABISKĀ VIELU APRITE

Ilgspējas prasība ir piemēroties dabiskai vielu aprītei, lai sabiedrības radītās materiālu plūsmas ievirzītos tādā gultnē, kas ilgtermiņa skatījumā neradītu problēmas nākotnes paaudzēm. Bet kuras tad ir tās dabiskās plūsmas un struktūras, kurām mums vajadzētu pielāgoties? Šajā nodaļā tiks apskatīti dabas virzošie spēki un to inducētās vielu aprites plūsmas uz Zemes, īpašu vērību pievēršot svarīgāko ķīmisko elementu krājumiem un to aprites cikliem.

2.1. Dabas virzošie spēki

Vielu daudzums uz Zemes praktiski ir konstants, jo vielu apmaiņa ar Visumu patiešām ir ļoti niecīga, salīdzinot ar Zemes masu un materiālu plūsmām uz planētas. Saules enerģija, ko mēs saņemam, ir līdzsvarota ar Zemes siltuma noplūdi starpplanētu telpā. Un tātad - kuri ir tie spēki, kas virza visus procesus uz Zemes? Un kādi ir to enerģijas avoti? Kopš

Saules sistēmas un Zemes veidošanās materiālu plūsmas ir virzījuši trīs dažādi enerģijas avoti:

- 1) enerģijas plūsma no Saules tās virzībā caur Visumu,
- 2) enerģijas plūsma, ko izraisa dažādi procesi pašā Zemē, piemēram, litosfērā, kur notiek un dominē radioaktīvo elementu sabrukšana,
- 3) enerģija, kas rodas Saules sistēmā gravitācijas un rotācijas spēku dēļ (piemēram, izraisa paisuma - bēguma parādību).

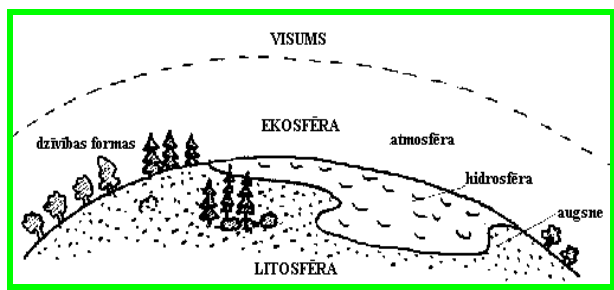
Enerģijas plūsma no Saules Visuma sistēmā ir daudzkārt lielāka nekā divi pēdējie enerģijas avoti. Vēl jāpiezīmē, ka Saules enerģijas daudzums, kas nonāk uz Zemes, ir apmēram 10 000 reizes lielāks par pašreiz globālā mērogā sabiedrībā izmantoto enerģijas daudzumu.

2.2. Ekosfēra un litosfēra saistībā ar ģeoloģiskām materiālu plūsmām

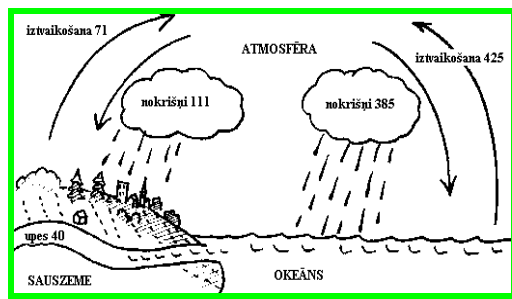
Kad tiek apspriesta ilgtermiņa mijiedarbība starp sabiedrību un dabu, parasti ar dabu saprot to pamanāmo daļu no Zemes, tās plūsmas vai struktūras, ko tieši vai netieši uztur Saules enerģija un nelielā mērā - Visuma gravitācijas spēki (piemēram, paisums - bēgums). Būtu lietderīgi šo Zemes daļu apzīmēt ar terminu "ekosfēra", kaut gan citi to sauc par biosfēru. Atbilstoši šādai definīcijai ekosfērā ietilpst visas dzīvās būtnes jeb biotas, atmosfēra, hidrosfēra un augsnes slānis.

Pārējo Zemes daļu var apzīmēt ar terminu "litosfēra", ar to saprotot Zemes kodolu, mantiju un Zemes garozu.

Definīcijas, kas attiecas uz "sfērām", tiek atvasinātas no ikdienas izpratnes par Zemes sastāvdaļām, izņemot vienīgi litosfēru, no kuras šajā gadījumā tiek atdalīts tās augsnes slānis.



2.1. attēls. Ekosfērā atrodas visi dzīvie organismi (biota, atmosfēra, hidrosfēra un augsnes slānis virs pamatiežiem). Pamatieži ir daļa no litosfēras, kas dziļumā vairs nav ekosfēra. Savukārt litosfēra sastāv no iekšējā Zemes kodola, šķidrās mantijas un ārējās cietās garozas.



2.2. attēls. Vissvarīgākā ģeofizikālā plūsma ir ūdens aprīte. Lielā mērogā notiek ūdens apmaiņa starp okeāniem, atmosfēru un kontinentiem. Izvaikošanas procesam no jūrām un kontinentiem, kad ūdens pāriet gāzveida agregātstāvoklī, tiek patērēta apmēram viena ceturtdaļa Saules enerģijas, kas nonāk uz Zemes. Atmosfērā katru gadu nonāk apmēram 500 miljoni megatonnu ūdens vai apmēram 1 tonna no 1 m².

Tomēr, kā to redzēsim vēlāk, kad tiks analizēta materiālu plūsmu ilgspējas perspektīva, šādai definīcijai ir daudzas priekšrocības, ņemot vērā ciešo saistību starp augsnes sfēru un pārējo ekosfēru. Ļoti nozīmīgā vielu apmaiņa starp ekosfēru un cieto litosfēru var notikt, lielā mērā pateicoties daudz mobilākajai augsnes sfērai. Ilgtspēja norāda arī uz ierobežojumiem antropogēnajās matērijas plūsmās no litosfēras uz ekosfēru.

Ekserģijas virzītās plūsmas ekosfērā un litosfērā uztur dažādas struktūras, kas nebūtu neatrodas ķīmiskā līdzsvara stāvoklī. Šīs struktūras reti ir statiskas un mainās līdz ar Zemes evolūciju. Šādā ģeoloģiskā laika skalā strukturālās izmaiņas pārstāv neizmērojamas un dažkārt arī neizdibināmas materiālu plūsmas, kuru rezultātā mainās Zemes virsma.

Litosfērā, kur ir nostabilizējies siltuma gradients, notiek lēna, bet

nepārtraukta materiālu plūsma un transformācija dažādos ģeoloģiskos procesos, piemēram, Zemes plātņu kustībā. Ar šo procesu līdzdalību sākotnējā Zemes garozā tika iesaistīta pašreizējā kustībā, kas izpaužas starp vieglāko kontinentālo garozu un smagāko okeāna garozu. Mantijas sastāva lielās atšķirības, kā arī augšējās un apakšējās kontinentālās daļas garozas atšķirības tāpat dod savu ieguldījumu.

Zemes garoza zem okeāniem ir iekšējo procesu produkts, kā rezultātā top magma mantijas slānī, bet cēlonis ir Zemes iekšējā siltuma ģenerēšanās. Kontinentālā garoza, atšķirībā no okeāna garozas, ir ilgdzīvojošāka, un ļoti maz no tās pārvēršas un atgriežas atpakaļ mantijā. Kontinentālajā garozā notiekošās pārvērtības pārsvarā nosaka iekšējie procesi, kas izraisa horizontālos un vertikālos spēkus. Savukārt šie spēki pārvieto milzīgas masas, izmaina pacēlumu, rada deformācijas un tādējādi augšējos slāņus pakļauj ārējai iedarbībai, kas izpaužas kā dēdēšana, erozija un sedimentācija. Katru no šiem procesiem lielā mērā virza arī Saules un Visuma sistēmu ekserģija.

Ekosfēra, atmosfēra un hidrosfēra savu pašreizējo kompozīciju ir veidojušas caur līdzsvara stāvokli, kas sabalansēja materiālu pievadīšanu un aizvadīšanu. Atmosfēra ir izveidojusies par skābekļa un slāpekļa maisījumu, kas faktiski ir radies bioloģiskajos procesos. Katrs kilograms jūras ūdens satur 34 līdz 35 gramus dažādu izšķīdušo ķīmisko elementu vai to savienojumu, kas turpina nepārtraukti pieplūst no Zemes garozas.

Biota, kas pastāv uz Zemes jau no tās agrīniem laikiem, ir ļoti izplatījusies, bet bioloģiskās dzīvības formas ir sasniegušas milzīgu daudzveidību un sarežģītības pakāpi. Kopējais masas apgrozījums bioloģiskās sistēmās kopš paša dzīvības sākuma tiek vērtēts un salīdzināts ar visas zemeslodes masu. Pašlaik dzīvības procesi ir ļoti izplatīti un kļuvuši par nozīmīgu integrēto daļu dabas elementu apmaiņas ciklos.

2.3. Ģeofizikālās plūsmas

Lielākā daļa no uztvertās Saules enerģijas galu galā tiek pārvērsta siltumā, un to līdzsvaro Zemes izstarotā siltuma plūsma. Šīs enerģijas plūsmas izraisa un nosaka temperatūras nelīdzsvarotību un fāzu pārvērtības ūdens cikla - iztvaikošanu, kondensāciju, kušanu, sublimāciju. Šāda nelīdzsvarotība, blīvuma atšķirību ietekmēta, izraisa nelīdzsvarotību arī gravitācijas laukā, kas noved pie dažādām materiālu ģeofizikālām plūsmām. Tādas ir gaisa masu pārvietošanās atmosfērā un

ūdens masu pārvietošanās okeānā, vēju, straumju, viļņu un konvektīvo plūsmu veidā. Zināmu priekšstatu par tām var gūt no 2.1. tabulas. Tomēr jāņem vērā, ka šīs kustības un masas pārnese notiek uz rotējošas planētas, kas ievērojami sarežģī šo kustību virzību.

2.4. Ģeoloģiskie procesi un apmaiņa starp litosfēru un ekosfēru

Mūs visvairāk varētu interesēt procesi litosfērā, kā arī plūsmas, kas ir vairāk nozīmīgas sabiedrībai un ekosfērai. Ekosfēra atrodas uz Zemes garozas virsmas, un tajā dominē ģeofizikālie un bioģeokīmiskie procesi, kuros ir iesaistīti parastie ķīmiskie elementi.

Visi galvenie kalni un klintis ir veidoti no silikātu minerāliem, kas satur izplatītākos elementus - silīciju, skābekli, alumīniju, dzelzi, kalciju, nātriju, magniju un kāliju. Alumīnija un dzelzs oksīdi ir vieni no vairāk izplatītajiem savienojumiem. Šie minētie elementi sastāda 99,5 % no Zemes garozas. Silikātu savienojumi ir polimerizēti dažādos minerālos, piemēram, kvarcā, SiO_2 . Alumīnijs var aizvietot dažus silīcija atomus silikātu režģī. Negatīvi lādētie silikāti satur pozitīvi lādētus metālu jonus, piemēram, kalcija, nātrija, magnija, kālija, alumīnija un dzelzs.

Svarīgākās citu, mazāk izplatīto minerālu kopas ir veidotas uz negatīvi lādēto oglekļa un sēra jonu bāzes un dabā ir sastopamas karbonātu, sulfātu un sulfīdu veidā. Šie karbonātu, sulfātu un sulfīdu minerāli satur jau minēto sešu izplatītāko elementu katjonus - kalcija, nātrija, magnija, kālija, alumīnija un dzelzs. Tādējādi Zemes garozas vispārīgā ķīmija lielā mērā ir silikātu minerālu ķīmija, kurā tomēr nozīmīga vieta ir arī oksīdu minerālu, kalcija, magnija un dzelzs karbonātu, kā arī dzelzs sulfīda un kalcija sulfātu ķīmijai.

Citi elementi, piemēram, vairums metālu, ir reti sastopami. Tomēr procesos, kas notiek litosfērā, kā arī uz Zemes virsmas, lokālā mērogā var rasties specifiski minerāli lielās koncentrācijās, ko var lieliski izmantot sabiedrības labā.

No sabiedrības redzes viedokļa ģeoloģiskie procesi ir ļoti lēni, un koncentrētu resursu krājumu veidošanos zināmā mērā var uzskatīt par pabeigtu un esošos krājumus par galīgiem. Daudzi mazāki pasaules reģioni, kāds ir arī Baltijas reģions, joprojām paliks atkarīgi no citiem reģioniem, no kuriem nāksies importēt izejvielas un tai skaitā arī metālu rūdas.

Dabisko materiālu plūsmu no litosfēras uz ekosfēru rada sauszemes un zemūdens vulkāniskā aktivitāte, kā arī iežu dēdēšanas procesi. Uz Zemes virsmas ir ļoti spēcīga materiālu plūsma no sauszemes uz jūru ar ūdens palīdzību, kā arī notiek nepārtraukts vēja un ūdens izraisīts iežu erozijas process. Primāro silikātu minerālu dēdēšanas procesā no Zemes garozas veidojas tāds svarīgs savienojums kā māls, kas kopā ar organiskām vielām veido milzīgus uzkrājumus, kuri tiek izmantoti ūdens piesaistīšanai un katjonu apmaiņai. Šīs īpašības ir ļoti nozīmīgas augsnes dabisko barības vielu nodrošināšanā. Elementi, kas tiek izkliedēti un izšķīdināti dēdēšanas procesā, vairāk vai mazāk saglabājas augsnes masā un uzkrājas kopā ar augu vai dzīvnieku atlieku trūdēšanas produktiem. Tomēr daļa no tiem var tikt izskalota un ar ūdens palīdzību aiznesta uz jūru. Šāda veida transportēšanu galvenokārt nodrošina upes, kas pasaules okeānā gada laikā iepludina apmēram 20 000 megatonnas materiālu.

Jūrās iepludinātie ķīmiskie elementi un to savienojumi var uzkrāties dažādā veidā, tomēr pārsvarā nogulsņējas dibenā. Šis sedimentētais materiāls ģeoloģiskās laika skalas ietvaros var atgriezties atpakaļ kontinentālajā garozā, paceļoties masām virs ūdens līmeņa vai arī izplūstot virspusē lavai un citiem vulkāniskās darbības materiāliem. Kaut gan Zemes garoza satur tikai 5 % sedimentējušā materiāla, tomēr trīs ceturtdaļas no planētas virsmas veido sedimentācijas radītie ieži.

Tomēr vispārīgā veidā šīs plūsmas starp litosfēru un ekosfēru ir daudz mazākas par tām plūsmām, kas realizējas ekosfēras ietvaros. Tāpēc ekosfēru varētu raksturot kā gandrīz slēgtu sistēmu.

2.1. tabula. Dažu antropogēno un ģeofizikālo plūsmu enerģija un ekserģija

Sfēra	Plūsma	Enerģija		Ekserģija	
		TW	W/m²	%	W/m²
Ekosfēra					
Abiotiska					
Radiācija	Saules radiācija ārpus atmosfēras	170 000	340	100	~320
	atstarotā radiācija	50 000	100	30	
	transformētā radiācija	120 000	240	70	
	uz Zemes virsmas	85 000	170	50	~ 130 c
	atmosfērā	34 000	68	20	1 a
Atmosfēra	kopējā siltuma radiācija atmosfērā	-86 000	-171		-5,6 a
	kopējais jutamais siltums atmosfērā	13 000	25	7	3,5 a
	ūdens cikls	42 000 g	85	25	9 a
	vēja ģenerēšana	1 500	3	0,1	3 b
	iekšējie neatgriezeniskie procesi	0	0	0	-6 b
Zeme/jūra	sāls gradients	0	0	0	0,006
Jūra	straumes, viļņi	3	0,006		0,006
	paisums - bēgums	3	0,006		0,006
Biotiska					
Biota	fotosintēze	100	0,2	< 0,1	0,2
Litosfēra	siltums uz ekosfēru	30	0,06	0,02	~ 0 f
	t.sk., vulkāni un ģeotermiskie avoti	0,3			~0,1
Tehnosfēra	enerģija sabiedrības lietošanā	13	0,03	0,01	e
	pārtika	0,7			
	materiāli	1			
	enerģija h	11,7			

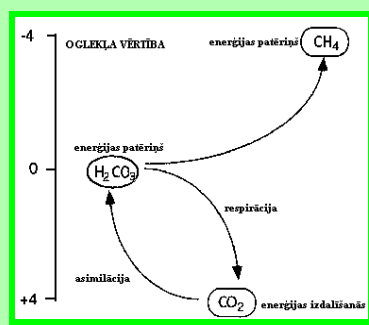
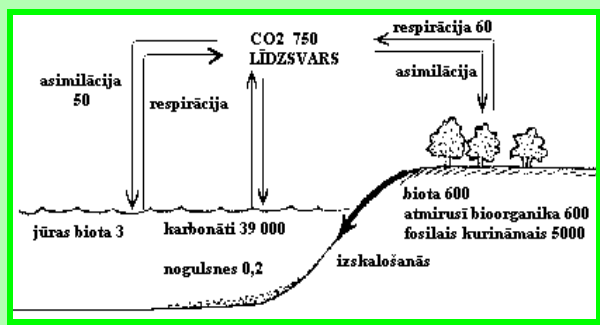
a - ekserģijas plūsma uz atmosfēru, $T_{o,atm} \sim 255 \text{ K}$ (Karlsson, 1990); b - ekserģijas plūsma atmosfērā (Karlsson, 1990); c - 50 % tiešais starojums, $\eta_B \sim 0,92$, 50 % izkliedētais starojums, $\eta_B \sim 0,73$; d - vidējais virs Zemes virsmas $\sim 5 \cdot 10^{14} \text{ m}^2$; e - sabiedrībā izmantotie enerģijas avoti ir ļoti kvalitatīvi, bet ekserģija = enerģija; f - uz Zemes virsmas ekserģija ir vienāda ar nulli, bet siltums tiek ņemts no lielāka dziļuma, kur temperatūra un arī atbilstoši ekserģija ir augstāka; g - enerģijas līmenis ūdenim ir salīdzināts ar ūdens šķidrumu; h - 1990, atbilstoši Pasaules enerģētikas padomei.

OGLEKĻA DABISKA APRITE

Ekosfērā ogleklis ir pieejams neorganiskā oksidētā oglekļa jeb oglekļa dioksīda formā, kas ir izplatīts atmosfērā vai izšķīdis jūras ūdenī, vai veido karbonātus. Ļoti daudz oglekļa - arī reducētā formā - ir dzīvajos organismos, mirušajos organismos augsnē un pasaules okeānā. Ātra aprite starp šiem diviem oglekļa veidiem notiek ar fotosintēzes palīdzību. Organiskā un neorganiskā oglekļa krājumi atbilst apmēram 400 un 20 fotosintēzes gadiem. Reducētais ogleklis uzkrājas litosfērā pieejama fosilā kurināmā veidā. Ja tas tiek paņemts no litosfēras krājumiem un izmantots lielā apjomā, tas var būtiski ietekmēt oglekļa savienojumu koncentrāciju arī ekosfērā. Atmosfērā un jūrā tas pārvēršas neorganisko savienojumos. Ļoti daudz karbonātu nonāk jūras nogulumos, bet tas tiek līdzsvarots ar sedimentācijas iežu pacēlumiem un oglekļa dioksīda

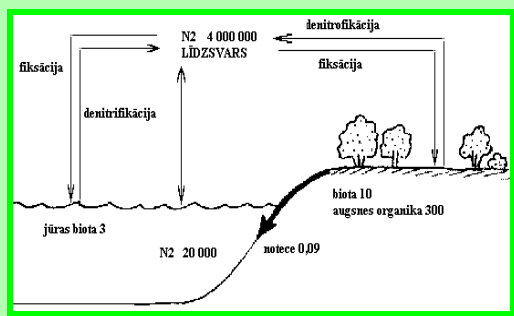
izdalīšanos vulkāniskos procesos. Attēlā parādītie skaitļi atbilst tūkstošiem megatonnu.

Kas attiecas uz biogēno oglekļa aprites daļu, tad augi izmanto oglekļa dioksīdu no atmosfēras un iebūvē dažādās sava organisma molekulās, piemēram, ogļhidrātos, proteīnos vai taukvielās. Atbilstoša organisko materiālu iesaistīšana augu respirācijas vai heterotrofo organismu, piemēram, dzīvnieku, izmantošanā viennozīmīgi ir saistīta ar oksidēšanos un atkārtotu oglekļa dioksīda rašanos. Anaerobā vidē daži mikroorganismi var izmantot organiskas vielas bez skābekļa klātbūtnes un darboties kā elektronu akceptori. Ogleklis pēc tam tiek reducēts līdz metānam, kas savukārt var oksidēties atpakaļ līdz CO_2 un atgriezties atmosfērā.

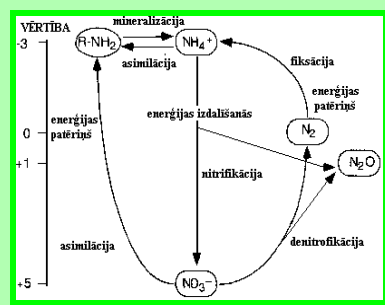


SLĀPEKĻA DABISKĀ APRITE

Zemes garoza satur relatīvi maz slāpekļa, bet lielākā tā daļa ekosfērā pastāv bioķīmiski un biofizikāli inertas gāzes - slāpekļa (N_2) veidā atmosfērā. Apmēram 1 % ir izšķīdis pasaules okeānā. Tomēr no vides aizsardzības viedokļa visvairāk mūs interesējošā slāpekļa daļa nav inertā, bet gan ķīmiski un bioloģiski aktīvā daļa - tā sauktais "saistītais slāpeklis". Slāpeklis tiek saistīts ekosfērā un iekļauts bioģeoķīmiskos ciklos, galvenokārt specifisku, slāpekli fiksējošu mikroorganismu darbības ietekmē. Zināmā mērā līdzīgs ģeofizikāls process norit atmosfēras elektriskās izlādes jeb zibens laikā. Nedaudz saistītā slāpekļa izplūst arī no litosfēras vulkānu darbības laikā. Attēlā parādītie skaitļi atbilst tūkstošiem megatonnu.



Slāpekļa aprites biogēnā daļa ir saistīta ar augiem, kas spēj uzņemt slāpekļa savienojumus, galvenokārt amonija un nitrāta jonu veidā no augsnes vai ūdens. Slāpeklis pārsvarā tiek izmantots proteīna molekulu veidošanai. Sekojošā organisko materiālu mineralizācijā veidojas amonjaks (NH_3), ko aerobos apstākļos mikroorganismi var izmantot kā enerģijas avotu un oksidēt atpakaļ par nitrāta joniem. Anaerobā vidē daži mikroorganismi kā elektronu akceptorus skābekļa vietā var izmantot arī nitrāta jonus. Tādā gadījumā slāpekļa savienojumi parasti tiek reducēti par inerto molekulāro slāpekli vai nelielā mērā par slāpekļa monoksīdu (N_2O).



SĒRA DABISKĀ APRITE

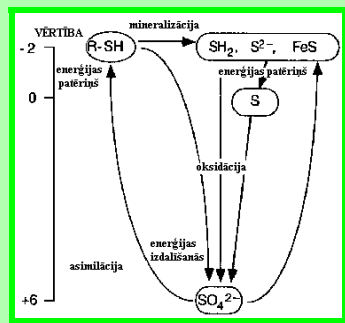
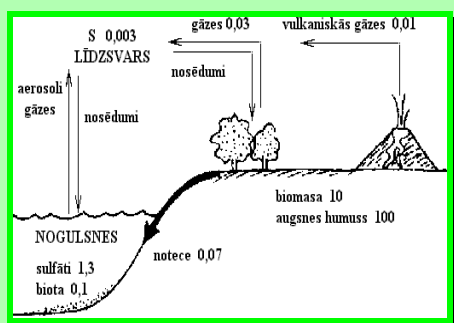
Zemes garozā sērs galvenokārt ir sastopams minerālu - sulfīdu veidā, kuros ir raksturīgs negatīvi lādētais divvērtīgais sērs (S^{2-}). Zemes virspusē, augsnē, tas oksidējas un veido sulfātus (SO_4^{2-}), un tādi tie ir pieejami augiem. Savukārt sulfīdi nonāk augsnē iežu dēdēšanas vai mikroorganismu darbības rezultātā. Sulfāti viegli izskalojas no augsnes. Pasaules okeānā ir milzīgi sulfātu krājumi, kas tur ar ūdens pārnese palīdzību nonākuši no kontinentiem. Gala rezultātā sulfāti nogulsņējas jūras dibenā, piemēram, gīpša veidā.

Kaut gan sulfātus ir viegli izskalot no augsnes, tomēr tie atrodas augsnē pietiekamā daudzumā, lai augiem nodrošinātu normālu augu dzīvi.

Vulkāniskās darbības rezultātā atmosfērā nonāk galvenokārt sēra dioksīds (SO_2), tomēr dzīvām būtnēm vairāk ir pieņemama sēra reducētā forma, piemēram, dimetilsulfīds vai sērūdeņradis.

Sēra savienojumi no atmosfēras var tikt aizvadīti ar nokrišņiem vai sedimentācijas ceļā. Sulfāti savukārt no okeāna atmosfērā var pāriet sīku jūras ūdens pilienu veidā, kuriem strauji iztvaikojot, gaisā paliek niecīga sausā atlikuma daļa, ko var uzvert vējš un aiznest prom no okeāna. Attēlā parādītie skaitļi atbilst tūkstošiem megatonnu.

Augi sulfātus spēj uzņemt no augsnes un ūdens. Sulfāta joni tiek reducēti un iebūvēti galvenokārt aminoskābēs. Sekojošā organisko savienojumu mineralizācijā veidojas sērūdeņradis (H_2S), kas aerobos apstākļos var viegli oksidēties atpakaļ līdz sulfātiem un dažos gadījumos pat līdz elementāram sēram. Anaerobā vidē dažas baktērijas var izmantot sulfāta jonus kā elektronu akceptorus skābekļa vietā un sēra savienojumi tiek reducēti, piemēram, līdz sērūdeņradim.



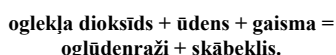
2.5. Dzīvības procesi un bioģeokīmiskie cikli

Dzīvības procesi lielākoties realizējas Zemes virspusē. Daļa no Saules enerģijas plūsmas tiek absorbēta ekosfērā un izmantota fotoķīmiskiem procesiem, kas galvenokārt notiek atmosfērā, kā arī bioķīmiskajam fotosintēzes procesam biotā.

Fotosintēze

Fotosintēze modificē vai pārveido daudz elementu plūsmu un rada jaunu ķīmisko nelīdzsvarotību. Tādā veidā tiek nodrošināti dažādu elementu - oglekļa (C), ūdeņraža (H), sēra (S), slāpekļa (N) un skābekļa (O) bioģeokīmiskie cikli. Fotosintēzes gaitā notiek oglekļa, sēra un slāpekļa savienojumu reducēšanās un kopā ar ūdeņradi vienlaicīga to ietveršana augošo augu organiskajā matērijā. Skābeklis no ūdens oksidējas par gāzveida molekulāro skābekli (O₂), kas izplūst atmosfērā. Bez tam liela daļa no kontinentālās ūdens iztvaikošanas tiek veikta ar biotas transpirācijas procesa palīdzību.

Oglekļa un ūdeņraža, kā arī sēra un slāpekļa iesaistīšana augu matērijā ir endotermiski procesi, tātad var notikt tikai tad, ja tiek izmantota enerģija un ekserģija. Uztvertā Saules enerģija tiek pārveidota par ķīmisko saišu ekserģiju ogļūdeņražos un citās organiskajās vielās. Vispārīgā veidā fotosintēzes ķīmisko līdzsvaru var rakstīt šādi:



Respirācija

Augi ar ekserģiju bagātas organiskās vielas paši var izmantot respirācijai, bet heterotrofie organismi (dzīvnieki, mikroorganismi utt.), izmantojot barībā augus, galu galā oksidē organiskās vielas par neorganiskajiem savienojumiem. Daļa reducēto elementu var arī neoksidēties. Tie sedimentē un pārsvarā pastāv kā dispersas cietas vielas nogulumiežos, galvenokārt slānekļos. Neliela daļa no šāda reducētā oglekļa ir sastopama derīgo izrakteņu veidā - kā akmeņogles, nafta un dabas gāze. Tomēr lielākā daļa

oglekļa Zemes garozā ir karbonātu iežu veidā.

Brīvais skābeklis, kas arī rodas fotosintēzes procesā, lēni uzkrājas atmosfērā, kas padara ekosistēmu stipri vien spējīgāku oksidēties. Tāpēc Zemes virspusē oglekļa, slāpekļa un sēra līdzsvara stāvoklis ir oksidēts stāvoklis. Atmosfēras sastāvu lielā mērā nosaka tieši dzīvības procesi. Ne tikai skābeklis, bet arī slāpeklis atmosfērā atrodas tālu no termodinamiskā līdzsvara, kam vairāk atbilstošs būtu nitrātu stāvoklis.

Oglekļa, slāpekļa un sēra aprīte

Biotiskā oglekļa, slāpekļa un sēra aprīti lielā mērā nosaka oksidēšanās - reducēšanās reakcijas vai līdzīgi procesi. Lai šos elementus varētu reducēt vai "iestrādāt" dzīvajā matērijā, ir nepieciešams daudz enerģijas, tomēr atbilstošajos oksidēšanās procesos enerģija izdalās. Noteikti mikroorganismi reducētā slāpekļa un sēra savienojumu oksidēšanos spēj izmantot savai enerģijas apgādei.

Reducēšanās un oksidēšanās procesi ir saistīti ar elektronu akceptoru un donoru klātbūtni. Ekosfērā skābeklis parasti ir oksidētājs un elektronu akceptors.

Atmosfērā tiek emitētas dažādas gāzveida komponentes. Atmosfērā tās pašas vai to reakciju produkti ar dažādu efektivitāti oksidē citus ķīmiskos savienojumus un absorbcijas vai sedimentācijas procesu rezultātā atstāj atmosfēru. Ja šie savienojumi ir šķīstoši ūdenī, tad tie no atmosfēras viegli tiek "izskaloti" ar lietu un uz Zemes virsmas nonāk nokrišņu veidā.

Fosfora aprīte

Fosfors ir visām dzīvības formām nepieciešams elements. Tas ietilpst, piemēram, nukleīnskābēs, biomembrānās un palīdz nodrošināt enerģijas pārnēsi šūnās. Kalcija fosfāts ir kaulu un zobu pamatkomponente. Fosfora aprīte tomēr nav saistīta ar oksidēšanās - reducēšanās reakcijām.

Augi fosfora savienojumus ņem no augsnes šķīduma fosfāta jonu veidā, un tādā tie arī paliek visa aprītes cikla laikā. Atšķirībā no oglekļa, slāpekļa un sēra savienojumi, kā arī fosfora savienojumi gāzveida fāzē dabiskā vidē ir reti sastopami.

Tāpēc fosfora savienojumu izkliede vidē un starp dažādām ekosistēmām nav tik efektīva. Ja tomēr rodas fosfora savienojumu noplūde, to kompensēt nav nemaz tik viegli.

Zemes garozā fosfora atomi kopā ar skābekļa atomiem veido dažādus fosfātu minerālus, bet lielāko daļu sastāda apatīti - apmēram 95 %. Tomēr augsnē fosfāti parasti pastāv nešķīstošā organisko vai neorganisko savienojumu veidā, un augi tos tiešā veidā nevar asimilēt. To asimilēšanas spēju lielā mērā nosaka vides pH, un optimāli apstākļi fosfora savienojumu asimilēšanai ir pie pH starp seši un septiņi.

Barības vielām nepieciešamo katjonu aprīte

Bāziskie katjoni - kalcija, magnija, nātrija un kālija joni - ir svarīgas barības vielas, un augi tos no augsnes šķīduma uzņem pozitīvi lādētu jonu veidā. Šie katjoni ir viegli pieejami un atrodas Zemes garozā milzīgos daudzumos parastos silīcija vai nogulumiežos. Šie katjoni no minētajiem iežiem ir viegli izdalāmi un izskalojami. Augsnē šie katjoni piedalās arī apmaiņas procesos starp māliem, humusu un atmirušo organisko matēriju. Tā kā tie ir viegli izskalojami, tad saldūdenī tie kopā ar karbonāta vai sulfāta joniem var veidot labi pazīstamos minerālus.

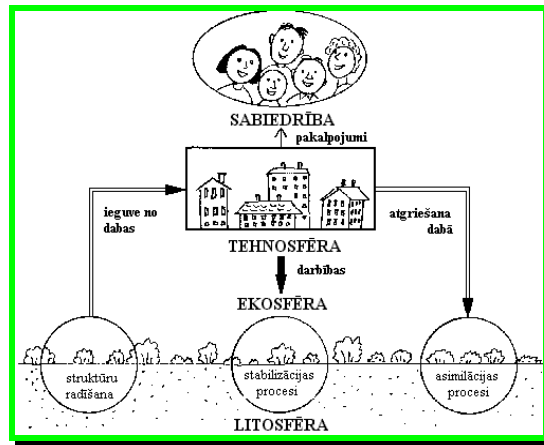
2.6. Kā sabiedrība mijiedarbojas ar dabiskām plūsmām

Antropogēno fizikālo ietekmi uz dabu var raksturot ar divu veidu mijiedarbību: enerģijas un materiālu apmaiņu, kā arī dabas ietekmēšanu, kā tas ir uzskatāmi parādīts 2.3. attēlā.

Savukārt enerģijas apmaiņai arī var būt divi veidi:

- resursu, enerģijas un matērijas ņemšana no dabas,
- enerģijas un matērijas emisija atpakaļ dabā jeb atgriezeniskā plūsma.

Cilvēki izmanto ekserģiju un matēriju no ekosfēras un litosfēras, lai kompensētu tos zudumus, kas rodas, uzturot nepieciešamos procesus un veidojot jaunas struktūras sabiedrības materiālajā pasaulē, ko dažkārt sauc par tehnosfēru.



2.3. attēls. Vispārēja aina par sabiedrības fizikālās ietekmes mehānismu uz dabu. Atsevišķās daļas - litosfēra, ekosfēra, tehnosfēra un cilvēku darbības sfēra - ir ar savām robežām, kuras šeit ir parādītas, kaut gan reālajā dzīvē aina ir daudz sarežģītāka, jo notiek daudzveidīga mijiedarbība.

Dabas iespaidošana ir saistīta ar daudzveidīgu materiālu pārvietošanu dabā, kas ietekmē ar materiālu apmaiņu saistīto tehnosfēras paplašināšanos.

Resursu iegūšana jeb specifisku materiālu plūsmu koncentrēšana dabā var tikt raksturota atbilstoši avotiem un atjaunošanās spējai. Tātad resursi var tikt iegūti no dabiskām plūsmām, krājumiem dabā un uzkrājumiem sabiedrības vajadzību apmierināšanai.

- Dabiskās plūsmas ir nepārtraukti plūstoši materiāli un enerģija, kuru kustību nodrošina ekserģijas plūsmas, piemēram, Saules radiācija vai vējš, kas nonāk ekosfērā. Ja šīs plūsmas netiek izmantotas, tās galu galā izkļūst dabiskā veidā.
- Materiālu krājumi dabā ir materiāli, kas uzkrājušies vai reģenerējušies dabā ar dabisko plūsmu līdzdalību, piemēram, meži, zivju populācijas, tīrs gaiss un ūdens. Reģenerācijas kapacitāte norāda absolūto potenciālu ilgtermiņa izmantošanas ātrumam.
- Uzkrājumi ir materiālu - minerālu vai rūdu - atradnes ar tik ilgu reģenerācijas laiku, ka to izmantošana nozīmē to neatgriezenisku izsīkšanu.

Tas pirmām kārtām attiecas uz litosfēras krājumiem, kas ir veidojušies atbilstoši ģeoloģiskai laika skalai. Tomēr dažiem ekosfēras krājumiem ir ļoti ilgs aprites laiks, salīdzinot ar sabiedrības laika uztveri. Piemēram, kūdras uzkrāšanās kopš pēdējā ledus laikmeta, kas beidzās pirms apmēram desmit tūkstošiem gadu, varētu tikt vērtēta drīzāk kā

neatjaunojošais resurss, nevis kā atjaunojošais.

Atjaunojošos resursu ieguve ietver arī ierobežojumus attiecībā pret pašiem resursiem un to ilgtspējas izmantošanas pieļaujamo pakāpi, kas nedrīkst būt augstāka par resursu reģenerēšanās apjomu un ātrumu. Hidroelektrostaciju sistēmas spēj izmainīt ūdens plūsmu un ietekmēt ekosistēmas gar upes krastiem. Līdzīgā veidā, piemēram, koksnes ieguve var izmainīt mežu sistēmas daudzveidību un samazināt nobriedušo koku daudzumu, kas tomēr ir ļoti nozīmīgi no ekoloģiskā redzes viedokļa.

Iegūtie materiāli, kas netiek uzglabāti vai akumulēti tehnosfērā, atbilstoši masas nezūdamības likumam atgriežas atpakaļ dabā. Ekosfēras kapacitāte jeb ietilpība attiecībā uz dabiskās aprites plūsmu degradāciju, novirzīšanu vai asimilāciju ir atkarīga no plūsmas tipa. Tāpat, kā tas ir ar resursiem, arī plūsmas kapacitāti var ietekmēt, tikai noteiktā mērā. Piemēram, ūdens masai piemīt zināma kapacitāte sadalīt organiskās vielas vai pārņemt suspendētās vielas nosēdumos. Šai kapacitātei ir liela nozīme dzīvības procesos un resursu uzkrājumu veidošanā. Daudzos gadījumos kapacitāti var izteikt ar akumulētās materiālu masas daudzumu, kas nepārsniedz kādu lielumu, lai traucētu nepieciešamo funkciju veikšanu. Piemēram, augsnei ir ierobežota kapacitāte uzkrāt smagos metālus, bet ekosfērai ir ierobežota kapacitāte uzkrāt oglekli vai tā savienojumus.

Antropogēnā dabas ietekmēšana var izpausties kā:

- 1) dabas pārveidošana - cilvēku darbības rezultātā tiek izdarīts spiediens uz ekosistēmām vai arī tiek traucētas to ģeofizikālās funkcijas, piemēram, ātrgaitas autoceļu celtniecības u.c. gadījumos,
- 2) dabas struktūru pārveidošana, piemēram, aizsprostu celtniecība uz upēm, meliorācijas darbu veikšana, zemes aršana,
- 3) procesu un plūsmu apzināta virzīšana, piemēram, praktiskā lauksaimniecība un centieni pārveidot gēnus.

Dabai ir noteikta resursu radīšanas kapacitāte attiecībā uz vielām, ko iegūst un izmanto sabiedrība, kā arī ierobežotas spējas asimilēt vielas, ko sabiedrība atgriež atpakaļ dabai. Vēl vairāk - dabas stabilizējošā kapacitāte bieži vien samazinās, ja to mēģina iespaidot tādējādi, ka, piemēram, samazina bioloģisko daudzveidību.

Sabiedrībai ir arī iespējas darboties nemateriālā sfērā, ko varētu nosaukt par cilvēcisko sfēru. Tehnosfēra ar savu struktūru, kā arī ar enerģijas un materiālu plūsmām nodrošina noteiktus pakalpojumus šai cilvēciskajai sfērai. Šie pakalpojumi ir resursu izmantošanas nemateriālā daļa, un tādējādi pakalpojumi paši nesatur matēriju un enerģiju. Piemēram, elektriskais sildītājs dzīvoklī rada enerģijas plūsmu, kas ar laiku izplatās apkārtējā vidē. Pakalpojums, kas tiek nodrošināts šajā gadījumā, ir noteikta iekštelpu klimata radīšana. Tomēr ir iespējams palielināt pakalpojuma plūsmu, nepalielinot enerģijas un matērijas apmaiņu ar dabu. Un to var veikt, palielinot iekšējo fizikālo plūsmu efektivitāti

tehnosfērā. Tas nozīmē, ka tiks piedāvāts vairāk pakalpojumu uz apmaiņas vienību ar dabu.

Nevajadzētu aizmirst, ka daba pati par sevi vairāk vai mazāk tiešā veidā jau nodrošina zināmus pakalpojumus cilvēkiem. Piemēram, mēs jūšojam

par skaistu ainavu, gūstam baudu no kādas sugas eksistences, kā arī mācāmies no dabas.

MATERIĀLU IZMANTOŠANAS INTENSITĀTE

Cik intensīva ir materiālu plūsma vienā vai otrā tās formā? Kādam ir jābūt ekoloģiskās nozīmības potenciālam, lai nodrošinātu kādu noteiktu pakalpojumu sabiedrībai? Vupertāles institūts Vācijā (Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy) ir izstrādājis koncepciju, lai rastu atbildes uz šiem jautājumiem. Koncepcijas pamatā ir koeficients, kas raksturo nepieciešamo materiālu daudzumu, lai saņemtu vienu pakalpojuma vienību. Šī koncepcija balstās uz piecām materiālu plūsmas kategorijām:

I. Abiotiskās izejvielas

Šajā kategorijā ietilpst:

- visi fosilā kurināmā veidi, ieskaitot kūdras;
- minerālu izejvielas, piemēram, smiltis, grants, akmeņi, sadrupināti klinšu ieži, māli, metālu un nemetālu rūdas;
- tukšie ieži un citi materiāli, kas tiek pārvietoti, lai sasniegtu derīgos izrakteņus, vai arī materiāli, kas tiek iegūti kopā ar derīgām vielām, lai vēlāk no tām atdalītu vajadzīgās komponentes;
- pārvietotie vai noraktie materiāli - augsne, klintis, grunts utt., lai nolīdzinātu kādu teritoriju vai sagatavotu vietu infrastruktūras vajadzībām.

II. Biotiskās izejvielas

- antropogēno un dabisko ekosistēmu biomasa, kā arī lopbarība (izņemot mājdzīvnieku produkciju).

III. Augsne

- augsnes apstrāde lauksaimniecībā, piemēram, aršana,
- cilvēku darbības izraisītā augsnes erozija.

IV. Ūdens

- ūdens izmantošana ķīmiskos procesos,
- ūdens izmantošana hidroelektrostaciju vajadzībām,
- ūdens izmantošana dzesēšanas procesos,
- ūdens izmantošana irigācijas vajadzībām,
- meliorācija un ūdens novadīšana, ieskaitot ūdens novadīšanu no cietām virsmām (ceļi un jumti), pārmitru teritoriju nosusināšanu un ūdens atsūkņēšanu no šahtām;
- kanālu būvēšana, lai novadītu ūdeni no dabiskām ūdenstilpnēm uz vietām, kur tas ir nepieciešams.

V. Gaiss

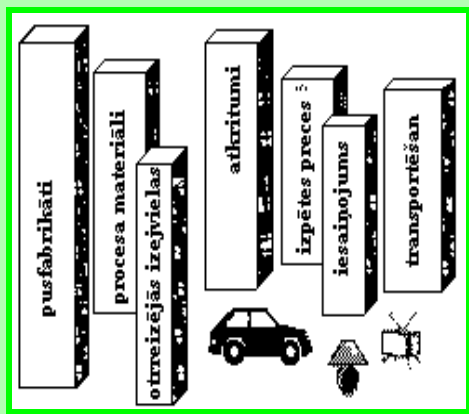
- gaiss, kas ir nepieciešams degšanas procesos,
 - gaiss kā izejviela ķīmiskos vai fizikālos procesos.
- Šajā kategorijā neietilpst gaiss, kas tiek izmantots ventilācijai un dzesēšanai, saspiestais gaiss, kā arī gaisa plūsma, kas darbina vējdziņas un vēja ģeneratorus.

MATERIĀLU IZMANTOŠANAS INTENSITĀTE

Minētā koncepcija (Materials Input Per Service unit - MIPS) dod iespēju novērtēt no dabas iegūto materiālu nozīmību pakalpojumu nodrošināšanā. Katrs iegūtais materiāls sastāv no divām daļām - derīgās daļas, lai nodrošinātu vajadzīgo pakalpojumu, un nederīgās daļas. Atgriezeniskā plūsma atpakaļ dabā un tās ietekme uz vidi šajos aprēķinos netiek ņemta vērā.

Attēlā ir parādīts materiālu izmantošanas intensitātes paraugs, kas attiecas uz automašīnas izgatavošanu. Faktiski dažu materiālu (piemēram, metālu, ieskaitot to ieguvu no rūdas) izmantošanas apjoms ir vēl lielāks. Dažkārt pat vairākus simtus reižu lielāks, ja ir attiecināts tikai uz pašu automašīnu, nevis uz tās izmantošanu.

Angļu valodā to apzīmē ar terminu "ecological rucksack" (ekoloģiskā mugursoma).



2.4. attēls. Materiālu izmantošanas intensitāte.

CILVĒKU RADĪTĀ MATERIĀLU PLŪSMA

Industriālā sabiedrība ir nenormāli liels materiālu patērētājs. Tāpēc ir nepieciešams novērtēt antropogēno materiālu plūsmu lielumu un citus parametrus. Šajā ziņā var palīdzēt koncepcija, kas raksturo materiālu daudzumu, kāds nepieciešams, lai saņemtu vienu pakalpojuma vienību. Tas faktiski vispārīgā veidā apraksta kopējo situāciju. Antropogēnās materiālu plūsmas ir lietderīgi apskatīt gan globālā mērogā, gan arī atsevišķas valsts ietvaros. Tāpēc tālāk tiks sniegta informācija par materiālu plūsmām un to īpatnībām Vācijā, ASV un Zviedrijā.

3.1. Materiālu izmantošanas intensitātes koncepcija

Materiālu izmantošanas intensitāte ir mērs, lai noteiktu materiālu daudzumu, kas tiek izmantots, lai nodrošinātu noteiktu pakalpojumu. Cik liela ir materiālu plūsma vienā vai otrā tās veidā? Kādam ir jābūt ekoloģiskās pieļaujamības potenciālam, lai nodrošinātu kādu noteiktu pakalpojumu sabiedrībai? Vupertāles klimata, vides un enerģētikas institūts Vācijā ir izstrādājis koncepciju, lai varētu saņemt atbildes uz šiem jautājumiem. Koncepcijas pamatā ir koeficients, kas raksturo nepieciešamo materiālu daudzumu, lai saņemtu vienu pakalpojuma vienību. Šī koncepcija operē ar piecām materiālu plūsmas kategorijām: ūdeni, gaisu, abiotiskās un biotiskās izejvielas, kā arī augsni, ko izmanto lauksaimniecībā un mežsaimniecībā. Visas materiālu plūsmas tiek mērītas svara vienībās. Kvalitatīvi atšķirīgie lielumi,

piemēram, emisija, izstrādne no šahtām vai spiediens uz dabu, tiek saistīti materiālu plūsmās, kas gala rezultātā var novest pie vides stāvokļa pasliktināšanās vai izraisīt kādu efektu uz cilvēku veselību.

Neapšaubāmi, ka pastāv milzīgas atšķirības starp specifiskiem efektiem, piemēram, uz materiāla masas vienību, ko izraisa dažādas materiālu plūsmas vai emisijas. Tā kā dažādie sabiedriskie sektori izmanto atšķirīgas materiālu kombinācijas, tad izraisītiem efektiem arī vajadzētu ievērojami mainīties. Joprojām interesi saista iespēja parādīt visas plūsmas un salīdzināt tās, izmantojot kādu kopīgu mērvienību. Svārs varētu būt viena no tādām pietiekami vienkāršām mērvienībām. Bet kāds ir stāvoklis industrializētā sabiedrībā ar visām tās materiālu plūsmām? Kuras no plūsmām ir dominējošās, kādas ir raksturīgākās sabiedriskā metabolismā iezīmes?

3.2. Materiālu apgrozījums: Vācijas piemērs

Pārskats par materiālu plūsmām Vācijas ekonomikā ir parādīts 3.1. tabulā. Materiālu iesaistīšana plūsmā ir noteikta, pamatojoties uz iepriekš apskatīto koncepciju.

Par izmantošanai derīgiem materiāliem tiek uzskatīti tādi, kas dažādās pakāpēs transformējušies ražošanas sistēmā un ir gatavi izmantošanai dažādās ekonomikas nozarēs. Iespējams, ka tāpat pēc kāda ierobežota akumulēšanās un utilizācijas laika tehnosfērā, materiāli izklūst no tehnogēnās aprites un pievienojas aizejošām plūsmām.

Tāda veida noplūde var būt kā apzināta atkritumu pārvaldīšana, dažāda veida emisijas vai noplūdes uz dažādām ekosfēras vietām. Daļa materiālu var tikt vienkārši pamesta, kad tai ir zudusi vajadzība pildīt kādu funkciju, piemēram, zemē atstāti kabeļi.



3.1. attēls. No antropogēno materiālu plūsmām īpaši izceļas smiltis un grants plūsmas, kas tiek izmantotas infrastruktūras veidošanai, kā arī kalnrūpniecībā un atkritumu apglabāšanā.

3.1. tabula. Pārskats par kopējām Vācijas iekšzemes materiālu plūsmām 1991. gadā (*Bringezu, 1995*).

<i>Pievadīšana</i>			<i>Noplūde</i>		
	kopā, Mtonnas	kg uz iedzīvotāju dienā		kopā, Mtonnas	kg uz iedzīvotāju dienā
2 373	69 290	2 373	Ūdens	69 290	
tiek izmantots	46 874	1 605	attīrīts	13 857	475
netiek izmantots	22 416	768	neattīrīts	32 573	1 116
imports	0,2	0,00005	zudumi, iztvaikošana	5 395	185
			izkliedēšanās	17 459	598
			eksports	8	0,3
			emisija ūdenī	34	1,2
			ekskavējot dūņas	34	1,2
			N un P no notekūdens	0,4	0,0001
Gaiss	781	27	Emisija gaisā	2 919	100
O ₂ dedzināšanai	725	25	ūdens	1 850	63
O ₂ un N ₂ rūpniecībā	38	1,3	CO ₂	1 032	35
O ₂ tērauda ieguvei	18	1,6	NO _x , SO ₂ , CO	20	0,7
Abiotiski materiāli	3 993	137	Cietie atkritumi	2 891	99
izmantojami minerāli	829	28	kontrolēta izvietošana	222	8
izmantojamās rūdas	0,4	0,0001	izgāztuves, kalnrūpniecība	2 669	91
enerģijas nesēji	366	13			
nekomerciāli produkti	2 532	87			
ekskavēšana	266	9			
Biotiskās izejvielas	82	2,8			
kultivētu augu biomasa	82	2,8			
zvejniecība, medniecība	0,4	0,0001			
Augsne			Augsne	166	5,7
erozija	129	4,4	erozija		4,4
			produktu izkliede		
			minerālmēsli	35	1,2
			nosēddūņas	0,8	0,0002
			komposts	0,8	0,0002
			pesticīdi	0,03	0,0001
Imports	433	15	Eksports	211	7,2
			utilizējami atkritumi	64	2,2
			akumulēšanās	1 047	36
Kopā			Kopā		
ar ūdeni	74 708	2 558	ar ūdeni	74 350	2 546
bez ūdens	5 418	186	bez ūdens	5 060	173

Ja ir nepieciešams aprakstīt kopējo materiālu daudzumu plūsmā un kopējo materiālu iesaistīšanu apgrozībā, vajadzētu sākt ar piecām koncepcijām minētajām kategorijām.

Ūdens ir dominējošais materiāls Vācijas ekonomikā. Tā kopējā plūsma ir 69 miljardi tonnu gadā, kas atbilst 2,4 tonnām jeb 2,4 m³ dienā uz vienu iedzīvotāju. Ūdens plūsmas, kas ir minētas pārskatā, vairumā gadījumu ir ņemtas no dabiskām plūsmām vai dabiskiem ūdens krājumiem. Tomēr šis skaitlis neietver ūdeni, kas attiecas uz dabisko iztvaikošanas procesu no mākslīgi apūdeņojamiem laukiem, kā arī saistīto ūdeni, kas tiek novākts kopā ar lauksaimniecisko ražu vai kokiem mežsaimniecībā. Šīs plūsmas ir pat lielākas nekā pārskatā minētās. Ir aprēķināts, ka katra kilograma sausas biomasas izaudzēšana ir saistīta ar 150 līdz 800 kg ūdens patēriņu augšanas laikā, kad jānodrošina augu fizioloģiskās vajadzības.

Daļa antropogēnā aprītē iesaistītā ūdens var iztvaikot, izdalīties no augiem vai "izsvīst", kā arī iesaistīties

organisma struktūrā. Ūdens var tikt izmantots arī kā izejviela un iekļauties gala produktā. Tas tiek uzskatīts kā ūdens zaudējums, jo nav iespējama to tūlīt atkārtoti izmantot. Tomēr tā ir patērētā ūdens mazākā daļa.

Lielākā ūdens plūsmas daļa no dabiskām ūdens tilpnēm un uzkrājumiem tiek novirzīta - gan telpā, gan laukā. Šo procesu vides nozīmība ir ļoti liela, ņemot vērā ūdens ekoloģisko vērtību un vajadzību, kā arī tā lomu noteikta mitruma līmeņa nodrošināšanai.

Apmēram viena trešdaļa ir neizmantotais ūdens, kas tiek paņemts tikai tāpēc, lai veiktu nosusināšanu, piemēram, lai atsūknētu ūdeni no šahtām.

Gaisa plūsmās, kas atbilst koncepcijai, iekļauj tikai to gaisa masu, kas tiek izmantota kā izejviela ražošanas procesā. Gaiss galvenokārt tiek patērēts fosilā kurināmā dedzināšanas procesā, un tāpēc tā izmantošana ir ļoti atkarīga no kurināmā plūsmas. Mazāks gaisa daudzums tiek izmantots ražošanas

procesos, piemēram, dzelzs ieguvē. Lai sadedzinātu vienu kilogramu neoksidēta oglekļa, kas atrodas fosilā kurināmā, ir nepieciešami 2,7 kg gaisa. Gala rezultātā rodas oglekļa dioksīds, kas rada intensīvu piesārņojuma plūsmu. Atbilstošais lielums, sadedzinot 1 kg ūdeņraža, ir 8 kg skābekļa, vienīgi gala rezultātā rodas ūdens. Tas nozīmē, ka 1 kg benzīna sadedzināšanai vajag 3,4 kg skābekļa vai 11 m³ gaisa.

Tomēr antropogēni izmantotais gaisa daudzums ir neliels, salīdzinot ar kopējo un pieejamo gaisa masu. Aptuveni aprēķini rāda, ka tikai 1 % gaisā esošā skābekļa ir pietiekams, lai sadedzinātu visus pasaulē zināmos fosilā kurināmā krājumus un visu organisko vielu masu, kas atrodas ekosfērā. Tādējādi var uzskatīt, ka gaisa krājumi ir pilnīgi pietiekami un nav pamata runāt par gaisa resursu problēmu. Tomēr pastāv cita ar gaisu saistīta problēma - gaisa piesārņojums. Bez tam notiek gaisa pievadīšana ražošanas procesiem - dedzināšanai, aerēšanai, filtrēšanai, kā arī gaisa

dzēsēšanas, sildīšanas vai ventilācijas procesu nodrošināšanai, kam arī ir nepieciešami enerģijas resursi, piemēram, elektriskā enerģija.

3.3. Materiālu plūsmu "ekoloģiskais balasts"

Abiotiskās izejvielas var iegūt gan no litosfēras, gan no augsnes ekosfērā. Derīgo izrakteņu iegūšana gan ir saistīta vēl ar tukšo iežu vienlaicīgu rašanos. Šos tukšos iežus var uzskatīt par "ekoloģisko balastu" (*Schmidt-Bleek, 1994*), ar to norādot, ka ne visi plūsmā iekļautie materiāli ir nepieciešami, bet tukšo iežu masa veido papildplūsmas. Tomēr šāda, pārlietu lielas masas radīšana ir nepieciešama, jo bez tās ar pašreizējām tehnoloģijām nevar uzreiz atdalīt derīgos minerālus no tukšajiem iežiem. Dažos gadījumos, piemēram, iegūstot varu, metāla rūda sastāda tikai niecīgu daļu no kopējās masas. Vara rūda tiek iegūta, ja kopējā masā tās daļa nav mazāka par 0,3 %. Nemetāliskā daļa rūdu bagātināšanas procesā tiek izkliedēta un veido "ekoloģisko balastu".

Abiotisko izejvielu ieguves apjoms Vācijā ir apmēram 4 000 megatonnas (Mt; 1 Mt = 1 000 000 t) gadā vai 50 tonnas uz vienu iedzīvotāju. No šī daudzuma vismaz viena trešdaļa ir nevajadzīgie materiāli, kas rada materiālu plūsmas pārslodzi. Pasaules metālu un fosilā kurināmā tirgus ir paplašinājies līdz globālam mērogam. Blīvi apdzīvotās industriālās valstis ir galvenās abiotisko izejvielu importētājas. Vācijas "ekoloģiskais balasts", kas saistās ar importu, ir apmēram tikpat liels kā pašmāju "ekoloģiskais balasts".

Industriāli attīstītās valstīs atjaunojošos organisko materiālu plūsma, galvenokārt ievāktās biomasas veidā, mijiedarbojas ar organiskajiem materiāliem, kas nonāk apritē fosilā kurināmā veidā. Vācijā iekšzemes enerģijas nesēji apmēram četras reizes pārsniedz biomasas daudzumu, ko vērtē ar apmēram 82 megatonnām gadā vai gandrīz ar 1 tonnu uz vienu iedzīvotāju gadā.

Kopējā pašmājās iegūto abiotisko izejvielu masa ir apmēram 50 reizes lielāka par biotisko izejvielu masu. Bet, ja vēl pieskaita importa daļu, tad šie lielumi kļūst vēl iespaidīgāki.

Vācijā noteiktās erozijas apjoms tiek asociēts ar biotisko izejvielu masu, kas iekļaujas plūsmā kā kultivācijas rezultāts. Tā ievērojami pārsniedz visu apzināto un vēlamo biotisko izejvielu svaru pat pēc pārrēķina uz sauso masu. Šī erozijas daļa, kā arī tās proporcija biotisko izejvielu kopējā masā palielinās jau kopš 1980. gada.

Dati par augsnes apstrādi lauksaimniecībā un ar to saistīto masas pārvietošanu, piemēram, arot zemi, nav iekļauti 3.1. tabulā. Bet šāda veida masas pārvietošana ir ļoti apjomīga. Ja, teiksim, puse no lauksaimnieciski izmantojamās zemes (vidēji Eiropā 0,3 ha uz iedzīvotāju) katru gadu tiek apstrādāta apmēram 20 cm dziļumā, tad kopējā pārvietotā masa sastāda ļoti lielu daudzumu - apmēram 600 m³ vai 1200 tonnas gadā uz vienu iedzīvotāju. Neapšaubāmi, ka šāda plūsma ir ļoti liela salīdzinājumā ar citām plūsmām, izņemot vienīgi ūdens plūsmu.

3.4. Globālās antropogēnās plūsmas

Svarīgākās pasaules mēroga antropogēnās plūsmas un izejvielu ieguve no litosfēras, ieskaitot "ekoloģisko balastu", ir parādīta 3.2. attēlā. No 3.2. attēla izriet, ka ieguve no litosfēras ir robežās no 20 000 līdz 60 000 Mt gadā, attiecīgi bez "ekoloģiskā balasta" un kopā ar to. Tas savukārt atbilst 4 un 12 tonnām uz vienu iedzīvotāju gadā. Minerālās jeb abiotiskās izejvielas nosacīti var iedalīt četrās grupās:

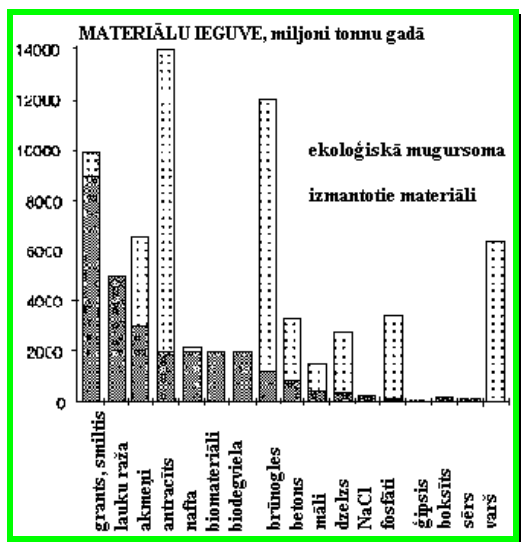
- minerāli enerģētikas vajadzībām - fosilais kurināmais, ieskaitot kūdras,
- rūdu minerāli metālu ieguvei,
- minerāli, kurus to ķīmisko īpašību dēļ var izmantot kā izejvielas ķīmiskajā rūpniecībā un minerālmēslu ražošanā,

- minerāli, no kuriem var iegūt savienojumus vai komponentes ar specifiskām fizikālām īpašībām un izmantot kā būvmateriālus (smiltis, grants, cementi utt.), abrazīvos materiālus vai citus ne mazāk nozīmīgus materiālus.

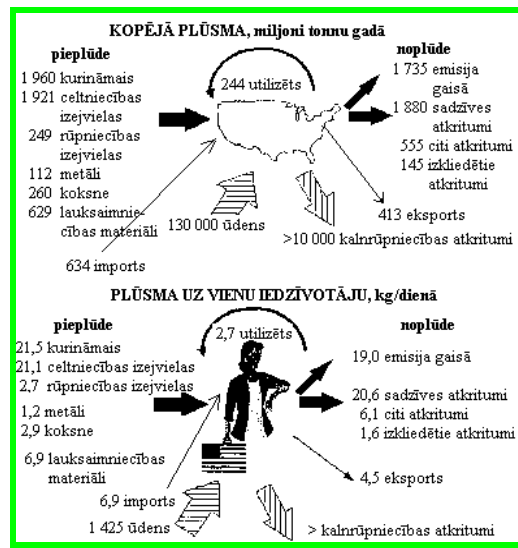
No pasaules mēroga ieguves, ko vērtē ar 40 000 Mt gadā, apmēram puse attiecas uz enerģijas ieguvē, galvenokārt uz akmeņogļu un brūnogļu ieguvē. Šis kurināmais pārsvarā tiek iegūts, izmantojot atklāto karjeru metodi un rada milzīgu pārslodzi sakarā ar tukšo iežu pārvietošanu dabā. Dažu citu rūdu ieguve arī saistās ar ievērojamu "ekoloģisko balastu", piemēram, dzelzs ieguve, jo cilvēce to patērē milzīgos daudzumos, kā arī vara ieguve, jo rūdā vara saturs ir niecīgs, tāpat dažu nemetālu rūdu ieguve, lai ražotu fosfora minerālmēslus un cementu. Bet "ekoloģiskais balasts" minerālu ieguves vai bagātināšanas uzņēmumu vietās veido milzīgas tukšo iežu vai atkritumu izgāztuves. Vietējā mērogā tas var radīt nopietnus draudus videi.

Globālā mērogā dominējošā minerālu ieguve attiecas uz būvmateriāliem un fosilo kurināmo, kurus iegūst apmēram līdzīgā apjomā - 13 000 un 9 000 Mt gadā. Būvmateriāli savā ziņā ir pat triviāli, piemēram, smiltis vai grants, ko izmanto kā pildvielu betona masā. Fosilo kurināmo (akmeņogles, naftu, dabas gāzi, kūdras) galvenokārt izmanto enerģētikas vajadzībām un tikai ļoti nelielu daļu (apmēram 5 %) ķīmiskās rūpniecības vajadzībām, lai ražotu tādus nepieciešamus materiālus kā plastmasas, asfaltu un ļoti daudzveidīgus ķīmiskos savienojumus. Vajadzētu ņemt vērā, ka metālus, izņemot dzelzi (700 Mt gadā), izmanto samērā nelielos daudzumos - alumīniju 20 Mt gadā, bet varu tikai 10 Mt gadā.

Dažas specifiskas rūpniecības izejvielas arī reizēm lieto sevišķi lielos daudzumos, īpaši tad, ja ir jābūvē ietilpīgas ēkas vai jāizmanto pildvielas. Kā piemērus varētu minēt kaļķakmeni un mālus cementa ražošanai vai ģipsi.



3.2. attēls. Svarīgākās pasaules mēroga antropogēnās plūsmas (Schmidt-Bleek, Tischner, 1995) un izejvielu ieguve no ekosfēras biomasas veidā - miljonus tonnu gadā (Karlsson, 1996).



3.3. attēls. Materiālu plūsma ASV 1990. gadā. Materiālu iesaistīšana aprītē tiek vērtēta, pamatojoties uz patēriņu - a) miljonus tonnu gadā, b) kilogramos uz vienu iedzīvotāju dienā (Wernick, Ausubel, 1995).

Izejvielas bāzes neorganiskās ķīmijas ražotnēm un minerālmēslu ieguvei tāpat izmanto lielos daudzumos. Dažas pat lielākos daudzumos nekā krāsainos metālus. Tas attiecas uz akmenssāli (NaCl), sēru saturošiem minerāliem, fosfātus saturošiem minerāliem un slāpekli, ko iegūst no gaisa.

Globālā mērogā uz sauszemes iegūtās biomasas daudzums ir apmēram 9 000 Mt gadā, kas tomēr ir mazāk, kā tiek iegūts abiotisko izejvielu, tomēr līdzīgā apjomā kā fosilo kurināmo. Biomasu izmanto trim galveniem mērķiem - cilvēku pārtikai un dzīvnieku barībai (5 000 Mt gadā), dažādu materiālu ražošanai (2 000 Mt gadā) un enerģijas ieguvei (2 000 Mt gadā). Biomasas ieguve no Pasaules okeāna vairāk saistās ar zvejniecību (apmēram 0,1 Mt zivju gadā). Tomēr tā ir ļoti maza (apmēram 2 %), salīdzinot ar biomasas iegūvi uz sauszemes, bet ar lielu nozīmi barības vielu apgādes ziņā, jo tādā veidā cilvēce saņem apmēram 25 % no dzīvnieku valsts proteīniem.

3.5. Materiālu plūsma tehnosfērā

Kā jau tika minēts iepriekš, tikai neliels apjoms no milzīgā antropogēnā aprītē iesaistītā materiālu daudzuma nonāk tiešā izmantošanā. Tikai daļa no

izejvielām pārtop par patēriņa precēm, infrastruktūras objektiem, materiālās kultūras pieminekļiem vai tiek izmantotas pakalpojumu nodrošināšanai. Tomēr pārsvarā materiāli veic apriti tehnosfērā. Un tāpēc var rasties jautājums par materiālu plūsmām un vielu akumulēšanos tehnosfērā. Zināmu priekšstatu par to var gūt, aplūkojot ASV materiālu plūsmas bilanci, kas parādīta 3.3. attēlā.

Materiālu plūsmu, acīm redzami, nodrošina izejvielu patēriņš rūpniecībā, kur ir liela vajadzība pēc metālu rūdu koncentrātiem, amonjaka vai akmens šķembām. Ja patēriņu salīdzina ar iepriekš minētās koncepcijas kategorijām, tad var konstatēt, ka tehnosfērā nerēķinās ar gaisu, ūdeni, augsnes eroziju, kā arī ar pārslodzi attiecībā uz atkritumiem, kas rodas kalnrūpniecībā.

ASV minerālu izmantošana enerģētikas un celtniecības vajadzībām ir savstarpēji salīdzināma, bet summāri veido apmēram trīs ceturtdaļas no kopējā visu materiālu patēriņa. Bioloģisko materiālu patēriņš atbilst vienai piektdaļai. Industriālās valstīs, kur iedzīvotāji pārtikā patērē daudz dzīvnieku valsts produktu, lauksaimnieciskajā ražošanā dominē lopbarība. Uz rūpniecībā izmantojamiem minerāliem attiecas 5 %, bet uz metāliem - apmēram 2 % no

kopējās plūsmas, kurā dominē dzelzs. Visi pārējie metāli kopā sastāda tikai kādas divas promiles no kopējās materiālu plūsmas.

3.6. Materiālu uzkrāšanās tehnosfērā un noplūde no tās

No masas nezūdamības likuma izriet, ka materiāli, nonākot tehnosfērā, vai nu uzkrājas, vai arī aizplūst uz citu sfēru. Tomēr arī tā materiālu daļa, kas uzkrājas tehnosfērā, agrī vai vēl to atstās un atgriezīsies atpakaļ dabiskajā aprītē. Šādā aspektā pastāv milzīgas atšķirības starp dažādām materiālu grupām, kā arī atsevišķu grupu iekšējā struktūrā.

Lielākā daļa no organisko vielu, ko izmanto ražošanā, oksidējas. Kurināmajam sadegot, rodas izmeši, galvenokārt oglekļa dioksīda un ūdens veidā, kas nekavējoties nonāk atmosfērā.

Lauksaimniecisko produkciju lielākoties izmanto cilvēku un dzīvnieku barībai, bet tās ražošana lielā mērā ir saistīta ar barības vielu, kā arī lauksaimniecības piesārņojuma (augu atlieku, kūtsmēslu, vircas utt.) izkliedi apkārtējā vidē un it īpaši augsnē. Tomēr daļa no organiskām vielām var ilgu laiku saglabāties dabā.



3.4. attēls. Izgāztuvju paplašināšanās ātrums industriāli attīstītās valstīs nedaudz samazinās sakarā ar otrreizējo izejvielu iegūšanu, tai skaitā metāllūžņu atkārtotas izmantošanas rezultātā.

Tehnosfērā ir vērojama intensīva koka ēku skaita palielināšanās. Daļa no organisko vielu atkritumiem - plastmasas, kartons utt. - arī var ilgi saglabāties izgāztuvēs.

Minerālmēsli, kuru izgatavošanai tiek izmantota liela daļa no ķīmiskajām izejvielām un kuru izmantošana asociējas ar pārtikas ražošanu, tiek izkliedēti ne vien augsnē, bet arī ūdenstilpnēs. Arī citas vielas, piemēram, sāls, ko izmanto ceļu kaisīšanai ziemā, tiek izkliedēts apkārtējā vidē.

Industrializācijas gaitā notika pamatīga būvmateriālu uzkrāšanās, kas veido pašreizējo infrastruktūru un pilsētvidi. Milzīgi smilšu, grants, mālu un citu materiālu daudzumi ir izmantoti māju un ceļu būvei, bet joprojām vēl nav kļuvuši par

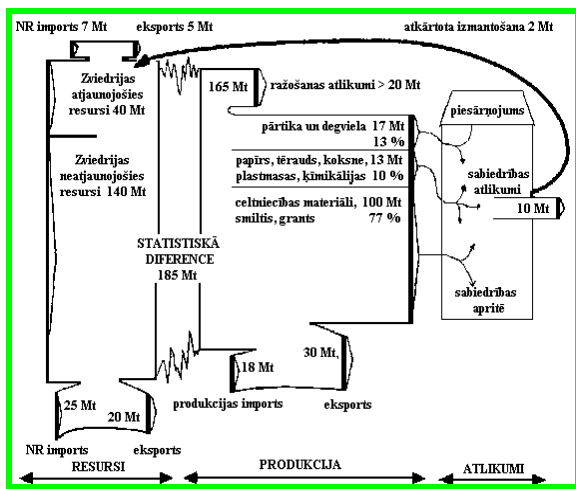
atkritumiem. Pastāv arī iespēja, ka lielu daļu no šiem materiāliem nekad nevarēs pārvietot vai citādi izmantot, kā vien atstāt, ja veidojumi kļūs funkcionāli neizmantojami, kā tas, piemēram, notiek ar veciem ceļiem.

Dažādu iemeslu dēļ pastāv lielas atšķirības materiālu ieplūšanai sabiedrības aprītē, kā arī sadzīves cieto atkritumu veidošanās procesā. Tomēr par abu minēto plūsmu pārvaldīšanu nāktos uztraukties krietni vien vairāk. To labi ilustrē 3.5. attēls, kurā iekļauti dati par materiālu bilanci Zviedrijā 1991. gadā.

Kopējā materiālu pieplūde tehnosfērā tiek vērtēta ar apmēram 153 Mt (faktiski 165 Mt, no kurām jāatskaita 12 Mt, kas attiecas uz eksportu ārpus valsts). Cieto atkritumu veidošanās apjoms ir apmēram 30 Mt, no kurām apmēram 10 Mt pārvalda

pašvaldības, bet pārējā daļa paliek rūpniecības pārziņā.

Vācijā materiālu uzkrāšanās, pamatojoties 3.1. tabulas datiem, tiek vērtēta ar apmēram 1 000 Mt gadā. Pēc citiem datiem, nosakot izturīgu preču ražošanas apjomu, tiek iegūts cits lielums - 700 Mt gadā. Tomēr, salīdzinot minētos skaitļus ar kopējo materiālu apriti (5 400 Mt gadā, neskaitot ūdeni), var teikt, ka lielākā daļa materiālu vai apmēram trīs ceturtdaļas no tiem izkliedējas apkārtējā vidē. Bet, ja tiek salīdzināts cieto un šķidro (neskaitot ūdeni) materiālu pielietojums tehnosfērā (neņemot vērā gaisu, neizmantojamās abiotiskās izejvielas un augsnes eroziju), var teikt, ka lielākā daļa materiālu uzkrājas tehnosfērā.



3.5. attēls. Materiālu plūsmas balance Zviedrijas tehnosfērā 1991. gadā. Nav parādīta ūdens izmantošana un kalnrūpniecības atkritumi (Hunhammar, 1994). Mt – miljoni tonnu, NR – neatjaunojošies resursi.

4.

CEĻĀ UZ ILGTSPĒJĪGU MATERIĀLU IZMANTOŠANU

4.1. Ilgtspējas sociāli ekoloģiskie principi

Pašlaik ir absolūti nepietiekami orientēties tikai uz atkritumu savākšanu un emisiju kontroli. Labākā veidā ir jāizmanto viss, kas nācis no tehnosfēras. Ir nepieciešams izstrādāt materiālu izmantošanas stratēģiju, kad vērā tiek ņemtas tādas svarīgas iezīmes kā sociālā mobilizēšanās un materiālu aprīte. Mums ir jāpārorientējas no atkritumu

pārvaldīšanas stratēģijas uz materiālu izmantošanas stratēģiju.

Kādā veidā būtu adaptējams fizikāli sociālais metabolisms, lai varētu tuvoties ilgtspējai? Bruntlandes atskaitē (Pasaules vides un attīstības komisija, 1987) ilgtspējīga attīstība tiek formulēta kā "...attīstība, kas nodrošina mūsdienu paaudzes vajadzības, neradot grūtības nākamajām paaudzēm nodrošināt viņu vajadzības".

Obligāti būtu jāizvairās no sistemātiskām izmaiņām ekosfērā, kas varētu izraisīt draudus cilvēces ilgtermiņa izdzīvošanai uz Zemes. Tātad ir nepieciešami ierobežojumi attiecībā uz antropogēno materiālu apriti dabā un cilvēka mijiedarbību ar dabu.

Ir formulēti (Holmberg, 1994) četri pamatprincipi par plūsmu apmaiņu starp sabiedrību un vidi, kā arī par mijiedarbību, kas varētu tikt īstenota, lai sasniegtu ilgtspēju.

1. princips.

Vielas, kas tiek sistemātiski iegūtas litosfērā, nedrīkst sistemātiski uzkrāties ekosfērā.

2. princips.

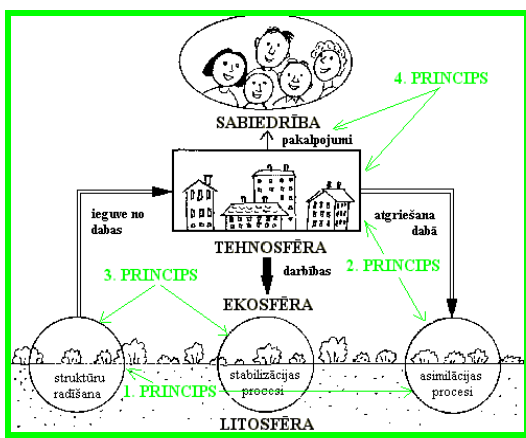
Antropogēni radītās vielas nedrīkst sistemātiski uzkrāties ekosfērā.

3. princips.

Fizikālie apstākļi, kas nepieciešami, lai radītu un nodrošinātu daudzveidību ekosfērā, nedrīkst sistemātiski pasliktināties.

4. princips.

Resursu izmantošanai ir jābūt efektīvai, ņemot vērā cilvēku vajadzības.



4.1. attēls. Sociāli ekoloģisko principu darbības virzieni, izmantojot 2.3. attēlā parādīto shēmu (Holmberg, 1994). Pamatojoties uz raksturīgo mijiedarbību starp sabiedrību un dabu, var noteikt svarīgākos ilgtspējas kritērijus. Tie tiek formulēti kā galvenie principi attiecībā uz materiālu plūsmu, un tos var izmantot plānotāji un lēmumu pieņēmēji, kas ir orientēti uz ilgtspējīgu attīstību.

Pirmais princips attiecas uz litosfērā iegūtām vielām un to plūsmām, bet otrais - uz tām plūsmām un vielām, kas rodas sabiedrības ietvaros. Pēc trešā principa risina jautājumus par vielu ieguvī no ekosfēras un darbībām ekosfērā. Un, pēdējais ceturtais princips attiecas uz resursiem un to metabolismu sabiedrības ietvaros. 4.2. attēls parāda visu principu mijiedarbību salīdzinājumā ar 2.3. attēla shēmu.

Bruntlandes komisijas ziņojuma principus iespējams operatīvi likt lietā ilgtspējas koncepciju veidā. Tos pat var uzskatīt par daudz sīkāk izstrādātu ilgtspējas definīciju, un tie izmantojami par pamatu diskusijās, kas skar ilgtspējas jautājumus. Tāpat uz tiem var balssties, plānojot procesus vai formulējot politiku dažādos sabiedrības līmeņos. Zviedrijas kompāniju un pašvaldību praktiskā pieredze rāda, ka, izstrādājot stratēģiskus lēmumus, sociāli

ekoloģiskie principi lieti noder. Vairāk nekā 40 Zviedrijas pašvaldības un 20 no lielākajām kompānijām ar šiem principiem rēķinās savas stratēģiskās plānošanas procesā (Robert, 1994; Holmberg, 1994).

4.2. Pirmais un otrais princips - masas apmaiņas balance

No pirmā principa izriet, ka vielām, kas tiek iegūtas no litosfēras, nevajadzētu ļaut ekosfērā izplatīties ar

lielāku ātrumu, kā tas notiek ar citiem procesiem, piemēram, sedimentācijas procesiem, kas liek šīm vielām no ekosfēras atgriezties atpakaļ litosfērā. Ja vielu ieplūde ekosfērā no litosfēras un tehnosfēras ir intensīvāka nekā sedimentācijas procesi, tad šīs vielas uzkrājas ekosfērā. Ņemot vērā ekosfēras ķīmisko un fizikālo procesu sarežģītību, kā arī aiztures mehānismu, ir samērā grūti pateikt, kurā līmenī vielu koncentrēšanās izraisīs vides efektus. Tomēr ir zināms, ka katrai vielai ir sava noteikta robeža (bet bieži mums nezināma), kuru pārsniedzot, var rasties kādi traucējumi vienā vai vairākās ekosfēras vietās vai daļās.

Antropogēnā vielu izkliede un kalnrūpnieciskā darbība vairumam ķīmisko elementu bieži vien ir lielāka nekā dabiskos izkļedes procesos. Pat ja vielas, ko iegūst no litosfēras, izmantojot kalnrūpniecības metodes, tieši nenonāk ekosfērā, tomēr ir nepārtraukta šo vielu, piemēram, metālu vai to savienojumu noplūde no to uzkrāšanās vietām tehnosfērā.

Bez metāliem litosfērā ir arī citas vielas, kas var izraisīt nopietnas vides problēmas. Ņemot vērā pašreizējo vides stāvokli, ir nepieciešams radikāli samazināt fosilā kurināmā izmantošanu, lai atmosfērā neuzkrātos pārāk daudz "siltumnīcas" efektu izraisošas gāzes - oglekļa dioksīda. Pašreiz šāda uzkrāšanās ir novedusi pie oglekļa dioksīda koncentrācijas palielināšanās atmosfērā par apmēram 30 %.

Skābie lieti arī ir viena no sekām, kuras cēlonis ir tā pati ekstensīvā fosilā kurināmā dedzināšana. Arī cilvēce ir vairāk nekā divkārtšojusi SO₂ plūsmu ekosfērā.

Savukārt urāns, ko izmanto kodolrūpniecībā, var palielināt risku un arī reālās briesmas saistībā ar kalnrūpniecības atkritumiem, atkritumu koncentrēšanos, radioaktīvo vielu izmantošanu reaktoros, kā arī ar izmantotās kodeldegvielas radioaktīvajiem atkritumiem.

Otrais princips norāda, ka vielas nedrīkst producēt ātrāk, nekā tās tiek noārdītas un iesaistītas bioģeoķīmiskajos ciklos vai arī deponētas atpakaļ litosfērā. Tomēr pastāv iespēja, ka tādas vielas tomēr uzkrājas un koncentrējas kaut kur ekosfērā līdz kaut kādam kritiskam līmenim (kuru arī mēs tā īsti nezinām), pēc kura pārsniegšanas var parādīties

kaut kādas negatīvas parādības dabā un vidē.

Šī principa konsekventa izpilde varētu stimulēt dažādu vielu producēšanas tiešu vai netiešu samazināšanos. Tas varētu samazināt šādu vielu akumulēšanos vidē, piemēram, slāpekļa oksīdu rašanos degšanas procesos. Ekosfēras asimilēšanās spēja bieži ir mazāka, ja iet runa par vielām, kas ir svešas dabai, piemēram, DDT. Labāk notiek tādu vielu asimilācija, kas pastāv dabā. Ekosfēra nevar pieņemt un asimilēt tai svešas un nepazīstamas vielas. Tāpēc cilvēka sintezētu un dabai nepazīstamu vielu pastāvēšana nozīmē, ka tās pēc izmantošanas paredzētajam mērķim uzkrājas ekosfērā, ja vien pirms tam nav noārdītas tehnosfērā. Tādējādi šādu vielu nepārtraukta ražošana nedrīkst tikt pieļauta, kas praktiski nozīmē, ka būtu nepieciešams pilnīgi atteikties no šādu vielu izmantošanas.

4.3. Trešais un ceturtais princips - piesardzīga planētas izmantošana

Trešais princips nozīmē, ka sabiedrībai nevajadzētu sistemātiski vājināt ekosfēras produktivitātes nodrošināšanas fizikālos apstākļus un biosfēras daudzveidību. Sabiedrībai nevajadzētu ņemt vairāk resursu no ekosfēras, nekā ir iespējams reģenerēt, ne arī samazināt dabisko produktivitāti vai bioloģisko daudzveidību, pārdoši manipulējot ar dabiskām sistēmām.

Mūsu veselība un labsajūta daudzējādā ziņā ir atkarīga no dabas iespējām koncentrēt mūsu izmantotos un izkļedētos materiālus, kā arī pārstrukturēt tos atkal par resursiem. Sabiedrība ir atkarīga no ekosistēmas ilgtermiņa funkcijām.

Pat ja tiek izpildīts pirmais un otrais princips, sabiedrībai tomēr ir jābūt ļoti uzmanīgai savās manipulācijās ar resursu bāzi, lai nepieļautu produktīvās kapacitātes zudumu attiecībā uz pārtikas, izejvielu un kurināmā apgādi. Šī atkarība var kļūt vēl vairāk acīm redzama, ja tiks samazināta fosilā kurināmā un urāna izmantošana (atbilstoši pirmajam un otrajam principam).

Princips norāda uz daudz efektīvākas un uzmanīgākas izmantošanas nepieciešamību produktīvākajās teritorijās -

lauksaimnieciski vērtīgākajās zemēs, mežsaimniecībā un zvejniecībā, kā arī uz nepieciešamību daudz rūpīgāk plānot infrastruktūru.

Pastāv cieša mijiedarbība starp augsni un veģetāciju. Augsnes kvalitāte bieži vien ir nozīmīgāka par veģetāciju uz šīs augsnes, jo atjaunot augsni ir daudz sarežģītāk, nekā atjaunot veģetāciju. Veģetāciju bieži vien var atjaunot vai nomaiņīt, ja vien augsnes produktīvā kapacitāte nav bojāta, mazināta vai nav izzudušas specifiskās sugas. Parasti ir daudz grūtāk atjaunot erodētās nogāzes (piemēram, Vidusjūras reģionā) vai pārsāļotās zemes (piemēram, ap Arāla jūru). Sabiedrības darbība ar zemes platībām bieži vien ietekmē arī dzeramā ūdens apgādi. Dažkārt nekorektas darbības ar augsni var samazināt dabiskos filtrācijas procesus. Tāpēc ir ļoti svarīgi saglabāt līdzsvaru starp ūdens ieguvī no dabiskām krātuvēm un ūdens resursu atjaunošanos vai papildināšanos tajos.

Ja prasības par produktivitātes kapacitāti netiek sistemātiski mazinātas, ir ļoti svarīgi saglabāt ekosfēras stabilitāti. Plaša bioloģiskā daudzveidība, par kuru jau tika runāts, ir ļoti svarīgs faktors, lai saglabātu ekosfēras stabilizējošās funkcijas. Terminu "bioloģiskā daudzveidība" var izmantot, lai apkopotu trīs bioloģisko variāciju tipus:

- 1) ģenētiskās variācijas specifisko sugu kopā,
- 2) sugu skaits ekosistēmā,
- 3) ekosistēmu vai biotopu variācijas ģeogrāfiskās teritorijas ietvaros.

Ceturtais princips nozīmē, ka cilvēku pamatprasībām vajadzētu izdarīt pēc iespējas mazāku ietekmi uz biosfēru.

Pirmais, otrais un trešais princips nosaka prasības attiecībā uz ārējiem apstākļiem sabiedrības ilgtspējīgam metabolismam. Asimilācijas kapacitāte, kā arī iespējamās resursu plūsmas ir ierobežotas. Lai īstenotu cilvēku prasības iedzīvotāju skaita straujas augšanas apstākļos, no dabas iegūstamajiem resursiem un pakalpojumiem vajadzētu būt iespējami efektīvākiem sabiedrības ietvaros. Sociālā efektivitāte nozīmē, ka resursiem vajadzētu tikt izmantotiem, kur tie ir visvairāk nepieciešami. Tas savukārt izvirza prasību sadalīt resursus starp kopienām un atsevišķiem cilvēkiem pašreizējās paaudzes laikā, kā arī starp

pašreizējās paaudzes un nākamo paaudžu cilvēkiem. Tālākai diskusijai par šo jautājumu ieteicams izmantot literatūras avotu (*Holmberg, 1994*).

Lai to visu sasniegtu, ir nepieciešams palielināt tehnisko un organizatorisko efektivitāti globālajā sabiedrībā un ieviest vienlīdzīgāku resursu sadali, ieskaitot resursu efektīvākas izmantošanas dzīves veidu, it īpaši bagātajā pasaules daļā.

4.4. Materiālu plūsmas adaptēšana

Materiālu plūsmas, kas ir saistītas ar industriālu sabiedrību, faktiski ir nepieciešamās komponentes pakalpojumu sniegšanas procesā cilvēkiem. Tomēr šodien šīs plūsmas ir pārāk lielas un ietver pārāk daudz bīstamu vielu, un ir grūti iedomājamās saistībā ar ilgtspējīgu attīstību. Šo plūsmu kopējā ietekme uz dabu atspoguļo pašreizējo materiālu nelīdzsvarotu izmantošanu. Bez tam sekas parādās kā globālās temperatūras paaugstināšanās, ozona slāņa izsīkšana, pieaugoša metālu un to savienojumu koncentrēšanās augsnē, tropisko mežu ātrā izžušana

un augsnes destrukcija kalnrūpniecības darbības rezultātā. Bet kā gan varētu samazināt materiālu izmantošanas seku ietekmi uz vidi, vienlaicīgi saglabājot to pakalpojumu līmeni, kuri nodrošina šo pašu materiālu pārvērtības un plūsmas?

Tālāk tiek izskaidrots, kā "ilgtspējas vienādojums" ietekmē dabu, ņemot vērā četrus antropogēnos faktorus, ko lielā mērā nosaka un kontrolē paši cilvēki. Šo vienādojumu varētu izmantot kā izejas punktu, kad tiek apspriesti veidi par ilgtspējīgām materiālu plūsmām.

ILGTSPĒJAS VIENĀDOJUMS

Ietekmi uz dabu nosaka četri antropogēnie faktori. Ja ir noteikti mērķi attiecībā uz iedzīvotāju skaitu un nākotnes attīstību globālās industrializācijas veidā, nodomu samazināt ietekmi uz dabu līdz ilgtspējīgam līmenim var īstenot, dematerializējot un transmaterializējot sabiedrības materiālu plūsmu. Neapšaubāmi, ka šāda veida vienādojumā tiek izmantotas dažādas kombinācijas, ar kuru palīdzību ir mēģināts atjaunot vismaz tādu stāvokli, kāds tas bija septiņdesmitajos gados.

Ietekme I ir vektors, kurā katra komponente tiek kvalificēta ar noteikta veida ietekmi uz vidi, piemēram, starojuma faktors, kas norāda uz enerģijas nelīdzsvarotību, kura var izraisīt klimata izmaiņas. Vienādojuma labajā pusē šī ietekme izpaužas kā četri faktori. " $\uparrow$ " simbols nozīmē, ka lielums ir vektoriāls, bet pasvītrotie simboli norāda uz matricu.

- matrica $\underline{I}$ ar komponentu palīdzību atspoguļo ietekmi uz materiālu vai enerģijas plūsmas vienību (transmaterializācija).

$$I = \frac{\text{materiālu un enerģijas plūsma}}{\text{izmantošana vai pakalpojums}}$$

• vektors $m \uparrow$ apzīmē dažādu plūsmu izmērus attiecībā pret pakalpojuma vienību (dematerializācija).

$$m \uparrow = \frac{\text{materiālu un enerģijas plūsma}}{\text{izmantošana vai pakalpojums}}$$

• u - izmantošana uz vienu iedzīvotāju (mērķis - turīga sabiedrība)

$$u = \frac{\text{izmantošana vai pakalpojums}}{\text{iedzīvotājs}}$$

• P - globālais iedzīvotāju skaits (10^{10} - pieņemtais lielums)

• I - ietekme uz dabu.

$$I \uparrow = \underline{I} \times m \uparrow \times u \times P$$

Faktors P , kas raksturo pasaules iedzīvotāju skaitu, ir vairāk vai mazāk skaidri definēts tuvākajiem 50 gadiem. Pat tūlītēja dzimstības līmeņa pazemināšanās līdz pat vienkāršas reproducēšanās līmenim (vidēji divi bērni ģimenē), ņemot vērā šodienas iedzīvotāju skaita pieauguma koeficientu, tomēr novedīs pie vismaz 8 miljardiem cilvēku nākošā gadsimta vidū. Pasaules iedzīvotāju skaits 2050. gadā - 10 miljardi - ir ANO prognozētais lielums. Baltijas reģionā, kur šobrīd dzīvo apmēram 85 miljoni cilvēku, kā arī Eiropā nav gaidāms krass iedzīvotāju skaita pieaugums. Tomēr iedzīvotāju skaita pieaugums kaut kur varētu izraisīt liela mēroga imigrāciju no citas pasaules daļas vai arī aktualizēt jautājumu par resursu pārdalīšanu, piemēram, par pārtikas augošu eksportu.

Ja tiek pieņemts, ka viens no attīstības mērķiem ir panākt, lai resursu izmantošana sabiedrībā būtu pietiekami efektīva un apjoma ziņā tikai tik liela, ka apmierinātas tiek sabiedrības vajadzības, var tikt sasniegta tā faktora apakšējā robeža, kas raksturo izmantošanu uz vienu iedzīvotāju (u). Tomēr pašlaik pastāv lielas šī lieluma (izmantošanā uz vienu iedzīvotāju) atšķirības dažādās pasaules valstīs, kā arī starp iedzīvotājiem vienas valsts ietvaros.

Pat ja tiktu pieņemts, ka attīstītās valstīs jau ir sasniegts pietiekami augsts materiālās labklājības līmenis, tomēr ir spēkā stingras prasības paaugstināt vidējo globālo pakalpojumu un nodrošinājuma līmeni uz vienu iedzīvotāju, lai tiktu sasniegts augstāks dzīves līmenis arī jaunattīstības valstīs.

Bez jau minētā mērķa - paaugstināt patēriņu uz vienu iedzīvotāju pašreizējās paaudzes laikā - ir vēl kāds cits mērķis - paaugstināt patēriņa līmeni uz vienu iedzīvotāju arī nākotnē. Tomēr tas ir taisnīguma jautājums, kas skar cilvēkus gan pašreizējās paaudzes ietvaros, gan arī starp paaudzēm.

Litosfēras resursu limiti izvirza fizikālus ierobežojumus attiecībā uz dažādu materiālu iespējamo izmantošanu nākotnē. Tā, piemēram, kopš 1880. gada Zviedrijā uzkrātā svina izmantošana pašreiz sastāda apmēram 300 kg uz vienu iedzīvotāju. Ja šis skaitlis tiek salīdzināts ar maksimālajiem atlikušajiem dabas resursiem, kas varētu būt pieejami nākotnē (250 kg uz vienu iedzīvotāju), kļūst skaidrs, ka Zviedrijas svina izmantošanas apjoms, sākot ar

pagājušo gadsimtu, nākotnē nevarēs tikt īstenots visā pasaulē.

Tālāka pasaules industrializācija un arvien pieaugošais dzīves līmenis, ko var izteikt arī ar augošu ekonomisko aktivitāti un pakalpojumu daudzuma palielināšanos uz vienu iedzīvotāju, kā arī prognozētais pasaules iedzīvotāju skaita pieaugums līdz pat 10 miljardiem cilvēku var izvirzīt neizpildāmas prasības pēc pakalpojumiem, kas ir saistīti ar materiālu plūsmām.

Vienkāršs vienādojums ilustrē dilemmu, kas cilvēces priekšā kļūst arvien reālāka, virzoties pa ilgtspējīgas attīstības ceļu. No vienas puses, ir nepieciešams attīstīt un sasniegt pieņemamu pakalpojumu līmeni, ko strauji augošā sabiedrībā var sniegt materiālu un enerģijas plūsmas. Bet, no otras puses, ir nepieciešams samazināt sabiedrības bīstamo fizikālo ietekmi uz vidi.

4.5. Risinājumi - plūsmu samazināšana vai pārtraukšana

Viens no dilemmas risinājumiem slēpjas divos vienādojuma faktoros - $m \uparrow$ un $I \uparrow$. Ņemot vērā pasaules sabiedrības izraisītās materiālu

plūsmas, var pamanīt divas svarīgākās stratēģijas, kas varētu mazināt ietekmi uz vidi, ja atbilstoši maina divus faktorus: pirmkārt, dematerializāciju, kas nozīmē iegūt vairāk pakalpojumu no noteiktas materiālu apmaiņas ar dabu, un, otrkārt, transmaterializāciju, kas faktiski ir materiālu plūsmas aizvietošana ar mazāk bīstamu ietekmi, it īpaši ļoti neizdevīgās situācijās.

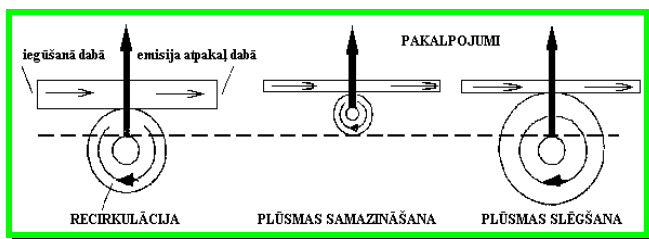
Dematerializācija var tikt īstenota, divos principiāli atšķirīgos veidos - izmantot mazāku materiālu daudzumu, lai sniegtu noteiktu pakalpojumu (plūsmas samazināšana), kā arī palielināt materiālu atkārtotu izmantošanu vai utilizāciju (plūsmas pārtraukšanu), kā tas ir parādīts 4.2. attēlā.

Samazināt plūsmu nozīmē daudz efektīvāku konkrēto materiālu izmantošanu, lai veiktu noteiktu funkciju. Vara vadu izmantošana, lai pārvadītu elektrisko enerģiju, ir viens no dematerializācijas piemēriem. Paaugstinot pārvadāmās elektriskās strāvas spriegumu, ir iespējams samazināt nepieciešamā vara daudzumu konkrētā strāvas daudzuma pārvadīšanai. Cits piemērs saistās ar sudraba daudzuma ievērojamu samazināšanu fotofilmās.

Paaugstinot materiāla kvalitāti, piemēram, metāla izturību, pieprasījums pēc metāla samazinās. Ir aprēķināts, ka mūsdienās Eifeļa torņa celtniecībai pietiktu ar septīto daļu tērauda, kas tika izmantots gandrīz pirms gadsimta. Tomēr šāda ievērojama dzelzs ekonomija daļēji var tikt sasniegta tikai tāpēc, ka tiek veidoti sakausējumi, kas nelielā daudzumā satur citus elementus. Elektroniskajā rūpniecībā var izsekot nepārtrauktam atsevišķu komponentu un elementu miniaturizēšanās procesam. Silīcija savienojumi ir devuši iespēju kādreiz lietotās lielās un neizturīgās radiolampas aizstāt ar mikroskopiskiem elementiem, saglabājot un pat ievērojami uzlabojot pildāmās funkcijas.

Daudzfunkcionāla produktu izmantošana piedāvā vēl vienu iespēju samazināt vajadzību pēc materiāliem, bet saglabājot nepieciešamās funkcijas. Piemēram, uz ēkas jumta izvietotās Saules baterijas pilda arī jumta funkcijas.

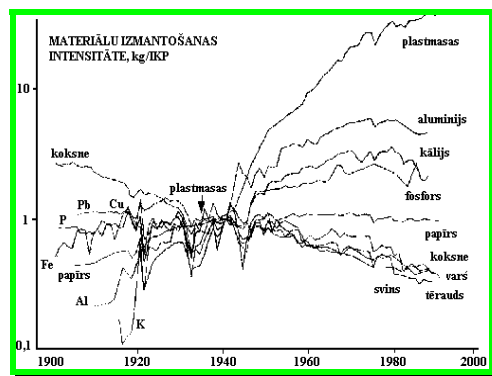
Izgatavojot ilgāk izmantojamus izstrādājumus, tas pats materiāla daudzums var nodrošināt pakalpojumus ilgāku laiku un tāpēc materiālu daudzums noteiktas funkcijas veikšanai samazinās.



4.2. attēls. Dematerializāciju var īstenot divos principiāli atšķirīgos veidos: mazāka materiālu plūsma, lai sasniegtu noteiktu pakalpojumu līmeni (plūsmas samazināšana); atkārtotas materiālu izmantošanas palielināšana (plūsmas pārtraukšana).

To var panākt vairākos veidos, piemēram, paaugstinot materiālu vai tajos esošo komponentu kvalitāti. Bez tam materiālus vajadzētu pasargāt no korozijas vai citām nelabvēlīgām ietekmēm. Var tikt ievērojami paaugstinātas arī daudzums tiek izmantots atkārtoti

izstrādājumu remontēšanas iespējas, it īpaši aizvietojot atsevišķus blokus vai mezglus moduļu konstrukcijās.



4.4. attēls. Materiālu izmantošanas intensitāte ASV no 1900. līdz 1990. gadam. Produkcijas kilogrami ir izdalīti ar iekšzemes kopproduktu (pēc 1982. gada ASV dolāra kursa), bet visi materiāli ir salīdzināti ar 1940. gada cenu (Wernick, 1996).

4.6. Atkārtota materiālu izmantošana

Materiālu plūsmas pārtraukšana sabiedrības ietvaros norāda, ka aprītē esošais materiālu

(vai atkal un atkal). Cikli var būt noslēgti dažādos līmeņos. Mēs varam atkārtoti izmantot dažādus izstrādājumus, piemēram, stikla pudeles var tikt uzpildītas arvien no jauna. Arī materiāli, kas atrodas izstrādājumos, var tikt izmantoti atkārtoti, piemēram, alumīnija dzērienu kārbas vai svins no sērskābes - svina akumulatoriem. Ciklam vajadzētu noslēgties ražošanas procesā, kad ražošanas atkritumi var tikt izmantoti atgriezeniski un aizgādāti uz iepriekšējām ražošanas stadijām.

Dažos gadījumos jau ir gūti atzīstami panākumi par atkritumu izmantošanu ražošanas procesa ietvaros kādā noteiktā ķēdes posmā. Piemēram, no vara atburumiem, ražojot vadus vai kabeļus, var sagatavot pamatmasu to pašu vara vadu ražošanai. Tomēr vēlamās pārmaiņas būtu ieteicams tuvināt materiālu plūsmām, no kuras top patēriņa preces. Attiecībā uz daudziem materiāliem, piemēram, toksiskām vai retām vielām, ir svarīgi nepieļaut izkliedi, tas ir, izmantošanas gaitā izslēgt jebkurus materiālu zudumus. Protams, atkarībā no procesa izklīde tomēr ir neizbēgama, tāpēc ir vairāk vai mazāk grūti no tās izvairīties bez vērā ņemamām pārmaiņām. Piemēram, svina papildvielu līdzplūsmu degvielā ir samērā viegli aizvietot, tomēr ir ļoti sarežģīti novērst pašas degvielas izklīdēšanos, kura tiek izmantota milzīgos daudzumos.

Ļoti svarīgs ir arī atkārtoti izmantojamo materiālu kvalitātes jautājums. Kā ļoti nozīmīgi apstākļi, lai sekmīgi veiktu atkārtotu materiālu izmantošanu, jāmin plūsmas augstā tīrības pakāpe vai arī sastāvdaļu atdalīšanas iespēja. Nevajadzīgi sajaucot dažādus materiālus, tiek zaudēta iespēja veikt atkārtotu izmantošanu, un tāpēc no tā ir jāizvairās. Efekti, kas var mazināt materiālu kvalitāti, ir jāminimālizē vismaz kaskādes jeb pakāpeniskā veidā. Šajā gadījumā katrā pakāpē ietver apzinātu kvalitātes samazināšanos, kas ir pieļaujama, jo prasības pret šīs pakāpes izstrādājumiem ir zemākas. Pēc katras noteiktas atkārtotas materiāla izmantošanas pakāpes

tomēr jācenšas kvalitāti noturēt pēc iespējas augstākā līmenī.

Viens no paņēmieniem, lai sasniegtu patiesi atkārtotu materiālu izmantošanu, saistās ar atkārtotu izmantošanu tādā pašā veidā kā sākumā. Atkārtotas materiālu izmantošanas gadījumā būtu jāņem vērā trīs kvalitātes parametri: tīrība, struktūra, ekserģija. Piemēram, speciālo tēraudu nedrīkst izmantot kā dzelzsbetona armatūru pat tikai pēc viena cikla un arī tad, ja ir saglabājusies tīrība. Koksnes masas struktūra var tikt atkārtoti izmantota arī tad, ja pirms tam koksne ir izmantota kā būvmateriāls. Tālāk koksnes masa var tikt sasmalcināta līdz atsevišķām šķiedrām un izmantota papīra ražošanai. No tādas sadrupinātas koksnes, protams, atgūt iepriekšējo koksnes struktūru vairs nevar. Vēl dziļāka koksnes destrukcija paredzama, ja pielieto ķīmiskās apstrādes metodes, kad tiek sasniegts atsevišķu molekulu dispersijas līmenis, kā tas noris ķīmiskajā rūpniecībā, arī kurināmā ražošanas vai koksnes sadedzināšanas procesā.

Enerģētikas sektorā ir iespējams paaugstināt enerģijas izmantošanas efektivitāti, ja pakāpeniski pāriet no augsttemperatūras procesiem uz zemākas temperatūras procesiem.

Šādā kontekstā ir apspriesta (Ayres, 1995) iespēja samazināt atkritumu daudzumu izejvielu sagatavošanas procesā kā stratēģija, uz kuras balstoties, varētu izmantot atkritumu plūsmas no esošajiem neaizvietojamiem resursiem. Kā piemēru var minēt elementārā sēra iegūšanu no dabas gāzes vai naftas rektifikācijas uzņēmumos. Minētā stratēģija samazina:

- 1) kaitējumu videi no primārām atkritumu plūsmām,
- 2) sekundāro resursu noplūdes pakāpi,
- 3) vides stāvokļa pasliktināšanos, iegūstot sekundāros resursus.

4.7. Transmaterializācija

Pat ja pēc sniegtā pakalpojuma noteikts materiāls ir pietiekami efektīvs uz šī materiāla masas

vienību, ietekme uz vidi varētu arī nebūt pieņemama. Tādā gadījumā ar transmaterializācijas palīdzību ir novēršama pat nopietna ietekme uz vidi, ja notiek pārorientācija uz tādu materiālu izmantošanu, kuri vidi ietekmē mazākā mērā. Transmaterializācija iespējama, piemēram, retus vai bīstamus materiālus aizvietojo ar vairāk izplatītiem vai mazāk kaitīgiem materiāliem.

Šādu aizvietošanu var veikt dažādos tās sistēmas tehniskos līmeņos, kuras pakalpojumi tiek izmantoti (4.1. tabula). Pirmie divi līmeņi saistās ar sabiedrības izvēli attiecībā uz resursiem. Trešais un ceturtais līmenis ir saistīts ar tehnoloģijas izvēli. Piektais un sestais līmenis saistās ar organizāciju un stratēģijām, bet septītais līmenis attiecas uz pieprasīto pakalpojumu veidu. Metālu transmaterializācija plašāk tiks apspriesta 7. nodaļā.

Mūsu pieprasīto pakalpojumu veidam un apjomam ir noteiktas sekas attiecībā uz resursu izmantošanu. Savukārt pakalpojumu izmantošana ļoti variē, neskatoties uz faktu, ka fundamentālās cilvēku vajadzības ir tādas pašas visās kultūrās un dažādos vēstures posmos. Daži zinātnieki (Maz-Neef, 1986) uzskata, ka šādu vajadzību nav daudz un ka tās ir klasificējamas. Tiek pieņemts, ka varētu būt šāda klasifikācija: eksistence, pastāvība, aizsardzība, iespaidošā, līdzdalība, atslogošanās, radoša darbība, pašapliecināšanās un pašapzināšanās, brīvība. Izmaiņas, kas notiek laikā un starp kultūrām, nav nepieciešamība, bet gan pašapliecināšanās un vēlmju apmierināšana. Tā kā daudzas cilvēku vajadzības tieši neasociējās ar lielu resursu apriti dabā, sabiedrībā spēcīgāka kļūs vēlme īstenot šīs vajadzības tieši tad, kad strauji samazināsies dabas resursu lietošana.

4.8. Nākotnes plūsmu pārvaldīšana

Modernai sabiedrībai ir raksturīga pieaugoša aktivitāte, ko izraisa milzīgās materiālu plūsmas.

MATERIĀLU IZMANTOŠANAS STRATĒGIJAS 15 PAŅĒMIENI EFEKTĪVAI MATERIĀLU PLŪSMAS PĀRVALDĪŠANAI

I. Plūsmas samazināšana - mazāka materiālu daudzuma izmantošana pakalpojumu nodrošināšanai.

1. Materiālu efektīvāka izmantošana

Paaugstinot strāvas spriegumu elektropārvades līnijās, var samazināt vara vadu masu un tā vienlaicīgi nodrošināt tā paša strāvas daudzuma pārvadi.

2. Materiālu kvalitātes paaugstināšana

Palielinot metālu izturību, piemēram, izmantojot dažādus sakausējumus, var iztikt ar mazāku metāla daudzumu tās pašas funkcijas nodrošināšanai. Ir noteikts, ka šodien Eifeļa torni Parīzē varētu uzcelt ar vienu septīto daļu no tā tērauda, kas toreiz faktiski tika izmantots.

3. Miniaturizācija - mazāka izmēra detaļu izmantošana

Izgatavojot mazākas detaļas, tiek patērēts mazāk materiālu. Datori, kuru uzbūves pamatā ir miniatūras elektroniskās detaļas, kas izgatavotas, piemēram, no silīcija, liecina par fantastisku lēcieni miniaturizācijas jomā. Daudz mazāks dators var veikt tās pašas funkcijas nekā kādreizējās milzīgās elektroniskās skaitļošanas mašīnas.

4. Daudzfunkcionalitāte - izstrādājumi nodrošina vairākas funkcijas

Daudzfunkcionāla produktu izmantošana piedāvā jaunu iespēju samazināt nepieciešamo materiālu daudzumu vajadzīgās funkcijas veikšanai. Piemēram, ja Saules baterijas ir novietotas jumta vietā, tās veic arī jumta funkcijas.

II. Plūsmas samazināšana - materiālu ilglaicības palielināšana.

5. Kvalitātes uzlabošana, lai palielinātu preču ilglaicību

Padarot produktus ilgāk izmantojamus, piemēram, uzlabojot kvalitāti, tas pats materiāla daudzums kalpos ilgāk un tādējādi materiālu daudzums noteikta pakalpojuma nodrošināšanai samazināsies.

6. Labāka materiālu aizsardzība izstrādājumā

Materiālus ir nepieciešams aizsargāt no korozijas un nodiluma. Mūsdienu automašīnas kalpo daudz ilgāk nekā agrāk ražotās, jo ir labāk aizsargāta to virsma.

7. Labāka saglabāšana

Veicot profilaksi un labāk rūpējoties par izstrādājumiem, tos iespējams saglabāt ilgāk. Līdz ar to izstrādājumā izmantotie materiāli kalpos ilgāk.

8. Salabojamība - izstrādājuma izveidošana vieglākai tā remontēšanai

Salabojamība, izmantojot, piemēram, moduļu konstrukcijas, var paildzināt izstrādājuma kalpošanas laiku un tātad arī ietaupīt materiālus.

III. Plūsmas pārtraukšana - materiālu atkārtota izmantošana.

9. Izstrādājumu atkārtota izmantošana

Vairums izstrādājumu vai detaļu, protams, tiek izmantots vairāk nekā vienu reizi. Daudzos gadījumos stratēģija ir orientēta tieši uz to. Tādas, piemēram, ir piena pudeles, kuras atkal un atkal piepilda no jauna.

10. Materiālu atkārtota izmantošana ražošanas procesos

Rūpnieciskās ražošanas procesos, lai samazinātu materiālu plūsmas intensitāti, var izmantot vairākas stratēģijas. Tā ir daļa no cieto atkritumu pārvaldīšanas stratēģijas. Tāpat atkritumi, kas rodas kādā ražošanas stadijā, var tikt nogādāti atpakaļ iepriekšējā stadijā, kur tos no jauna iekļauj ražošanas procesā. Piemēram, vara atkritumi, kas rodas, veidojot vadus, tiek nogādāti vietā, kur notiek vara masas sagatavošana vadu ražošanai.

11. Atkritumu utilizēšana par patēriņa precēm - tiešā utilizācija

Atkritumus var vēlreiz pārvērst par patēriņa precēm. Īpaši svarīgi tas ir attiecībā uz materiāliem, kas ir toksiskāki nekā, piemēram, smagie metāli vai to savienojumi, vai arī materiāli, kuru izgatavošana ir dārga, piemēram, alumīnijs. Tāpēc par nozīmīgu procesu kļūst alumīnija kārbu pārvēršana par kompaktu metālu, no kura iespējams ražot jaunās kārbas. Līdzīgi ir ar svina izmantošanu no veciem sērskābes svina akumulatoriem. No atkritumiem iegūtā materiāla izmantošana to pašu izstrādājumu ražošanai ir tiešā utilizācija.

12. Pakāpeniska izmantoto materiālu utilizācija

Daudzos gadījumos, veicot atkārtotu materiālu izmantošanu, nav pamanāmi to kvalitātes zudumi. Tomēr ir iespējams atrast pielietojumu arī nedaudz zemākas kvalitātes materiāliem. Tādu metodi sauc par pakāpenisko jeb kaskādes veida utilizāciju. Tipisks piemērs saistās ar papīru, kad celulozes šķiedras papīrā nodilst un zaudē kvalitāti, kas ierobežo tā izmantošanu atkārtoti. Papīra izmantošanas ķēdei vajadzētu sākties ar augstas kvalitātes papīra izmantošanu kvalitatīviem tipogrāfijas darbiem, tad sekotu avīžpapīrs un kā pēdējais - ietinamais papīrs. Ķēde noslēdzas, kad papīrs tiek sadedzināts, lai iegūtu enerģiju.

IV. Plūsmas aizvietošana - atšķirīgu, mazāk toksisku materiālu izmantošana.

13. Materiālu aizvietošana ar mazāk toksiskiem

Transmaterializācija nozīmē, ka viens materiāls tiek aizstāts ar citu. Ļoti liela nozīme ir gadījumiem, kad

bīstamas vielas tiek aizstātas ar mazāk bīstamām. Viens no šādiem gadījumiem ir dzīvsudraba aizvietošana dažādās jomās - termometros, zobārstniecībā, kā arī šķīdinātāju aizvietošana krāsās utt.

14. Retu materiālu aizvietošana ar plašāk izplatītiem materiāliem

Dažkārt ir ļoti svarīgi atrast mazāk retu materiālu kādai konkrētai izmantošanai. Vara vadu aizvietošana telefona sakaru sistēmās ar stikla šķiedrām ir viens no uzskatāmākiem piemēriem.

15. Neatjaunojošos materiālu aizvietošana ar atjaunojošiem materiāliem

Neatjaunojošos materiālus eventuāli ir nepieciešams aizvietot ar atjaunojošiem materiāliem. Kā svarīgu piemēru varētu minēt fosilā kurināmā aizvietošanu ar tādu atjaunojošos kurināmo kā biomasu. Vēl vērā ņemams ir piemērs, kad transporta līdzekļos benzīna vietā tiek izmantots spirts, ko iegūst no biomasas.



Pudeļu atkārtota uzpildīšana ir klasisks atkārtotas izmantošanas piemērs. Šajā gadījumā materiāls vienam un tam pašam mērķim tiek izmantots vairākas reizes.



Vēl, dažkārt arī liela elektriskā releja aizvietošana, kas satur lielu daudzumu dzīvsudraba, ar modernu ierīci ir gadījums, kas norāda uz vairākiem vadības principiem: dematerializāciju, kā pāreju uz mazāku izmēru, kaitīgu materiālu aizvietošanu ar mazāk kaitīgiem, mazāku strāvas patēriņu, izmantojot modernāku ierīci.

4.1. tabula. Aizvietošanas līmeņi (Mansson,1993; Holmberg, 1994).

Aizvietošanas līmenis	Piemērs
1. Izejvielas.	Tas pats materiāls var tikt iegūts no citām izejvielām, kurām ir citi vides parametri - oglekļa pēdas vai fosilā kurināmā.
2. Materiāli.	Alumīnijs var aizvietot varu elektroenerģijas pārvadē.
3. Komponentes.	Jauna tipa baterijām var būt labākas īpašības kā tām, kuras jau izmanto.
4. Apakšsistēma.	Elektrodzinēji var aizvietot iekšdedzes dzinējus, lai nodrošinātu transportu pilsētās.
5. Sistēma.	Vidēja un liela attāluma ceļojumos vieglo automašīnu vietā ir jāaizvieto vilciens.
6. Stratēģija.	Dažādas stratēģijas var novest pie viena mērķa. Ja mērķis ir "tīra vide", tad ir jābūt zinātniski pamatotai stratēģijai, kas ir vērsta uz vides patoloģijas uz sabiedrisko profilaksi.
7. Vērtības.	Kultūras un individuālās vērtības nosaka, kādu stratēģiju izvēlēties. Vēl vairāk - ja cilvēki vēlas īstenot ilgtspējīgu attīstību, tas novedīs pie atbilstošām sekām arī citos līmeņos.

Tomēr, kā tas jau atzīmēts iepriekš, materiāli netiek izmantoti tāpat vien, bet gan, lai nodrošinātu kaut kāda veida pakalpojumus. Sniegto pakalpojumu apjomu var izteikt ar iekšzemes kopprodukta palīdzību. Šis ekonomiskais rādītājs rūpniecības

attīstības periodā ir strauji palielinājies, jo saistījās ar ekonomisko izaugsmi, pastāvīgu kapitāla uzkrāšanos, tehnikas pilnveidošanos un modernizētām darba metodēm. Neapšaubāmi, ka vienlaikus ar visu to ir paplašinājušies

materiālu kopējās izmantošanas mērogi.

Tehnoloģiskā attīstība ir radījusi iespējas saņemt vairāk pakalpojumu, izmantojot mazāku materiālu daudzumu. Vidējais ražošanas sistēmai pievienotais materiālu

daudzums ir nepārtraukti audzis. Tajā pašā laikā tiek atklātas jaunas un efektīvākas metodes, kas daudzus materiālus padara lētākus. Materiālu izmantošanas intensitāte parāda vispārējo tendenci palielināties jau kopš industrializācijas sākuma. Bet nākotnē gan šis process varētu stabilizēties vai pat samazināties. Tas attiecināms arī uz dažām "vecām" ļoti ietilpīgām materiālu tehnoloģijām, piemēram, dzelzs, cementa un svina ražošanu.

Tomēr arvien vairāk sevi piesaka transmaterializācija: aizvietošana ar "jauniem" materiāliem, kas pazemina veco materiālu izmantošanas intensitāti. Ja runā par jauniem materiāliem, piemēram, alumīniju vai plastmasām, kuri pēdējos piecdesmit gados plaši ienākuši ikdienas aprītē, tad to intensīvas izmantošanas tendence saglabājas vēl joprojām (4.4. attēls).

Šobrīd dažās valstīs plastmasu izmantošana, ja rēķina pēc tilpuma, ir pat lielāka salīdzinājumā ar visu metālu kopējo izmantošanas apjomu. Dažādus izstrādājumus arvien plašāk aizstāj plastmasas.

Milzīga materiālu plūsma saistās ar infrastruktūras uzkrājumiem, fosilā kurināmā izmantošanu un lineārām metālu plūsmām. Apturot šīs tendences, pārtraucot infrastruktūras ekspansiju, samazinot fosilā kurināmā izmantošanu, kā arī veicot efektīvu metālu utilizāciju, var panākt milzīgas pārmaiņas un samazināt materiālu plūsmas.

Tomēr visas problēmas tādā veidā nav iespējams atrisināt. Sabiedrībā joprojām būs bīstamo vielu plūsmas, kurām vajadzēs piemērot transmaterializāciju, lai mazinātu to

bīstamību. Varētu palielināties spiediens uz biomasas resursiem, kā arī rasties nepieciešamība stingrāk pārzināt svarīgāko barības vielu plūsmas. Vides un resursu problēmas, kas ir saistītas ar noteiktu materiālu plūsmām, iespējams, varētu atrisināt jaunās tehnoloģijas vai citi meklējumi. Paralēli varētu sākties arī pieprasījums pēc jauniem materiāliem, kas savukārt radītu jaunas problēmas. Tādējādi kļūst ļoti svarīgi veikt vērīgas aizvietošanas, kas palīdzētu nākotnē veidot arvien ilgtspējīgāku materiālu plūsmu.

Lai būtu iespējams sasniegt nepieciešamo radikālo samazinājumu attiecībā uz ilgtermiņa vides ietekmi un resursu izsīkšanu, kā arī ņemot vērā pašreizējo pieredzi par materiālu izmantošanu, noteikti ir nepieciešama stingrāka kontrole pār sabiedrībai nepieciešamām materiālu plūsmām.

Tādas stratēģijas īstenošana līdz zināmam līmenim var balstīties uz tendencēm, mehānismiem un institūcijām, kas sabiedrībā jau ir pazīstamas. Vai ir nepieciešams ieviest jaunus, daudz radikālākus pasākumus, tas ir cits jautājums. Tomēr pastāv iespēja, ka izvēle starp dažādām materiālu grupām vai atsevišķiem materiāliem atšķirsies. Materiāliem raksturīgie parametri, aprītē iesaistītais daudzums un tā nozīme, kā arī pašas plūsmas pastāvēšana sabiedrības interesēs un tās realizācija dabā var ļoti variēt, atkarībā no tā, uz kuru materiālu mēs fokusējamies. Jau iepriekš tika mēģināts apkopot svarīgāko grupu īpašības lielajā materiālu plūsmā, ko izmanto sabiedrība. Ir mēģināts arī iezīmēt dažas, iespējams, svarīgākās komponentes vai galvenos

risinājumus, kas ir nepieciešami, lai adaptētu materiālu pārvaldīšanas stratēģiju, kas ir vērsta uz ilgtspēju.

Dažādu izstrādājumu ražošanas un pakalpojumu sniegšanas tendencēm vajadzētu pakļauties šai stratēģijai. Tādējādi var izrādīties nepieciešama ļoti rūpīga dematerializācijas un transmaterializācijas pasākumu kombinācija, lai nostātos uz samazināšanas ceļa, ko īsti neviens nemaz nevēlas, bet kas būtu jādara nākotnes labā. Tomēr šajā ceļā varētu būt daudz grūtību un konfliktsituāciju, kad būs jāizšķiras starp uzdevumiem un izvēli, kā arī atšķirīgiem uzskatiem par ilgtspējīgas praktiskās darbības pielietošanu. Jautājumi, kurus vajadzētu risināt, varētu būt šādi:

- Kāda labākā praktiskā metode varētu būt lauksaimniecībā - daudz intensīvāka samērā ierobežotu teritoriju izmantošana, realizējot nopietnāku kontroli, vai arī ekstensīvāka, bet dabai tuvāka darbība plašākās teritorijās?
- Kā izvēlēties labāko paņēmieni, ņemot vērā metālu dematerializācijas un transmaterializācijas iespējas, kā arī paša metāla īpašības, iespējamo tehnoloģiju un dažādo pielietojumu?
- Cik tālu resursu iegūšanas ierobežojumi var stimulēt efektivitātes pieaugumu enerģētikas un transporta tehnoloģijās un vai nevajadzētu atteikties no fosilā kurināmā izmantošanas?

Līdz kādai pakāpei ir iespējams pārslogot un citādā veidā ietekmēt infrastruktūru nedomājot kā to stabilizēt?

NELĪDZSVAROTS OGLEKĻA CIKLS KĀ GLOBĀLA PROBLĒMA

Kristians Azars, Gorans Berndess

OGLEKLIS – DZĪVĪBAS ELEMENTS

Cilvēka darbību būtiski ietekmē gan kopējais oglekļa daudzums, gan arī tā plūsma dabiskajā aprītē. Fosilajā kurināmajā esošā oglekļa sadedzināšana un mežu izzušana ir galvenie cēloņi tam, ka CO₂ koncentrācija atmosfērā ir palielinājusies par 30 %. Šis process turpinoties varētu izraisīt būtiskas klimata izmaiņas. Šajā nodaļā tiek sniegts ieskats par pašreizējo oglekļa izmantošanu dažādos veidos. Tiek izvērtēta arī oglekļa izmantošana nākotnes globālajā rūpniecībā un materiāli nodrošinātajā sabiedrībā, kurā mīt miljardiem cilvēku. Šāda pieeja izgaismo dažādus aspektus, kas ir nepieciešami, lai apspriestu sabiedrisko metabolismu nākotnes ilgtspējīgā sabiedrībā, ņemot vērā fosilā un biosfērā esošā oglekļa utilizācijas iespējas.

5.1. Oglekļa izmantošana mūsdienu sabiedrībā

Pārtikas un daudzu materiālu ieguvē cilvēki vēl ir pilnīgi atkarīgi no fotosintēzes produktiem, bet līdz pat 19. gadsimta vidum biomasas bija globālais enerģijas avots. Kaut gan pašlaik enerģijas apgādē dominē fosilais kurināmais, biomasas joprojām nodrošina vairāk par 10 % no globālās primārās enerģijas ieguves un tiek plaši izmantota jaunattīstības valstīs.

Mūsdienās fosilais kurināmais ir galvenais enerģijas avots globālajā energoapgādes sistēmā. Apmēram 75 % no globālās enerģijas apgādes balstās uz fosilo kurināmo, bet īpaši uz akmeņogļu, naftas un dabas gāzes izmantošanu. Sadedzinot gan fosilo kurināmo, gan biomasu, tajos esošais ogleklis palielina CO₂ emisiju. Biomasas sadedzināšanas emisija mazinās, ja to uztver atjaunotie augu stādījumi. Tādējādi biomasas attiecībā uz CO₂ var potenciāli nodrošināt

neitrālu enerģētikas tehnoloģiju. Pašreizējais fosilā kurināmā sadedzināšanas process paaugstina oglekļa dioksīda emisiju (pārēķinot uz elementāro oglekli) par 6,0 gigatonnām gadā. Savukārt zemes izmantošanas iespēju izmaiņas, it sevišķi tropisko mežu izciršana, rada vēl it kā papildu emisiju, ko var vērtēt ar vienu līdz divām gigatonnām oglekļa gadā.

SVARĪGĀKĀS MATERIĀLĀS PLŪSMAS

Globālā materiālu aprītē, kā tas ir parādīts logaritmiskajā diagrammā, ko ir sagatavojis Vupertāles institūts (skat. arī 3.2. attēlu), dominē tikai dažas materiālu kategorijas. Diagrammas augšpusē var redzēt akmeņogles, lignīnu un naftu, bet vēl lielākā daudzumā - ar tiem saistītos materiālus. Visām šīm aprītēm ir raksturīga saistība ar fosilo kurināmo un iekļaušanos dabiskajā oglekļa aprītē (oglekļa aprīte tiek apskatīta piektajā nodaļā).

Smilšu un grants plūsmas ir pat lielākas, tomēr to blakusvielu plūsmai nav lielas ietekmes uz vidi.

Samērā augstu diagrammā atrodas fosfāti, kalcija karbonāts, kas tiek izmantots cementa ražošanai, un sērs. Visas šīs vielas, pieskaitot vēl slāpekli, pieder pie makrobarības vielām, jo tās salīdzinoši lielos daudzumos ir nepieciešamas augiem. Šo vielu liela mēroga ietekme

izpaužas arī destruktīvās sekās - eitrofikācijā un vides skābuma palielināšanā. Par šo vielu apriti plašāk tiek stāstīts sestajā nodaļā.

Bez tam vēl ir metāli. Diagrammas augšējā daļā atrodas tikai daži no tiem: dzelzs, alumīnijs (no boksīta) un varš. Zemāk atrodas vesela rinda metālu, kurus izmanto īpašām vajadzībām. Tomēr šo metālu blakusvielu daudzums ir ievērojams. Varu blakusvielu ir apmēram 800 reizes vairāk nekā paša metāla. Turklāt vara ieguve ir gan destruktīva, gan arī dārga. Metālu aprīte aplūkota septītajā nodaļā.

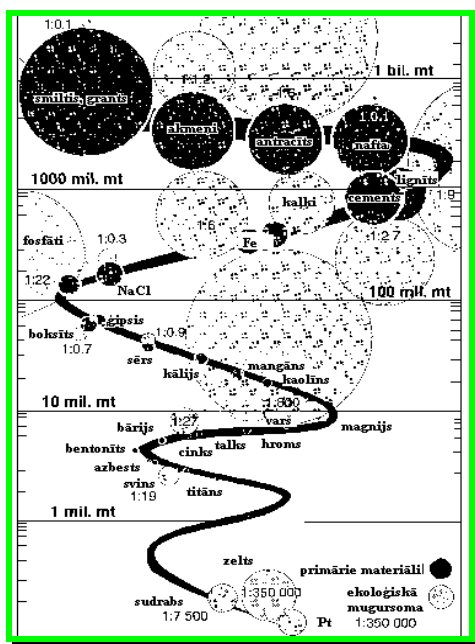
Visi minētie materiāli pārsvarā tiek iegūti no neatjaunojošiem resursiem. Ilgtspējīgas sabiedrības veidošana gan prasīs, lai šo materiālu aprīte ievērojami samazinātos, lai vairāk tiktu izmantoti atjaunojošie resursi un samazinātos blakusvielu daudzums.

Fosilā oglekļa izmantošana ir apmēram desmit reizes lielāka nekā kopējā visu metālu izmantošana. Bez tam jāņem vērā, ka fosilais kurināmais satur milzīgus daudzumus smago metālu un citu elementu. Elementu plūsma, kas ir saistīta ar izdalīšanos no fosilā kurināmā, ir daudz lielāka par kalnrūpniecības radīto elementu plūsmu procesā, kad iegūst atsevišķus

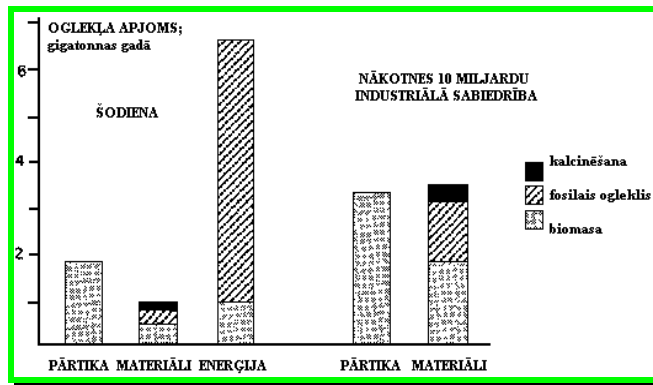
ķīmiskos elementus, piemēram, alumīniju (Al), vanādiu (V), litiju (Li), galliju (Ga), beriliju (Be), dzīvsudrabu (Hg), silīciju (Si), germāniju (Ge), sēru (S) un selēnu (Se) (*Azar, 1996*).

Fosilais ogleklis tiek izmantots, lai ražotu plastmasas un citus organiskus savienojumus, piemēram, smērvielas, šķīdinātājus un krāsvielas. Kad šie

savienojumi ir izmantoti un izmesti, tie pārvēršas atpakaļ savā dabiskajā veidā un arī rada CO₂ emisiju. Papildus tam rūpnieciskajā ražošanā ir virkne procesu, kas arī palielina kopējo CO₂ emisiju. Izmainot ražošanas procesus vai noteiktas tehnoloģiskās operācijas, var samazināt visu "siltumnīcas" efektu izraisošo gāzu noplūdi atmosfērā.



5.1. attēls. Pasaules ražošanas svarīgākās materiālu plūsmas.



5.2. attēls. Pašreizējais globālais nodrošinājums ar biomasu un fosilo oglekli pārtikas, materiālu un enerģijas apgādei. Ir parādīti arī scenāriji par biomasas un fosilā oglekļa izmantošanu pārtikas un materiālu nodrošināšanai nākotnes industrializētā sabiedrībā ar 10 miljardiem cilvēku. Fosilā oglekļa emisija atmosfērā no kalcinēšanas procesiem cementa ražošanā ir iekļauta un precīzi novērtēta materiālu sektorā.

Fosilā oglekļa izmantošana ir apmēram desmit reizes lielāka nekā kopējā visu metālu izmantošana. Bez tam jāņem vērā, ka fosilais kurināmais satur milzīgus daudzumus smago metālu un citu elementu. Elementu plūsma, kas ir saistīta ar izdalīšanos no fosilā kurināmā, ir daudz lielāka par kalnrūpniecības radīto elementu plūsmu procesā, kad iegūst atsevišķus ķīmiskos elementus, piemēram, alumīniju (Al), vanādiju (V), litiju (Li), galliju (Ga), beriliju (Be), dzīvsudrabu (Hg), silīciju (Si), germāniju (Ge), sēru (S) un selēnu (Se) (Azar, 1996).

Fosilais ogleklis tiek izmantots, lai ražotu plastmasas un citus organiskus savienojumus, piemēram, smērvielas, šķīdinātājus un krāsvielas. Kad šie savienojumi ir izmantoti un izmesti, tie pārvēršas atpakaļ savā dabiskajā veidā un arī rada CO₂ emisiju. Papildus tam rūpnieciskajā ražošanā ir virkne procesu, kas arī palielina kopējo CO₂ emisiju. Izmainot ražošanas procesus vai noteiktas tehnoloģiskās operācijas, var samazināt visu "siltumnīcas" efektu izraisīto gāzu noplūdi atmosfērā. Kaut gan ir daži gadījumi, kad "siltumnīcas" efektu izraisīto gāzu izdalīšanās ir raksturīga kādam

produktam, tomēr galvenā iespēja samazināt šo gāzu emisiju ir meklēt aizvietojošus materiālus un vielas. Cementa ražošana ir viens no tādiem piemēriem, kur tieši ar tehnoloģisko procesu saistītā emisija ir 40 % apjomā un to veido no iežiem izdalītais CO₂, kas rodas pie apdedzināšanas, jo ķīmiskā ziņā karbonāti pārvēršas par oksīdiem ar oglekļa dioksīda izdalīšanos.

No tā izriet, ka ķīmiskajā procesā izdalītā oglekļa dioksīda daudzums tomēr ir mazāks par to, kas rodas, sadedzinot kurināmo procesa augstās temperatūras nodrošināšanai. Nākotnē, globālajā industrializētajā sabiedrībā šāda veida emisijas pašas par sevi var sasniegt tādu līmeni, kas ir pietiekams, lai izraisītu atmosfēras gāzu proporciju izmaiņas tādā gadījumā, ja enerģētikas sektorā stāvokli izdotos stabilizēt.

Biomasas un fosilā kurināmā izmantošana izraisa arī oglekļa emisiju metāna veidā. Šāda veida emisijas rodas, noplūstot dabas gāzei, ja tiek izmantoti cauruļvadi, iegūstot akmeņogles, bioloģiskos procesos ar skābekli nabadzīgā vidē, piemēram, rīsa laukos vai arī kompostējot augu atliekas. Šāda veida globālā emisija ir apmēram 0,4 gigatonnas gadā, kas ir

apmēram divas reizes vairāk nekā dabiskā metāna emisija.

5.2. Oglekļa izmantošana desmit miljardu cilvēku industrializētā sabiedrībā

Globālās biomasas un fosilā oglekļa izmantošanu pārtikas, materiālu un enerģijas ieguvei vispusīgi parāda 5.2. attēls. Šajā attēlā ir ilustrēts pieņēmums attiecībā uz nākotnes biomasas un fosilā oglekļa pieprasījumu pārtikas un materiālu nodrošināšanai industrializētā sabiedrībā, kurā dzīvos desmit miljardi cilvēku. Tiek pieņemts, ka nākotnē globāli vidējais materiālās dzīves standarts uz vienu iedzīvotāju būs tāds pats kā pašlaik industriāli attīstītās valstīs. Šie dati doti 5.1. tabulā.

Tomēr nākotnes sabiedrības forma, kas ir aprēķinu pamatā, nav tiešs pašreizējās industrializētās pasaules atspoguļojums. Tehnoloģiskais progress sabiedrību ir virzījis uz to, lai tiktu uzlabota enerģijas un citu dabas resursu izmantošanas efektivitāte. Pamatinfrastruktūras veidošana ir viens no materiālietilpīgākajiem procesiem industrializētā sabiedrībā.

5.1. tabula. Vidējais pārtikas, organisko savienojumu un cementa patēriņš tipiskā industriālā sabiedrībā.

Pārtika	GJ/iedz.gadā
Augu valsts produkti	3,5
Dzīvnieku valsts produkti	1,5 a
Organiskie materiāli	kg sauses/iedz.gadā
Papīrs un kartons	150
Zāģmateriāli un koka paneļi	190
Tekstilizstrādājumi	20
Cita kokapstrādes rūpniecības produkcija	50
Plastmasas no naftas ķīmijas rūpniecības	70
Cita naftas rūpniecības produkcija	100
Cements b	470 kg/iedz.gadā

a - piegādes prasības ir ievērojami lielākas par 1,5 GJ, jo pastāv enerģijas zudumi, pārvēršot mājdzīvnieku barību par dzīvnieku valsts produktiem; b - globālā mērogā kalcinēšanas process gadā rada 0,17 Gt oglekļa, kas tiek emitēts atmosfērā. Avots – Karlsson, 1996.

Vairāk nobriedusi industrializētā sabiedrība, kam raksturīga galvenokārt struktūras vai sistēmas uzturēšana un nevis plaši jaunas infrastruktūras elementu celtniecības darbi, varētu pieprasīt mazāk materiālu. Piemēram, mēs varētu pieņemt, ka globāli vidējais cementa patēriņš uz vienu iedzīvotāju ir 280 kg gadā. 1988. gadā Ekonomiskās sadarbības un attīstības organizācijas (OCED) valstīs cementa patēriņš bija vidēji 470 kg uz vienu iedzīvotāju gadā, bet bijušajā PSRS un Austrumeiropas valstīs - tikai nedaudz mazāks.

Kā izriet no 5.2. attēla, pat ņemot vērā efektīvāku materiālu izmantošanu, plūsma tomēr būs daudz lielāka, jo nākotnes prasības pēc pārtikas un materiāliem būs lielākas, nekā tās ir šodien, kā arī iedzīvotāju skaits palielināsies ātrāk, nekā paaugstināsies globāli vidējais dzīves līmenis. Tas nozīmē, ka aptuveni pieņemtais nākotnes biomasas patēriņš pārtikas un materiālu ražošanai varētu būt apmēram trīs reizes lielāks, salīdzinot ar pašreizējo. Tātad varam secināt, ka pieprasījums tikai pēc pārtikas un materiāliem vien būtiski palielinās jau tā augošo cilvēces vēlmi piesavināties globālo biomasas produkciju.

Kopējo enerģijas patēriņu nākotnes industrializētajā sabiedrībā iespējams novērtēt tikai aptuveni, bet neapšaubāmi tas būs daudz lielāks nekā pašreizējā globālā enerģijas izmantošana. Nākotnes augstas efektivitātes enerģijas izmantošanas scenārijs desmit miljardiem pasaules iedzīvotāju paredz vismaz divas līdz trīs reizes lielāku enerģijas patēriņu nekā pašlaik.

Piemēram, globālā enerģijas izmantošana (primārās enerģijas veidā) 1990. gadā bija aptuveni 385 eksadžouli. Šīs globālās enerģijas daudzuma dubultošanās pēc analogijas varētu atbilst 38 miljardiem tonnu biomasas vai nedaudz vairāk par 17 gigatonnām biosfēras oglekļa gadā. Pārtikas un materiālu ražošanas sektora blakusprodukti un atlikumi varētu kalpot kā enerģijas avoti, tomēr galveno biomasas enerģijas daļu nāksies iegūt no plantācijām, kurās audzēs enerģētiski izdevīgus augus (Halb, 1993). Salīdzinājums par biomasas paplašināto izmantošanu pārtikas un organisko materiālu ražošanai mūsdienās un nākotnē (5.2. attēls) pieļauj mums spriest šādi: ja biomasas izmantošanu enerģijas ieguvei uzskatītu par būtiski svarīgu globālās enerģijas piegādātāju, tad plantāciju izveidošana enerģētiski izdevīgu augu audzēšanai varētu parādīties kā jauna zemes antropogēnās izmantošanas forma, kas pēc apjoma būtu salīdzināma ar lauksaimniecību un mežsaimniecību.

Tātad pamatjautājums ir tāds: kādas ir oglekļa izmantošanas perspektīvas nākotnes enerģijas apgādē, ja arvien intensīvākā apmērā tiek iesaistīts fosilais ogleklis un paplašināta biomasas izmantošana?

5.3. Fosilā kurināmā ierobežojumi

Ievērojamu un ātru klimata izmaiņu riska faktors ir bijis par iemeslu, ka ļoti daudzu valstu valdības ir apspriedušas un parakstījušas ANO konvenciju "Par klimata pārmaiņām". Konvencijas galvenais mērķis ir

"sasniegt "siltumnīcas" efektu izraisošo gāzu koncentrācijas stabilizāciju atmosfērā tādā līmenī, kas neradītu bīstamu antropogēnu ietekmi uz klimatu. Par "siltumnīcas" efekta gāzēm sauc gāzes, kas spēj mainīt radiācijas līdzsvaru atmosfērā. Svarīgākā no antropogēnām "siltumnīcas" gāzēm ir oglekļa dioksīds.

Tomēr nav panākta vienošanās par līmeni, līdz kuram būtu nepieciešams pazemināt CO₂ koncentrāciju, lai sasniegtu šo izvērsto mērķi. 5.2. tabulā ir parādīti vairāki pieņēmumi par iespējamo emisijas akumulāciju, kas stabilizētu dažādas CO₂ koncentrācijas atmosfērā.

Stokholmas Vides institūts uzskata, ka globālās temperatūras paaugstināšanās par 2 °C ir stipri riskanta izmaiņa, un, ja mēs gribētu sekot ieteiktajām rekomendācijām, tad nāktos stabilizēt atmosfēras CO₂ koncentrāciju pie 420 daļām uz miljonu pēc tilpuma. 2,5 °C temperatūras paaugstinājums jau ir CO₂ ekvivalenta dubultojums, pieņemot, ka citu "siltumnīcas" efektu izraisošo gāzu efektivitāte ir 1W/m². Pirmajā tuvinājumā varētu uzskatīt, ka tas atbilst emisijai 5,6 gigatonnas oglekļa gadā. Stokholmas Vides institūts pauž viedokli, ka maksimālais izmaiņu ātrums nedrīkstētu pārsniegt 0,1 °C desmitgadē, kas savukārt prasītu pat vēl stingrāk ierobežot CO₂ emisiju.

Pieņemot, ka klimats ir ļoti jutīga vide, CO₂ koncentrācijas stabilizāciju vajadzēja sākt jau pie 325 oglekļa dioksīda daļām uz miljonu pēc tilpuma, kas faktiski bija daudz zemāks līmenis nekā pašlaik esošais.

5.2. tabula. Stabilizācijas scenāriji. Emisiju akumulēšanās, ja tiek sasniegti dažādi CO₂ stabilizācijas līmeņi atmosfērā.

CO ₂ koncentrācija, daļas uz miljonu, pēc tūluma	Iespējamā temperatūras izmaiņa, °C a	Akumulētā emisija 1990. - 2100., Gt oglekļa	Vidējā emisija 1990. - 2100., Gt oglekļa gadā
350	0,8 - 2,5	300 - 430	2,7 - 3,9
450	1,4 - 4,1	640 - 800	5,8 - 7,3
550	1,8 - 5,4	880 - 1060	8,0 - 9,6
650	2,1 - 6,4	1000 - 1240	9,1 - 11,3
750	2,4 - 7,3	1220 - 1420	11,1 - 12,9

a - iespējamo temperatūras izmaiņu līmenis ir novērtēts, pamatojoties uz IPCC datiem, kas ir 1,5 - 4,5 °C uz CO₂ ekvivalenta dubultošanos. Aprēķinos vēl ir iekļauts pieņēmums par 1 W/m² radiāciju, ko papildus rada citas "siltumnīcas" gāzes. Aprēķinos netika ietverts aerosolu radītais efekts. Pirmsindustriālajā periodā CO₂ koncentrācija atmosfērā bija apmēram 280 daļas uz miljonu. Avots - IPCC, 1995.

Bet, lai sasniegtu izvirzīto mērķi, būtu nepieciešams, ka globālā emisija nepārsniedz līmeni 2,5 gigatonnas oglekļa gadā.

Ielūkojoties tālākā nākotnē un vērtējot iespējamo stāvokli, CO₂ emisiju vajadzētu būtiski samazināt, pat zemāk par pieļaujamo mūsu pašu izvēlēto līmeni. Ir konstatēts, ka stabilizācija pie līmeņa 500 daļas uz miljonu vai nedaudz zem tā varētu prasīt emisijas samazināšanos vismaz līdz 0,2 gigatonnām gadā. Bez tam šajos aprēķinos pieņemts, ka netiek izmainīti jau uzkrātā oglekļa krājumi Zemes biomasā.

Tas nozīmē, ka ļoti ilgā laika perspektīvā, apmēram pēc 2100. gada, pat plastmasas nāksies izgatavot no biomasas un nevis no citiem materiāliem. Neapšaubāmi, ka nepārtraukti nāksies palielināt arī augsnes bioloģisko produktivitāti. Būs jārēķinās arī ar to, ka mūsu iedomātā desmit miljardu industrializētā sabiedrībā pat kopā ar cementa ražošanas emisiju nedrīkstēs pārsniegt 0,2 gigatonnu oglekļa gada limitu.

Noslēgumā ir nepieciešams piezīmēt, ka principā ir iespējams samazināt CO₂ emisiju no fosilā kurināmā. To var veikt, vai nu dekarbonizējot izplūdes gāzes stacionāros sadedzināšanas uzņēmumos vai arī dekarbonizejot pašu kurināmo, pārvēršot to par ūdeņradi. Tomēr joprojām nav atbildes uz daudziem jautājumiem, kas attiecas uz izdalītā CO₂ uzglabāšanu un kurināmā transformācijas procesu.

5.4. Biomasas izmantošanas ierobežojumi un globālā produktivitāte

Kādas tad ir tās perspektīvas, kas dubultlielam globālam iedzīvotāju daudzumam nodrošinātu tipiskas industriāli attīstītas valsts dzīves līmeni, turklāt apzinoties, ka pašlaik lielākajā pasaules daļā šis līmenis ir salīdzinoši zemāks? Vai ir iespējams visus apgādāt ar pietiekamu biomasas daudzumu pārtikai, materiālu ražošanai un enerģijas nodrošināšanai,

īstenojot ilgtspējīgas jeb biodinamiskas lauksaimniecības metodes, kas nodrošina bioloģiskās daudzveidības saglabāšanu un augsnes ilgtermiņa bioloģisko produktivitāti mums pieejamā veidā?

Globālie primārās produktivitātes parametri var tikt izmantoti, lai novērtētu potenciālās biomasas pieejamību cilvēces vajadzībām. Diemžēl šie dati svārstās diezgan plašās robežās, tomēr 40 līdz 60 gigatonnas oglekļa gadā attiecībā uz kontinentiem un 20 - 30 gigatonnas oglekļa gadā attiecībā uz Pasaules okeānu varētu izmantot kā pamatlīmeņus (Ajaty, 1979). Lai novērtētu, cik daudz biomasas ir iespējams izmantot, primārās produktivitātes parametrus ir nepieciešams samazināt par lielumu, kas attiecas uz heterotrofu respirāciju. Atskaitot no primārās produktivitātes kopējo atkritumu daudzumu, tātad starpību starp dzīvīem un mirušiem organismiem, var iegūt aptuvenu ikgadējo biomasas pieaugumu.



5.3. attēls. Varētu domāt, ka pasaules iedzīvotāju skaits divdesmit pirmajā gadsimtā varētu sasniegt 10 miljardus. Indijā iedzīvotāju skaits palielinās ļoti strauji un jau tagad tuvojas vienam miljardam. Tomēr Indijas resursi ir ierobežoti.

Sākot ar sauszemes produktivitāti, globālais ikgadējais visu mežu, pļavu un kultūraugu sējumu biomasas pieaugums ir gandrīz 14 gigatonnas oglekļa gadā. Protams, ka šāda veida pieņēmums, no vienas puses, nav pietiekami korekts, jo ir neskaidrības par dažiem parametriem, tai skaitā arī par ikgadējiem biomasas atkritumiem. Jāzina, ka šādos aprēķinos nedrīkst ņemt vērā augu apakšzemes daļu (saknes). Bet, no otras puses, šis pieņēmums ir spēkā tikai mums pazīstamajai un tagad pastāvošajai ekosistēmu struktūrai un izplatībai. Globālie primārās produktivitātes parametri, kas attiecas uz biomasas izmantošanas pieaugumu, var ievērojami palielināties, esošām ekosistēmām transformējoties, piemēram, mežus un pļavas aizvietojo ar īslaicīgas aprites koku stādījumiem.

Līdz ar ekosistēmas briedumu un daudzveidību palielinās kopējā respirācija (autotrofā un heterotrofā). Pilnā briedumā esošas ekosistēmas kopējā respirācija līdzinās maksimālai primārai produktivitātei, bet biomasas inkrements tuvojas nullei. Cilvēku veidotās ekosistēmās raža tiek novākta, pirms tiek sasniegts pilnīgs briedums, un tāpēc respirācija ir mazāka par kopējo primāro produktivitāti.

Tādējādi šis aprēķins parāda tikai kvalitatīvu vērtējumu par iespējamo zemes biomasas ražu. Tomēr salīdzinājums ar iepriekšējiem apsvērumiem par sabiedrības prasībām, kas ir parādītas 5.2. attēlā, atklāj, ka tas patiešām ir mazāks, bet varētu būt tāda paša mēroga kā globālais iespējamais zemes biomasas inkrements.

5.5. Jūru izmantošana

Novērtējot ūdens vides produktivitāti, aina ir gluži atšķirīga. Planktons parasti veido vairāk par 80 - 90 % no Pasaules okeāna primārās produktivitātes. Salīdzinot okeāna primāro produktivitāti ar ikgadējo nozveju, var pārliecināties, ka tikai neliela daļa no iespējamās "ražas" ir pieejama cilvēcei, jo noķerto zivju daudzumu var vērtēt ar apmēram 0,02 megatonnām oglekļa gadā. Vispārīgā veidā varētu teikt, ka zvejniecība zināmā mērā atbilst augu vākšanai un medniecībai, kas tika ilgaicīgi praktizētas kā galvenās stratēģijas, lai iegūtu dabas bagātības pirms vairāk

nekā tūkstoš gadiem. Zivju akvakultūras jeb zivsaimniecības ekspansija, ko vērtē kā potenciālu iespēju nodrošināt ievērojamu daļu no zivju apgādes, varētu salīdzināt ar dzīvnieku pieradināšanu un ganību lopkopību. Nozvejas stratēģija izmantot tropu joslas platuma grādus zināmā mērā ir attaisnojusies, ņemot vērā primārās produkcijas sadales proporcionalitāti. Analogiju varētu saskatīt arī starp sauszemes augu audzēšanu un augu akvakultūrām. Kā piemēru par augu akvakultūrām varētu minēt ūdens liliju (hiacinšu) audzēšanu, ko var izmantot kā lopbarību cūkām, mēslojumu vai enerģijas avotu (iegūstot no šiem augiem metānu).

Tomēr mūsdienās biomasas daļa, kas tiek iegūta no ūdens vides, ir proporcionāli ļoti maza, salīdzinot ar kopējo sabiedrībā patērēto biomasu. Zivis ir ļoti nozīmīgs proteīna avots pārtikā, it īpaši daudzās jaunattīstības valstīs, tomēr to ieguldījums kopējā pārtikas enerģētikā (vai izsakot oglekļa vienībās) ir ļoti niecīgs. Vēl vairāk, dažas pazīmes norāda, ka zivju nozveja ir tuvu pieļaujamiem limitiem daudzos Pasaules okeāna reģionos un pat pārsniedz tos. Tas nozīmē, ka zivju īpatsvars kopējā pasaules pārtikas apgādē, iespējams, samazināsies pat tādā gadījumā, ja notiks krasa zivsaimniecības ekspansija. Augu akvakultūras ekspansijas iespējamību tik lielā mērā, lai tā varētu konkurēt ar kopējo pasaules biomasas produktivitāti, ir samērā grūti novērtēt. Tādējādi diskusiju šīs nodaļas turpinājumā par globālo biomasas ražošanu un ieguvī cilvēces vajadzībām vajadzētu vairāk orientēt uz sauszemes ekosistēmām.

5.6. Lielāku zemes platību iesaistīšana aprītē

Principā ir iespējami divi veidi, kā varētu palielināt kopējo biomasas daudzumu pārtikas, materiālu un enerģijas vajadzībām:

- 1) izmantot vairāk zemes praktiskām vajadzībām,
- 2) palielināt biomasas ražu zemes laukuma vienībās.

Kopējā sauszemes platība ir 13 miljardi hektāru (Gha). Lielai daļai no Zemes virsmas vajadzētu būt klātai ar mežiem, ja nebūtu bijis intensīvas cilvēka darbības. Tomēr ir notikušas

plaša mēroga Zemes virsmas pārvērtības, it īpaši pēdējos gadsimtos. Kopš 18. gadsimta sākuma ir izzuduši gandrīz 20 % no Pasaules mežiem. Tajā pašā laikā strauji ir paplašinājusies lauksaimniecība. Tīrumu platība ir palielinājusies par vairāk nekā 450 %, bet dabiskie zālāju masīvi un meži ir pārvērtušies kultivētās ganībās. Blīvi apdzīvotu industriālo valstu meži vairumā gadījumu ir mākslīgi veidoti.

Daudzveidīgā uzspiestā darbība ir lielu daļu pasaules sauszemes pārvērtusi par neizmantojamu graudkopībai. Ir jāņem vērā arī tas, ka apmēram 70 - 80 % no sauszemes platības klāj ledāji vai arī tā ir pārāk auksta, pārāk sausa, pārāk stāva, pārāk zema, pārāk mitra vai pārāk trūcīga ar barības vielām, lai to varētu kultivēt. Pašlaik apmēram 1,5 Gha zemes tiek izmantoti, lai audzētu pārtikas vai lopbarības graudaugus. Tiek vērtēts, ka kopējā iespējamā zemes platība, ko varētu izmantot graudaugu audzēšanai, varētu būt robežās no 2,7 līdz 4,0 Gha (*Alexandrates, 1995*). Papildus vēl būtu nepieciešami 3 līdz 4 Gha ganībām. Pašlaik apmēram 4 Gha no planētas klāj meži.

Kaut gan kopējā potenciālā platība graudaugu sējumu platību paplašināšanai šķiet liela, tomēr arī tai ir noteiktas robežas. Tāpat potenciāli apstrādājamās zemes produktivitāte var būt atšķirīga, un lielākai tās daļai produktivitāte varētu būt vidēja vai zema, jo vairumā valstu labākās zemes jau tiek intensīvi izmantotas. Pāri par 70 % potenciāli izmantojamo zemju ir raksturīgas tādas nevēlamas īpatnības kā stāvas nogāzes, smilšainas augsnes, un būtu pat vēlams tās atstāt zem dabiskās augu segas.

Līdz ar lielāku zemes platību iesaistīšanu lauksaimnieciskā aprītē pieaug augsnes erozijas un degradācijas risks tāpēc, ka dabiskā veģetācija augsnes struktūru aizsargā labāk. Šādu vērtējumu varētu attiecināt arī uz ganībām. Pārāk intensīva ganību izmantošana noved pie pārmērīgas zāļaugu noganīšanas un veģetatīvās segas samazināšanās, un beidzot - pie augsnes degradācijas. Tātad līdzās dabiskās veģetācijas aizvietošanas progresējošai ekoloģiskai ietekmei, pārāk intensīvi izmantojot lauksaimnieciskās zemes un ganības, nākas rēķināties arī ar nepieciešamību iesaistīt aprītē arvien jaunas platības. Tas ir nepieciešams,

lai segtu zudumus, kas rodas augsnes erozijas, pārsāļošanās un citu nelabvēlīgu pārvērtību dēļ, tātad - augsnes degradācijas rezultātā tās nekorektas izmantošanas dēļ. Lauksaimnieciski izmantojamo zemju degradācijas apturēšana un jau degradēto zemju rekultivācija ir ļoti nozīmīgi procesi globālās lauksaimniecības darba kārtībā, lai nodrošinātu pietiekamu produkcijas ražošanu.

Ir vēl cits faktors. Ne visa potenciāli iespējamā zeme lauksaimnieciskām vajadzībām varētu patiešām būt reāli izmantojama. Cilvēku mājokļiem un infrastruktūras vajadzībām atsavināto zemju ekspansija bieži veicina lielus bioproduktīvu zemju zudumus. Šķiet, ka šis process turpināsies, jo gan pasaules iedzīvotāju skaits, gan ienākumu līmenis uz vienu iedzīvotāju, domājams, arī turpinās palielināties.

Ja kāds vērtē potenciālās iespējas mežus izmantot koksnes ieguvei, viņam ir jāņem vērā, ka liela daļa no mežu teritorijas var izrādīties neizmantojama. Piemēram, vietās, kur mežu izmantošana ir ierobežota tiesiski, ekonomiski vai tehniski vai, ja produktivitāte ir pārāk zema, vai

ieguves izmaksas pārāk lielas, komerciālā darbība kļūst neizdevīga. Ir svarīgi atšķirt dažādus mežu tipus, tādus kā mērenās joslas meži un tropiskie meži, jo iegūstamās koksnes potenciāls var krasi atšķirties. Bez tam ir jāņem vērā arī bioloģiskās daudzveidības aspekti.

Ņemot vērā visu iepriekš teikto, ir jāsecina, ka nākotnē arvien vairāk zemes platību tiks izmantotas graudaugu audzēšanai un mājdzīvnieku ganībām, bet lielā mērā uz mežu platību rēķina. Un arvien lielākas mežu platības tiks iekļautas komerciālās darbības aprītē.

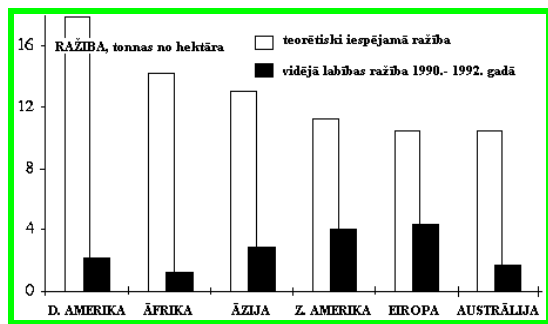
5.7. Pieaugošs produktivitātes potenciāls

Izmantojot informāciju par fotosintēzes efektivitāti, kā arī augsnes un klimata apstākļiem, ir iespējams atsevišķām graudaugu šķirnēm noteikt teorētiski maksimālo ražību. Kaut gan tas ir tīri teorētisks mēģinājums, tomēr tas var kalpot kā robežlīnija, ar kuru varētu salīdzināt pašreizējo ražību un potenciālās iespējas. Šāds salīdzinājums ir parādīts 5.4. attēlā.

Kā redzams, Eiropa ir kontinents, kur pašreiz ir visaugstākās ražas,

neskatoties uz to, ka teorētiski iespējamā maksimālā ražība varētu būt augstāka citos kontinentos. To varētu uzskatīt arī kā labu ilustrāciju modernās tehnoloģijas pielietojumam Eiropas lauksaimniecībā. Bez tam no 5.4. attēla izriet, ka pastāv milzīgs potenciāls, lai palielinātu lauksaimniecības produkciju jau pastāvošajā sistēmā. Līdz ar to izvirzās kāds ļoti svarīgs jautājums pasaules lauksaimniecībā. Tas ir – kāda nozīme ir neindustriālo valstu pārejai no tradicionālās lauksaimniecības, kas balstās uz izmantojamo zemju paplašināšanu kopējās produkcijas daudzuma palielināšanai, uz moderno lauksaimniecību, kur galvenā iespēja palielināt kopējo produkcijas daudzumu ir augstākas ražas.

Ja visos pasaules kontinentos caurmērā izdotos sasniegt Eiropas ražu līmeni, kas teorētiski ir iespējams, tad tās pašas zemes platības, kas saražo mazāk par 2 miljardiem tonnu graudu, varētu nodrošināt vairāk nekā 3,5 miljardus tonnu. Citiem vārdiem sakot - **globālo graudaugu ražu varētu palielināt par 75 % bez jebkādas graudaugu tīrumu platības palielināšanas.**



5.4. attēls. Teorētiski iespējamā maksimālā ražība dažādos kontinentos, kas ir izteikta ar graudu ekvivalentu, salīdzinot ar vidējo 1990. - 1992. gadu ražību. (Plucknet, 1993; Pasaules resursu institūta 1994. gada dati)

Varētu minēt, ka Dienvidamerikai, Āfrikai un Āzijai ir pieredze, kā iegūt neiedomājami lielu kopējās graudu ražas pieaugumu, salīdzinot ar neseniem laikiem.

Ir svarīgi uzsvērt arī to nepieciešamo milzīgo ieguldījumu, kas ir vajadzīgs, lai sasniegtu šo lielo daļu no teorētiski iespējamās Eiropas ražības arī citur pasaulē. Svarīgs faktors lauksaimniecībā ir dabisko apstākļu ierobežojums, kā, piemēram,

ūdens, kas var radīt nopietnas grūtības ražības paaugstināšanā daudzos reģionos. Rūpīgs reģionu izvērtējums ir ļoti nepieciešams, lai labāk izprastu produktivitātes paaugstināšanas perspektīvas dažādās pasaules vietās.

Līdzīgā veidā pastāv potenciālas iespējas paaugstināt arī mežu zemju ražību. Pagaidām vēl nav iespējams noteikt ražību ilgtspējīgās mežu platībās, kurās vērojama bioloģiskās

d daudzveidības saglabāšanās, it īpaši tropiskajos mežos.

Tropiskajās valstīs tiek domāts par mežu plantāciju veidošanu pašreizējos mežu līdumos, lai arī nākotnē varētu nodrošināt koksnes iegūšanu. Tomēr nākošajās pāris desmitgadēs lielākoties koksnes ieguvei nodrošinās, veicot selektīvu izciršanu dabiskos mežos.

5.8. Biomasas enerģija

Noslēgumā derētu atzīmēt, ka ierobežotais biomasas daudzums tomēr nenozīmē to, ka no biomasas iegūtajai enerģijai būtu maza loma. Vispirms ir jāuzsver, ka enerģētikā var ļoti labi izmantot biomasu un, ka tai var būt pat dominējoša loma nacionālā vai reģionālā līmenī. Vairākās valstīs ap Baltijas jūru, piemēram, Zviedrijā un Somijā, biomasai ir pietiekams potenciāls, lai tā kļūtu par galveno enerģijas avotu.

Biomasai varētu būt arī ļoti svarīga loma pārejas fāzē no fosilā kurināmā uz atjaunojošiem enerģijas avotiem. Viens no iemesliem ir tas, ka šajā fāzē, teiksim, starp mūsdienām un 2030. gadu, globālais iedzīvotāju skaits un oglekļa patēriņš uz vienu iedzīvotāju varētu būt mazāks nekā šeit aprakstītais. Tas nozīmē, ka pāversies lielākas iespējas biomasas izmantošanai enerģētikas vajadzībām.

Otrs iemesls ir tas, ka biomasas izmantošanas tehnoloģija ir vairāk attīstīta un ir daudz lētāka nekā tieša

Saules enerģijas pārvēršana. Kas attiecas uz Saules enerģiju, tā varētu būt galvenais enerģijas avots nākotnes ilgtspējīgā sabiedrībā. Bez tam biomasas enerģijas izmantošana var dot arī daudz vides un ekonomisko labumu: piemēram, veicināt sākotnējo degradēto augšņu atjaunošanu, lauku industrializāciju un darba vietu radīšanu attīstošās valstīs, kā arī piedāvāt iespējas atteikties no lauksaimniecības subsidēšanas industriāli attīstītās valstīs.

BARĪBAS VIELU PLŪSMAS UN DRAUDI VIDEI

Barības vielas vidē

Makroelementi - slāpeklis (N), sērs (S), fosfors (P), kalcijs (Ca), kālijs (K), nātrijs (Na) un magnijs (Mg) - organismam ir nepieciešami relatīvi lielā daudzumā. Šo elementu kā vides elementu statuss un to pieejamība ir ļoti svarīgas īpašības, kas nodrošina ekosistēmu pastāvēšanu, attīstību un vitalitāti.

Makroelementu pārvērtības dabā ir lielā mērā saistītas ar bioloģiskiem procesiem. Šie plaši izplatītie procesi būtiski ietekmē vides stāvokli, piemēram, augsnes skābumu,

virszemes ūdeņu un atmosfēras ķīmisko sastāvu, kā arī starojuma bilanci. Zemes evolūcijā bioloģiskiem procesiem bija izšķiroša loma, veidojot makroelementu dabiskos ciklus, kas tagad nosaka biotu apstākļus dažādās ekosistēmās.

Tomēr nākas pievērst uzmanību arī cilvēka darbības ietekmei uz makroelementu dabiskiem cikliem, ne tikai tāpēc, lai palielinātu barības vielu nodrošināšanu ekosfērā un dabisko ciklu intensifikāciju, bet arī lai mazinātu antropogēno spiedienu uz ekosfēru un vēlreiz pārkārtotu barības vielu sadalījumu tajā.



6.1. Pieaugošā slāpekļa savienojumu plūsma

Svarīgākās novirzes dabiskajā slāpekļa savienojumu plūsmā izraisa slāpekļa aprites cikla intensifikācija un pieaugošā slāpekļa fiksācija. Globālās slāpekļa fiksācijas koeficients varētu būt starp 2 un 3, kā tas izriet no 6.1. tabulas.

Pie pašreizējā slāpekļa fiksācijas līmeņa saistītā slāpekļa uzkrāšanās 50 līdz 100 gadu laikā varētu atbilst kopējam slāpekļa savienojumu daudzumam, kas jau ir uzkrāts dzīvā biomasā. Baltijas reģionā antropogēnais ieguldījums atbilst pat lielākam palielinājumam nekā dabiskā slāpekļa fiksācija, piemēram, mežos, kur gadā uz vienu hektāru rodas 1 līdz

2 kg slāpekļa savienojumu, pārrēķinot uz elementāro slāpekli.

Slāpekli var saistīt rūpnieciskā veidā sintezējot amonjaku. Amonjaks ir viens no ķīmiskās rūpniecības pamatvielām, bet slāpekļa savienojumi ir plaši izplatīti kā dažādu mums pazīstamu izstrādājumu sastāvdaļas, piemēram, neilons. Tomēr minerālmēslu ražošana lauksaimniecības vajadzībām stimulē amonjaka pieprasījumu un vienlaicīgi arī nodrošina galveno daļu antropogēni saistīta slāpekļa apkārtējā vidē. Lai palielinātu augu ražību, tiek veicināta arī slāpekļa savienojumu bioloģiskā veidošanās, izmantojot šim nolūkam īpašas augu sugas, kas fiksē atmosfēras slāpekli (simbiozes veidā). Lieli slāpekļa savienojumu daudzumi ir uzkrājušies organiskajā augsnē. Augsnes lauksaimnieciska

izmantošana bieži diezgan ātri to noplicina, bet tas nozīmē, ka radušies slāpekļa savienojumu krājumi strauji izsīkst līdz ar citiem organiskiem savienojumiem.

Slāpekļa savienojumi atmosfērā nonāk arī degšanas procesos. Šāda veida slāpekļa savienojumiem var būt divi izcelsmes avoti. Daļa ir saistīta ar gaisa "sadeģšanu", kad elementārais slāpeklis augstās temperatūrās pārvēršas par slāpekļa oksīdiem ("termiskais slāpeklis"). Bez tam slāpeklis ietilpst arī kurināmajā ("kurināmā slāpeklis"). Saistītā slāpekļa daudzums, kas atrodas sadedzināmajā fosilajā kurināmā, globālā mērogā varētu tikt vērtēts ar 60 Mt gadā. Šis lielums ir salīdzināms ar slāpekļa savienojumu daudzumu minerālmēslos (6.2. tabula).

6.1. tabula. Globālā slāpekļa fiksācija dabiskos un antropogēnos procesos (Galloway, 1995).

<i>Dabiskie procesi</i>		<i>Antropogēnie procesi</i>	
Bioloģiskā fiksācija	Mtonnas gadā	Rūpnieciskā ražošana	Mtonnas gadā
uz zemes	90 - 130	minerālmēslu ražošana	78
okeānā	40 - 200	bioloģiskie procesi	43
Elektriskā izlāde	3	Dedzināšana	21

6.2. tabula. No fosilā kurināmā izdalītā slāpekļa savienojumu apjoms 1989. gadā.

<i>Fosilais kurināmais</i>	<i>Globālā izmantošana, MJ/gadā</i>	<i>Saistītais slāpeklis, svara %</i>	<i>Siltumspēja, MJ/kg</i>	<i>Izdalītais slāpeklis, Mtonnas/gadā</i>
Akmeņogles	94	1,5 (1 - 2)	27	52
Nafta	130	0,3 (0,1 - 2,0)	42	9,3
Dabas gāze	72	necīgs	49	-
Kopā	296			61

6.3. tabula. Procesī, kas palīdz samazināt slāpekļa savienojumu koncentrāciju ekosfērā.

<i>Dabiskais process</i>	<i>Antropogēns process</i>
Sadalīšana	Sadalīšana
Bioloģiskā denitifikācija	Bioloģiskā denitifikācija
Pirodenitifikācija	Pirodenitifikācija
N ₂ O fotolīze	Katalītiskie procesi
Noplūde no litosfēras	
Sedimentācija	

Tomēr tikai daļa "kurināmā slāpekļa" no dedzināšanas procesa tehnoloģiskām iekārtām izklūst vidē, jo tiek pielietota pirodenitrifikācijas reakcija vai arī citas slāpekļa noplūdes samazināšanas metodes, kas ierobežo tā emisiju. Kopējo efektu uz saistītā slāpekļa līdzsvaru ekosfērā faktiski nosaka kurināmā avoti. Kas attiecas uz fosilo kurināmo, tā ieguldījums slāpekļa savienojumu emisijā ir ievērojams, bet biomasas sadedzināšana parasti neizraisa bažas par slāpekļa savienojumu nokļūšanu gaisā. Pārsvārā slāpekļa savienojumi tiek emitēti atmosfērā dažādu slāpekļa oksīdu veidā, kurus dažkārt apzīmē ar NO_x.

Saistītais slāpeklis atstāj ekosfēru, slāpekļa savienojumiem sadaloties līdz molekulārajam slāpeklim, respektīvi - N₂. Tas notiek galvenokārt bioloģiskās denitifikācijas veidā, kad nitrāti pārvēršas par N₂ (6.3. tabula).

Daļa no slāpekļa savienojumiem sedimentācijas ceļā tiek izslēgti no ķīmiski aktīvas darbības biosfērā.

Slāpekli saturošu bioloģisko materiālu sadedzināšana arī var veicināt slāpekļa savienojumu daudzuma samazināšanos ekosfērā. Tropos biomasas sadedzināšana tiek vērtēta ar 5 - 52 Mt organiskā slāpekļa savienojumu zudumu, kas atbilst novērtīgai daļai no kopējā bioloģiski saistītā slāpekļa daudzuma šajā

reģionā un rada pat zināmu deficīta stāvokli.

Ar slāpekļa savienojumiem bagātas biomasas, piemēram, koksnes ieguves atkritumu sadedzināšana krāsns ar zemu saistītā slāpekļa emisiju (ko var regulēt samērā plašās robežās) rezultējas kā samērā efektīva pirodenitrifikācija. Šādu paņēmieni varētu ieteikt, lai rūpnieciski attīstītās valstīs kompensētu slāpekļa savienojumu pārpilnību nokrišpos.

Bet kur paliek visi papildus radušies slāpekļa savienojumi? Cik daudz no tiem var tikt aizskaloti ar nokrišņiem un uzkrāties zemes virskārtā vai kādā citā ekosfēras vietā? Cik daudz no visiem slāpekļa savienojumiem varētu denitrificēt? Diemžēl lielākoties uz šiem jautājumiem atbildes vēl nav rastas (Galloway, 1995).

6.2. Sēra savienojumu izplatība ekosfērā

Sērs reducētā veidā ir viegli oksidējams un spēj izraisīt ievērojamu vides paskābināšanos. Lielākās cilvēka radītās problēmas saistās ar sēra dabiskās aprites ciklu, kas tiek ievērojami ietekmēts saistībā ar sēra savienojumu emisiju atmosfērā vai nepilnīgi oksidēto sēra savienojumu uzkrāšanos Zemes virskārtā. Savukārt sērs tiek iegūts no litosfēras dažādā veidā:

- ar minerāliem, kas ir bagāti ar sēru, piemēram, elementāro sēru vai pirītu, un kas tiek iegūti tieši to lielā sēra saturā dēļ,
- kā sēra savienojumu piemaisījumi fosilajam kurināmajam,
- kā metālu sulfīdu rūdas,
- kā sulfāti, galvenokārt gipsis.

Pirmie trīs veidi satur sēru reducētā veidā, bet gipsis - hidratētā sulfāta sāļi - sērs ir jau oksidēts un neitralizēts. 6.4. tabulā ir parādīti no litosfēras iegūstamie sēra savienojumu daudzumi.

Ļoti lielu sēra savienojumu daļu no zemes dziļēm iegūst reizē ar fosilo kurināmo, it īpaši ar akmeņoglēm. Puse no sēra savienojumiem, ko satur akmeņogles, tiek emitēta gaisā. Mazāk nekā puse paliek pelnos, desulfurizācijas cehos un uzņēmumos vai tiek izmantoti rūpniecības vajadzībām.

Metālu sulfīdu rūdas arī rada samērā lielu sēra savienojumu piesārņojumu - gan kā citu sulfīdu atkritumus, gan arī saistot sēru vai tā savienojumus metalurģiskajos procesos.

Vienīgajā Zviedrijas sulfīda rūdu kausētavā sēra atdalīšana SO₂ vai sērskābes veidā no kausējumiem tiek nodrošināta apmēram 94 % apjomā un tikai mazāk par 2,5 % tiek emitēts gaisā vai novadīts ūdenī.

6.4. tabula. Reducētā sēra savienojumu globālā ieguve no litosfēras.

Ieguves avots	Iegūtais izejvielu daudzums, Mtonnas/gadā	Sēra saturs, svara %	Iegūtais sēra daudzums, Mtonnas gadā
Elementārais sērs			14
Pirīts (FeS_2)		10	
Fosilais kurināmais			
akmeņogles	3 340	1,8	60
lignīts	1 280	1,3	17
nafta	3 051	1,2	37
dabas gāze		15	
naftas smiltis		1	
Metālu sulfīdi			
minerālu apstrāde		12	
rūdu atkritumi			24
Kopā			190

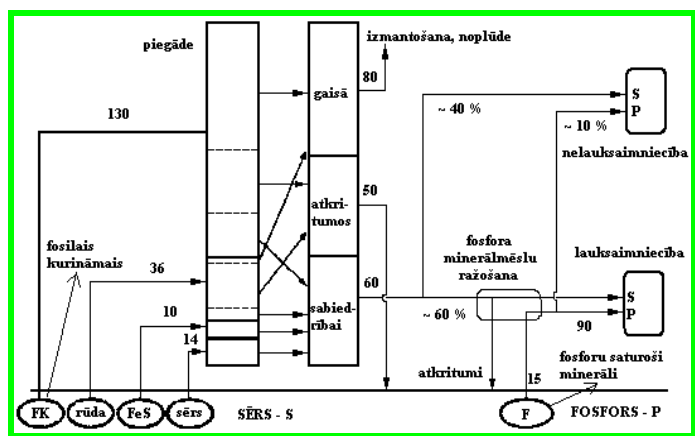
Pasaules mērogā sēra savienojumu atdalīšana un tālāka izmantošana ir ievērojami mazāka. Piemēram, vidējais globālais sēra atdalīšanas un izmantošanas līmenis vara ieguvē ir apmēram 70 %.

Pasaules rūpnieciskā sēra izmantošana ir apmēram 60 Mt gadā, bet tas nozīmē, ka tā ir tikai viena

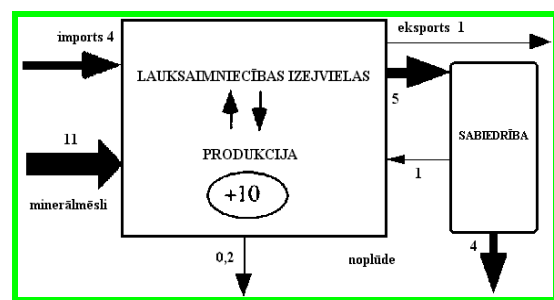
trešā daļa no sēra savienojumiem, ko satur no litosfēras iegūtie ieži. To apstiprina arī 6.2. attēls.

Vairāk par pusi no sēra iegūst no papildplūsmām, kas saistās ar fosilā kurināmā izmantošanu un metālu ieguvu. Lielākā daļa sēra tiek lietota, lai ražotu sērskābi, kurai ir ļoti plašs un daudzveidīgs pielietojums

rūpniecībā. Apmēram 58 % no iegūtās sērskābes izmanto fosfora iežu apstrādei, lai iegūtu citu makroelementu un barības vielu minerālmēsļu veidā lauksaimniecībai. Lai iegūtu vienu kilogramu fosfora, ir nepieciešami apmēram divi kilogrami sērskābes.



6.2. attēls. Globālā antropogēnā sēra plūsma (Mt sēra gadā).



6.3. attēls. Fosfora savienojumu plūsma Zviedrijas lauksaimniecības sistēmā 1990. gadā (kg/ha gadā). Pārtikas rūpniecība ir ietverta blokā "sabiedrība". (Gransted, Westberg, 1992).

Antropogēnā emisija no rūpnieciski attīstītām valstīm rada trīs ceturtdaļas no kopējā piesārņojuma. Arī pārnese no litosfēras galvenokārt nosaka antropogēnā darbība, kas lielākoties ir koncentrēta Ziemeļu puslodes vidējos platuma grādos. Cilvēces darbības rezultātā pārnese no litosfēras uz atmosfēru ir palielinājusies apmēram desmit reizi.

Dabisko sēra savienojumu izkliedi un sadalīšanos ekosfērā, kas tomēr pārsvarā koncentrējas tropiskajos platuma grādos, izraisa dimetilsulfīda emisija no okeāna virsmas. Antropogēnās daļas sēra savienojumu

izkliede ir saistīta ar biomasas dedzināšanas procesiem. Dabisko sēra savienojumu izkliede ir daudz efektīvāka nekā antropogēno, jo notiek virs okeāna un sauszemes.

6.3. Fosfora savienojumu izmantošana lauksaimniecībā

Fosfora savienojumi galvenokārt tiek iegūti no litosfēras, dažādu apatītu - faktiski un lielākoties kalcija fosfātu veidā. Pārsvarā fosfora savienojumu pielietojums (apmēram 90 %) ir minerālmēsļu veidā lauksaimniecībā. Globālais minerālmēsļu patēriņš tika

vērtēts ar 15 Mt 1985. gadā. Fosforu saturošo rūdu ieguve ir ļoti strauji augusi, palielinoties minerālmēsļu izmantošanai (aptuveni 4,8 % gadā kopš 1900. gada). Bez tam fosfora savienojumus izmanto kā piedevas pārtikai un lopbarībai. Otra lielākā fosfora savienojumu pielietojuma sfēra ir mazgāšanas līdzekļu un deterģentu ražošana. Līdz ar to fosfora savienojumu izmantošanas apjomi ļoti palielinās, it īpaši pārtikas ražošanas sektorā. Diemžēl ļoti liela fosfora savienojumu daļa lietošanas laikā vai arī pēc konkrētas izmantošanas nonāk

atklātās ūdenstilpnēs un piesārņo ūdeni.

Zviedrijā, tāpat kā daudzās citās valstīs, fosfora savienojumu piegāde minerālmēsli veidā pēdējos gados pārsniedz to aizvākšanu kopā ar ražu. Tādējādi notiek nepārtraukta augsnes bagātināšanās ar fosfora savienojumiem. To apliecina arī 6.3. attēla dati.

6.4. Bāzisko katjonu savienojumi

Bāzisko vai sārmaino katjonu savienojumi izdalās no nogulumiežiem vai iztvaiko no litosfēras. Tie tiek izmantoti kā minerālmēsli un pH jeb skābuma-sārmainuma regulatori lauksaimniecībā. Tos lieto arī kā sārmainus reaģentus rūpniecībā un cementa ražošanā. Diemžēl tādējādi šie savienojumi uzkrājas infrastruktūrā un ēkās. Bāzisko katjonu savienojumi no zemes dziļēm aprītē nonāk ar fosilo

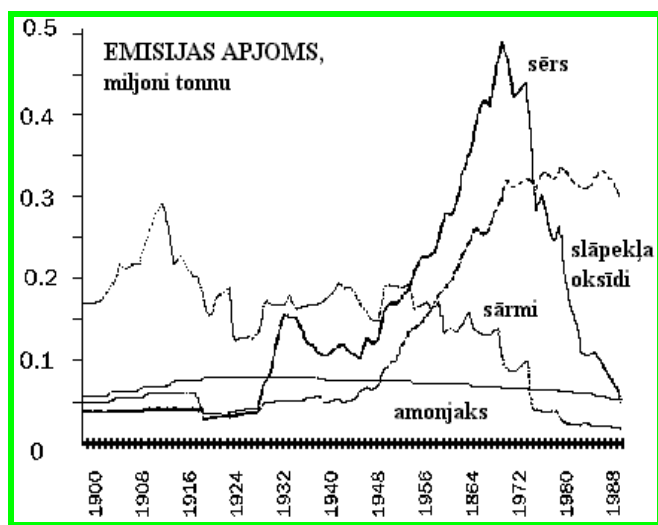
kurināmo. Sadedzinot fosilo kurināmo, rodas sārmaini izdedži, pelni un kvēpi. Agrāk pelnus izmantoja, lai neitralizētu skābās komponentes izplūdes gāzēs. Tomēr pelnus un kvēpus ir vieglāk uztvert filtros, un tie bija vieni no pirmajiem piesārņotājiem, kuru emisiju izdevās samazināt. Tādā veidā tika palielināts neatfiltrētās emisijas daļas skābuma potenciāls. Šo tendenci ilustrē 6.4. attēls.

6.5. Makroelementu pieaugošā noplūde un izkliede

Līdzās pieaugošai ietekmei uz makroelementu cikliem ir vērojama arī makroelementu pieaugošā noplūde un izkliede ekosfērā. Aizvietojo dabiskās ekosistēmas ar ļoti augstas intensitātes lauksaimnieciskām ekosistēmām, to pašu veicot mežsaimniecībā un intensificējot lopkopību, parasti veidojas stāvoklis, kad ļoti palielinās makroelementu

noplūde un izkliede, it īpaši slāpekļa savienojumu noplūde gaisā un ūdenī, bet no šīm sfērām - arī ekosistēmās. Noplūde var mainīties atkarībā no sistēmas specifikas un izmantotām praktiskām metodēm, tomēr tās līdzsvarošanās dabā notiek ievērojami lēnāk. Dabiskās sistēmas ir veidojušās ilgstošas evolūcijas gaitā un ir lieliski pielāgojušās samērā noslēgtiem barības vielu cikliem. Lauksaimnieciskās sistēmas tiek virzītas, lai sasniegtu pavisam citus mērķus, kā arī lai kompensētu makroelementu zudumus pēc ražas novākšanas.

Kas attiecas uz fosfora savienojumiem, tie galvenokārt gaisā nonāk amonjaka (NH_3) veidā no kūtim un vircas tvertnēm. Savukārt nitrāti ūdenstilpnēs ieplūst no tīrumiem. Eiropā amonjaka noplūde gaisā rada apmēram pusi no atmosfēras piesārņojuma ar slāpekļa savienojumiem.



6.4. attēls. Skābo un sārmaino komponentu emisijas izmaiņas Zviedrijā (Kindbom, 1993).

Antropogēnās sistēmās, kas ir paredzētas organisko vielu un savienojumu ieguvei, pārzināšanai un izmantošanai, lai iegūtu organiskos savienojumus dažādos līmeņos un mērogos, notiek milzīga barības vielu pārvietošana un pārdalīšana. Lopkopības specializācija lauksaimniecībā ir uzskatāma par cēloni tam, ka lopkopība tiek pārdalīta un barības vielas koncentrētas milzīgās mājdzīvnieku fermās un lopkopības reģionos. Augsnēs, kurās nepielieto novāktās produkcijas

utilizāciju, barības vielu deficīts ir ātri jākompensē, ja vien nav cita barības vielu atjaunošanas avota. Pārtikas un lopbarības tirdzniecība notiek globālā mērogā un ir atkarīga, piemēram, no augsnes bagātībām un apstākļiem dažādu augu audzēšanai, kā arī no ekonomiskiem nosacījumiem.

Pārtikas sistēma arī ietekmē barības vielu plūsmu, kas pārsvarā darbojas virzienā no lauku rajoniem uz pilsētām, kur barība tiek patērēta un beidz savu ceļu kā notekūdeņi un atkritumi. 6.3. attēls, kas parāda

fosfora savienojumu plūsmas Zviedrijā, labi ilustrē šo plūsmu nozīmi. Modernās notekūdeņu attīrīšanas sistēmas nespēj atjaunot barības vielas no dūņām līdz praktiski izmantojamam līmenim, izņemot varbūt fosfora savienojumus. Bez tam šīs notekūdeņu dūņas pilnībā netiek atdotas atpakaļ tīrumiem vai pļāvām lauku apvidos.

Arī mežsaimniecība un meža produktu transportēšana dod savu ieguldījumu. Piemēram, mežu "raža" uzkrāj sevī bāzisko katjonu

savienojumus, kuri vairumā gadījumu gala rezultātā pārvēršas par pelniem, kad koksne vai tās izstrādājumi tiek sadedzināti. Dažkārt sadedzināšana tiek praktizēta enerģētisku apsvērumu dēļ vai arī lai atbrīvotos no atkritumiem. Notiek arī tā, ka modernās mežsaimniecības praktiskās metodes izmanto, lai pēc iespējas samazinātu meža produktu sadedzināšanu uz vietas vai ugunsgrēku izcelšanos, jo šie gadījumi saistās ar zudumiem un barības vielu plūsmu izmaiņām.

6.6. Vides problēmas

Daudzas vides problēmas faktiski vērtējamas kā cilvēka ekstensīvas bioģeoķīmisko ciklu ietekmēšanas sekas. Bez tam cilvēks ietekmē bioģeoķīmiskos krājumus un makroelementu plūsmas, kas konsekventi pasliktina dzīvo būtnu eksistences ķīmiskos un fiziskos apstākļus. Šie efekti svārstās ļoti plašā mērogā - no nelielām vietējām ietekmēm līdz pat globāliem procesiem.

Augsnes palielināšanās

Daudzas ekosistēmas izjūt fosfora vai slāpekļa savienojumu deficītu, kas nozīmē, ka tām ir augoša tieksme papildināt šos savienojumus. Ekstensīva barības vielu pievadīšana šādos gadījumos bieži vien noved pie to difūzijas augsnē vai noplūdes līdz ar ūdeņiem. Tas savukārt var izraisīt citu ekosistēmu eutrofikāciju. Ezeros, upēs un dažos jūras piekrastes reģionos fosfora savienojumu daudzums principā ir nepietiekams, bet slāpekļa savienojumu daudzums ir ierobežots vairumā sauszemes ekosistēmu. Viena no eutrofikācijas sekām ir ekosistēmas kompozīcijas maiņa. Bet tas savukārt briesmas rada dažu sugu pastāvēšanai vai izraisa skābekļa deficītu ūdens sistēmās. Skābekļa deficīta krāsas izpausmes gadījumā var veidoties plašas teritorijas pilnībā bez dzīvības formām, piemēram, piekrastes ūdeņos.

Skābuma palielināšanās

Ķīmiskie procesi, kas noris slāpekļa vai sēra ciklu ietvaros un izraisa makroelementu saistīšanos vai mineralizāciju, spēcīgi ietekmē ūdeņraža jonu līdzsvaru. Tādējādi var kļūst par palielināties ūdens skābums, piemēram, augsnes mitruma vai piekrastes ūdeņu skābums. Šāda procesa gaitā notiek elektrisko lādiņu

izmaiņas vai to pārnese, un galu galā tas ir saistīts ar ūdeņraža jonu koncentrāciju.

Piemēram, ja kāds augs uztver kalcija jonu (Ca^{2+}) no augsnes, augsnes šķīdumā tiek pārnesti divi ūdeņraža joni (H^+). Amonija jona (NH_4^+) oksidēšana par nitrāta jonu (NO_3^-) arī ir saistīta ar divu ūdeņraža jonu pārvietošanos uz augsnes mitrumu vai šķīdumu.

Tomēr makroelementu noslēgtos ciklos dažādi procesi cits citu kompensē. Taču katra nopietnāka ietekme draud izjaukt līdzsvaru. Šādas graužošanas ietekmes var izraisīt, piemēram, slāpekļa vai sēra savienojumus saturoši nokrišņi, kas spēj izraisīt barības vielu izskalošanos no augsnes vai bāzisko katjonu saistīšanu pie intensīvas biomasas savākšanas. Arī dabiskie procesi spēj ietekmēt barības vielu vai hidroģenkarbonātu izskalošanos. Tomēr augsnes buferkapacitāte, ko galvenokārt nosaka bāziskie katjoni, zināmā mērā kompensē atkarību no laika apstākļiem un augsnes izskalošanās. Tomēr mūsu platuma grādos pastāv arī lēna, ilgtermiņa augsnes paskābināšanās skujkoku mežos, ko sauc arī par augsnes podzolēšanu.

Sēra savienojumus saturošie nokrišņi ir galvenais augsnes un ūdens antropogēnās paskābināšanās cēlonis. Reducēto sēra savienojumu oksidēšanās dažādos sulfīdos, kad šie savienojumi nonāk saskarē ar gaisu, piemēram, kalnrūpniecības atkritumu izgāztuvēs pēc metāliem bagāto sulfīdu minerālu ieguves, arī var ievērojami paaugstināt vides skābumu. Bet tas palielina metāla jonu kustīgumu un paātrina dažādu sāļu izskalošanos no atkritumiem.

Citas vides ietekmes

Tāpat slāpekļa un sēra savienojumu noplūde atmosfērā rada ievērojamu ietekmi uz gaisa fizikālām un ķīmiskām īpašībām. Emitētais sēra dioksīds pārvēršas par sērskābi un veido aerosolus, kas var ietekmēt starojuma līdzsvaru un izraisīt vispārēju Zemes virsmas atdzišanu. Dažādos procesos daļa no slāpekļa savienojumiem spēj pārvērsties par slāpekļa monoksīdu (N_2O), kas faktiski ir "siltumnīcas" efektu izraisošā gāze un ietekmē arī stratosfēras ozona slāni. Citi slāpekļa oksīdi spēj piedalīties dažādās atmosfēras ķīmiskās reakcijās un līdz

ar to ietekmēt svarīgu oksidantu koncentrāciju. Īpaši tas attiecas uz ozonu (O_3) un neapšaubāmi uz smoga slāpekļa komponenti - peroksiacetilnitrātu - PAN.

Pilsētās regulāri tiek pārsniegtas veselībai kaitīgas slāpekļa un sēra oksīdu un citu savienojumu koncentrācijas. Līdzīgi procesi notiek arī ar nitrātiem dzeramā ūdenī, it īpaši intensīvas lauksaimniecības rajonos. No pārāk augstām slāpekļa savienojumu koncentrācijām gaisā var ciest arī augu valsts.

6.7. Barības vielu resursi

Makroelementu ilgtermiņa pieejamība ir ļoti nozīmīga sabiedrībai, jo tie nodrošina pārtikas ražošanu. Slāpekļa savienojumu ieguve no gaisa molekulārā slāpekļa ir enerģētiski intensīvs process gan to bioloģiskajā, gan rūpnieciskajā izpausmē. Jāņem vērā, ka molekulārais slāpekļis ir praktiski neierobežoti pieejams, jo ir gaisa galvenā sastāvdaļa.

Nātrijs un tā savienojumi galvenokārt tiek iegūti sāls raktuvēs un arī neierobežotā daudzumā no Pasaules okeāna. Citi makroelementi vai barības vielas tiek iegūtas no relatīvi bagātīgiem litosfēras krājumiem. Vienīgi fosfora savienojumu krājumi tiek vērtēti kā samērā reti. Fosfora daudzums Zemes garozā ir apmēram 0,1 %, kas ir samērā zems rādītājs. Tajā pašā laikā ļoti daudzās vietās pasaulē ir izjūtams fosfora savienojumu trūkums augsnēs.

6.8. Nākotnes perspektīvas

Mēs gribētu samazināt makroelementu plūsmu un tajā pašā laikā arī to pārmērīgu izkliedi. Tomēr atkarībā no cilvēku nolūkiem iespējami stipri dažādi varianti. Dažas no plūsmām faktiski ir tikai papildplūsmas, kas ir saistītas ar fosilā kurināmā izmantošanu. Citas ir ļoti specializētas, kā, piemēram, minerālmēslu izmantošana lauksaimniecībā. Vēl kādas - atkarībā no pielietotām vadības metodēm - ir tikai noplūdes no dabiskām vai antropogēni ietekmētām ekosistēmām.

Ja samazinātu fosilā kurināmā izmantošanu, lai apturētu pieaugošo "siltumnīcas" efektu, problēma varētu

daļēji atrisināties. Izņemt no apgrozības akmeņogles un naftu nozīmētu ievērojami samazināt ietekmi uz sēra aprites ciklu. Ir arī iespējama pāreja uz dabas gāzes izmantošanu, kura satur tikai nelielu sēra savienojumu daudzumu. Ja pieaugtu metālu utilizācija un metāli mazāk uzkrātos tehnosfērā, mazāk vajadzētu paļauties uz vēl neskartajiem metālu resursiem un tādējādi būtu iespējams ietekmēt šīs pakārtotās plūsmas. Katru problēmu, kas ir saistīta ar ieguves darbiem litosfērā, var pozitīvi risināt, izmantojot tehniskās kontroles paņēmienus, lai stingri ievērotu pieļaujamās emisijas standartus.

Lauksaimniecībai un mežsaimniecībai un ar tām saistītām

ražotnēm, tāpat arī enerģētikas un patērētāju sektoriem, vajadzētu orientēties uz noslēgtiem barības vielu cikliem, kas samazina vielu noplūdi un izkliedi dažādos līmeņos produkcijas ražošanas sistēmā. Viena virziena atkritumu plūsma no ražotājiem pie patērētājiem un vēl tālāk uz vidi ir jāaptur, bet barības vielas ir jānogādā atpakaļ uz ražošanas sektoru. Tas tādējādi varētu samazināt ietekmi uz apkārtējo vidi un pieprasījumu pēc jaunām barības vielām, lai kompensētu iepriekšējos zudumus. Tomēr, šķiet, ka cilvēku veidotās un pārvaldītās ekosistēmas nekad nebūs tik noslēgtas kā dabā pastāvošie cikli. Tāpēc rodas kāds visai svarīgs jautājums: - kādus barības vielu zudumus un izkliedi mēs

drīkstētu akceptēt reāli pastāvošajos ciklos ?

Sabiedrības vajadzības pēc sēra savienojumiem daudzējādā ziņā nosaka fosfora savienojumu ieguve minerālmēsļu ražošanai, bet pieprasījums pēc tiem aug globālā mērogā. Daļa no sēra savienojumiem ir iekļauta arī pašos minerālmēsļos, kas palīdz kompensēt sēra savienojumu zudumus pēc ražas novākšanas. Tomēr, ja netiks mainīta lauksaimniecības prakse un nemazināsies sēra savienojumu daudzums atmosfēras nokrišņos, lauksaimnieciskās zemes drīz vien izjutīs arī sēra deficītu.



6.2. attēls. Fosfātus saturošu mazgāšanas līdzekļu izmantošana ir nopietns fosfora savienojumu ūdens piesārņojuma avots. Daudzos gadījumos mazgāšanas līdzekļu polifosfāti var tikt aizstāti ar ķīmikālijām, kas nesatur fosforu.

VĒRTĪGIE METĀLI

7.1. Metāli dabā un sabiedrībā

Tīru metālu raksturīgākās īpašības ir necaurredzamība, cietība, elastība, stiepjamība vai kaļamība, kā arī augsta siltuma un elektrovadītspēja. Apmēram pusei no šiem ķīmiskajiem elementiem piemīt vismaz kāda metālu īpašība, kamēr īstiem metāliem to ir vismaz divas vai pat vairāk.

Daži no metāliem ir nepieciešami ikdienas dzīvei, bet daži nē. Tomēr dzīvībai nepieciešamie metāli neveido lielus un nozīmīgus blokus

organismos. Parasti tie ir nelielā daudzumā un veic ļoti specifiskas funkcijas, būdami iekļauti enzīmu vai cita veida molekulu struktūrās. Šo metālu aprīte augu un dzīvnieku organismos arī ir gaužām neliela. Ja dzīvības procesos metāli piedalās pārsvarā jonu veidā, tad praktiskā izmantošanā metāli parasti ir sastopami samērā tīrā veidā ar metāliem raksturīgām īpašībām. Modernā sabiedrībā visumā pieejami ir apmēram 30 metāli, kurus iegūst, veicot kalnrūpniecības darbus un izdalot tos no metālu rūdām

metallurģiskos procesos. Daudzus metālus izmanto tīrā veidā to unikālo īpašību dēļ. Vēl unikālākas īpašības dažkārt piemīt divu vai vairāku metālu ķīmiskiem maisījumiem vai sakausējumiem, kā arī metālu un nemetālu maisījumiem. To var teikt par tādām mums nepieciešamām īpašībām kā korozijas izturība, mehāniskā izturība, cietība utt.

Dzelzs, salīdzinot ar citiem metāliem, sabiedrības procesu aprītē ir dominējošs metāls. To labi ilustrē 7.1. tabula.

7.1. tabula. Metālu izplatība dabā un to globālā ieguve

Metāls	Metāla izplatība	Koncentrācija, augsnē, mg/kg	Globālā ieguve, ktonnas gadā	Daudzums iegūtājā fosilajā kurināmā, ktonnas gadā	Kalnērūpniecībā iegūtā un fosilajā kurināmajā esošo metālu daudzuma attiecība pret izskalošanos a
Alumīnijs, Al	daudz	72 000	18 000	34 000	0,05
Dzelzs, Fe	ļoti daudz	26 000	540 000	34 000	1,5
Magnijs, Mg	daudz	9 000	3 100	690	0,03
Titāns, Ti	daudz	2 900	2 500	1 700	0,1
Mangāns, Mn	sakausējumi	550	8 600	170	1,1
Vanādijs, V	sakausējumi	80	32	350	0,32
Cinks, Zn	pamatmetāls	60	7 300	260	8,3
Hroms, Cr	sakausējumi	54	3 800	34	4,6
Varš, Cu	pamatmetāls	25	9 000	55	24
Niķelis, Ni	sakausējumi	19	880	570	4,83
Svins, Pb	pamatmetāls	19	3 300	85	11,67
Kadmījs, Cd	pamatmetāls	0,35	20	3,4	4,42
Dzīvsudrabs, Hg	pamatmetāls	0,09	5,2	10	10,86

a - kustīgums pie kontinentālās izskalošanās ir aprēķināts, izmantojot datus par vidējo koncentrāciju augsnē (1. kolona) un suspendēto daļiņu plūsmu, kas upēs ir aptuveni $1,5 \cdot 10^{16}$ grami gadā. *Avots - Azar et al., 1996.*

Kā jau tika secināts trešajā nodaļā, metālu plūsma, izņemot dzelzi, salīdzinājumā ar citām materiālu plūsmām ir samērā neliela. Tomēr metāli tehniski un ekonomiski ir ļoti nozīmīgi augsti industrializētas sabiedrības dzīvē, kas savukārt atspoguļojas samērā augstajās metālu cenās. Daudzu citu metālu izmantošana ir cieši saistīta ar dzelzi, respektīvi, melno metālu sakausējumu veidā. Daļēji mazās īpatnējās masas dēļ sabiedrība arvien plašāk izmanto tā sauktos vieglos metālus, it īpaši alumīniju, arī titānu un magniju.

Bez tam sabiedrība lielos daudzumos izmanto tradicionālos krāsainos metālus, piemēram, varu, svinu, cinku, alvu un dzīvsudrabu.

Dārgmetāli, no kuriem pazīstamākie ir zelts un sudrabs, arī

tiek plaši pielietoti ne vien juvelierizstrādājumu izgatavošanai, bet arī tehnikā. Tā sauktās platīna grupas metāli tiek uzskatīti par cēlmetāliem, jo tiem piemīt ļoti augsta ķīmiskā izturība.

Un beidzot - vēl ir tā sauktā speciālo metālu grupa, kas īsti neiederas iepriekš minētajās kategorijās. Šiem metāliem ir tik neparastas īpašības, ka padara tos ļoti nozīmīgus rūpniecībā. Tā, piemēram, tiek plaši lietots elektroniskajā rūpniecībā, jo tam piemīt citiem metāliem neraksturīgas īpašības.

7.2. Metālu ekoloģiskais novērtējums

Daudzi metāli ir ļoti vērtīgi, bet ir samērā reti sastopami, un tos nākas iegūt no zemas koncentrācijas rūdām. Neskatoties uz relatīvi nelielo šo iegūto metālu daudzumu, tie tomēr nokļūst uzmanības lokā ekoloģisku un vides aizsardzības apsvērumu dēļ. Lai iegūtu piecus gramus zelta (apmēram tik, cik nepieciešams vienam laulības gredzenam), ir jāizstrādā apmēram viens kubikmetrs zelta rūdas. Vara ieguve ir saistīta ar ļoti zemas koncentrācijas rūdu izmantošanu, kas arī rada milzīgu tukšo iežu plūsmu kalnrūpniecībā, rūdas bagātināšanas tehnoloģiskajās operācijās un arī metallurģiskajos procesos. Savukārt dzelzs, kas nebūt nav rets metāls,

saista uzmanību ar tā ieguves lielajiem apjomiem.

Ekoloģiskā un vides aizsardzības dienestu uzmanība tam visam tiek pievērsta galvenokārt tāpēc, ka veidojas milzīgas tukšo iezu izgāztuves un notiek intensīva materiālu masas pārvietošana raktuvju rajonā, kas rada nopietnas sekas vietējā mērogā. Tikai tāpēc, ka šī ietekme neiesniedzas plašākās teritorijās, tā tiek uztverta kā otršķirīga problēma attiecībā uz ilgtspējīgu attīstību. Ja kalnrūpniecības vai rūdu ieguves darbi tiek veikti lauksaimnieciski izmantojamās teritorijās, tad tas spēj izraisīt nopietnas problēmas. Metālu savienojumu noplūde no ieguves vietām un pārmērīgā slodze uz vidi var izraisīt arī ilgtermiņa efektus apkārtējā apvidū.

7.3. Metālu emisija

Metālu emisija apkārtējā vidē faktiski notiek visā cilvēka dzīves garumā, sākot ar šūpoli un beidzot ar kapu. Vēstures gaitā emisija no ražošanas sistēmām palielinājās līdz ar paplašināto ražošanu industrializācijas periodos. Par laimi vides saglabāšanas izvirzītie ierobežojumi pēdējā laikā ražošanas teritorijās ir krasī ietekmējuši izmešu daudzumu samazināšanos no punktveida avotiem ūdenī un gaisā. Tāpēc pašlaik modernās sabiedrības sistēmā nopietnākā metālu un to savienojumu izplatīšanās apkārtējā vidē ir vairāk tendēta uz noplūdi saistībā ar preču un produktu patēriņa fāzi, bet ne vairs ar

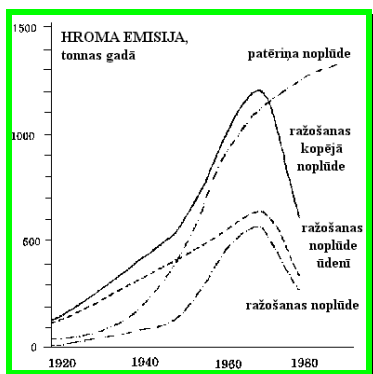
to ražošanas fāzi. To labi ilustrē 7.1. A un 7.1.B attēli kuros redzamas vēsturiski izvērtētas emisiju plūsmas Zviedrijā attiecībā uz hromu un svinu (Bergback, 1992). Tas pats ir parādīts 7.2. attēlā attiecībā uz varu. Ir lielas atšķirības starp zudumiem dažādos izmantošanas procesos, un tas aptuvenā vispārīgumā ir parādīts 7.2.tabulā.



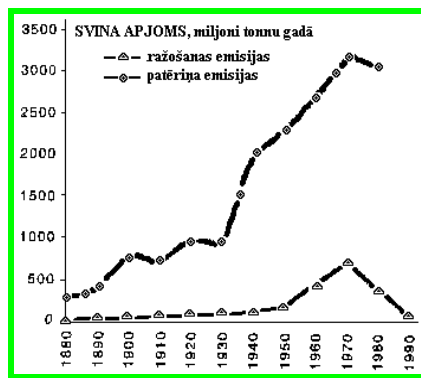
Mēs izmantojam metālus, kas kļūst arvien vairāk izkliedēti un izšķiesti, to īpašību dēļ. Īpaši tas īpaši attiecas uz metālu ķīmisko izmantošanu, jo šādā procesā tie nepārtraukti izkliedējas gan kā izejvielas, gan arī kā lietošanā nodoti produkti vai preces, piemēram, krāsvielas vai pesticīdi. Bet ir arī augoša izkliede un zudumi pašu metālu izmantošanā, piemēram, gadījumā ar svinu, kad to izmanto ieroču ložu vai skrošu izgatavošanā. Milzīgus zaudējumus rada saražoto metāla izstrādājumu korozija. Piemēram, būvniecībā izmantotais varš izkliedējas, jo vara jumti vai dekoratīvas apdares detaļas ir pakļautas intensīvai klimatiskai ietekmei. No vara tiek izgatavotas arī caurules, kas nodrošina ūdens cirkulāciju centralizētās ūdens apgādes sistēmās, vai siltuma apmaiņtāji un

pat bremžu bloku sastāvdaļas. Metālu izkliede parasti notiek vietās, kur tie tiek izmantoti, tātad galvenokārt pilsētās un citās blīvi apdzīvotās vietās, kur ir izvietota ražošanas un sadzīves infrastruktūra. Šādās vietās emisija, kas skar augsni un ūdeni, ir ļoti augsta.

Tomēr attiecībā uz metāliem un to savienojumiem nozīmīgākie sistēmas zudumi ir attiecināmi nevis uz tiešu emisiju ekosfērā, bet gan saistībā ar utilizācijas nepietiekamību. Sistēmas zudumi nozīmē metālu zudumus tehnosfērā, kur notiek gatavās produkcijas pārvietošana uz patērētāju sektoru un kur, beidzoties lietošanas laikam, nenotiek otrreizēja izmantošana, bet veidojas atkritumu plūsma uz izgāztuvi. To apliecina arī dati par vara izmantošanu. Lielas vara plūsmas, kas nonāk atkritumu plūsmā, praktiski zūd atkārtotai izmantošanai, un vara izstrādājumi vai detaļas tiek vienkārši aizvestas uz izgāztuvēm un izmestas. Milzums vara kabeļu paliek guļot zemē, kad ir beidzies to izmantošanas laiks, tādējādi tālākai izmantošanai tie ir zuduši. Ja metāls ir derīgs atkārtotai izmantošanai vai utilizācijai un var tikts iesaistīts utilizācijas apritē, modernā tehnoloģija bieži vien ir spējīga sākt darboties pat ar ļoti noslēgtām metālu aprites sistēmām. To īpaši varētu attiecināt uz svina apriti. Bez tam vajadzētu ņemt vērā faktu, ka metālu sekundārā produkcija bieži vien ir saistīta ar daudz mazākiem īpatnējiem zudumiem nekā atbilstoša primārās produkcijas ieguve no rūdām.



7.1. A. attēls. Hroma savienojumu emisija ražošanas procesos un izmantojot izstrādājumus, kas satur hromu, ieskaitot emisiju, kura rodas, sadedzinot atkritumus vai tiem noplūstot atkritumu glabātuvēs.



7.1. B. attēls. Svina savienojumu emisija ražošanas procesos un izmantojot izstrādājumus, kas satur svinu.

7.2. tabula. Emisijas koeficienti dažādu metālu daudzveidīgam patēriņam, kas definējami kā zudumi vidē 10 gadu ilgā periodā.

Metāla izmantošana	Ag	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Pb	Zn
Kā metāls	0,001	0,001	0,001	0,001	0,005	0,05	0,005	0,001
Galvaniskajos pārklājumos	0,02	0	0,15	0,02	0	0,05	0	0,02
Krāsvielās	0,5	0,5	0,5	0,5	1	0,8	0,5	0,5
Luminiscentās lampās, baterijās	0,01	0,01	0,02			0,2	0,01	0,01
Citā elektriskā aprīkojumā	0,01			0,1				
Ķīmiskajos izstrādājumos	0,4	0,05	0,15	0,05	0,05		0,75	0,15
Ķīmiskajās izejvielās	1		1	1	1	1	1	1
Lauksaimniecības pesticīdos		0,5			0,05	0,8	0,05	0,05
Citu nozaru pesticīdos		0,8		1	1	0,9	0,1	0,1
Medicīnā, stomatoloģijā	0,5	0,8		0,8		0,2		0,8
Citās tautsaimniecības nozarēs	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,5	0,15	0,15

VARA APRITE

Vara plūsmu ir interesanti izpētīt, jo sabiedrības jomās tā ir daudz lielāka nekā dabā. Tāpēc var teikt, ka saistībā ar vara un tā savienojumu koncentrācijas palielināšanos vidē pastāv samērā liels risks.

Par vara un tā savienojumu izmantošanu var izdarīt vairākus secinājumus.

- Tehnosfērā iesaistāmā vara un tā savienojumu daudzums pārsniedz to daudzumu gatavajā produkcijā un patēriņa sistēmā. Tas nozīmē, ka joprojām notiek vara un tā savienojumu uzkrāšanās, piemēram, ēkās, infrastruktūrā un patēriņa precēs. Bez tam ir liela vara un tā savienojumu uzkrāšanās dažādās tehniskajās izgāztuvēs, raktuvju tukšajos iežos (kas gan nav parādīts 7.2. attēlā) un cieto sadzīves atkritumu izgāztuvēs.

Attēls vispārīgā veidā parāda, ka uzkrāšanās jeb akumulācija > deponēšanas plūsmas > tīša izšķiešana patēriņa sfērā > netieša izšķiešana patēriņa sfērā ir aptuveni = emisija no punktveida avotiem ražošanā (Nilarp, 1994; Norrthon, 1996).

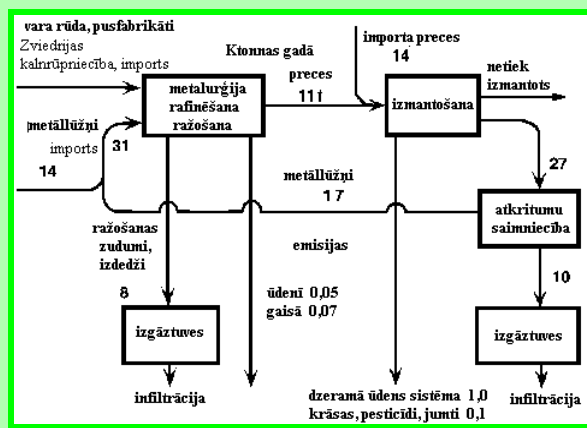
- Vara un tā savienojumu izkliede un netieša noplūde no dažādiem produkcijas veidiem, piemēram, vara jumtiem un ūdensapgādes caurulēm, kas pakļautas korozijai izraisībai videi, ir ar apmēram tādu pašu kārtu kā rūpniecības radītā vara un tā savienojumu emisija.

- Plūsma, kas ir saistīta ar tīšu vara un tā savienojumu izšķiešanu, piemēram, ar varu saturošu impregnēšanas preparātu ražošanu, ir pat lielāka par netiešu noplūdi no vara jumtiem, ūdensapgādes caurulēm utt. Tādējādi patēriņa procesa emisija ir lielāka par ražošanas procesa emisiju.

- Lielāks vara un tā savienojumu daudzums, kas ir pakļauts šķirošanai, tomēr tiek savākts un utilizēts. Diemžēl liela daļa kā atkritumi no vara un tā savienojumiem nonāk izgāztuvēs pēc tam, kad ir beidzies varu saturošās produkcijas lietošanas laiks.

- Vara un tā savienojumu daudzumu, kas netiek pakļauts šķirošanai kā atkritumi, ir samērā grūti noteikt, kā arī novērtēt pamesto izstrādājumu apjomu, piemēram, zemē atstātos elektriskos kabelus Tomēr nesena šīs kategorijas aptuvenais vērtējums varētu būt 2000 līdz 6000 tonnu gadā (Norrthon, 1996). Nākotnē šādi kabeli var izraisīt nopietnu vara un tā savienojumu noplūdi apkārtējā vidē. Dažos gadījumos kompānijām, kas bija izmantojušas šādus kabelus, ir visai maz informācijas par materiālu plūsmām un ilglaicīgu attīstību.

- Varš un tā savienojumi, kas netiek atkārtoti izmantoti vai utilizēti, bet nonāk izgāztuvēs vai tiek vienkārši pamesti, veido lielākos vara sistēmas un aprites zudumus.



7.2. attēls. Vara un tā savienojumu plūsma Zviedrijas tehnosfērā.

7.4. Retie un viegli pieejamie metāli

Potenciāli izmantojamiem metālu rūdu krājumiem diemžēl piemīt atšķirīga pietiekamības pakāpe. Tomēr derīgo izrakteņu ieguves darbi ir saistīti ar ekstensīvām materiālu plūsmām, kā arī intensīvu un bieži arī

izklieģoju metālu un to savienojumu izmantošanu. Tas savukārt nopietni piesārņo vidi un lielā mērā apdraud cilvēku veselību.

Viens no ļoti svarīgiem secinājumiem, kas izriet no 7.1. tabulas datiem, ir tas, ka noteikti dabā reti satopami metāli tomēr ir plaši izplatīti sabiedrībā. Daudzu reto un smago metālu relatīvi plašais

pielietojums, salīdzinot ar to apriti dabā, norāda uz ko ļoti svarīgu – ka šo metālu plašai sabiedriskai izmantošanai ir liels potenciāls, lai radītu to pieaugošu koncentrāciju ekosfērā. Tomēr limitējošā asimilācijas kapacitāte dabas sistēmās rada ierobežojumus nekontrolētai šo metālu un to savienojumu emisijai. Piesārņojums ar smagajiem metāliem

un to savienojumiem jau kopš industrializācijas sākuma joprojām ir un paliek ļoti nopietna vides problēma. Viegļie metāli un to savienojumi tādā ziņā ir daudz labākā stāvoklī, jo to izmantošana sabiedrības vajadzībām ir neliela, salīdzinot ar apriti dabā.

Metālus, pamatojoties uz to izplatību Zemes garozā, var iedalīt divās galvenās grupās - plaši izplatītie un reti. To rāda arī 7.1. tabulas dati. Plaši izplatītie metāli ir tie, kuru daudzums Zemes garozā ir vismaz 0,1 % no Zemes garozas masas. Tomēr tādu metālu ir samērā maz. Tie ir dzelzs un viegļie metāli: alumīnijs, magnijs un titāns un ar gandrīz 0,1 %, arī mangāns. Visi pārējie metāli ir sastopami daudz mazākās koncentrācijās, tuvu 0,01 % vai

mazāk. Tos uzskata par ģeoķīmiski retiemi metāliem.

Izplatītie metāli ir pieejami pieaugošā daudzumā, jau sākot ar vienkāršākām rūdām parastos kalnu vai klinšu iežos. Tie iegūstami tiešā veidā. Tiek pieļauts, ka sabiedrībai nekad nevarētu rasties pēkšņs šo metālu trūkums.

Visi metāli tiek iegūti no rūdām, kas ir bagātas ar mūs interesējošiem minerāliem, kuri savukārt satur mums vajadzīgos metālus. Rūdas parasti sastāv no tukšajiem iežiem un metālus saturošiem minerāliem, kas tiek atdalīti un koncentrēti pirms metalurģiskajiem procesiem. Metalurģiskajos procesos metāli tiek izdalīti brīvā veidā. Tomēr reti metāli vai to savienojumi reti kad atrodas Zemes garozā koncentrētā veidā un noteiktos minerālos. Visbiežāk tie ir

sastopami nelielās koncentrācijās un haotiskā izklienē vai kā citu elementu aizvietoņi parasto iežu struktūrās.

Protams, nav iespējams samalt iežus vai minerālus līdz atsevišķas molekulas vai atoma izmēriem. Arī metalurģiskajos procesos no iežu pamatmasas nav iespējams tieši izdalīt metālus. Tā ir tā sauktā mineroloģiskā barjera. Ir noteikts, ka minerālā ir jābūt ne mazāk par vienu metāla atomu uz 104 līdz 105 citiem atomiem, lai to varētu uzskatīt par atšķirīgu no citiem minerāliem. Bet pēc tā var aptuveni izvērtēt galēji atjaunojamus daudzumus (Skinner, 1987). Arī 7.3. tabulā ir parādīti dažādi pieņēmumi, kas radušies, minēto metodi izmantojot kopā ar pašreiz zināmiem minerālu resursu krājumiem.

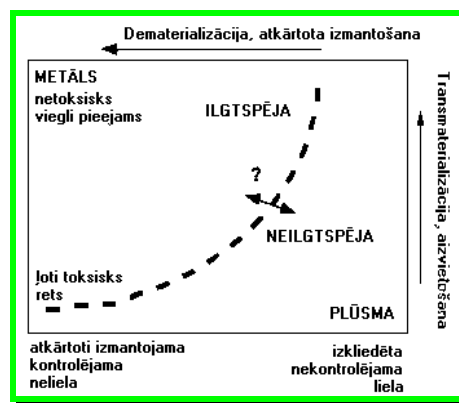
7.3. tabula. Pašreizējā uzkrāto metālu izmantošana, salīdzinot ar nākotnes metālu pieejamību un iespējamajiem daudzumiem uz vienu iedzīvotāju.

Metāls	Uzkrātā metāla izmantošana uz vienu iedzīvotāju, kg/10 ⁹ cilvēku. (a)	Krājumi uz vienu iedzīvotāju, kg/10 ¹⁰ cilvēku. (b)	Resursi uz vienu iedzīvotāju, kg/10 ¹⁰ cilvēku. (c)	Maksimālie resursi uz vienu iedzīvotāju, kg/10 ¹⁰ cilvēku. (d)
Al	488	430	800	ļoti daudz
Fe	18 400	6 600	23 000	ļoti daudz
Zn	280	15	440	1 540
Cr	95	42	340	1 510
Cu	344	32	230	960
Ni	28	5	13	1 160
Pb	180	7	140	250
Cd	0,71	0,05	0,6	2,1
Hg	0,9	0,01	0,06	1,5

a - tiek pieņemts, ka lielāko daļu metālu izmanto apmēram 1 miljards cilvēku; b - tiek pieņemts, ka kopējais pasaules iedzīvotāju skaits ir 10 miljardi; c - Crowson, 1992; d - maksimālos krājumus nosaka kā 10-5 - 10-4 no visas Zemes garozas dziļumā līdz 4,6 km, un tie tiek izmantoti šajā gadījumā (Skinner, 1987).



7.3. attēls. Svins, kas ir automobiļu akumulatoros, sastāda lielāko daļu sabiedrības aprītē esošā svina. Tas ir salīdzinoši viegli nav izmantojams atkārtoti.



7.4. attēls. Jo toksiskāks vai retāks ir metāls, jo vairāk ir nepieciešama atkārtota tā izmantošana un plūsmas kontrole. Tomēr šajā jomā vēl pilnīgas skaidrības par ilgtspēju. Lai nodrošinātu pēc iespējas ilgtspējīgu metālu izmantošanu, ir jāizvēlas starp dematerializāciju (kas noslēdz apriti tehnosfērā) un transmaterializāciju (kas aizvieto tos ar vieglāk pieejamiem vai mazāk bīstamiem metāliem).

7.5. Metālu pieejamība ilgtermiņa nākotnē

Ierobežotos metālu un to savienojumu resursus nosaka gan to izmantošana, gan noplūde apkārtējā vidē, gan arī mijiedarbība starp šiem abiem procesiem. Starppaaudžu taisnīgums var tikt nodrošināts tikai tad, ja būs zemi sistēmas zudumi gan kvantitatīvā, gan kvalitatīvā ziņā, nevis mazāki to ieguves apjomi. Atradņu mazais skaits un to nepieejamība bieži vien izvirza prasību aizliegt metālu ieguvī. Tomēr metālu ieguve nebūt nenozīmē zaudējumus, bet gan ieguldījumu, vismaz īstermiņa skatījumā, kā arī ar to saistītās asociētās izmaksas. Citiem vārdiem sakot - ierobežota pieejamo metālu ieguve pati par sevi nav šo resursu iznīcošana, bet gan nozīmē zemākas izmaksas nākotnē, nodrošinot pieejamību arī nākotnē. Patiesie resursu zudumi ir tad, ja notiek nekontrolēta to noplūde no tehnosfēras, kas zināmā mērā norāda uz nākotnes izmaksām, lai tos aizvietotu vai atjaunotu. No resursu perspektīvas viedokļa raugoties, var teikt, ka ir labāk, ja pastāv iespēja izmantot noliegtu vara kabeli, kuru pat nākas izvilkt no izgāztuves, nekā iegūt varu no nabadzīgas rūdas vai izsīkstošām raktuvēm.

Sadale esošās paaudzes ietvaros rada zināmus ierobežojumus, kas var rasties starp dažādām sociālām grupām attiecībā uz uzkrāto resursu daudzumu uz vienu iedzīvotāju. Industrializācijas gaitā uz vienu iedzīvotāju uzkrāto dažu metālu resursu daudzums ir bijis liels, salīdzinot ar nākotnes iespējām. Tas ir uzskatāms redzams arī 7.3. tabulā. Tātad pastāv zināmi ierobežojumi attiecībā uz rūpniecības globālo izvēršanos, kas ir nesaraujami saistīti ar metālu izmantošanu, bet vēsturiskā skatījumā dod zināmas priekšrocības jau industrializētām valstīm. Stāvoklī, kad ir ierobežota primāro metālu pieejamība, var izvirzīties jautājums par to, kam gan tiks ļauta pieeja ilgstošā laikā tehnosfērā uzkrātajiem metāliem. Tāda nostādne var izvirzīties par ļoti svarīgu nākotnes resursu sadales vai pārdales jautājumu. Lai nu kā tas būtu, bet galvenie uzkrājumi tomēr atrodas industriāli attīstītajās valstīs, un dažādo metālu krājumu papildināšana tehnosfērā

joprojām notiek industriāli attīstīto sabiedrību ietvaros.

Metālu resursi un to izmantošana ir savstarpēji saistītas lietas. Metālu rūdas bieži satur vairāk nekā vienu vērtīgu metālu, un daudzi retākie metāli mūsdienās tiek iegūti tikai no palīgplūsmām, kas ir saistītas ar pamatmetālu izdalīšanu. Piemēram, kalnrūpniecībā kadmiju iegūst kopā ar cinku. Tomēr kadmija izmantošanas samazinājumam nesešos kadmija rūdas ieguves samazinājums vismaz tik ilgi, kamēr pastāvēs ekonomiski izdevīga cinka ieguve. Turklāt cinks pašlaik tiek izmantots arī, lai mazinātu cita metāla ieguvī, jo tiek izmantots kā pretkorozijas līdzeklis - tātad arī dzelzs zudumu ierobežotājs. Šādas savstarpējās mijiedarbības var radīt zināmus ierobežojumus metālu izmantošanai nākotnē.

7.6. Metālu ilgtspējīgas izmantošanas stratēģija

Ceturtajā nodaļā tika apspriestas dažādas iespējas, kā veidot līdzsvarotu materiālu plūsmu. Tas attiecas arī uz metālu vai to savienojumu izmantošanu. Vispār ir divas galvenās stratēģijas:

- 1) samazināt metālu un to savienojumu ietekmi uz dabu un vidi,
- 2) saglabāt svarīgākos metālus arī nākotnei.

Metālu vai to savienojumu zudumu samazināšanu var panākt ar dematerializācijas palīdzību, piemēram, veidojot arvien noslēgtākus ciklus tehnosfērā. Bez tam ir iespējams aizvietot bīstamos metālus vai to savienojumus ar mazāk kaitīgiem materiāliem, kā arī panākt reto metālu izmantošanu tikai neaizvietojamās un ļoti svarīgos gadījumos. Šos abus procesus varētu apzīmēt ar terminu "transmaterializācija".

Bet cik ilgi tādas stratēģijas būs izmantojamas? Kad beidzot tiks akceptētas iepriekšējā nodaļā apspriestās pieļaujamās emisijas ekosfērā un sistēmu zudumi? Kad varē sākt izmantot atkritumus un kad tiks sākti deficīto materiālu aizvietošana? Vai noteiktu metālu izmantošana tiks ierobežota? Vai attiecībā uz noteiktiem metāliem tiks pielietota transmaterializācija? 7.4. attēls šos jautājumus ilustrē shematiskā veidā.

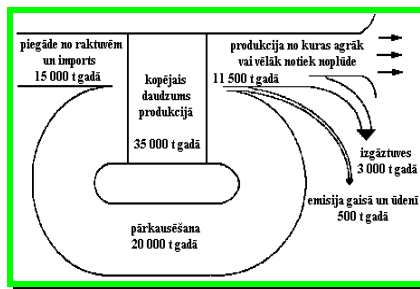
Zviedrijā atbilstoši valdības likumam, ko 1991. gadā apstiprināja Riksdags, dzīvsudraba, kadmija un svina izmantošana tiks pakāpeniski samazināta un tālākā gaitā šie metāli vai to savienojumi tiks pilnībā aizvākti no tehnosfēras. Bet vai stāvoklis, kad pēc noteikta laika minētie metāli vispār netiks lietoti, ir vienīgais paņēmieni, kā tos ilgtspējīgāk izmantot? Vai tā vietā mēs tomēr nevarētu izmantot noteiktus metālus gandrīz noslēgtās sistēmās tajā pašā tehnosfērā? Tas varētu būt pat pieņemami, ja vien mēs apzinātos metālu un to savienojumu toksiskumu un izvairītos no bīstamām tehnoloģiskām operācijām. Vai ļoti toksiskos, pašreiz lietošanā esošos metālus vai to savienojumus nevarētu aizvietot ar mazāk toksiskiem? Vai nebūtu labāk orientēties uz neaizliegtu un netoksisku metālu un to savienojumu izmantošanu neierobežotā un jebkurā citā veidā?

Izvairīšanās no tiešas emisijas īsā laika posmā, metālu izmantošanas politikas orientēšana uz patēriņu, kas nav saistīts ar lieliem un neatņemamiem izkliedes zudumiem, kuri ir bīstami videi vai rada intensīvas plūsmas, salīdzinot ar dabisko apriti, varētu būt efektīvi paņēmieni, lai samazinātu bīstamās emisijas. Dažādu pretpasākumu efektivitāti lielā mērā nosaka noteiktā metāla izkliedes funkcija un patēriņa nozīme kādā noteiktā sfērā. Dažos gadījumos metāls var arī nebūt galvenajā plūsmā un pat neietilpt gala produktā. Lai to raksturotu, labs piemērs ir tetraetilsvins, ko izmanto kā antidetonatoru benzīnā. Tāpēc ir nepieciešamas konkurējošas tehnoloģijas, noteiktas prasības pret sniedzamajiem pakalpojumiem, tāpat kā ir nepieciešams apsvērt iespējas izmantot citus materiālus jumtu klāšanai vai ūdensvada cauruļu izgatavošanai. Vispārīgā veidā var teikt, ka tehnoloģisko paņēmienu izmantošanai un to pilnveidošanai, lai nodrošinātu materiālu aizvietošanu dažādos līmeņos, vajadzētu būt daudz efektīvākai nekā galvenās plūsmas dematerializēšanai, vienkārša procesa vai materiāla izmantošanas atcelšana un izmantošanas samazināšana.

Ja mēs gribam noslēgt ciklu tehnosfērā, ir svarīgi zināt, cik noslēgta var būt sistēma un kuri no faktoriem ir dominējošie. Piemēram, svina - sērskābes akumulatoru sistēmā

ražošanai ir ļoti lielas iespējas līdz minimumam samazināt zudumus (salīdzinot ar dabisko plūsmu), tāpēc svarīgākais faktors šajā gadījumā ir akumulatoru savākšana, atkārtota izmantošana vai utilizācija. Shematiski tas ir parādīts 7.5. attēlā.

Šī problēma ir ļoti nozīmīga, jo svins un tā savienojumi var radīt nopietnas briesmas cilvēku veselībai un nav pieņemami arī biotām.



7.5. attēls. Svina zudumi no modelētas svina - sērskābes akumulatoru sistēmas kā funkcija no frakcijas, ko nav iespējams atkārtoti izmantot. Atkārtotas izmantošanas neiespējamību, kas atbilst shēmas galiem, ilustrē zudumi, kas atbilst primārai un sekundārai ražošanai. Sekundārajā ražošanā ir daudz mazāki specifiskie zudumi (aprites zudumi) nekā primārajā ražošanā.

Tāpēc antropogēnā darbība, lai no litosfēras izdalītu svina vai tā savienojumus, kļūst bīstama, jo šī plūsma ir daudz lielāka par dabai raksturīgo plūsmu. Kāds varētu iebilst, ka gadījumā, ja ir iespējams nodrošināt plaša mēroga darbību, kas ir saskaņota ar vides un veselības ilgtermiņa prasībām, mums var nebūt iespēju izvēlēties pakāpeniskas samazināšanas politiku un nāktos izvēlēties speciālās izmantošanas regulēšanu. Politika, kas ir orientēta uz metālu izmantošanu vispār un nevis noteiktu metālu izmantošanu un kas varētu būt nepieņemama vides vai veselības apsvērumu dēļ, var kalpot kā modelis attiecībā uz metālu ilgtspējīgu izmantošanu.

SVINA PLŪSMA UN AKUMULATORU UTILIZĀCIJA

Attiecībā uz toksiskiem metāliem vai to savienojumiem utilizācija acīm redzami ir viena no svarīgākajām metodēm. Tāpēc ir lietderīgi apskatīt kādu konkrētu piemēru un šajā gadījumā svina un tā savienojumu plūsmu Zviedrijā.

Svina un tā savienojumu apgrozījums Zviedrijā 1989. gadā bija apmēram 35 000 tonnu, pārrēķinot uz elementāro svina (Pb). Tas atbilst apmēram 4 kg uz vienu iedzīvotāju gadā un ir salīdzināms ar Eiropas vidējo patēriņu. No šī daudzuma apmēram 20 000 tonnas vai 60 % tika utilizēts (galvenokārt akumulatori). Atlikušās 15 000 tonnas tika piegādātas no kalnrūpniecības un arī zaudētas izkliedes dēļ. Pašvaldību reģistrētā noplūde gaisā un ūdenī ir apmēram 500 tonnas, bet izgāztuvēs tā varētu būt apmēram 3 000 tonnas.

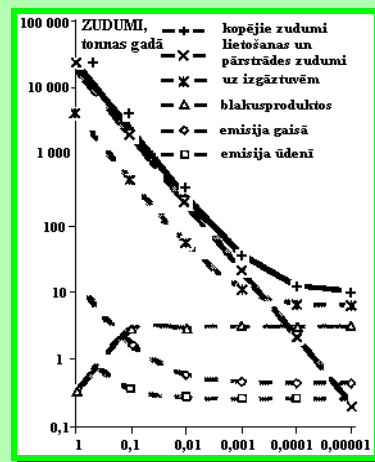
Tas nozīmē, ka apmēram 11 500 tonnas svina vai tā savienojumu katru gadu uzkrājas tehnosfērā. Bet vidēji pēdējos 100 gados uzkrājums ir 21 000 tonnas gadā. No tā izriet, ka Zviedrijas tehnosfērā pēdējo 100 gadu laikā ir uzkrājis vismaz divi miljoni tonnu svina un tā savienojumu. Ja veic vēl papildu aprēķinus, tad var secināt, ka vidējā ikgadējā emisija ir 1 750 tonnas. Neapšaubāmi, ka tas ir ievērojami vairāk nekā pašvaldību reģistrētās 500 tonnas gadā.

Aptuvenu priekšstatu par šīs plūsmas nozīmību var gūt, ja to salīdzina ar dabiskās aprites pētījumu datiem. Laika apstākļu ietekmē aprītē ik gadus tiek iesaistīti 500 tonnu svina un tā savienojumu, bet no Zviedrijas lauksaimnieciskajā darbībā iesaistītās augsnes gadā izskalojas apmēram 23 tonnas šo vielu.

Īpaši pētījumi tika veikti, lai noskaidrotu svina vai tā savienojumu noplūdi apkārtnē vidē, ražojot un utilizējot automašīnu akumulatorus. Šajā gadījumā plūsma ietver apmēram 20 000 tonnas svina gadā. Savukārt svina zudumu apjoms ir atkarīgs no atgūšanas pakāpes, kā tas izriet no 7.6. attēla.

Ja utilizācijas koeficients ir 99,7 %, tad svina zudumi pārsvarā rodas, izmantojot un pārlādējot akumulatorus. Ja utilizācijas līmenis ir augstāks, bet svins pārvēršas par

blakusproduktiem, tad noplūde gaisā, ūdenī un citur ir dominējoša un tās apjomu var vērtēt ar 10 tonnām gadā. Šī mūsdienās praktiski nenovēršamā noplūde (0,5 promiles) ir par vairākām kārtām mazāka nekā svina vai tā savienojumu noplūde no kopējās sistēmas.



7.6. attēls. Frakciju zudumi izmantošanā un atkārtotā pārstrādē.

Ja utilizācijas koeficients ir 99,7 %, tad svina zudumi pārsvarā rodas, izmantojot un pārlādējot akumulatorus. Ja utilizācijas līmenis ir augstāks, bet svins pārvēršas par blakusproduktiem, tad noplūde gaisā, ūdenī un citur ir dominējoša un tās apjomu var vērtēt ar 10 tonnām gadā. Šī mūsdienās praktiski nenovēršamā noplūde (0,5 promiles) ir par vairākām kārtām mazāka nekā svina vai tā savienojumu noplūde no kopējās sistēmas.

Tomēr būtu jāreķinās ar dažiem ierobežojumiem nākotnē. Ja utilizētais svins tiek rafinēts un atkārtoti izmantots, lai ražotu atkal jaunus akumulatorus bez ievērojamām izmaiņām, varētu rasties arī zināmi kvalitatīvi ierobežojumi. Pašlaik visai lielā mērā svins ir piesārņots ar bismutu, sudrabu un varu vai to savienojumiem. Tas varētu izvirzīt arī jautājumu par citu metālu vides piesārņojumu ar

svina līdzdalību, tomēr, iespējams, ka to varētu atrisināt samērā viegli.

Utilizācijas līmenis, kas šeit tiek apspriests un attiecas uz 99 vai vairāk procentiem, varētu nodrošināt svina pastāvēšanas laiku sistēmas ietvaros, kas šobrīd krietni vien pārsniedz mūsu perspektīvās plānošanas horizontu. Situācijā, kad utilizācijas līmenis ir 99 %, svina krājumu varētu pietikt 400 gadiem, bet ja līmenis ir 99,9 % - pat 9

000 gadiem. Tomēr rodas jautājums par to svina daļu, kas tiek izņemta no aprites, piemēram, saistībā ar jaunu tehnoloģiju ieviešanu. Līdzīgi jautājumi jau ir izvirzīti attiecībā uz radioaktīvo vielu atkritumiem un plutoniju.

Avoti - Tiberg, 1991; Karlsson et al., 1996; Bergback, 1992; Andersson et al., 1988.

7.7. Utilizācija - metālu ilgtermiņa izmantošanas pamats

Metālu utilizācijas potenciāls ir ļoti augsts. Metālu atomi un to īpašības pašu metālu izmantošanas vai utilizācijas laikā nemainās. Principā atomi spēj utilizācijas procesos piedalīties mūžīgi. Tomēr paši metāli var nopietni degradēties, ja tajos palielinās piemaisījumu koncentrācija, un pat zaudēt savas vērtīgās īpašības. Tāpēc šis aspekts ir jāpatur prātā, domājot par metālu izmantošanu nākotnē. Daudzos gadījumos mēs lietojam dažādu metālu maisījumus, vai nu apzināti veidojot noteiktus sakausējumus vai arī utilizācijas gaitā nepilnīgās tehnoloģijas dēļ vienkārši piesārņojot pamatmetālu ar citiem metāliem. Nederīgas automašīnas metāllūžņos dzelzs var būt piesārņots ar varu, kas pat nelielās koncentrācijās mazina utilizētās dzelzs pielietojamību. Šāda veida metālu degradāciju, kas notiek ar materiālu krājumiem tehnosfērā, parasti sauc par tehnotoksiskumu (*Norrthon, 1996*). Lai novērstu šāda veida degradāciju, ir svarīgi un nepieciešams atdalīt vienu

no otra dažādos metālus un to sakausējumus, izmantojot tā saukto "utilizācijas procesa plānošanu, radīšanu un īstenošanu", bez tam ir nepieciešams pilnveidot pašus atjaunošanas vai utilizācijas procesus. Lai varētu nodrošināt augstas kvalitātes utilizētu metālu ieguvu, ir nepieciešams samazināt dažādo sakausējumu skaitu un daudzumu.

Ja procesu vērtē ilgtermiņa attīstībā, tad sabiedrībā un tehnosfērā uzkrāto vairāku metālu daudzums ir liels, salīdzinot ar to krājumiem dabā, un tādēļ nākotnē varētu rasties nopietni draudi. Vairumam metālu joprojām turpinās uzkrāšanas stadija. Metālu uzkrājumi tā kā tā tehnosfēru agrāk vai vēlāk atstās, tāpēc ir svarīgi izvirzīt dažus jautājumus. Kādām ir jābūt ilgtermiņā akceptējamām metālu uzkrāšanas vietām un kur tām ir jāatrodas? Kā šajās vietās nogādāt metālus vai to savienojumus? Mūsdienās galvenie zudumu rodas, nekontrolēti izmetot metālus izgāztuvēs. Bet - jo noslēgtākus ciklus izdosies radīt, jo noplūde būs mazāka un vieglāk kontrolējama. Bez tam, radot noslēgtākus metālu aprites ciklus, problēmas daļēji tiek transformētas uz nākošām paaudzēm.

Metālu retuma vai to nepieejamības dēļ, kā arī saistībā ar metālu resursu savstarpējo mijiedarbību nākotnē varētu rasties zināmi ierobežojumi metālu izmantošanai, it īpaši attiecībā uz specifisku un augstvērtīgu to pielietojumu. Tas varētu ietekmēt arī tehnoloģiskās izvēles iespējas un dažādā un daudzveidīgā pielietojuma ekspansiju. Šiem ierobežojumiem varētu būt milzīga nozīme, kad tiek izstrādātas stratēģiskās programmas par nākotnē iespējamām svarīgākām tehnoloģijām, it īpaši par enerģijas pārvēršanu un uzkrāšanu.

Politika, kas balstītos uz plaša mēroga tehnoloģiju ieviešanu un vienlaicīgu intensīvu reto vai izsīkstošo metālu utilizāciju, varētu atrisināt arī daudzas specifiskas vides problēmas. Piemēram, jautājumus, kas saistīti ar parasto iekšdedzes vai dīzeļdzinēju automašīnu aizvietošanu ar akumulatoriem aprīkotām automašīnām jeb elektromobiļiem. Bez tam metālu resursiem ir ļoti liela nozīme, lai radītu un plaši izmantotu dažāda veida plānā slāņa Saules baterijas.

LITERATŪRA

Vispārīga informācija

Speciālie jautājumi

Bergback B. *Industrial metabolism - the Emerging Landscape of Heavy Metal Immission in Sweden*. PhD thesis, Linköping University, Sweden, 1992.

Holmberg J. *Socio - Ecological principles and indicators for sustainability*. PhD thesis, Institute of Physical Resource Theory, Chalmers University of Technology and Göteborg University, 1995.

Hunhammar S. *Residues on the move*. AFR - report 43, Swedish Environmental Protection Agency, Stockholm, Sweden, 1994.

IPCC. *Climate Change 1994. Radiative forcing of climate change*. Houghton J.T., Meira Filho L.G., Bruce J., Hoesung Lee, Callander B.A., Haites E., Harris N., Maskell K., (eds). Cambridge University Press, Cambridge, UK, 1995.

Karlsson S., Azar C., Eriksson K. E., Holmberg J., Lindgren K., Wirsén S. *Materials Flows. On the Metabolism of the Industrial Society in a Sustainability Perspective*. AFR-report 38, Swedish Waste Research Council, Stockholm, 1994.

Karlsson S., Berndes G., Wirsén S. *Global biomass requirement. Sustainable use of land*. AFR – Report 121. Swedish Environmental Protection Agency, Stockholm, 1996.

Mansson B. *Miljö för barkraftighet*. Liber-Hermöds, Malmö, 1993. (In Swedish.)

Robert K. H. 1994. *Den naturliga utmaningen*. Falun, Sweden, Ekerlids Forlag, 1994. (In Swedish.)

Schmidt – Bleek F. *Wieviel Umwelt braucht der Mensch?* Birkhäuser, Berlin, 1994.

Schmidt - Bleek F., Tischner U. *Produkten – entwicklung, Nutzen gestalten - Natur schonen*. WIFI Österreich, Wien, 1995.

WCED. *Our Common Future*. Oxford, Oxford University Press, 1987.

1. nodaļa

Holmberg J., Karlsson S. On designing socio – ecological indicators. In: Svedin U., Hagerhall - Aniansson B., (eds.). *Society and Environment: A Swedish Research Perspective*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1992.

2. nodaļa

Karlsson S. 1990. *Energy, entropy and exergy in the atmosphere*. PhD thesis, Institute of Physical Resource Theory, Chalmers University of Technology, Göteborg, 1990.

3. nodaļa

Bringezu S., Schutz H., Behrensmeier R., Schmidt – Bleek F. *Indicating environmental pressure for national economies and industrial sectors on the basis of integrated economic and environmental accounting*. Wuppertal Institute, Wuppertal, 1995.

Wernick I., Ausubel J. *National materials flows and the environment*. Ann. Rev. Energy Environ. 20, 1995, pp. 463-492.

4. nodaļa

Ayres R.U., Ayres L.W. 1995. *Materials cycles optimisation in the production of major finished materials. Chapter 1: Summary and overview*. Working Paper 95/05/EPS, Centre for the Management of Environmental Resources, INSEAD, Fontainebleau, France, 1995.

Holmberg J., Robert K. H., Eriksson K. E. *Socio-ecological principles for a sustainable society*. Report 94-11, Institute of Physical Resource Theory, Chalmers University of Technology, Göteborg, 1994.

Max-Neef M. *Human-Scale Economics: the Challenges Ahead*. In: Ekins, P. (ed.), *The Living Economy*, Routledge & Kegan Paul, London, 1986.

Wernick I., Herman R., Govind J., Ausubel S. *Materialization and dematerialization: Measures and trends*. Daedalus, 1996, pp. 155, 171-198.

5. nodaļa

Ajtay G. L., Ketner P., Duvigneaud P. In: *The Global Carbon Cycle*. Bolin B., Degens E. T., Kempe, S., Ketner P., (eds.), Wiley, 1979, pp. 129-181.

Alexandratos N. *World Agriculture: Towards 2010*. FAO/UN and John Wiley & Sons Ltd., Chichester, 1995.

Azar C., Holmberg J., Lindgren K. *Socio - ecological Indicators for Sustainability*. Ecological Economics 18, 1996, pp. 89-112.

Hall D.O., Rosillo-Calle F., Williams R. H., Woods J. In: *Renewable Energy: Sources for Fuels and Electricity*. Johansson T. B., Kelly H., Reddy A. K. N., Williams R. H., Eds. Island Press, Washington, D.C., pp. 593-651.

Plucknett D. L. *Science and agricultural transformation*. IFPRI Lecture Series, International Food Policy Research Institute, 1993.

SEI. Rijsberman F.R., Swart R.J., (eds.). *Targets and Indicators of Climatic Change*. Stockholm Environmental Institute, Box 1240, 105 14 Stockholm, Sweden, 1990.

World Resources Institute. *World Resources 1994-95*. Oxford University Press, New York/Oxford, 1994.

6. nodaļa

Galloway J., W. Schlesinger Levy II, H., Michaels A., Schnoor J. *Nitrogen fixation: Anthropogenic enhancement - environmental response*. Global Biogeochemical Cycles 9, 1995, pp. 235-252.

Granstedt A., Westberg L. *Vaxtnarings - floden och nature - resurshushallning i svenskt jordbruk och samhalle nulage och framtids – mojligheter*. Department of Ecological Agriculture, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala,

Kindbom K. et al. *Beraknad ackumulerad syrabelastning fran atmosfaren till de svenska ekosystemen. Delrapport 1: Emissioner av svavel kvave ock alkaliskt stoft i Sverige 1900-1990*. IVL Report B1109,

Swedish Environmental Research Institute, Stockholm, 1993. (In Swedish.)

7. nodaļa

Andersson A., Gustafson A., Torstensson G. *Utlakning av sparelement fran odlad jord, Swedish University of Agricultiural Studies*. Uppsala Sweden, 1988. (In Swedish.)

Crowson P. *Minerals Handbook 1992-93*. Stockton Press, New York, 1992.

Nilarp F. *Omsattningen av koppar i Sverge i ett barkraftighetsperspektiv*. Thesis work. Institute of Physical Resource Theory, Chalmers University of Technology and Goteborg University, Goteborg, Sweden, 1994. (In Swedish.)

Norrthon P. 1996. *Sustainability and material flows - a study of the copper flow in Sweden*. Lic. thesis, Department of Physics and Measurement Technology, Linkoping University, Sweden, 1996.

Nriagu J.O. *Global metal pollution*. Environment 32, 1990, pp. 7-32.

Skinner B.J. *Supplies of Geochemically Scarce Metals*. In: McLaren D.J., Skinner B.J. (eds.) *Resources and World Development*. John Wiley & Sons, New York, 1987.

Tiberg N. The Baltic Sea Environment, Session 10. *The prospect of a sustainable society*. The Baltic University Programme, 1992, pp. 49.

BALTIJAS REĢIONA ILGTSPĒJA

CILVĒCE UN MATERIĀLU PLŪSMA

Autori

KRISTIANS AZARS

Habilitētais doktors fizikālo resursu teorijā. Strādā Čalmeras tehnoloģiskās universitātes Fizikālo resursu teorijas institūtā, kā arī Gēteborgas universitātē, tāpat kā visi šīs brošūras autori. Viņa pētījumi ir saistīti ar “siltumnīcas efekta” ekonomiskajiem aspektiem, tai skaitā kaitējuma aprēķins un pāreja no fosilā kurināmā uz atjaunojošiem resursiem. Bez tam viņš ir strādājis ilgtspējas indikatoru jomā.

GORANS BERNDESS

Vides zinātņu doktorands. Viņa pētījumi ir veltīti organisko materiālu izmantošanai pārtikas, materiālu un enerģētikas vajadzībām.

DŽONS HOLMBERGS

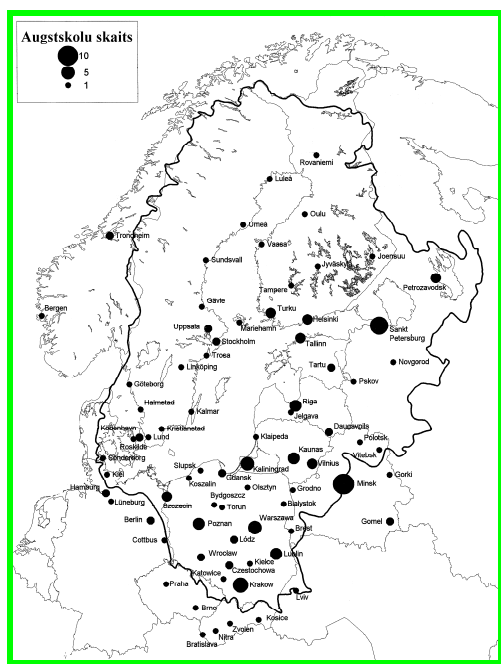
Fizikālo resursu teorijas institūta pasniedzējs un veic pētījumus par ilgtspējas indikatoru principiem. Pašlaik vada projektu, kas ir orientēts uz attīstības stratēģijām un scenārijiem par ilgtspējīgas enerģētikas nākotni. Viņš ir Dabas pakāpienu fonda padomes loceklis. Viņš lasa lekcijas par vides zinātnes pamatiem un darbojas kā zinātniskais un stratēģiskais padomnieks.

STENS KARLSONS

Zinātniskais līdzstrādnieks Fizikālo resursu teorijas institūtā. Viņš strādā pie resursu ekonomikas, enerģētisko sistēmu analīzes, atmosfēras termodinamikas jautājumiem. Pašlaik pēta sabiedriski svarīgās materiālu plūsmas un adaptācijas iespējas pie ilgtermiņa vides un resursu grūtībām.

KRISTIANS LINDGRENS

Asociētais profesors fizikālo resursu teorijā. Viņa pētniecības lauks saistās ar enerģētikas attīstības scenārijiem, ilgtspēju un komplekso sistēmu dinamiku. Viņš ir Santa Fe (Ņūmeksika, ASV) eksternu fakultātes loceklis.



Baltijas jūras reģions. Biezā līnija norobežo Baltijas jūras reģiona ūdensšķirtnes baseinu, bet punkti norāda Baltijas universitātes programmas dalības augstskolu atrašanās vietu.

BALTIJAS REĢIONA ILGTSPĒJA ir labi ilustrēts lekciju kurss, kas dod pārskatu par ilgtspējīgas attīstības koncepciju, it īpaši attiecībā uz Baltijas jūras reģionu. Lekcijās ir aplūkoti jautājumi, kas skar dabas resursu ilgtspējīgu izmantošanu un pārvaldīšanu, ilgtermiņa dabas aizsardzību un ilgtspējīgu cilvēku kopienu veidošanu, sākot no ģimenes līmeņa līdz pat pagastiem, pilsētām un valstīm.

Lekciju kurss veido Baltijas universitātes programmas sagatavotu universitātes kredītkursa pamatmateriālu, kas tiek piedāvāts reģiona augstskolām. Svarīga kursa komponente ir desmit televīzijas programmas, kas tika sagatavotas konsorciā ietvaros, kurā sadarbojās reģiona nacionālās televīzijas kompānijas, satelīta televīzijas raidkompānijas un nacionālie televīzijas kanāli. Šie televīzijas raidījumu materiāli satur plašas reportāžas no Baltijas reģiona valstīm. Bez tam kursam ir arī datu bāze par dabas resursiem un ietekmi uz vidi reģionā, kas ir pieejama, izmantojot INTERNET sistēmu. Lekciju kurss ir pieejams angļu, poļu, latviešu un krievu valodā, bet televīzijas raidījumu materiāli ir sagatavoti angļu un daudzās nacionālās valodās.

Baltijas universitātes programma īsteno starptautisku sadarbību starp apmēram 150 augstskolām 14 valstīs, kas atrodas Baltijas jūras reģionā. Programmu koordinē Upsalas universitātē.

BALTIJAS UNIVERSITĀTES PROGRAMMA - UPSALAS UNIVERSITĀTE

Adrese: The Baltic University Secretariat, Uppsala University, P.O.Box 2109, S - 750 02, Uppsala, SWEDEN
Tālrunis + 46 18 4711840; fakss + 46 18 4711840; e- pasts Baltic.Univ@uadm.uu.se

BALTIJAS UNIVERSITĀTES PROGRAMMAS LEKCIJU KURSS LATVIEŠU VALODĀ IR PIEEJAMS

LATVIJAS UNIVERSITĀTES VIDES PĒTĪJUMU CENTRĀ (Adrese: Latvijas Universitāte, Kr. Valdemāra ielā 48, LV - 1013, Rīgā. Tālrunis 7372597; fakss 7225039)

LATVIJAS UNIVERSITĀTES EKONOMIKAS UN VADĪBAS FAKULTĀTĒ (Adrese: Latvijas Universitāte, Aspazijas bulvārī 5, LV - 1050, Rīgā. Tālrunis 9227026; fakss 7034702).

