

CILVĒKS UN VIDE – ZEMES SISTĒMAS



Docents Jānis Zaļoksnis

Zemes sistēmas:

litosfēra, hidrosfēra, atmosfēra, biosfēra

Viss ir saistīts ar visu ! Visi dzīvās un nedzīvās dabas elementi un procesi ir savstarpēji saistīti – tie ietekmē cits citu. Tomēr šajās neskaitāmajās sakarībās iezīmējas **atsevišķu elementu vai procesu grupas, kas savā starpā ir saistītas ciešāk**, piemēram, pulksteņa mehānisma sastāvdaļas, datora mikroshēmas komponenti vai vienas ģimenes locekļi. Jebkuram no minēto elementu kopumiem piemīt noteiktas funkcijas – pulkstenis rāda laiku, dators veic informācijas apstrādi, ģimene audzina bērnus.

Savstarpēji saistītu elementu kopumu, kas veic noteiktas funkcijas, sauc par sistēmu.

(grieķu val. *systema* - vesels, sastāvošs no daļām)

Sistēmu teorija klasificē sistēmas pēc to **sarežģītības pakāpes**. Dabas sistēmas, kuras veido Zeme un viss, kas uz tās atrodas, ir pieskaitāmas ļoti sarežģītām sistēmām.

Pirms apmēram **4,6 miljardiem gadu**, kondensējoties starpzvaigžņu telpā esošajam gāzu un putekļu mākonim, izveidojās Saule un planētas. Zeme funkcionē kā noteiktas sistēmas (sfēras): atmosfēra, hidrosfēra un litosfēra, starp kurām pastāv vielu un enerģijas plūsmas. Zemes sfēras atšķiras pēc to sastāva, masas un tajās noritošajiem procesiem, kuru rezultātā attiecīgo sfēru veidojošā viela apmainās (piemēram, ūdens iztvaikošanas, kondensācijas, ūdeņu noteces cikls).

Zemes struktūras galvenie elementi

	Veidojošie ķīmiskie elementi	Vielas stāvoklis
Atmosfēra	N ₂ , O ₂ , H ₂ O, CO ₂ , Ar	gāzveida
Hidrosfēra	H ₂ O (ūdens, ledus), ūdenī izšķīdušas vielas (Na ⁺ , Ca ⁺² , Cl ⁻)	šķidr, ciets
Biosfēra	organiskas vielas, H ₂ O	šķidr, ciets
Litosfēra: Garoza Mantija Kodols	silikāti, karbonāti, sulfīdi, oksīdi silikāti (olivīns, piroksēns) dzelzs un niķelis	ciets ciets šķidr (kodola centrs - ciets)

Zemes galveno sastāvdaļu masa un vielu aprites laiks tajās



	Masa, <i>kg</i>	Aprites laiks, <i>gadi</i>
Biosfēra	$4,2 \times 10^{15}$	60
Atmosfēra	$5,2 \times 10^{18}$	0,2
Hidrosfēra	$1,4 \times 10^{21}$	1600
Garoza	$2,4 \times 10^{22}$	$>3 \times 10^7$
Mantija	$4,0 \times 10^{24}$	$>10^8$
Kodols	$1,9 \times 10^{24}$	nemainās

Sistēmas

Sistēmas var būt atvērtas vai slēgtas.

Atvērtā sistēmā vielas un enerģijas plūsmas netiek ierobežotas.

Okeāns ir atvērtā sistēma attiecībā pret Zemes ūdeņu kopumu – hidrosfēru.

Zeme ir uzskatāma par **slēgtu** sistēmu attiecībā pret vielu plūsmām (Zemes masu papildina relatīvi neliels daudzums uz tās nokrītošo meteorītu un nedaudz vielas aizplūst Visumā no atmosfēras augšējiem slāņiem), bet par **atvērtu** sistēmu attiecībā pret enerģijas plūsmām (Zeme saņem enerģiju no Saules, bet daļu no saņemtās enerģijas atstaro kosmiskajā telpā).

Sistēmas raksturo to spēja reaģēt uz ietekmēm - **atgriezeniskā saite**, kas var būt **pozitīva un negatīva**. Atbildes reakcija ir pašregulējoša vai sistēmas stāvokli stabilizējoša un tā nodrošina sistēmas uzturēšanu relatīvi konstantos apstākļos.

Pozitīva atgriezeniskā saite ir, ja attīstās tālāks sistēmas darbības pieaugums.

Atmosfēra

Atmosfēra sastāv no vielām gāzveida stāvoklī (O_2 , N_2).

Kopējā atmosfēras masa ir $5,2 \times 10^{18}$ kg, kas ir apmēram viena miljonā daļa no visas Zemes masas.

Atmosfēru raksturo **intensīvi vielu un enerģijas aprites procesi** un, salīdzinot ar pārējām Zemes sfērām, tā ir dinamiska.

Atmosfērai ir liela nozīme Zemes **siltuma bilanci**. Atmosfērā tiek izkliedēta no Saules nākošā enerģija, tā uzturot esošo siltuma bilanci un klimatu. Atmosfēras sastāvā esošie ūdens tvaiki un ogļskābā gāze atstaro atpakaļ daļu no Zemes virsmas izstarotā siltuma, tādējādi ievērojami paaugstinot temperatūru uz Zemes.

Zemes attīstības laikā atmosfēras sastāvs ir mainījies un pašreiz tas atspoguļo zināmu dinamiskā līdzsvara stāvokli, ko veido ģeokīmiskie, dzīvajā dabā noritošie procesi un cilvēka darbība.

Pēc Zemes izveidošanās sākotnējā atmosfēra, sastāvēja no **metāna, amonjaka, ūdens tvaikiem un ūdeņraža**. Tāda atmosfēra neaizkavēja no kosmiskās telpas nākošo elektromagnētisko starojumu, pat ar visai īsu viļņa garumu, un tā iedarbojās ķīmiski reducējoši. Tāpēc pirmie dzīvie organismi attīstījās ūdens vidē, kas pasargāja no elektromagnētiskā starojuma ar īsu viļņa garumu un nepieļāva organisko vielu (īpaši, DNS, olbaltumvielu) sabrukšanu.

Atmosfēras sastāva izmaiņas ietekmēja **fotosintezējošo organismu** attīstība, kuri spēj saistīt ogļskābo gāzi un ūdeni, veidojot ogļūdeņražus un skābekli. Pieaugot skābekļa koncentrācijai gaisā, izveidojās Zemes ozona slānis un atmosfēras sastāvs, kāds pastāv mūsdienās.

Fotosintēze un dzīvo organismu attīstība uzskatāma par galveno faktoru kopumu, kas nosaka skābekli saturošu atmosfēru mūsdienās.

Atmosfēra

Atmosfēras pastāvēšana ir **dzīvības priekšnosacījums** uz Zemes, bet dzīvības procesi ļoti būtiski iespaido tās sastāvu. Cilvēka darbības rezultātā notiek izmaiņas visās Zemes sistēmās, bet visbūtiskāk tā skar tieši atmosfēru.

Atmosfēras īpatnības ir tās **kustīgums** un tajā notiekošās fizikāli ķīmiskās pārvērtības, kas būtiski ietekmē uz Zemes noritošos procesus.

Atmosfēra **pasargā dzīvības procesus** uz Zemes, jo absorbē kosmisko starojumu un lielu daļu no Saules nākošā elektromagnētiskā starojuma, kas varētu izsaukt dzīvos organismus veidojošo organisko vielu sabrukšanu.

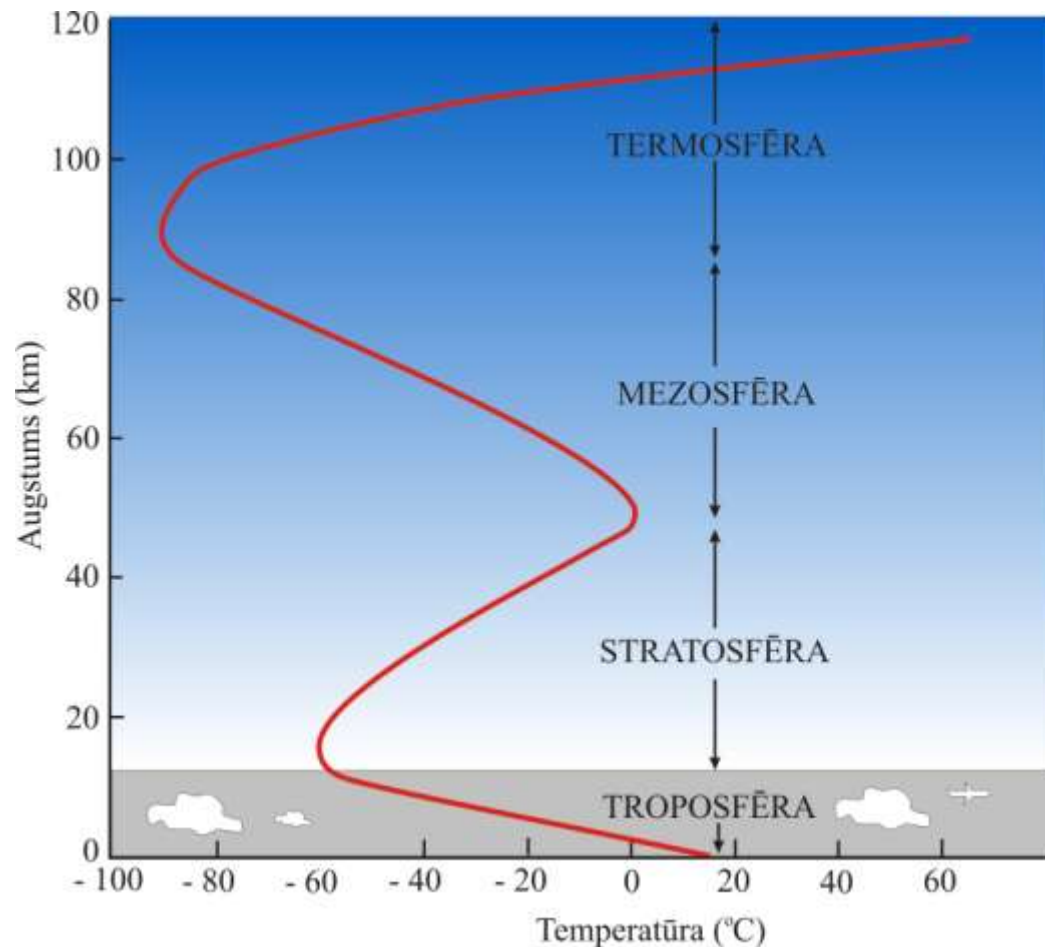
Ja starojums ar lielāku viļņu garumu un mazāku tā enerģiju var sasniegt Zemes virsmu, tad starojums ar īsāku viļņa garumu (**ultravioletais starojums, rentgenstari, γ stari**) tiek saistīts atmosfēras augšējos slāņos.

Atmosfērā sadeg arī ievērojama daļa no kosmiskās telpas nākošo **meteorītu** masas.

Atmosfēras augstais kustīgums nodrošina **piesārņojuma izkliedi** pat globālā mērogā.

Liela daļa biosfērā noritošo procesu ir viennozīmīgi atkarīgi no gaisa sastāva, kas tiek izmantots dzīvības procesu nodrošināšanā un vispirms tas attiecas uz organismiem, kuru uzbūve ir sarežģītāka. Pat toksisko vielu mikrodaudzumi, ja tās tiek uzņemtas ilgāku laiku, var ievērojami ietekmēt cilvēka veselību.

Zemes atmosfēras un temperatūras mainība atkarībā no attāluma līdz Zemes virsmai



Hidrosfēra

Hidrosfēra ir Zemes virsmas un tai tuvējās Zemes garozas daļas ūdeņu kopums, kurā lielāko daļu aizņem Pasaules okeāns.

Vielu aprīte lielā mērā saistās ar ūdens apriti uz Zemes. **Ūdens nosaka dzīvības procesu norisi un raksturu uz Zemes**, kā arī ir galvenā augstākos dzīvos organismus veidojošā viela.

Ūdens veido hidrosfēru, bet būtiski ietekmē arī procesus biosfērā, atmosfērā un, nosakot daudzu ģeoloģisko procesu raksturu, arī litosfērā. Ūdens lomu vidē lielā mērā nosaka ne tikai tā kopējais daudzums uz Zemes, bet arī ūdens kā vielas īpašības.

Hidrosfēras masa ir **$1,4 \times 10^{21}$ kg**. Hidrosfēras kopplatība (okeāns + ledāji + ezeri + upes + purvi + mitrzesmes) ir 383 miljoni km², un salīdzinot ar Zemes virsmas kopplatību (510 miljoni km²) hidrosfēra aizņem 75 % no tās.



Hidroloģiskais cikls

Ūdeņu apriti apraksta hidroloģiskais cikls, kurā var izdalīt piecas tā nozīmīgākās daļas: **ūdeņus okeānos, atmosfērā, ledājos, pazemē un saldūdeņu resursus.**

Hidroloģiskais cikls parāda saistību starp šiem galvenajiem ūdens avotiem un atspoguļo iztvaikošanas un arī atmosfēras nokrišņu izkrišanas procesu lielo lomu ūdens bilances veidošanā.

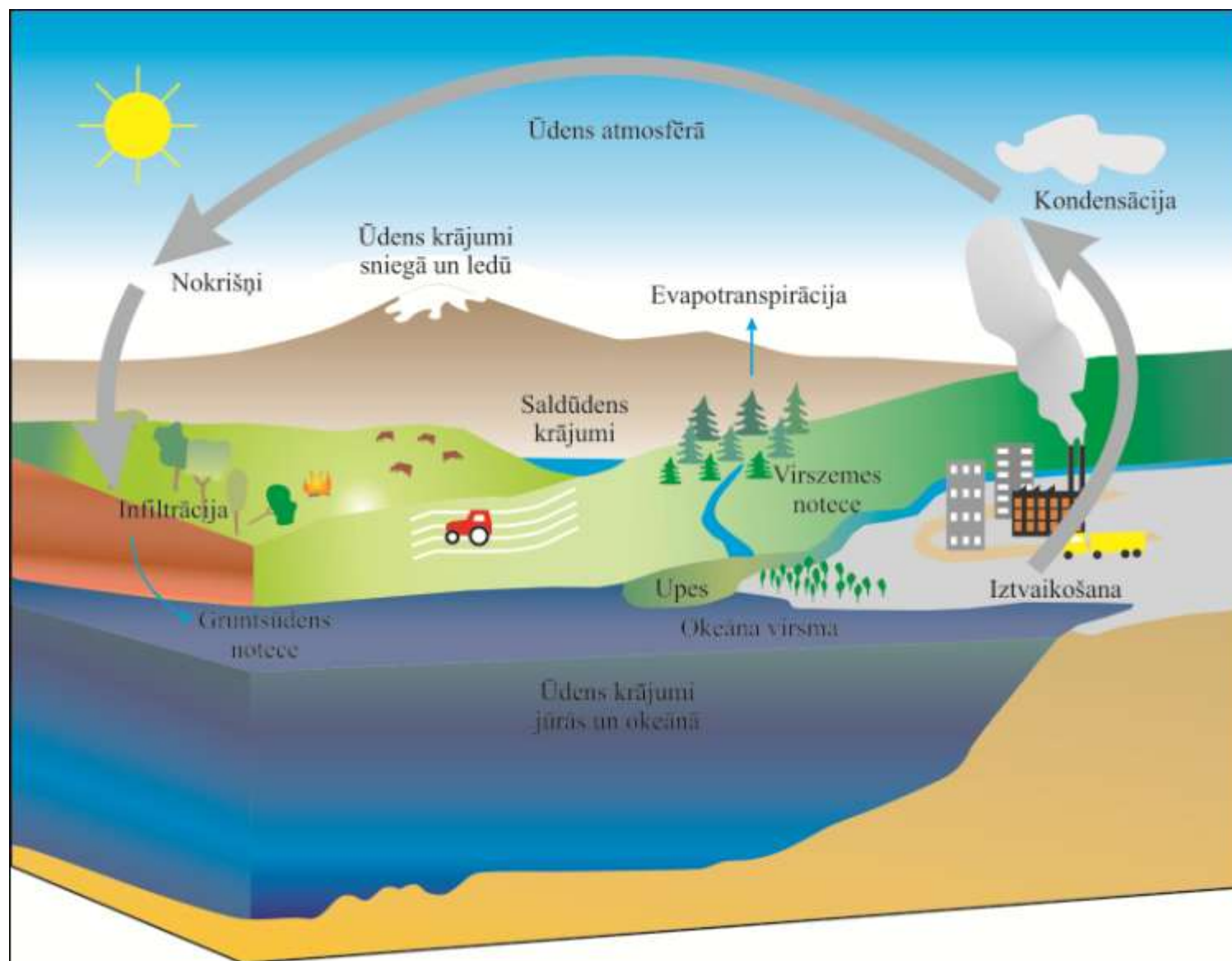
Galvenais enerģijas avots, kas nosaka ūdens iesaistīšanos globālās aprites ciklā ir Saule, kuras siltuma ietekmē Zemes virskārtā esošās ūdens masas sasilst un iztvaiko. Iztvaiko ne tikai ūdens no jūru un okeānu virsmas, bet arī augsnē esošais mitrums, ledāji un Zemes sniega sega.

Iztvaikojušais ūdens nokļūst atmosfērā, kur **ūdens tvaiki atdziest un kondensējas**. Par kondensācijas centriem kalpo atmosfērā esošās putekļu daļiņas. Ūdens kondensāciju var izsaukt arī no kosmiskās telpas nākošā starojuma iedarbības rezultātā radušās daļiņas. Kondensācijas procesi norit troposfēras augšējās slāņos, kā arī uz zemes virsas.

Nokrišņi var izkrist **lietus, sniega un krusas veidā**. Ūdens tvaikiem nonākot atmosfērā, tie tiek pakļauti vielu izkliedes procesiem, kas raksturīgi atmosfērai.

Ūdens tvaiki, kas dominējoši veidojas virs jūru un okeānu virsmas, gaisa masu pārvietošanās rezultātā var tikt **pārnesti lielos attālumos** un izkrist virs kontinentiem.

Hidroloģiskais cikls



Ūdens



Iguazu ūdenskritums

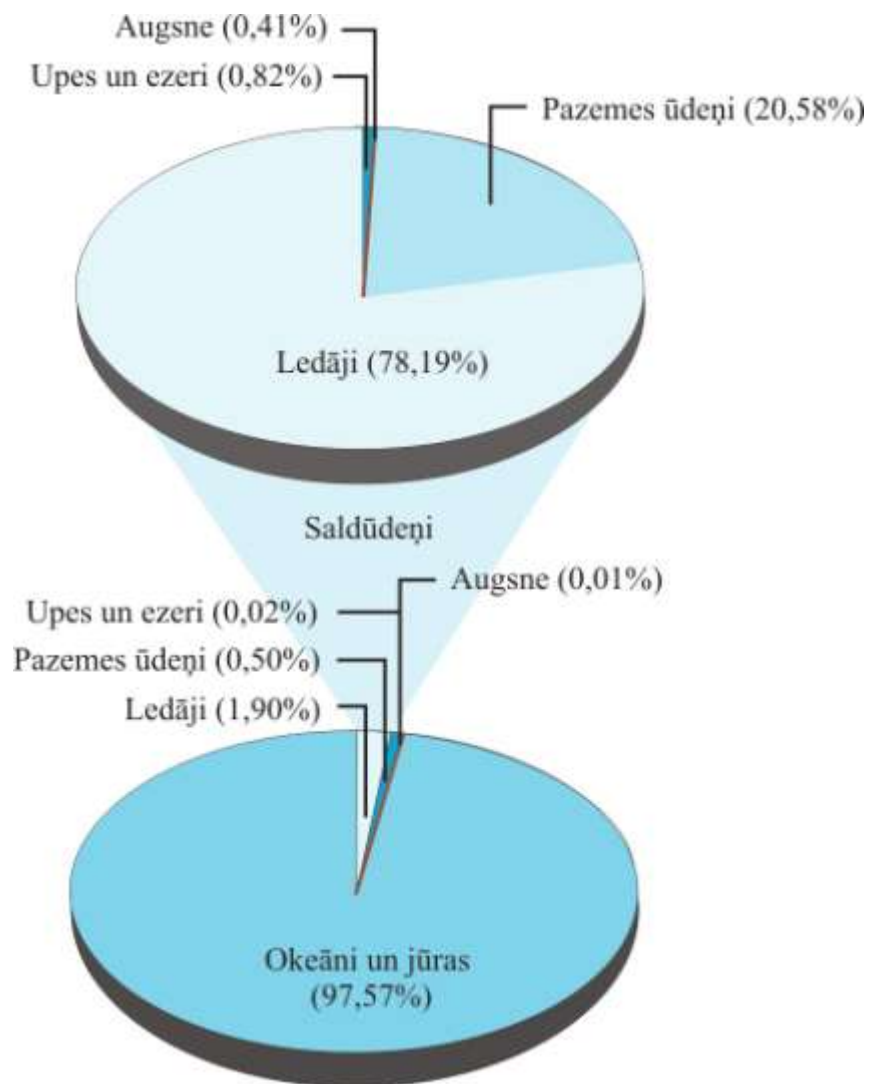
Ūdens ir atjaunojošais dabas resurss un dzīvību uzturošā viela uz Zemes. Tas ir mūsu un visu pārējo sugu **svarīgākais eksistences līdzeklis**.

Dabas ūdeņus klasificē pēc to kopējās **mineralizācijas pakāpes** (tajos izšķīdušo minerālvielu daudzuma), izdalot atsevišķi saldūdeņus (kuru kopējais sāļu daudzums ir līdz 1 g/l), iesālūdeņus (no 1 līdz 10 g/l), sāļūdeņus (no 10 līdz 35 g/l) un sālsūdeņus (no 35 g/l un vairāk).

Saldūdens ir vienīgi neliela visu uz Zemes esošo ūdeņu daļa - aptuveni 3 %.

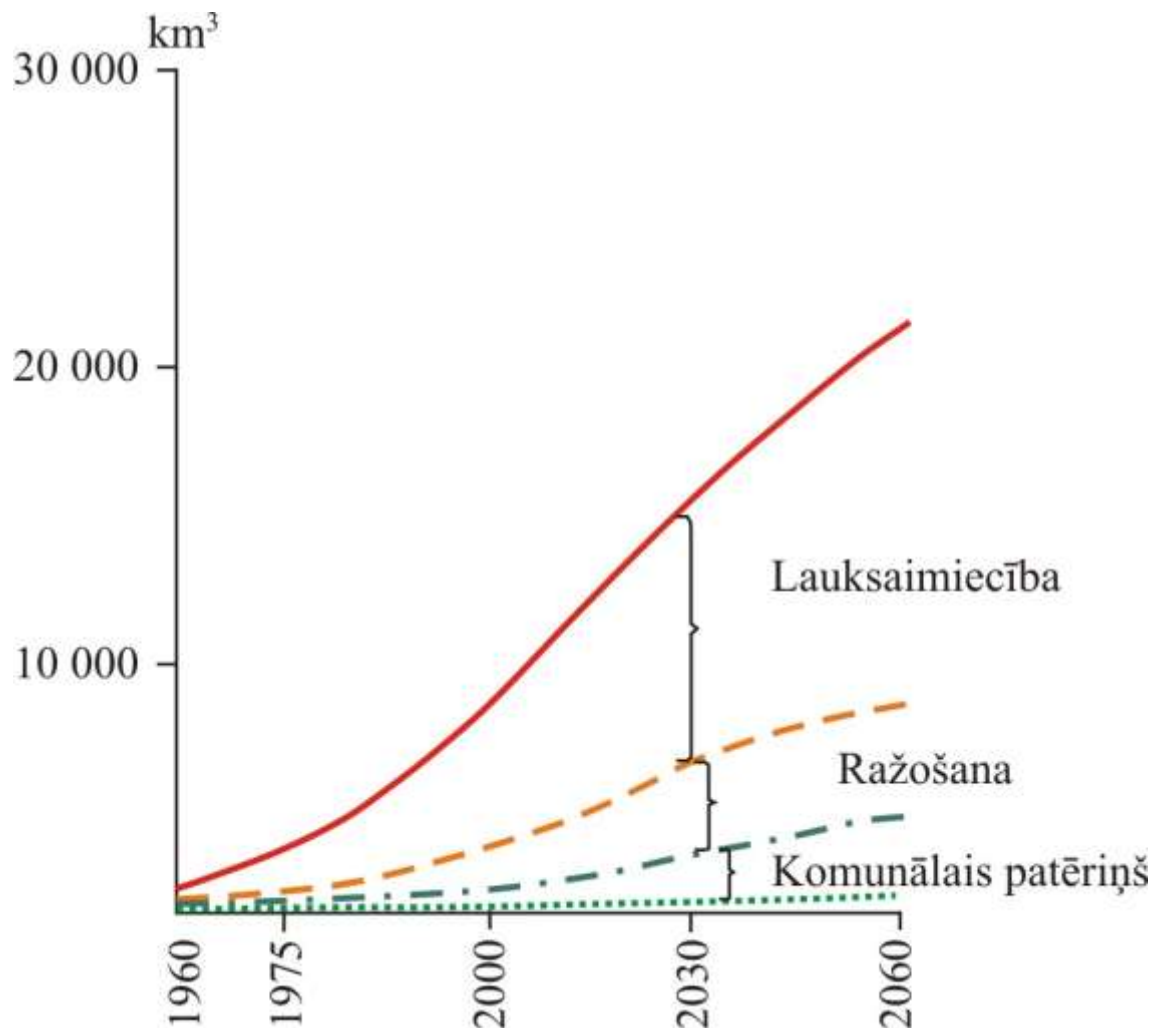
Nedaudz vairāk kā divas trešdaļas saldūdens ir saistīta ar **ledājiem** un sniega segu, bet viena trešdaļa - ar pazemes ūdeni, bet upes un ezeri veido tikai ļoti nelielu saldūdens daļu.

Ūdeņu krājumu sadalījums uz Zemes



Ūdeņu veids	Tilpums, km ³
Okeāni	1 338 000 000
Pazemes ūdeņi	23 900 000
<i>tsk. saldūdens pazemes ūdeņi</i>	10 530 000
Augsnes mitrums	16 500
Ledāji un sniega sega	24 064 100
Saldūdens ezeri	91 000
Sāļie ezeri	85 400
Upju ūdeņi	2 120
Ūdens atmosfērā	12 900

Ūdens patēriņa mainības tendences un tās prognozes dažādos tautsaimniecības sektoros

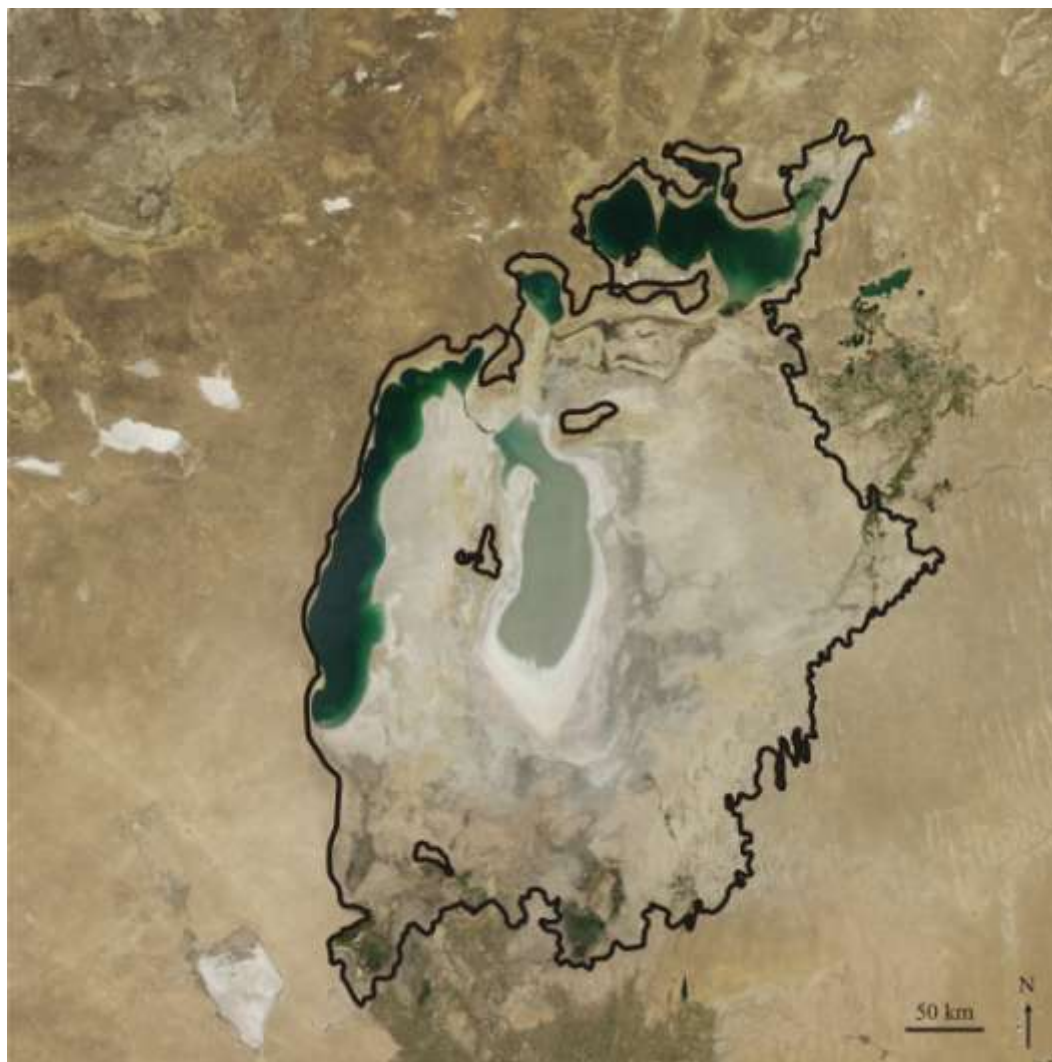


Cilvēks un ūdens izmantošana

Kaut arī hidroloģiskajā cikla iesaistītās ūdens masas ir milzīgas, tomēr cilvēka darbība ietekmē ūdeņu plūsmas. Jau pašlaik cilvēces ūdens patēriņš ir salīdzināms ar būtisku daļu no pasaules upju noteces. Jau tuvā nākotnē cilvēka **ūdens patēriņš varētu pārsniegt dabisko ūdeņu plūsmu iespējas.**

Cilvēka negatīvo ietekmi uz ūdens aprites procesiem ilustrē Arāla jūras izsīkšana, ko rada tajā ieplūstošo upju ūdeņu intensīva izmantošana lauku apūdeņošanai (galvenokārt audzējot kokvilnu).

Vēl 1960. gadā Arāla jūras platība bija 67 000 km², bet 2008. gada tās platība jau bija sarukusi līdz 17 000 km² un tiek prognozēts, ka pārredzamā nākotnē tā var izzust pilnībā, atstājot savā vietā sāls tuksnesi.



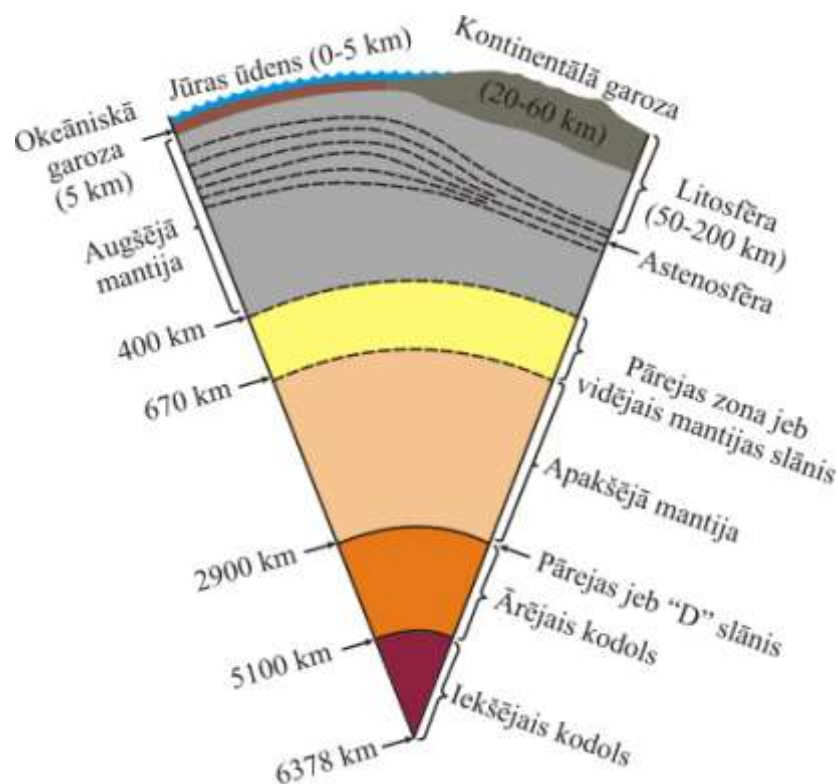
Arāla jūras platība 2008. gadā (ar nepārtrauktu līniju atzīmēta jūras platība 1960. gadā).

Litosfēra

Zemes ārējā cietā daļa - litosfēra sniedzas līdz **200 km** dziļumam. Tā ietver Zemes garozu un mantijas augšējo daļu.

Zem litosfēras atrodas astenosfēra un augšējā mantija, kuru veido daļēji izkusuši ieži un šķidr materiāls, kas Zemes virsmu var sasniegt vulkānu izvirdumu laikā.

Zemes ārējais kodols ir šķidr un veido ~ 30 % no Zemes masas, bet iekšējais kodols ir ciets un galvenokārt sastāv no dzelzs un niķeļa.



Litosfēra un tās sastāvs

Litosfēra ir vēsturisks termins, kuru mūsdienās izmanto ļoti ierobežoti – tikai lai raksturotu **Zemes ārējo cieto daļu**, kas, pēc 19. gadsimta pētnieku domām, aptver slāni, ko mūsdienās būtu pareizi saukt par Zemes garozu un mantijas augšējo daļu.

Tikai 19. gs. otrajā pusē **Zemes lodveida forma tika vispāratzīta**, tika precizēts vairākums planētas parametru, un gadsimta pašā nogalē veidojās pamatoti priekšstati par atšķirīgo ģeoloģisko uzbūvi kalnu un līdzenumu apvidos, sauszemē un okeānu teritorijās.

Vācu zinātnieks Alfrēds Vēgeners izvirzīja teoriju par **kontinentu dreifu**, tika veikti plaši pētījumi par iežu ķīmisko sastāvu, pirmie pētniecības urbumi sasniedza jau kilometra dziļumu.

Tomēr paši lielākie atklājumi notika laika posmā starp abiem pasaules kariem, kad sasniegumi ģeofizikā ļāva Zemes iekšējā uzbūvē izdalīt pēc īpašībām atšķirīgus **trīs pamata slāņus – cietu feromagnētisku kodolu, pastveida vai šķidru mantiju un cietu garozu**. Tika noteikti šo dažādo slāņu aptuvenie dziļumi un aptuveni raksturots arī to sastāvs.

Visgrūtāk nosakāmā robeža starp Zemes garozu un mantiju tika apzināta tikai 1909. gadā, kad horvātu ģeologs Andrija Mohorovičičs, pamatojoties uz savam laikam izcilām fizikas zināšanām, Dienvideiropā to noteica vidēji 50 km dziļumā. Kopš tā laika šo robežu sauc par **Mohorovičiča robežu jeb saīsināti – Moho**.

Litosfēra un tās sastāvs

Zemes garozas pamatnes (Moho robežas) dziļums Latvijā un blakus esošās teritorijās svārstās no **29,6 km līdz 59 km**. Moho robežas vidējais dziļums ir noteikts kā 46,6 km.

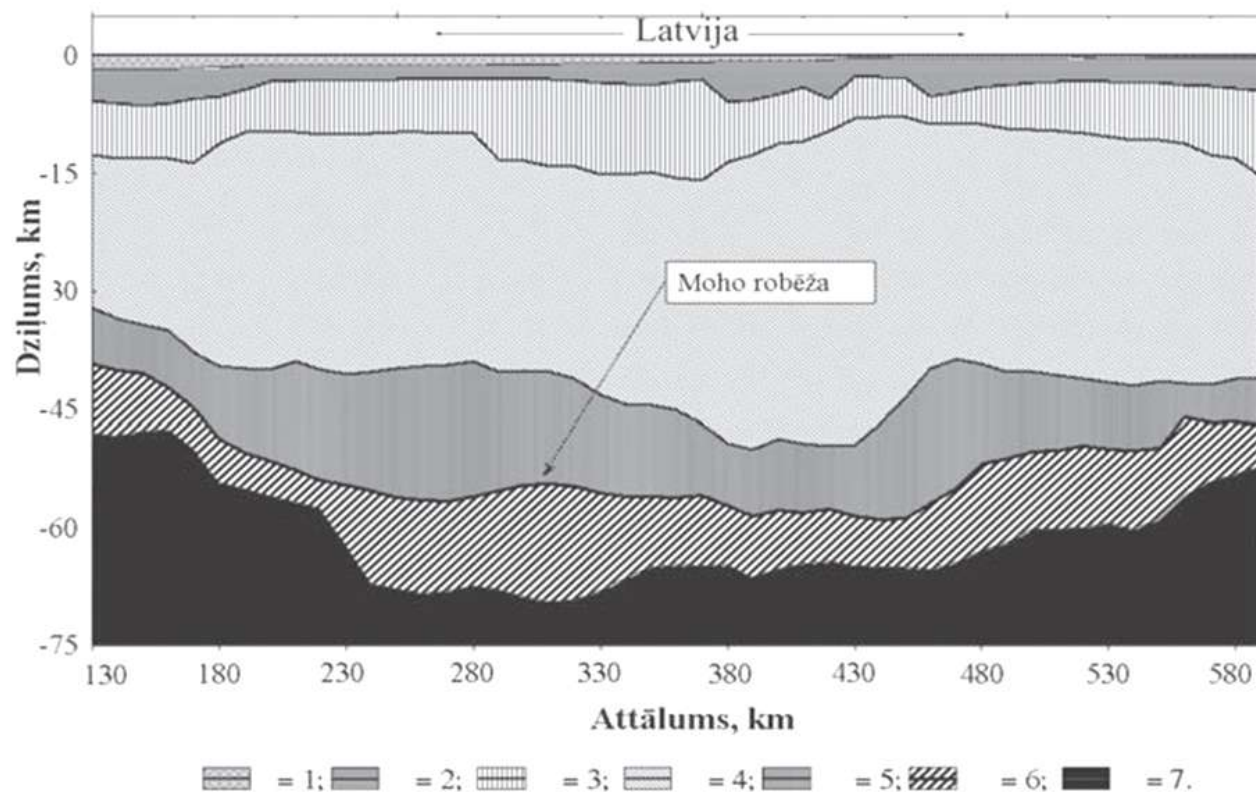
Tas vidēji atbilst **Zemes garozas pamatnes iegulas dziļumam (40 ± 8 km)** senajās platformās, kas vecākas par 2,2 mljrd. gadu (Austrālijas, Antarktīdas, Āfrikas–Arābijas, Austrumeiropas, Austrumķīnas, Indijas, Ziemeļamerikas, Sibīrijas platforma).

Šos datus sniedz dziļās seismiskās zondēšanas reģionālie profili, kas ļauj noteikt Zemes garozas kopējo biezumu, atsevišķo slāņu savstarpējās attiecības un garozas viendabīgumu.

Latvijā Zemes garozas minimālais biezums (30–32 km) attiecināms uz trim iecirkņiem: Daugavpils tuvumā, uz ziemeļaustrumiem no Cesvaines un uz ziemeļiem no Alūksnes. Saldus–Brocēnu apkārtnē Zemes garozas biezums sasniedz ap 40 km.

Mohorovičiča (Moho) robežas **vislielākais dziļums ir konstatēts Latvijas centrālajā daļā** (Zemgalē) starp Rīgu ziemeļos un Lietuvas pilsētu Joniškēle dienvidos, kur tas sasniedz 58 km.

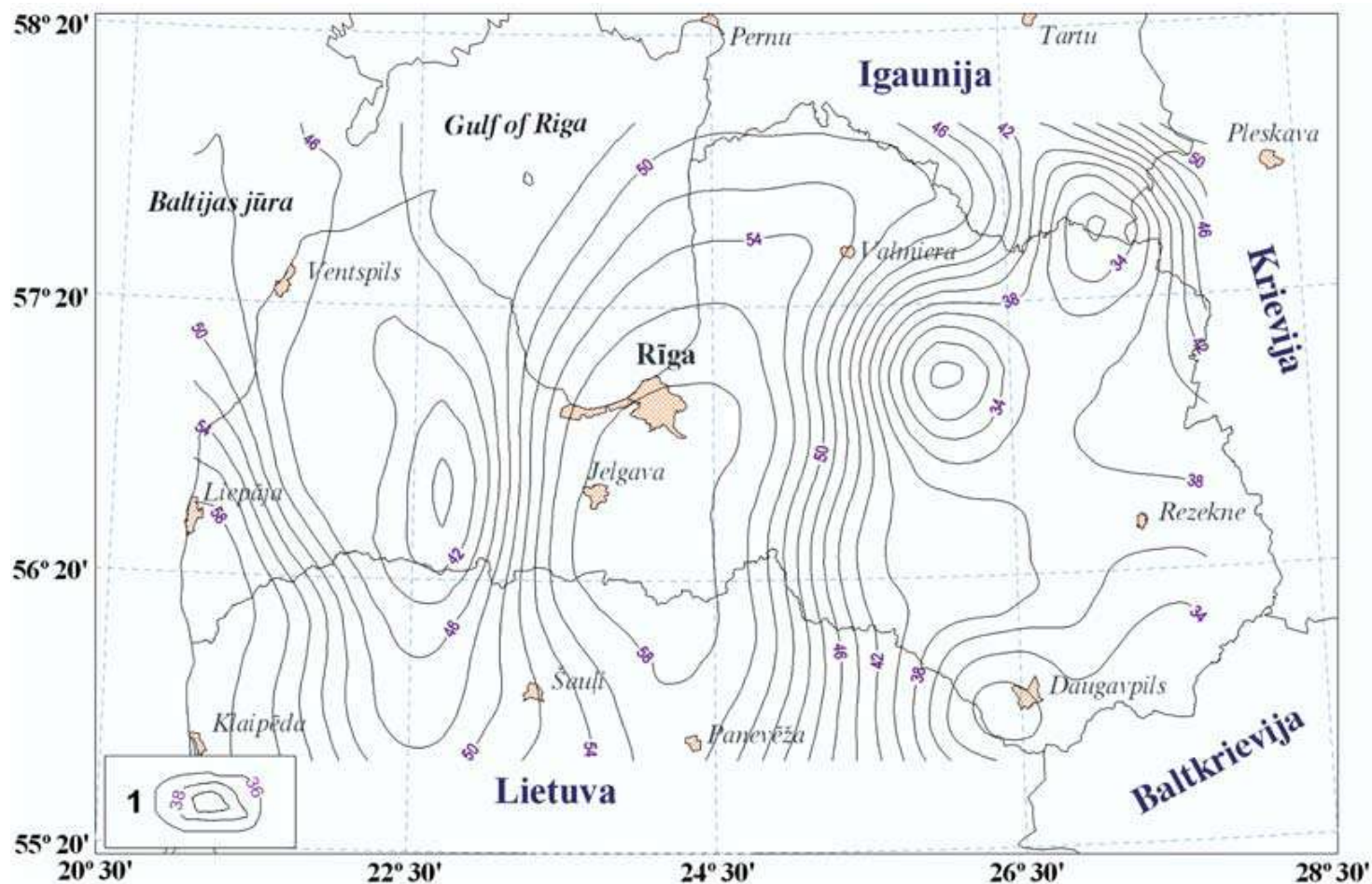
Zemes garozas modelis profilā Sovetska–Rīga–Kohtla-Jerve



**Apzīmējumi: 1 – nogulumiežu sega; 2 – kristāliskā pamatklintāja augšējā daļa;
3 – kristāliskā pamatklintāja apakšējā daļa; atsevišķie slāņi – 4 – IV slānis;
5 – M1 slānis; 6 – M2 slānis; 7 – augšējā mantija.**

Mohorovičiča virsmas dziļums Latvijā un blakus esošās teritorijās

Apzīmējumi: 1 – Moho virsmas izohipsas, km.



Zemes garozas ķīmiskais sastāvs

Amerikas Ģeoloģijas komitejas ķīmiskās laboratorijas vadītājs **Frenks Viglsvērts Klārks** paša vadītajā laboratorijā veica vairākus tūkstošus iežu ķīmisko analīžu, kā arī ievāca visus šajā laikā publicētos citu pētnieku veikto analīžu rezultātus. Tie tika saistīti ar pētīto iežu iespējamām izplatības areāliem uz Zemes virsmas un iespējamām šo dažādo iežu slāņu sagulumiem un proporcijām **līdz 16 km dziļumam**.

Tas bija fantastisks darba apjoms, un līdz gadsimta beigām tika aprēķināts desmit visizplatītāko ķīmisko elementu (**O, Si, Al, Fe, Ca, Mg, K, Na, Ti, P**) saturs Zemes garozā. Turpinot pētījumus, F. Klārks arvien palielināja analīžu skaitu, precizitāti un noteikto elementu skaitu. 1924. gadā jau bija iegūti dati par 50 elementiem. Šie pētījumi kļuva par pamatu visiem turpmākajiem ģeokīmiskajiem pētījumiem pasaulē. Tika ierosināts **vidējo ķīmisko elementu saturu Zemes garozā vai kādā citā sfērā nosaukt par klarku**.

Turpmākajos gados daudzi zinātnieki, ieviešot jaunas analītiskās metodes un nosakot aizvien jaunu ķīmisko elementu saturu, precizējuši Zemes garozas vidējā ķīmiskā sastāva datus, kā arī noteikuši Zemes garozas atsevišķu atsevišķu teritoriju un slāņu vidējo sastāvu, arī biosfērai un citām sfērām.

Tomēr **klarki kā mērvienības nav universālas**, un zinātniskajā literatūrā tās tiek izmantotas tikai kā salīdzinošas vērtības, ja konkrētie dati nav pietiekami vai datu interpretācija ir atšķirīga.

Zemes garozas vidējais ķīmiskais sastāvs (pēc masas)

Ķīmiskie elementi	Pēc J. Valtona, 2001	Pēc A. Vinogradova, 1949	Pieņemtās klarka vērtības, pēc V. M. Goldšmita, 1944
Skābeklis	46,6	47,0	47,00
Silicijs	27,7	27,5	29,50
Alumīnijs	8,1	8,6	8,05
Dzelzs	5,0	5,0	4,65
Kalcijs	3,6	3,5	2,96
Nātrijs	2,8	2,5	2,50
Kālijs	2,6	2,5	2,50
Magnijs	2,1	2,0	1,87
Kopā	98,5%	98,6%	99,03

Kīmisko elementu izplatība Zemes garozā

Zemes garozas veidošanā dažādiem minerāliem ir visai atšķirīga nozīme. Daļa no tiem ir noturīgi, stabili un, mainoties spiedienam, temperatūrai un videi, ir spējuši saglabāties. Citi savukārt ir dinamiski un vairākkārt mainījuši savu minerālo formu, asociācijas, tie aktīvi piedalās Zemes garozas sastāva un īpašību pārmaiņās.

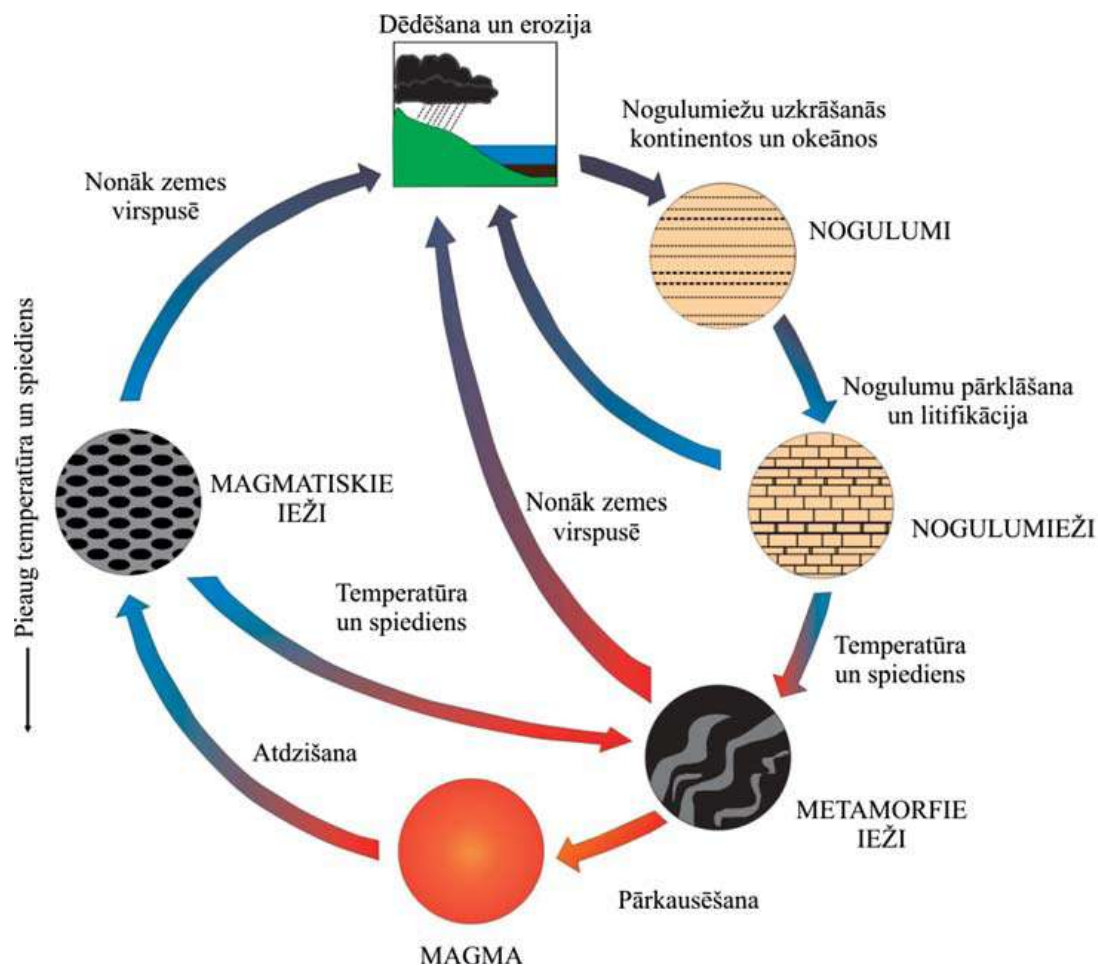
To sauc par **minerālu vai iežu aprites ciklu**, kas noturīgiem minerāliem var ilgt miljardiem gadu, bet aprītē aktīviem minerāliem – tikai dažas minūtes vai stundas. Patlaban ir zināmi aptuveni **2500 minerālu**, bet to nosaukumu skaits, ievērojot dažādus minerālu paveidus, pārsniedz 5000.

Ņemot vērā dažādos sinonīmus un vēsturiski veidojušos nosaukumus, kā arī mākslīgi veidotos minerālus, kopējais terminu skaits sasniedz gandrīz 8000. Tomēr **lielākā daļa līdz šim zināmo minerālu Zemes garozā sastopami ļoti reti**, tie ir dabas retumi, kam nav praktiskas nozīmes.

Uzskatāmi to parāda zināmo minerālu skaita atkarība no ķīmisko elementu izplatības

Zemes garozas augšējā kārtā (līdz **16 km** dziļumam), kā arī to izplatība biosfērā un atmosfērā.

Iežu cikls dabā



Biosfēra

Biosfērā ir izplatīti un dzīvo dzīvie organismi. Biosfēra aptver augšējo litosfēras daļu, apakšējo atmosfēras daļu (troposfēru) un visu hidrosfēru. $4,2 \times 10^{15}$

Biosfēra ir gan dzīvo būtnu kopums (biomasa), gan arī dzīves vide.

Biosfēra ir telpa, kurā mājā dzīvie organismi dažādās koncentrācijās – no dažām baktērijām kubikmetrā atmosfēras augstākajos slāņos līdz ekvatoriālās zonas tropiskajiem mežiem, kuriem raksturīga ne vien augsta bioloģiskā daudzveidība, bet arī milzīgs īpatņu skaits tilpuma vienībā.

Biosfēra ir **ārkārtīgi sarežģīta dinamiska sistēma**, ko iespaido milzīgs skaits dažādu ārēju faktoru, tai skaitā nejaūšu: Zemes garozas tektoniskie procesi, apledoņumi un klimatiskas katastrofas.

Kopīgais pašlaik zināmo **augu un dzīvnieku sugu skaits ir tuvs 3 miljoniem**, tai skaitā, **autotrofo** (primāro biomasu radīt spējīgo) ir apmēram 300 000. Visi pārējie organismi ir **heterotrofi** – primārās biomasas patērētāji. Starp augiem visvairāk ir segsēkļu un sēņu, starp dzīvniekiem kukaiņu, molusku, posmkāju un mugurkaulnieku.

Kopīgo dzīvās vielas masu vērtē no **$2,4 \times 10^{15}$ kg līdz 1×10^{16} kg** (sausas vielas), kurā dominē **fitomasa** (jūras fitoplanktons, meži, zālaugi), bet **zoomasas** daudzumu vērtē ap 2-10 % no kopīgā biomasas daudzuma.

Dzīvās vielas gada produkcija ir apmēram $2,3 \times 10^{14}$ kg. Dzīvā viela sastāda 0,01 % no Zemes garozas masas, bet to vienmērīgi izkliedējot Zemes virsmā, izveidotos **2 cm biezs slānis**.

Visvairāk biomasas ir koncentrēts tropu mežos - vidēji 65 kg/m^3 , taigā $20\text{-}25 \text{ kg/m}^3$, melnzemes joslas stepēs 1 kg/m^3 , tuksnešos $0,25 \text{ kg/m}^3$. Pēc biomasas koncentrācijas tuksnešiem tuvs ir Pasaules okeāns, kas atsevišķās vietās ir salīdzināms ar stepēm un savannām. Tomēr jūras organismi ātrāk vairojas un arī sadalās, bioloģiskā aprīte ir daudz intensīvāka.

Planktons ir lielākā un nozīmīgākā planētas biocenoze. Lai gan dzīvās vielas masa, salīdzinot ar Zemes garozas masu, ir niecīga, tomēr tās aprīte ir intensīva.

Bioloģiskā daudzveidība



Biosfēra

Visā dzīvības pastāvēšanas laikā radītā un aprītē esošā biomasas ievērojami pārsniedz Zemes garozas masu.

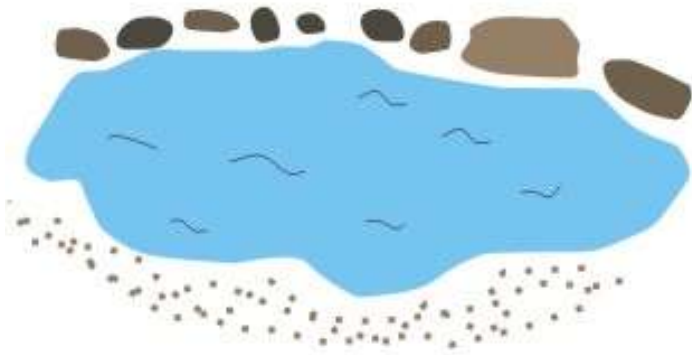
Dzīvās sistēmas atšķirībā no nedzīvajām, aktīvi apmainās ar apkārtējo vidi, nemitīgi uzņemot no tās vielu un enerģiju un izdalot vidē dzīvības procesa atkritumproduktus.

Galvenās dzīvo sistēmu kategorijas ir šūna, organisms, populācija un biocenoze. Šūnām un organismiem piemīt kairināmība – tie aktīvi reaģē uz izmaiņām vidē, aug, attīstās un vairojas. Šūna ir organisma uzbūves pamatelements, vienas sugas organismi veido populāciju, bet sugas, kas ir savstarpēji saistītas, vai ir ar līdzīgām prasībām pret apkārtējo vidi, veido sugu sabiedrības jeb biocenozes.

Biocenoze un nedzīvā vide (biotops), kurā sugas mājo, un kuru tās izmanto un pārveido, kopā veido vēl augstāka kategorijas sistēmu – **ekosistēmu, kas apvieno dzīvās un nedzīvās dabas komponentus.** Ekosistēmas veido īpašu ekosistēmu hierarhiju, kurā ietilpst sistēmas sākot ar mikroekosistēmām, kāds ir, piemēram, skudru pūznis un beidzot ar megaekosistēmu – biosfēru, kas ir visu planētas ekosistēmu apvienojums.

Katra suga ir unikāla un neatkārtojama, un tai ir specifiskas un raksturīgas funkcijas ekosistēmā. Visas uz Zemes dzīvojošās organismu sugas iedala četros lielos nodalījumos – valstīs: **baktērijas, sēnes, augi un dzīvnieki** (vīrusi šajā klasifikācijā netiek iekļauti). Neskatoties uz lielo jau klasificēto sugu skaitu, tiek uzskatīts, ka to lielāko daļu zinātnieki nemaz vēl nav atklājuši, jo saskaņā ar prognozēm, kopējais sugu skaits uz planētas varētu būt vismaz **13 miljoni.**

Ekosistēmas dzīvo komponentu veido dažādu sugu organismi, kas apdzīvo vienu un to pašu telpas daļu, parasti mijiedarbojas savā starpā un veido barības ķēdi. **Ekosistēmā ietilpstošo sugu kopumu sauc par biocenozi.** Visu nedzīvās dabas komponentu (ieži, ūdens, gaiss) kopumu, kurā atrodas biocenoze, sauc par biotopu.

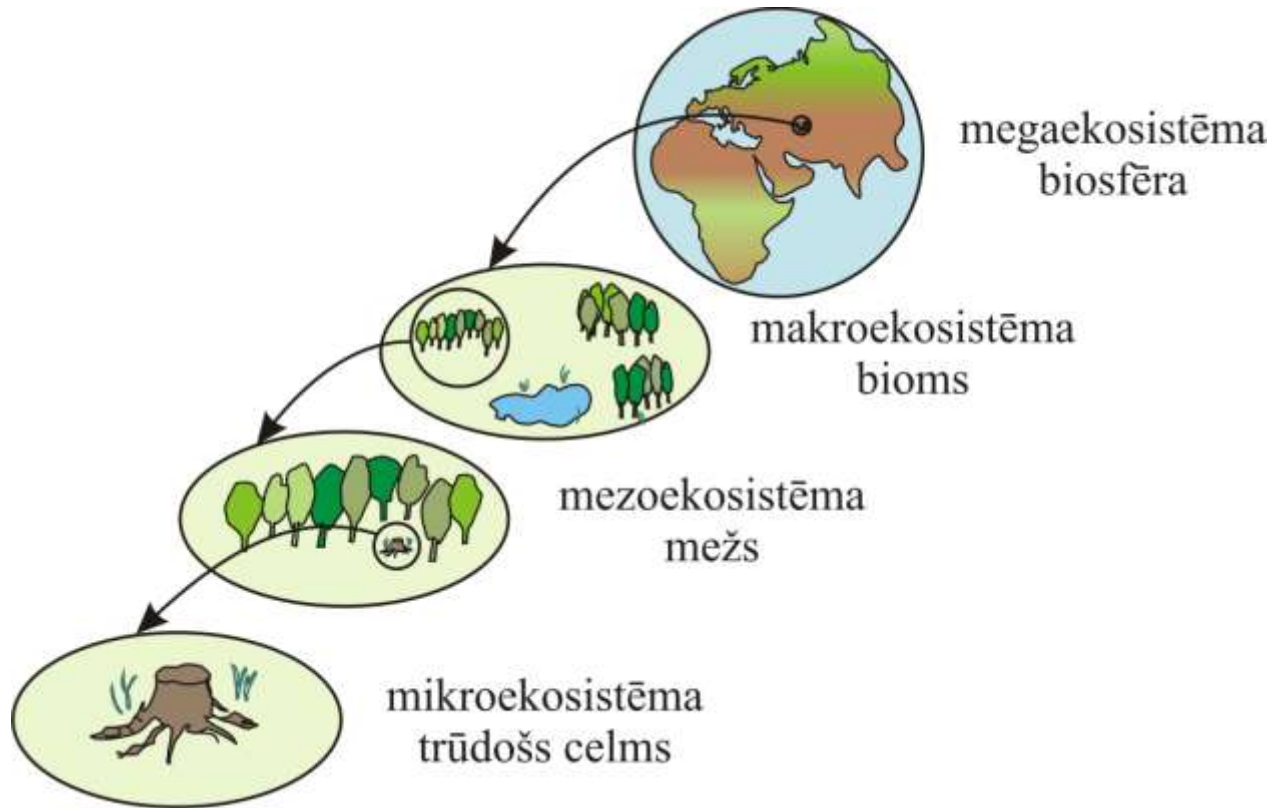


biotops



biotops+biocenoze=ekosistēma

Ekosistēmas ir hierarhiskas sistēmas. **Visaugstākā līmeņa ekosistēma ir biosfēra.** Biosfēras ietvaros var izdalīt lielākas pēc dabas apstākļiem viendabīgas teritorijas – biomsus. Savukārt biomu iekšienē var izdalīt mezoekosistēmas, piemēram, atsevišķus meža vai zālāju platības, purvus ezerus.



Ekosistēmas

Ekosistēmas galvenā funkcija ir **dzīvības nepārtrauktības nodrošināšana**, ko tā veic nemitīgi sintezējot no vienkāršām neorganiskām vielām (gāzēm, ūdens, sāļiem) organiskās vielās ar sarežģītu molekulu struktūru – celulozi, cukurus, olbaltumvielas, taukus, kas, organismiem atmirstot, atkal tiek sadalīti vienkāršās vielās.

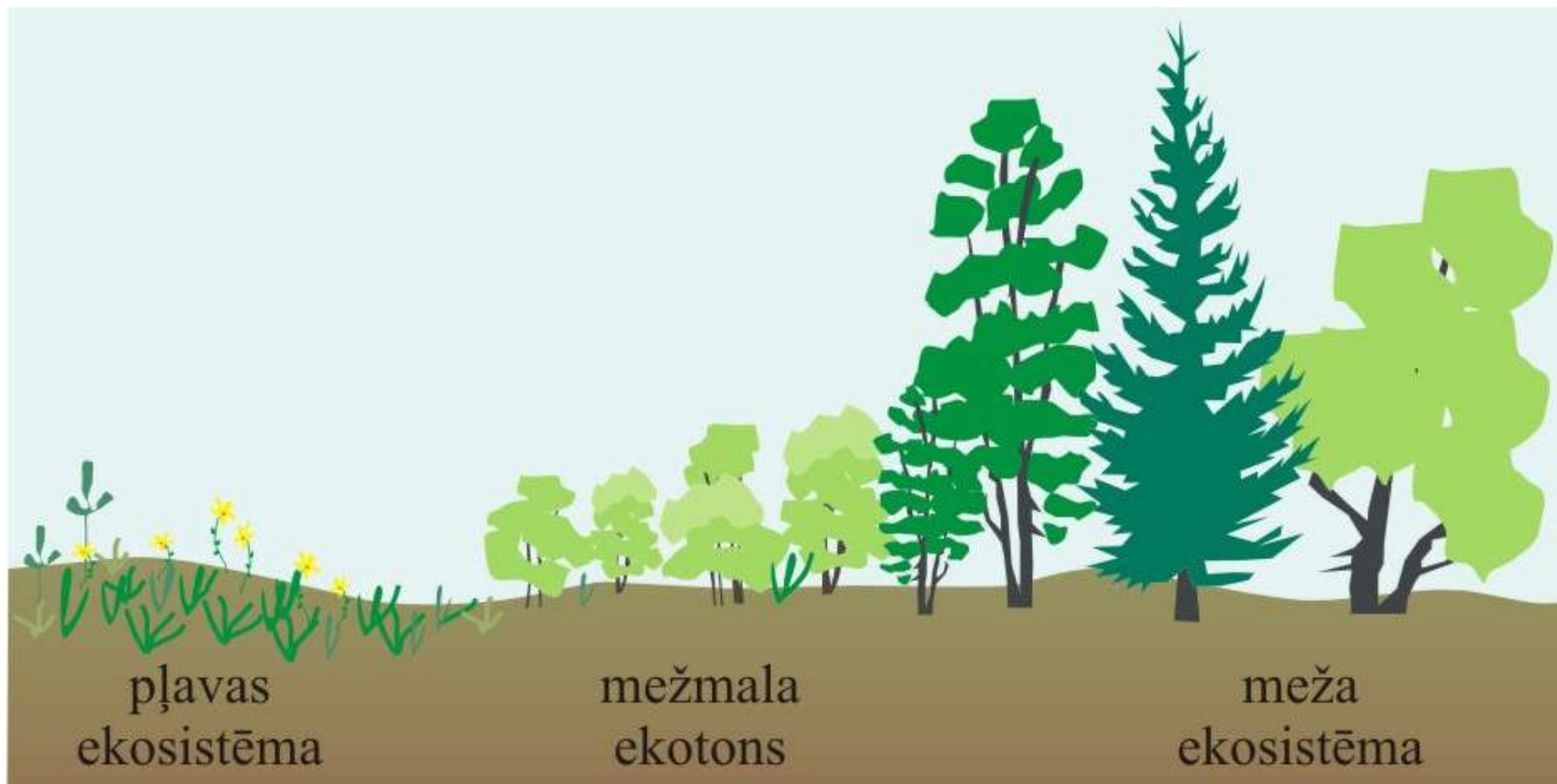
Ekosistēmas tomēr nevar aprakstīt tikai telpiskās kategorijās, jo starp ekosistēmām nav iespējams novilkt precīzas robežas, ja vien tās nav iezīmējusi pati daba, piemēram, kā līniju starp sauszemi un ūdeni.

Visbiežāk starp ekosistēmām ir izteikta pārejas zona - **ekotons**. Tādēļ ekosistēmu kartēs iezīmētās robežas ir visai nosacītas, dabā tādas nepastāv.

Ekosistēmu raksturo attiecības starp dažādām sugām un nedzīvās dabas elementiem. Ekosistēmas iekšienē šīm saitēm ir jābūt ciešākām, nekā starp ekosistēmām. Attiecības starp sugām ir ļoti daudzveidīgas.

Svarīgākās ir barības jeb **trofiskās attiecības** (no grieķu *trophos* – baroties), kad viena suga izmanto otru kā barību. Trofiskās attiecības pastāv, piemēram, starp augēdāju sugām un augu sugām, starp plēsējiem un upuriem, starp parazītiem un saimniekiem – sugām uz kurām parazīti dzīvo.

Bez trofiskajām saitēm ir arī citas starpsugu attiecību formas, piemēram, abpusēji labvēlīgas attiecības jeb **simbioze** un tām pilnīgi pretējas - **sugu konkurence** par barības resursiem vai dzīves telpu.



Meža ekosistēma robežjoslā ar pļavas ekosistēmu veido mežmalas ekotonu – krūmāju, kurā sastopamas gan pļavas gan meža sugas.



Kērpis ir aļģes un sēnes simbioze.

Ekoloģiskā barības jeb trofiskā ķēde

Ekoloģiskajā barības ķēdē izšķir 3-4 trofiskos līmeņus. Pirmais līmenis ietver autotrofos organismus, kas sava ķermeņa vielu veido izmantojot Saules enerģiju un no augsnes vai ūdens uzņemtas neorganiskas vielas.

Autotrofi ir visi zaļie augi, tai skaitā ūdenstilpēs sastopamās aļģes. Zaļie augi sava ķermeņa vielas veido fotosintēzes ceļā, tādēļ tos sauc par producentiem.

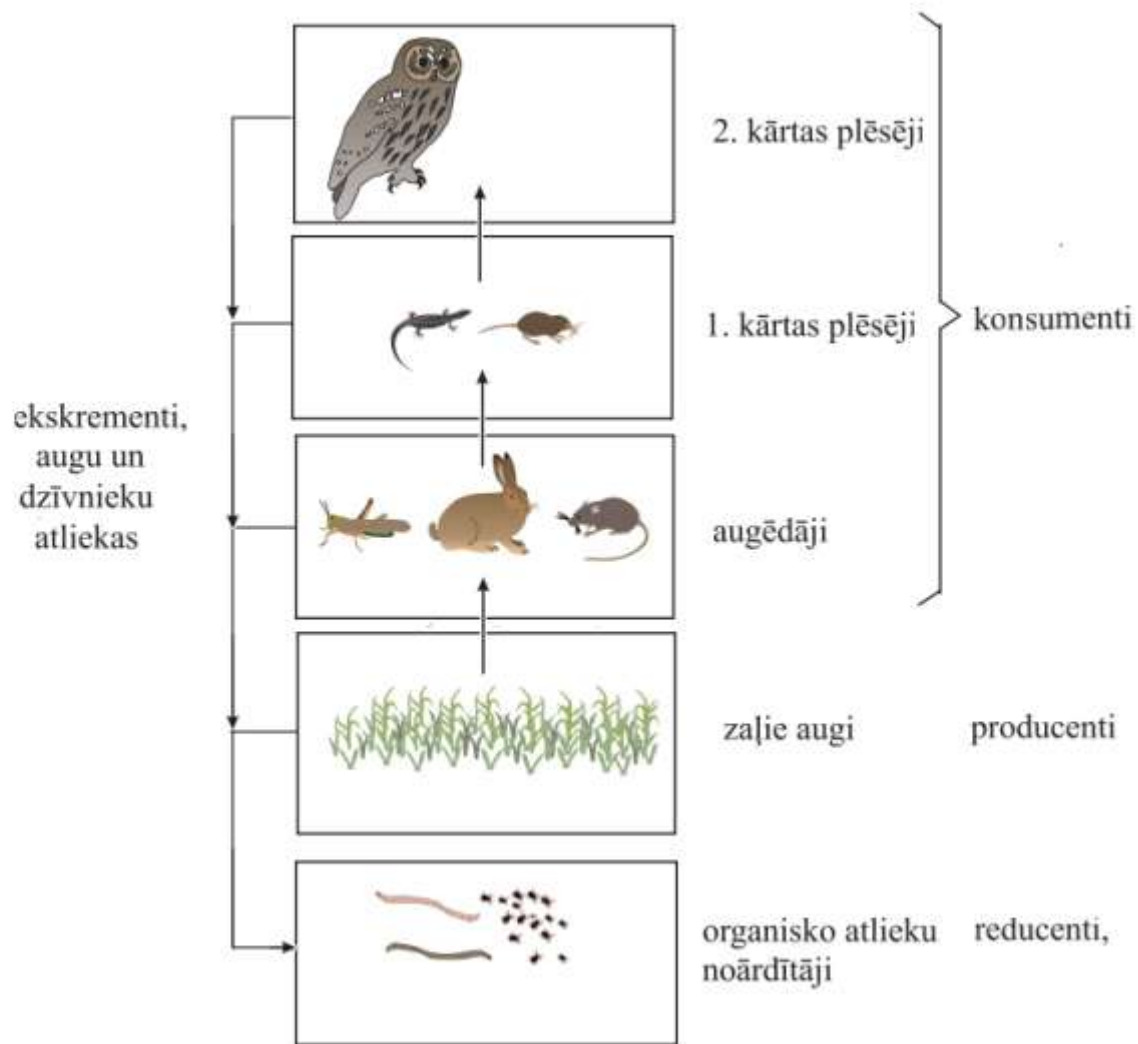
Mazāk izplatītas ekosistēmās ir autotrofās baktērijas, kas savu šūnu vielu sintēzei izmanto ķīmisko enerģiju. Visi pārējie barības ķēdes līmeņi ietver patērētājus jeb konsumentus.

Otrais līmenis ietver **augēdājus jeb fitofāgus**. Augēdāji enerģiju un vielu iegūst patērējot barībā augus.

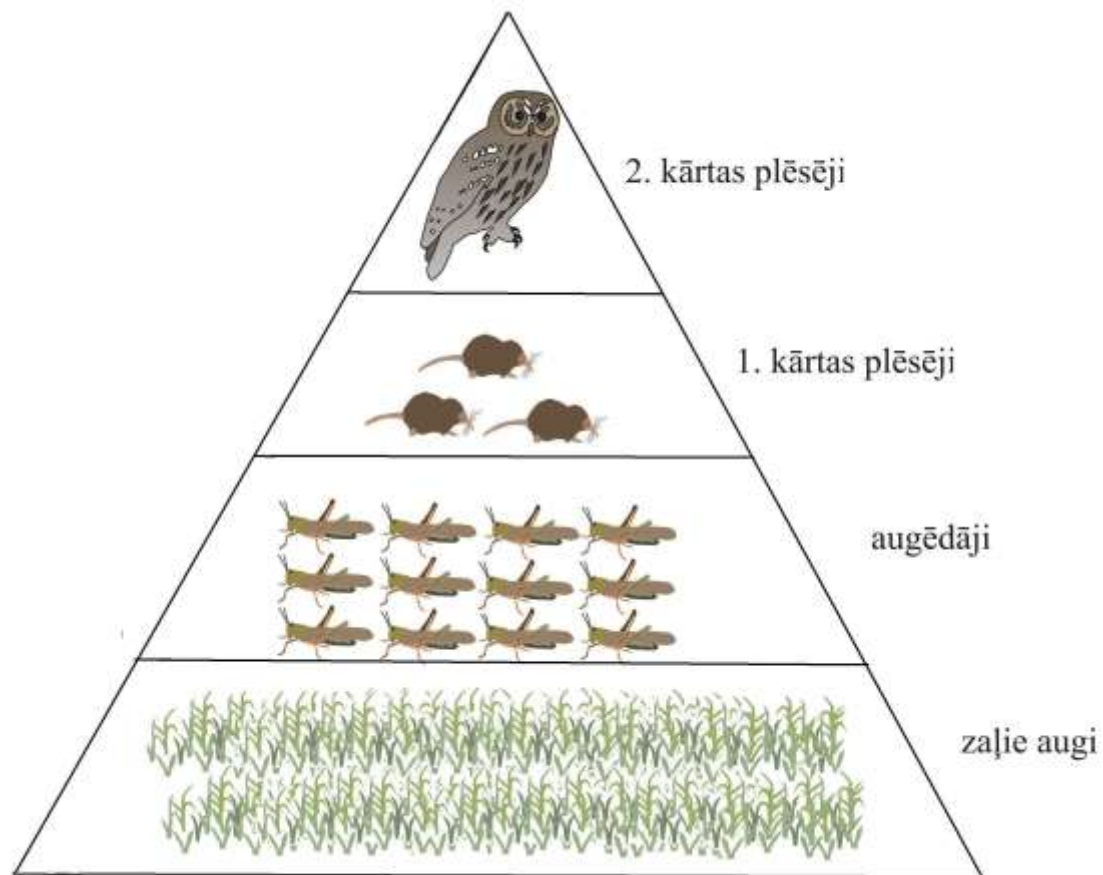
Trešais līmenis ietver pirmās kārtas **plēsējus jeb zoofāgus un parazītus**. Tie barībā izmanto augēdājus. Daudzās ekosistēmās arī pirmās kārtas plēsēji ir apdraudēti, jo tos barībā izmanto otrās kārtas plēsēji.

Saules enerģijas daudzums, kas pieejams katram nākošajam ekoloģiskās barības ķēdes līmenim ir ne vairāk kā 10-15 %. Tas tādēļ, ka lielākā daļa enerģijas tiek patērēta katra līmeņa iekšienē organismu vielu maiņai, augšanai, vairošanās procesam un tiek zaudēta siltuma veidā. Tādēļ arī barības ķēdes nemēdz būt garas.

Augēdāju parasti ir mazāk nekā augu, bet plēsēju mazāk nekā upuru. Šo likumsakarību atspoguļo **ekoloģiskās piramīdas**.



Ekoloģiskā barības ķēde jeb trofiskā ķēde.



Ekoloģiskā piramīda.

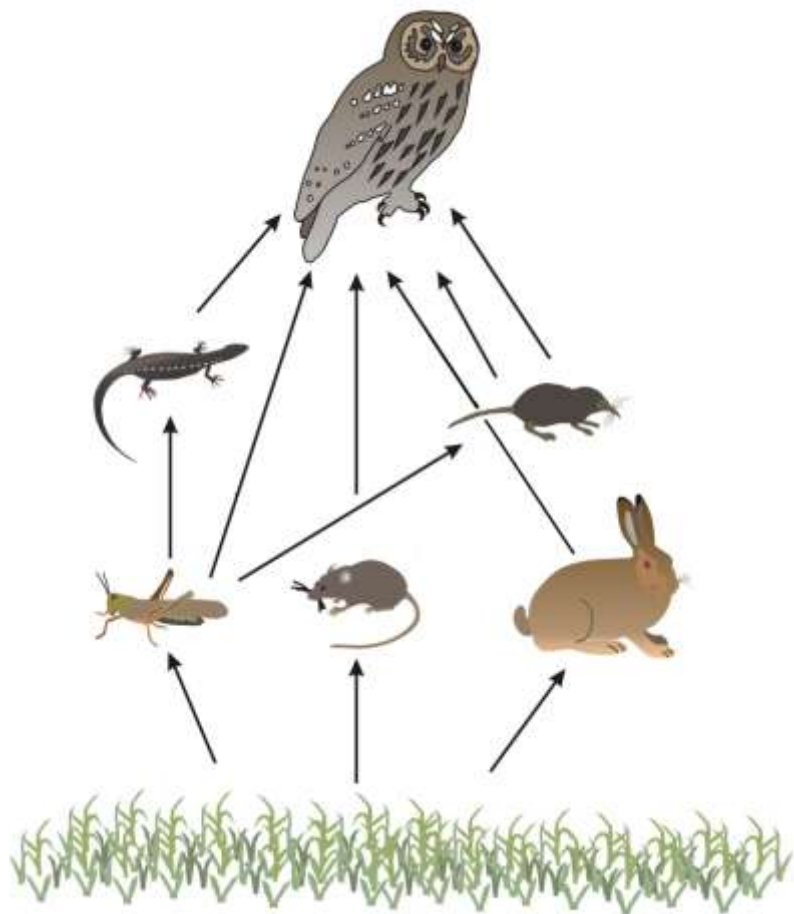
Trofiskais tīkls

Barības ķēdē ietilpst arī reducenti, kas enerģiju un vielu iegūst sadalot visā barības ķēdē uzkrājušās organismu atliekas un ekskrementus. Šādus organismus sauc par **saprotrofiem** (gr. gr. *sapros* – sapuvis, *trophos* - baroties).

Ekoloģiskās barības ķēde dažkārt abstrakta, jo daudzas sugas izmanto barībā gan augus, gan dzīvniekus, piemēram, lācis. Tādēļ **viena un tā pati suga var ietilpt vairākos trofiskos līmeņos.**

Barības attiecības starp sugām atspoguļo trofiskais tīkls, kura katrs „mezgla punkts” simbolizē konkrētu sugu un saišu daudzums ar citiem „mezgla punktiem” – trofiskās attiecības ar citām sugām ekosistēmā.

Ekoloģiskā barības ķēde atspoguļo arī attiecības starp enerģijas un vielu plūsmu ekosistēmā.



Trofiskais tīkls atspoguļo barības attiecības starp atsevišķām sugām. Sugas ar daudzveidīgu barošanos veido tīkla mezglu punktus, bet sugas, kas specializējušās tikai viena barības objekta patērēšanā, tīklam ir piesaistītas tikai ar vienu pavedienu.

Ekoloģiskā sukcesija

Ekosistēmas nemitīgi mainās, attīstās. Vienu biokopu nomaina cita, atšķirīga pēc sugu sastāva.

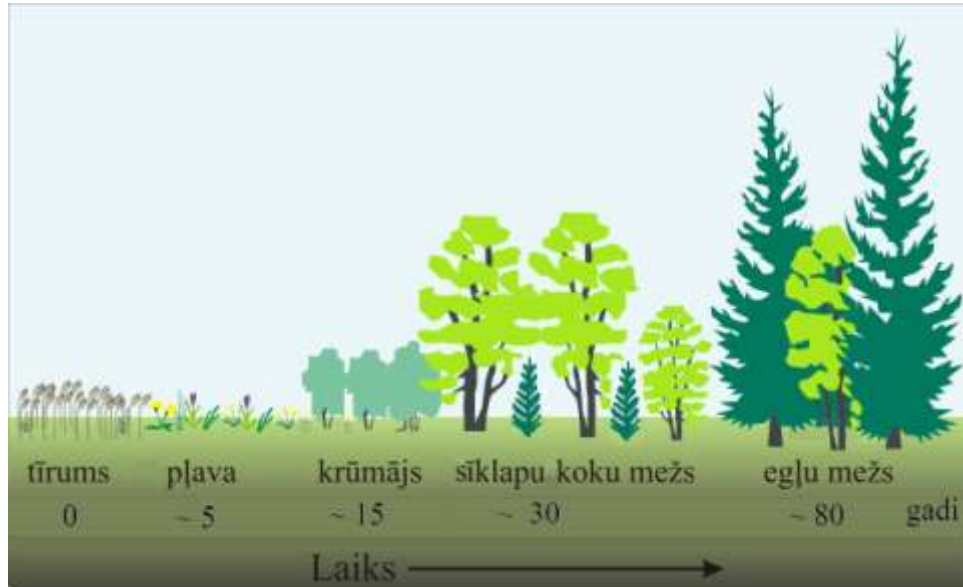
Ekosistēmu attīstības procesu dēvē par ekoloģisko sukcesiju.

Ekoloģisko sukcesiju uzskatāmākie piemēri ir tīruma aizaugšana ar nezālēm, pārveidošanās par pļavu, pļavas aizaugšana ar krūmiem, krūmāju pārveidošanās mežā.

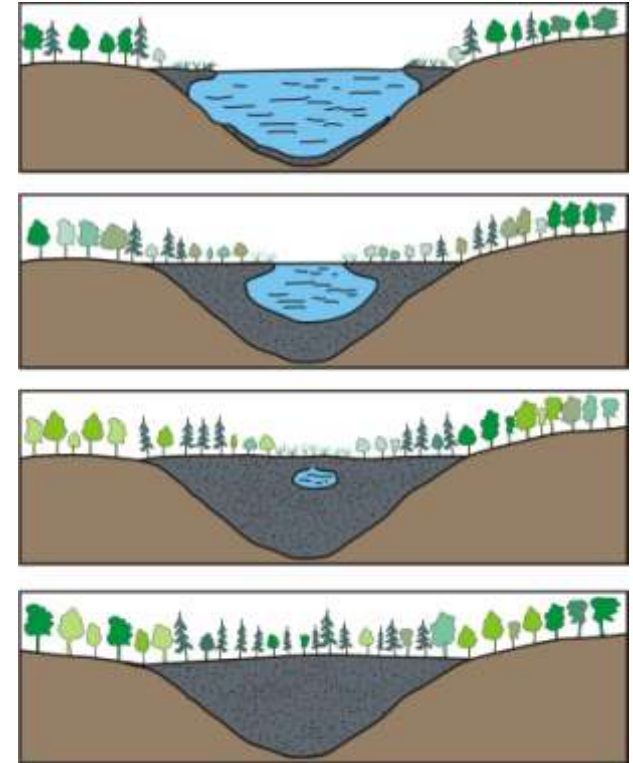
Ekoloģiskās sukcesijas var būt gan relatīvi īsas, gan arī ļoti ilgas. Laika ziņā īsas ir mikrosukcesijas, kas notiek dažu nedēļu laikā.

Ezera pakāpeniska aizaugšana un pārveidošanās par purvu ilgst gadu tūkstošus. Ezera dibenā pakāpeniski nogulsņējas ūdensaugu un ūdens dzīvnieku atliekas, tas kļūst aizvien seklāks. Aizaugšana notiek arī no ezera krastiem, līdz ezera virsma pamazām sarūk līdz izzūd pavisam.

Ekoloģiskā sukcesija



Tīruma aizaugšana un egļu meža izveidošanās notiek aptuveni 80 – 100 gadu laikā. Šajā procesā var izdalīt vairākas stadijas. Katrai no tām raksturīga biokopa ar specifisku augu un dzīvnieku sugu sastāvu.



Ezera aizaugšana notiek gadu tūkstošu laikā.

CILVĒKS UN VIDE – SISTĒMPIEEJA



CILVĒKS UN VIDE – SISTĒMPIEEJA

Mēs esam dzīvas būtnes. Mēs esam **līdzīgi** citām dzīvām būtnēm pēc anatomijas un fizioloģijas. Līdzīgi citām dzīvām būtnēm mums ir nepieciešama **barība, ūdens un gaiss**.

Tomēr, mēs esam atšķirīgi un šī atšķirība izpaužas sasniegumos un uzvedībā. Mēs pārmantojam ne tikai **ģenētisko vienotību**, kas nosaka mūsu dabu, bet arī saņemam **kultūras mantojumu zināšanu un tradīciju veidā**, kas nonāk līdz mums ar valodu vai simboliem.

Līdzīgi citām dzīvām būtnēm mēs pārņemam arī paradumus, kas pastāv gan laikā, gan telpā un veido mūsu vidi.

Kaut gan vidi mēs vairāk apzināmies kā ir fizikālu, ķīmisku un bioloģisku, tomēr pastāv arī kultūrvide, kas izpaužas sociālā, ekonomiskā un tehnoloģiskā dimensijā.

Šī īpatnība atspoguļojas pētījumos par cilvēka un vides attiecībām, kad dabas vide asociējas ar fizikas, ķīmijas, ģeoloģijas un bioloģijas zinātnēm, bet sociālās un pielietojamās zinātnes mēs uztveram kā kultūrvidi.

Reālajā dzīvē vides abas komponentes ir nedalāmas.

CILVĒKS UN VIDE – SISTĒMPIEEJA

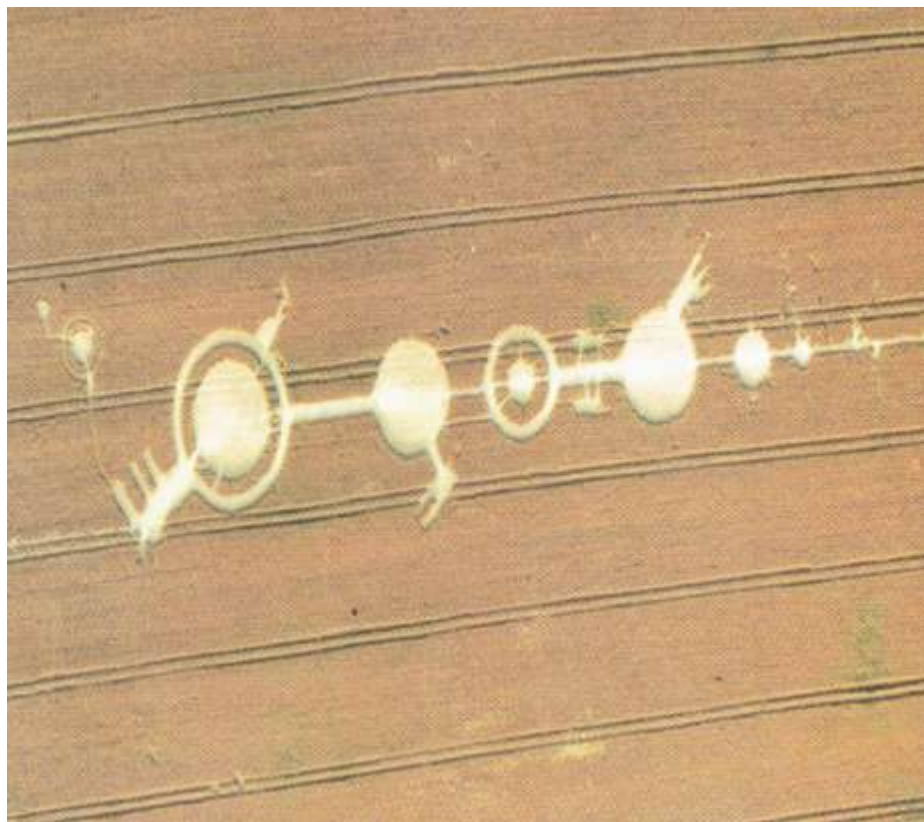
Dabas vide nevar tikt pilnībā izprasta, izolējoties no tās un bez mijiedarbības ar to. Tomēr **pirms mūsu kultūras attiecības ar dabas vidi kļuva par kaut ko vērā ņemamu, mums ir jāapzina un jāizprot šī vide**. Tāpēc ir nepieciešams izprast dabas vides fizikālo, ķīmisko un bioloģisko komponenti, attiecības starp tām un pēc tam arī mijiedarbību ar kultūrvidi.

Iepazīt dabas vidi un tās komponentes var sākot ar atsevišķiem vides fragmentiem - noskaidrojot kā šie fragmenti ir veidoti un kā tie darbojas. Līdzīga pieeja ir arī **mehānikā**, kad kādu sistēmu sadala fragmentos un izvērtā katras detaļas darbību.

Nepieciešams **analīzes process** un reducēšanas pieeja, kas ir plaši izplatīta zinātnē. Kompleksa parādība tiek reducēta līdz **atsevišķām komponentēm** un tiek izvērtēta **katra detaļa**.

Dažādas zinātnes nozares cenšas atsevišķi nodarboties ar dažādām komponentēm un detaļām. Ja šādu pieeju attiecinātu uz vidi, tad izrādītos, ka okeanogrāfijai ir jānodarbojas ar okeāniem un jūrām, meteoroloģijai ar gaisu, hidroloģijai ar ūdeni, ģeoloģijai ar iežiem, bet bioloģijai ar organismiem. Fizika un ķīmija arī tiek iekļautas šajā procesā, bet daudz fundamentālākā līmenī.

Nepieciešama kritiska attieksme



Jautājums: „Kāda ir saistība starp zivi, negaisa mākonī un noslīdeni ?”

Ar šādu pieeju rodas problēmas, ja no atsevišķām daļām atkal mēģina nonākt atpakaļ pie dabas vides, tātad pārejot **no analīzes uz sintēzi**. Atsevišķas daļas tiek apskatītas dažādā veidā, dažādā pakāpē un no dažāda redzes leņķa. Tiek izmantota arī atšķirīga terminoloģija. Un var gadīties, ka vairs **nevar atpazīt sistēmu, kas bija sadalīta fragmentos**.

Atsevišķu fragmentu atkal-apvienošanas process var kļūt daudzkārt grūtāks, ja aizmirst, kā katra daļa bija savietota ar nākamo vai arī, **kur ir katras daļas īstā vieta**.

Var gadīties, ka kāda daļa, kas bija pārlūkota īpašā veidā un izmantojot specifisku metodiku, iegūst pavisam citu veidolu, jo **analizējošai zinātnei tā sākotnēji bija neparasta** un neatbilda tās priekšstatiem.

Problēma ir nepietiekamas iespējas veikt patiesu integrāciju !!!

Atbilde: Par katru no elementiem ir daudz zināšanu, bet grūtības ir – kā visas zināšanas salikt kopā šajā vides atjautības uzdevumā.

Vai vispār ir nepieciešams kaut ko sintezēt, savietot atsevišķus fragmentus, ja pagaidām mūsu zināšanas par atsevišķiem elementiem netiek prasītas pietiekamā apjomā un dziļumā ?”

Uz šādiem jautājumiem var atbildēt, ja ir vismaz **vizuāls priekšstats**.

Tūristam nofotografējot ainavu ar ezeru ar kokiem krastmalā, stārķiem un mežu pamalē, kā arī to pamatīgi izskaidrojot mājiniekiem pēc atgriešanās no brauciena pa Latviju, **var veidoties pietiekami noturīgs vizuālais tēls**.

Ainava varētu kļūt atpazīstama. Tas ir parastais **mērogs kādā mēs aplūkojam dabu un spējam saskatīt tās raksturīgās detaļas**. Tomēr no cita redzes leņķa šī ainava kļūs nepazīstama un, jo nepazīstamāka, jo augstāk pacelsimies.

Ja **pakāpjamies Gaiziņā** un no tās raugāties lejup, ainava kļūst nepazīstama, kaut gan perspektīva neko daudz nav mainīta. Joprojām **daudzas komponentes ir saskatāmas, kaut gan daudzas ir izzudušas**. Atšķirības starp augu un dzīvnieku sugām var izzust, tomēr dažas īpatnības joprojām ir acīmredzamas, bet dažas izceļas vēl uzskatāmāk. **Telpiskās reljefa attiecības var saskatīt daudz skaidrāk**.

Tomēr perspektīva ievērojami mainās, ja raugās no **ārpuszemes orbītas**. Kaut gan Latvijas īpatnības joprojām ir saskatāmas, tomēr dabas elementi vairs nav uztverami vai arī nav saskatāmi kā atsevišķi veidojumi. Vienīgi svarīgākās topogrāfiskās iezīmes joprojām var atšķirt (**Rīgas līci**). Protams, ka attēlā ir arī dzīvas būtnes - augi, dzīvnieki un cilvēki, tomēr tos no tāda augstuma nevar saskatīt.

Un visbeidzot **skats no ~1000 km augstuma** ļauj noprast, ka tā ir mūsu planēta, jo kontinentu kontūras mums ir pazīstamas.

Tātad - dažādās reālās vides komponentes, kā arī **vide kopumā, nevar tikt aplūkota izolēti**. Pastāv integrētā vienotība par dabisko vidi un tā ir saskatāma ZEMES attēlā, kur planēta ir mūsu mājvieta, kas riņķo bezgalīgajā Visumā.



SISTĒMA UN ELEMENTI

Lai izprastu Zemi un tās komponentes, kā arī atsevišķu elementu funkcijas, ir jāpēta **komponentu mijiedarbība**, jāveic atsevišķu elementu analīze un beigās jānodarbojas ar sintēzi. Tomēr mūsdienās tas vairs nav tik filozofisks jautājums kā agrāk - tagad raugās vairāk no praktiskā viedokļa un sintēzes nepieciešamību nosaka pragmatiski apsvērumi.

Moderna izpratnē dabiskā vide ir ne tikai dzīves telpa un resursi cilvēkiem un dzīvniekiem, bet arī vide, kas nodrošina mūsu kultūras vajadzības.

Tā kā kultūras daudzveidība un sarežģītība palielinās, pieaug sociālās sfēras nozīmīgums un attīstās tehnoloģijas iespējas. Līdz ar mūsu prasības pret vidi arvien pieaug.

Kultūras attīstība padara mūs arvien neatkarīgākus no tiešās apkārtējās vides, jo mūsu uztvere par to un arī mijiedarbība ar vidi strauji mainās.

Mēs varam izmantot, modificēt, sabojāt un pat iznīcināt vidi tādā apjomā, kas nav iedomājams dzīvnieku pasaulē. **Divdesmitajā gadsimtā mūsu prasības sāka pārsniegt dabas iespējas**, it īpaši attiecībā uz iespējām absorbēt mūsu darbības nevēlamo rezultātu.

Šādu perturbāciju efekts diemžēl jau ir jūtams pat globālā mērogā un rada satraukumu par to, ka turpinot šo ceļu **planētas līdzsvara stāvoklis nākotnē varētu būt izjaukts**.

Sistēmas

Termins “sistēma” var likties ļoti pazīstams. Pašlaik mēs esam izglītības sistēmā. Šajā auditorijā ir apkures sistēma un arī apgaismojuma nodrošināšanas sistēma. Pēc lekcijas dodamies mājās, izmantojot transporta sistēmu.

Pirmajā tuvinājumā **visas sistēmas sastāv no lietu, objektu vai elementu kopas**. Sistēmā var būt iekļautas skolas, universitātes, klases, auditorijas. Un arī sliedes, ceļi, autobusi, stacijas un pieturas. Visos gadījumos, sākot ar transportu un beidzot ar izglītību tiek norādīta objektu kopu.

Tomēr termins “**sistēma**” ir kas vairāk kā lietvārds, jo norāda arī uz objektu organizētību vai struktūru, mijiedarbībām un savstarpējām saitēm starp atsevišķiem elementiem. Jo sliedes iet gar stacijām, bet caurules savieno radiatorus un siltuma ģenerācijas iekārtas.

Tomēr termins “transporta sistēma” neko nepasaka par to vai izvēlēties dzelzceļa vai autoceļu sistēmu, kā arī **kādā krāsā ir transporta līdzekļi**.

Termina” sistēma” lietošanā parādās vēl viena īpatnība - **sistēma veic noteiktas funkcijas kā veselums**. Transporta sistēma nav statisks elementu apkopojums, jo sistēma nodrošina pasažieru un kravu pārvadājumus, bet apkures sistēmā, cirkulējot karstam ūdenim vai gaisam, tiek apsildītas telpas.

Sistēmas

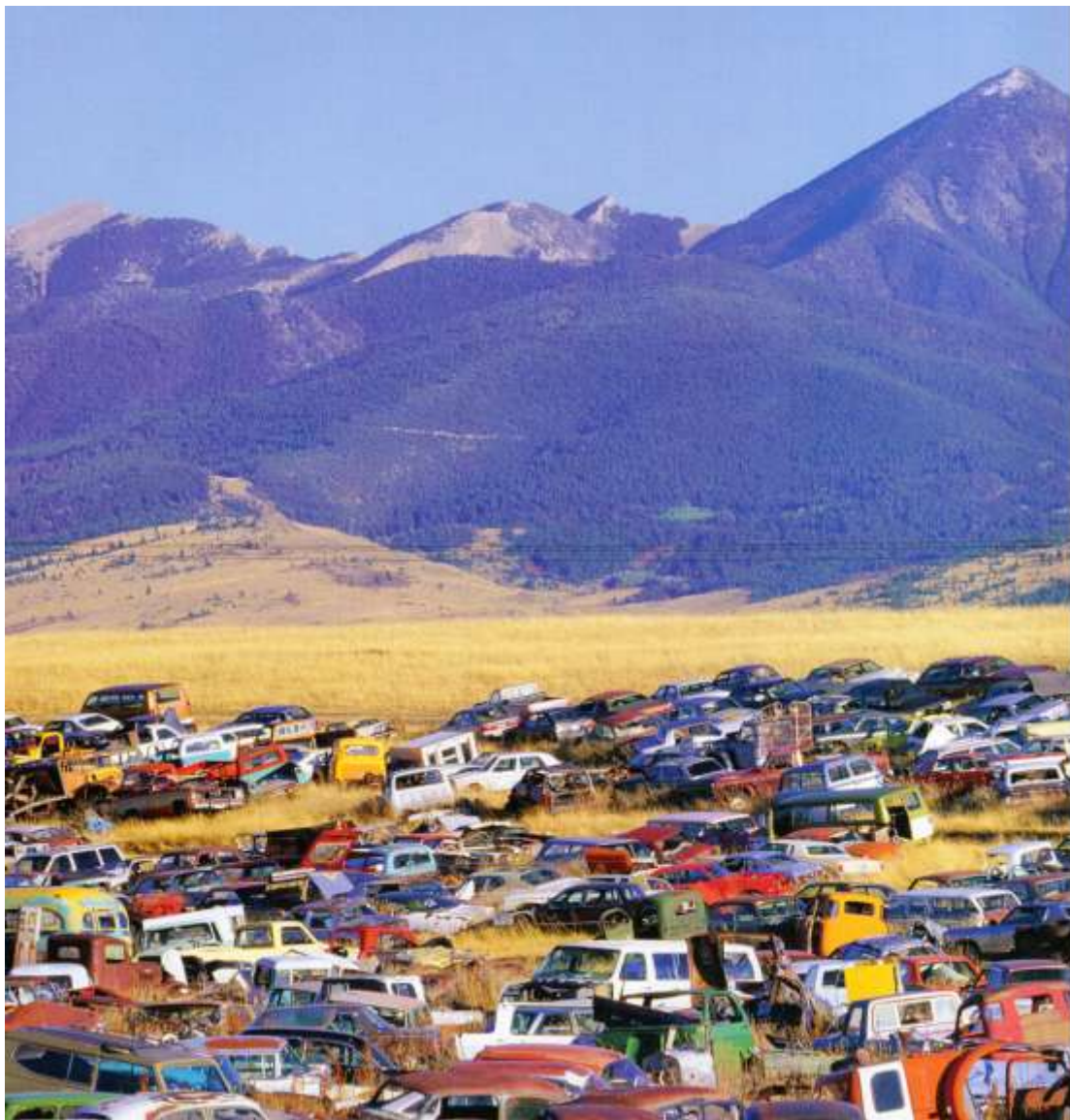
Vispārīgais princips ir kopīgs - visās sistēmās ir kāds **virzošais spēks, kas liek sistēmām darboties.**

- visām sistēmām ir noteikta struktūra,
- sistēmas ir reālās pasaules abstrakcijas vispārinājums vai idealizācija,
- sistēmu funkcionēšana izpaužas kā strukturāla mijiedarbība starp elementiem,
- sistēmas funkcijas netieši norāda uz kāda “materiāla” plūsmu vai pārvietošanos,
- funkciju nodrošināšanai ir nepieciešams kāds virzošais spēks vai enerģijas avots,
- visās sistēmās ir noteikta integrācijas pakāpe.

NETĀLU NO IGUASU ŪDENSKRITUMA UZ PARANAS UPES – ROBEŽA STARP BRAZĪLIJU UN PARAGVAJU



Vides sistēmu pašregulācijas iespējas cilvēku pasaulē



Automašīnu
izgāztuve
ASV.

PAŠREGULĀCIJA

Upes gultnes garums var būt atšķirīgs, salīdzinot ar kādu visefektīvāko tās garumu, tomēr **upes galvenā funkcija** - ūdens un tajā atrodošos objektu pārvietošana, netiek traucēta.

Dzīvās sistēmās pašregulācija notiek daudz precīzāk un maigāk.

Cilvēka ķermeņa temperatūru regulē ļoti jūtīgs negatīvās atgriezeniskās saites mehānisms. Ja novirzes no konstantās temperatūras kļūst lielas, cilvēks sāk justies slikti, bet, ja zūd mehānisma kontroles iespējas, var iestāties nāve.

Pēc nāves ķermenis zaudē dzīvas sistēmas funkcijas - tā stablais stāvoklis strauji degenerējas.

Dabas sistēmām piemīt spēja mainīties un to svarīgākā īpašība ir tendence **evolucionēt**, tādējādi nodrošinot sistēmai stabilā stāvokļa maiņu laikā. Tas var būt gadījumā, ja palielinās apledojuma teritorija, pastiprinās vētras vai notiek organismu augšana. Tie ir virzītu izmaiņu gadījumi un arī tos regulē atgriezeniskās saites mehānisms.

Daudzos gadījumos ir vērojams arī **akumulatīvs efekts**, kas ir vērsts noteiktas izmaiņas virzienā. To nodrošina pozitīvās atgriezeniskās saites mehānisms.

Reālajā dzīvē dabas sistēmu stāvokļa regulācija ietver gan pozitīvās, gan negatīvās atgriezeniskās saites mehānismus.

Atgriezeniskās saites

Ja dominē **negatīvās** atgriezeniskās saites mehānisms, vispārējā tendence ir **saglabāt stabilu stāvokli**.

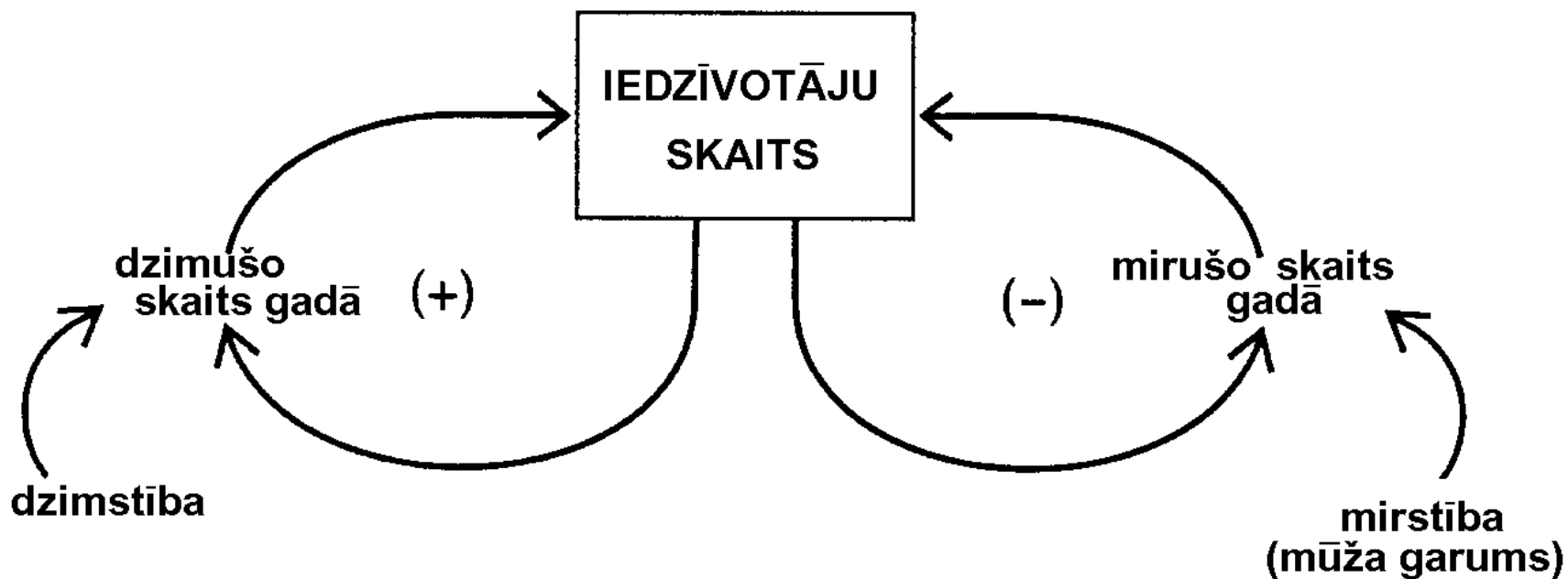
Pozitīvās atgriezeniskās saites mehānisma dominante noved pie sistēmas izmaiņām, kas var tikt raksturotas ar **augšanu vai attīstību**.

Ar pozitīvās atgriezeniskās saites mehānismu saistās arī sistēmas sākuma stāvoklis, ko var raksturot ar mainīgiem parametriem. **Tiem pieņemot noteiktas vērtības var notikt sistēmas pēkšņas un radikālas pārmaiņas**. Piemēram, ir iespējams noteikt kādu nogāzes sākotnējo slīpuma leņķi, kuru pārsniedzot var sākties ātrs masas pārvietošanās process, kura rezultātā pilnībā izmainās sākuma stāvoklis. Šis gadījums attiecas uz **noslīdeņu un lavīnu veidošanos**.

Līdzīgā veidā notiek arī augsnes **dekalcinēšanās process pie pārlietas lauku apūdeņošanas**. Kalcija koncentrācijai augsnē tuvojas nullei, sistēma pāriet principiāli jaunā stāvoklī. Augsnē strauji notiek ķīmiskās izmaiņas un tā kļūst neizmantojama lauksaimniecības vajadzībām.

Tie gan ir ekstremāli gadījumi, jo **normālos apstākļos atgriezeniskās saites mehānismi nodrošina vairāk vai mazāk stabilu sistēmas stāvokli**.

Atgriezeniskās saites



Sistēmas un modeļi

Apspriežot sistēmas, kas pastāv reālā pasaulē, ir svarīgi apzināties termina “reāls” nozīmi. Kaut gan šīs sistēmas ir iespējams precīzi termodinamiski definēt un likt uzsvaru uz to funkcionālo līdzību, tās tāpēc neklūst mazāk reālas.

Nokrišņi, kas veicina dēdēšanu, var būt ierastais **lietus**, ko katrs ir izjutis. Ūdens caurplūde pa noteces sistēmas gultni arī ir **upe**, kurā var peldēties.

Enerģijas uzkrāšanās biomasas veidā mežā ir tie paši koki, kuros var uzrāpties. Problēmas rodas tāpēc, ka **reālā pasaule ir ārkārtīgi daudzveidīga** un tās apzināšana, izmantojot termodinamiku un enerģētiskās sistēmas, palīdz nodrošināt tikai vispārināšanu un vienkāršošanu.

Sistēmas precizēšana, kas ietver elementu un stāvokļu raksturojumus, mijiedarbību un iespējamus procesus, **faktiski nozīmē sarežģītās reālās pasaules precīzāku izpratni.**

Dilemma pastāv apstākļī, ka tiek mēģināts vienlaicīgi aptvert sistēmu kā veselumu, zinot, ka praktiski ir neiespējami saskatīt sarežģītību pilnībā. Tāpēc ir **nepieciešams kaut ko vienkāršot** un dilemmas risinājums var tikt rasts ar **modeļu** palīdzību.

Modeļi

Terminu “modelis” ikdienā lieto ar vairākām nozīmēm:

- **paraugs vai etalons;**
- **veidojums ar kura palīdzību kaut ko attēlo samazinātā veidā;**
- **objekts, ko veido, lai aizstātu pētāmo objektu un kam ar to ir zināma līdzība;**
- **attēlojamais objekts tēlotājā mākslā;**
- **cilvēks, kas pozē māksliniekam.**

Lai vienkāršotu vides sistēmas, tās aizvieto ar modeļiem, bet, lai modeļi būtu noderīgi, tiem jāidealizē sistēmas, kā arī pietiekami skaidri jāparāda sistēmas struktūru un darbības mehānismu.