

EKOLOĢISKIE JEB VIDES FAKTORI

Katram organismam nepieciešams noteikts optimāls ekoloģisko apstākļu kopums, kas nodrošina tā augšanu, attīstību un vairošanos. Ideju, ka organisma izturību nosaka pats vājākais posms viņa ekoloģisko vajadzību ķēdē, pirmo reizi 1840. gadā izteicis vācu ķīmiķis J. Lībigš pētījumos ar augu barības vielām.

Dabā pastāvošā daudzveidība ir priekšnosacījums tam, ka jebkurš organisms savā dzīves vidē ir pakļauts vienlaicīgai un kompleksai dažādu vides apstākļu jeb ekoloģisko faktoru iedarbībai.

Vides īpašības vai vides apstākļus, kas iedarbojas uz organismiem, sauc par vides jeb ekoloģiskajiem faktoriem. Šie faktori ir daudzveidīgi, tie var būt organismam nepieciešami, vai arī kaitīgi, tie var gan veicināt, gan traucēt organismu izdzīvošanu un vairošanos.

Ekoloģisko faktoru dinamika

Ir ekoloģiskie faktori, kuri maz mainās ilgstošā laika periodā, piemēram, Zemes magnētiskais lauks, gravitācija, saules radiācija, okeāna ūdens sāļu sastāvs u.c. Un ir, savukārt, ekoloģiskie faktori, kuri ļoti bieži mainās laikā un telpā. Šādi faktori ir vairākumā un pie tiem pieder temperatūra, mitrums, vējš, nokrišņi, barība, plēsēji, parazīti utt.

Ekoloģisko faktoru izmaiņas laikā var būt:

- regulāri - periodiskas, kad mainās faktora iedarbības spēks saskaņā ar diennakts vai gadalaiku maiņas ritmu, arī paisuma - bēguma ritmu utt.;
- neregulāras, bez izteikta periodiskuma, piemēram, klimatisko apstākļu izmaiņas pa gadiem, dabas katastrofas u.c.;
- saistītas ar ilgstošiem procesiem, piemēram, klimata izmaiņas saistībā ar vispārēju temperatūras pazemināšanos vai paaugstināšanos, ūdenstilpju aizaugšana utt.

Ekoloģisko faktoru ietekmes izpausmes

Ekoloģiskie faktori ietekmē organismus dažādi. Tie var iedarboties:

- kā kairinātāji, kas izsauc organismā pielāgošanās reakcijas izmainot tā fizioloģiskās un bioķīmiskās funkcijas;
- kā ierobežotāji, kas izslēdz organisma eksistences iespēju konkrētajos vides apstākļos;
- kā modifikatori, kas izsauc organismā anatomiskas un morfoloģiskas izmaiņas;
- kā signāli, kas liecina par citu vides faktoru izmaiņām.

Ekoloģisko faktoru klasifikācija

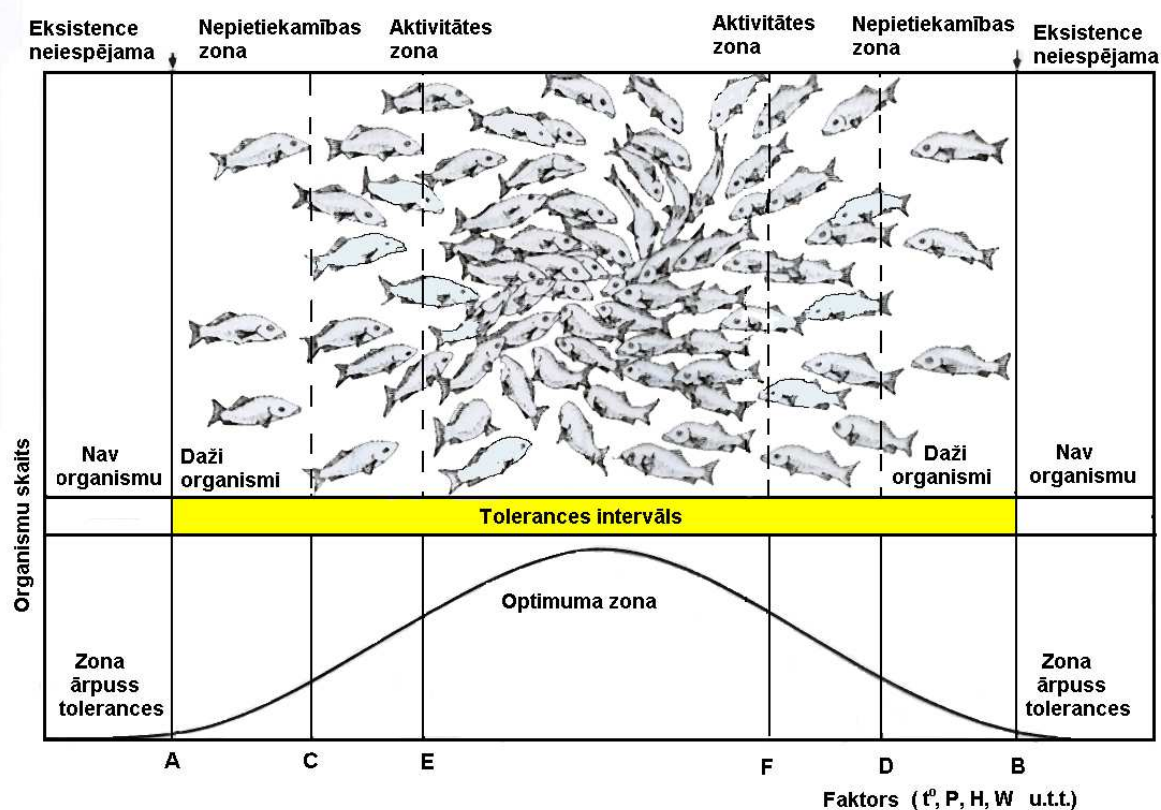
Ekoloģiskos faktorus, atkarībā no to dabas un iedarbības specifikas, iedala dabiskajos, t.i. tādos, kuri pastāv bez cilvēka ietekmes un antropogēnajos. Pēdējie ir tādi, kuri rodas cilvēka darbības rezultātā, piemēram, sintētiskas, dabai svešas vielas. Šajā grupā ieskaitāmi arī faktori, kuri dabā gan sastopami, bet kurus cilvēks ar savu darbību būtiski izmaina, palielina to koncentrāciju, tādējādi radot draudus videi. Piemēram, sēra dioksīds, slāpekļa un oglekļa oksīdi automobiļu izplūdes gāzēs. Dabīgie vides faktori tradicionāli tiek dalīti divās pamatgrupās: **abiotiskie** faktori un **biotiskie** faktori.

Ekoloģisko faktoru likumsakarības

Neskatoties uz ekoloģisko faktoru lielo daudzveidību, to darbībā iespējams saskatīt kopējas likumsakarības.

Katrs organismam nepieciešamais ekoloģiskais faktors pozitīvi iedarbojas (ir optimāls) uz organismu tikai noteiktā diapazonā (Šelfords, 1913).

Kā nepietiekama, tā arī pārāk spēcīga faktora iedarbība ir vienlīdz bīstama organismam. Maksimālie un minimālie vēl paciešamie lielumi ir kritiskie punkti, aiz kuriem organisma eksistence vairs nav iespējama. Attālumu starp abiem kritiskajiem punktiem sauc par organisma tolerances diapazonu vai ekoloģisko potenci (lat. *potentia* iespēja) attiecībā pret konkrēto ekoloģisko faktoru (1.attēls). Dažādu sugu organismi būtiski atšķiras gan prasībās pret vienu un tā paša faktora optimumu, gan pēc ekoloģiskās potences. Organismam var būt plašs tolerances diapazons attiecībā pret vienu ekoloģisko faktoru un šaurs attiecībā pret citu. Ekoloģisko potenču kopu sauc par sugas ekoloģisko spektru.



1.attēls. Organismu atkarība no vides faktoriem (modificēts pēc G.Tyler Miller, 1990).

Tie ekoloģiskie faktori, kuri atrodas vistālāk no optimuma, visvairāk apgrūtina organisma eksistenci konkrētajos vides apstākļos. Šos faktorus sauc arī par limitējošiem faktoriem. Ja kaut viens no ekoloģiskajiem faktoriem pārsniedz sugai kritisko lielumu, tad, neskatoties uz optimālu pārējo faktoru atbilstību, organismiem draud bojāeja. Vairāki limitējošie faktori nosaka sugas izplatības ģeogrāfisko areālu. Pie šādiem faktoriem pieskaitāmi: temperatūra, mitrums, konkurējošās sugas, apputeksnētāju trūkums u.c. Lai noteiktu, vai konkrētā suga varēs eksistēt attiecīgajā ģeogrāfiskajā reģionā, nepieciešams noskaidrot, vai kāds no ekoloģiskajiem faktoriem neiziet ārpus sugas tolerances diapazona. Sevišķi svarīgi tas ir lauksaimniecības praksē, kad, zinot limitējošos faktorus, iespējams ar augsnes mēslošanu, kalķošanu, apūdeņošanu vai nosusināšanu radīt attiecīgajai lauksaimniecības kultūrai optimālus augšanas apstākļus.

Katrs ekoloģiskais faktors atšķirīgi ietekmē dažādas organisma funkcijas. Kas vienam procesam ir vēlams, kādam citam var būt kaitīgs un otrādi. Piemēram, daudzām zivju sugām

nepieciešamā ūdens temperatūra dzimumnobriešanas periodā atšķiras no tās, kāda nepieciešama nārsta laikā, tāpēc šo zivju dzīves cikls vienmēr ir saskaņots ar sezonālajām vides faktoru kompleksa izmaiņām konkrētajā vidē.

Viens un tas pats ekoloģiskais faktors atšķirīgi ietekmē gan dažādu sugu, gan arī dažādās attīstības fāzēs esošus vienas sugas organismus. Piemēram, spēcīgs vējš ziemā ir ļoti nepatīkams lielajiem, klajumā mītošajiem dzīvniekiem, bet to praktiski pat nejūt sīkie, zem sniega un alās mītošie dzīvnieki.

Sugas izturība attiecībā pret vienu ekoloģisko faktoru vēl nenozīmē, ka šī suga būs tik pat izturīga arī pret citiem ekoloģiskajiem faktoriem. Sugas tolerances diapazoni attiecībā uz dažādiem ekoloģiskajiem faktoriem ir atšķirīgi un tas nozīmē, ka katra suga raksturojama ar tikai tai raksturīgu ekoloģisko spektru.

Organisma izturības diapazons attiecībā pret kādu ekoloģisko faktoru var gan paplašināties, gan sašaurināties atkarībā no tā saistības un mijiedarbības ar citiem faktoriem. Piemēram, pie vienādi zemas gaisa temperatūras nosalšanas draudi ir lielāki stiprā vējā nekā bezvējā, bet lielu karstumu vieglāk izturēt sausā klimatā nekā mitrā. Augu vīšanu var apturēt gan tos aplejot, gan atdzesējot, piemēram, noēnojot. Tas nozīmē, ka viens un tas pats faktors mijiedarbībā ar citiem faktoriem iedarbojas uz organismu atšķirīgi, vai arī otrādi - vienu un to pašu rezultātu var iegūt ejot pa dažādiem ceļiem. Tomēr faktoru savstarpējai kompensācijai ir savas robežas un principā nav iespējams vienu faktoru aizstāt ar kādu citu.

Vienas un tās pašas sugas atsevišķi īpatņi dažādi reaģē uz ekoloģisko faktoru ietekmi. To nosaka iedzimtība, dzimums, vecums, arī fizioloģiskās atšķirības. Ievērojot iepriekš teikto jāsecina, ka sugas tolerances diapazons attiecībā uz kādu ekoloģisko faktoru vienmēr būs plašāks nekā atsevišķam organismam.

ABIOTISKIE FAKTORI

Abiotiskos (nedzīvās vides) faktorus iedala sīkāk atkarībā no to izcelsmes un iedarbības uz organismu.

Klimatisko faktoru grupā ietilpst: gaisma, temperatūra, vējš, mitrums, nokrišņi. (Vējš un nokrišņi var iedarboties arī kā mehāniskie faktori).

Ķīmisko faktoru grupā ietilpst: skābeklis, oglekļa dioksīds, ūdens un augu barības vielas.

Skābeklis vairumam organismu nepieciešams elpošanai (aerobie organismi spēj eksistēt tikai brīvā skābekļa klātbūtnē pretstatā anaerobajiem organismiem).

Oglekļa dioksīds nepieciešams augiem organismiskās vielas sintēzei, kura, savukārt, tieši vai netieši kalpo par ogļūdeņražu avotu dzīvniekiem.

Ūdens nepieciešams jebkuram organismam tā dzīvības procesu nodrošināšanai.

Augu barības vielas (biogēnie elementi) ir visi tie ķīmiskie elementi vai to savienojumi, ar kuriem barojas augi. Pie galvenajām barības vielām pieder: slāpeklis, sērs, fosfors, kālijs, kalcijs, magnijs, un dzelzs. Šie elementi kopā ar oglekli, skābekli un ūdeņradi, kurus augs

uzņem no gaisa un ūdens, veido makro - barības elementu grupu. Pie barības elementiem pieder arī mikroelementi, kuri organismam nepieciešami ļoti nelielās devās un tie ir: mangāns, bors, cinks, varš, molibdēns, hlors, arī nātrijs, selēns, kobalts, silīcijs un jods. Tā kā barības vielas to daudzveidības dēļ ne vienmēr iespējams iekļaut vienā vai otrā faktoru grupā, tad ekoloģijā lieto jēdzienu trofiskie (gr. *trophē* barošanās) jeb barošanās faktori.

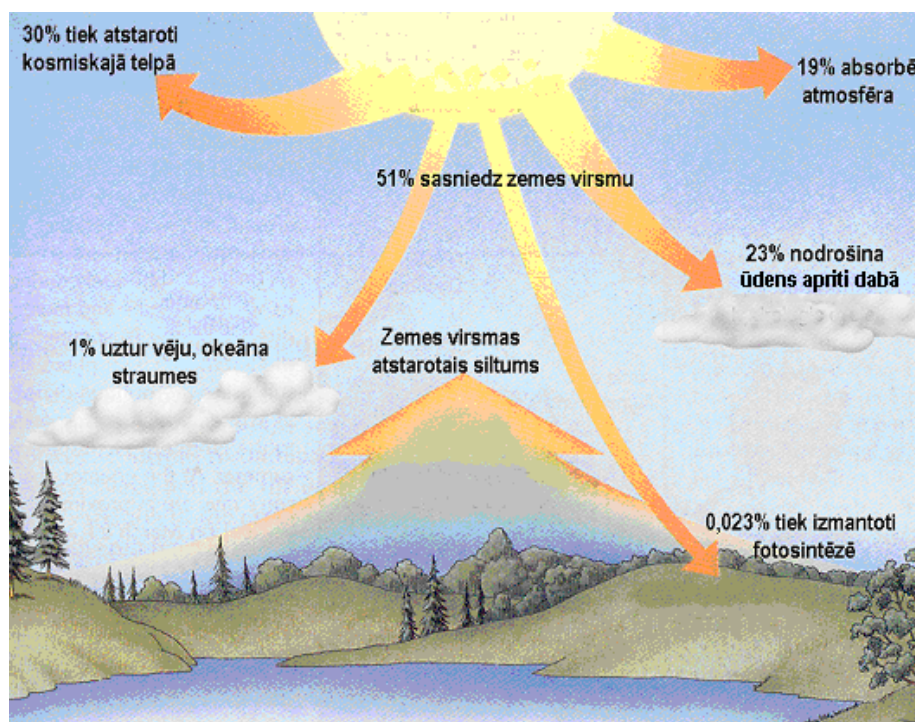
Mehānisko faktoru grupā ietilpst uguns, vēja un ūdens iedarbība uz organismiem.

Orogrāfisko faktoru (gr. *oros* kalns + *graphō* rakstu) grupā ietilpst attiecīgās dzīvesvides augstums virs jūras līmeņa, virsmas struktūra un konfigurācija, teritorijas virsmas slīpums un tās orientācija attiecībā pret debespusēm (ekspozīcija).

Edafisko faktoru (gr. *edafos* augsne) grupā ietilpst augsne, tās trūdvielu saturs, mehāniskais sastāvs, tās fizikālās un ķīmiskās īpašības, kā arī cilmiezis uz kura augsne veidojusies.

Saules radiācija un gaisma

Visiem organismiem to dzīvības procesu nodrošināšanai nepieciešama enerģija. Kopējā Zemes enerģētiskajā bilancē Saules starojuma (gaismas) enerģija nodrošina vairāk kā 99.9 %. Pārējā enerģija, kas sastāda gan tikai dažas procenta simtdaļas, ir Zemes dzīļu iekšējā enerģija. Ja pieņem, ka visa līdz Zemei atnākušī Saules enerģija ir 100 %, tad aptuveni 30 % šīs enerģijas atstarojas atpakaļ kosmiskajā telpā, 19 % saista atmosfēra un tikai 51% šīs enerģijas sasniedz Zemes virsmu kā tiešā un izkliedētā radiācija (2. attēls).



2. attēls. Saules enerģijas sadalījums, %

Saules radiācija ir elektromagnētisko viļņu plūsma. Par gaismu sauc starojumu ar viļņu garumu no 10 līdz 30 000 nm*. Elektromagnētiskais starojums ar mazāku viļņu garumu ir rentgenstari, bet ar lielāku par 30 000 nm viļņu garumu ir radioviļņu starojums. **Redzamā gaisma** ir elektromagnētiskais starojums ar viļņu garumu no **380 līdz 760 nm**. Gaismu ar īsāku viļņu garumu sauc par **ultravioleto starojumu (UV)**, bet ar lielāku viļņu garumu – **infrasarkanā starojumu (IS)**. Uz atmosfēras augšējās robežas apmēram 7% no Saules starojuma enerģijas sastāda UV starojums, redzamā gaisma – 48 % un IS starojums 45 %. Tā kā atmosfēra vairāk izkliedē īso viļņu starojumu un arī absorbē lielu daļu UV starojuma, tad līdz zemes virsai nonāk relatīvi vairāk garāko viļņu starojuma, turklāt, jo Saule zemāk virs horizonta, jo līdz zemes virsai nonākušajā enerģijā lielāks pārsvars ir IS starojumam. Tā piemēram, ja Saule atrodas 40° leņķī virs horizonta, zemes virsma saņem tikai apmēram 1% UV starojuma, 40 % redzamās gaismas un 59 % IS starojuma.

Dzīvajiem organismiem uz zemes ir ļoti svarīgi, ka UV starojuma spektra īsākos viļņus (< 200 nm) aiztur atmosfēras skābeklis O₂ un UV starojumu ar viļņu garumu no 200 līdz 290 nm aiztur ozona O₃ slānis stratosfērā. Tikai UV starojuma paši garākie un dzīvajiem organismiem nekaitīgie elektromagnētiskie viļņi (ar viļņu garumu 290 – 380 nm) sasniedz zemes virsmu. Zemi sasniegušajam UV starojumam piemīt augsta ķīmiskā aktivitāte. Starojumam viļņu garuma diapazonā no 250 līdz 300 nm piemīt spēcīga baktericīdā iedarbība, kā arī spēja dzīvnieku organismā sintezēt D vitamīnu, kam ir izcila nozīme rahīta profilaksē. UV starojuma spektra daļa ar viļņa garumu no 200 līdz 380 nm izsauc cilvēka ādas iedegumu, kas ir dabīga aizsargreakcija.

Dzīvie organismi daļu Saules enerģijas izmanto vai nu tieši (zaļie augi) vai netieši (dzīvnieki). Lielākā daļa redzamās gaismas spektra diapazona ir fotosintētiski aktīvā radiācija (380 – 710 nm) un tā ietver gandrīz pusi visas Saules starojuma enerģijas. Redzamās gaismas ekoloģiskā nozīme ir atšķirīga autotrofiem (gr. *autos* pats + *trophē* barība) un heterotrofiem (gr. *heteros* cits) organismiem. Zaļajos augos, kuri visi ir autotrofi, gaisma uztur fotosintēzes procesu, tā nepieciešama arī hlorofila veidošanai, tā regulē atvēršņišu darbu, ietekmē gāzu apmaiņu un transpirāciju, aktivizē fermentu darbību, stimulē nukleīnskābju un olbaltumu biosintēzi. Gaisma ietekmē šūnu dalīšanos, augšanu un attīstības procesu, kā arī nosaka ziedēšanas un augļu ienākšanās laikus. Fotosintēzē tiek izmantoti tikai 0,023% Saules enerģijas.

Fotosintēzes pamatreakciju vienkāršākajā gadījumā (vienam glikozes molam) var uzrakstīt šādi:



Pateicoties hlorofilam, augi spēj nodrošināt ļoti daudzveidīgas bioloģiskās sintēzes reakcijas. Enerģija, ko šajā procesā zaudējis hlorofils, daļēji uzkrājas augā kā ķīmiskā enerģija sintezējoties tādām energoietilpīgām savienojumam kā adenozintrifosfāts (ATF). Otrajā, jeb fotosintēzes tumsas fāzē, notiek oglekļa dioksīda reducēšana un cukuru, glicerīna, taukskābju, kā arī aminoskābju sintēze.

Purpura un zaļās baktērijas, kuras, līdzīgi kā augi satur hlorofilu, spēj saistīt saules gaismu tās garākajā spektra daļā (800 – 1100 nm), kas ļauj tām eksistēt izmantojot neredzamos infrasarkanos starus. Aļģes un augstākie augi, turpretim, var pastāvēt tikai tur, kur tiem pieejama redzamā gaisma ar viļņu garumu no 380 līdz 710 nm. Augu prasības pēc gaismas mainās arī to attīstībā - dīgsti un jaunie augi parasti ir ēnizturīgāki nekā pieauguši īpatņi.

* nm – nanometrs, 1 nm = 10⁻⁹ m

Dzīvniekiem gaismā nav tik svarīgs ekoloģisks faktors kā augiem, jo tie eksistē pateicoties augu uzkrātajai enerģijai. Tomēr arī dzīvniekiem gaismas redzamā spektra daļa ir nozīmīga, galvenokārt nodrošinot viņiem orientāciju laikā un telpā. Dažādu dzīvnieku sugu prasības pēc gaismas apstākļiem ir atšķirīgas un novirzes no normas var ne tikai izsaukt nevēlamas izmaiņas dzīvnieka organismā, bet arī būt par iemeslu to bojāejai. Izšķir:

- **gaismu mīlošas** (fotofilas) sugas;
- **ēnu mīlošas** (fotofobas) sugas;
- **sugas, kurām nepieciešams plašs gaismas diapazons** (eirifotnas sugas);
- **sugas, kuras pacieš ierobežotus gaismas apstākļus** (stenofotnas sugas).

Dažādas dzīvnieku sugas pielāgojušās atšķirīgam gaismas staru spektram, gaismas intensitātei un apgaismojuma ilgumam. Dzīvnieku spēja uztvert gaismu atkarīga vispirms jau no sugas evolucionārās attīstības pakāpes. Daudzu bezmugurkaulnieku primitīvās acis ir vienkārši pigmentētas, gaismas jūtīgas šūnas, bet primitīviem viensēnu organismiem - gaismas jūtīgs citoplazmas sektors. Vispilnīgākā telpiskā redze ir cilvēkam, primātiem, plēsīgajiem putniem.

Jēdziens "redzamā gaismā" ir zināmā mērā nosacīts, jo organismi būtiski atšķiras pēc to spējas uztvert dažādus saules spektra starus. Cilvēka acij redzamā spektra daļa ir robežās no violetās līdz tumši sarkanai, čūskas redz infrasarkanajā spektra daļā, bet bitēm redzamā spektra daļa novirzīta īsviļņu diapazonā un tās redz krāsainus ultravioletos starus, bet neatšķir sarkanos gaismas starus. Redzes attīstības pakāpe ir atkarīga arī no ekoloģiskajiem apstākļiem un konkrētās sugas dzīvesveida. Dzīve alās vai augsnē, kur nenokļūst dienas gaismā, izsauc redzes orgānu reducēšanos. Spēja atšķirt krāsas daudzējādā ziņā atkarīga no tā, kāds gaismas spektra sastāvs nepieciešams konkrētās sugas eksistencei. Daudzi zīdītāji, kuru izcelsme saistīta ar to senču nakts un krēslas dzīvi, neredz krāsas (kaķi, suņi, kāmjē u.c.). Līdzīgi ir ar naktsputniem (pūce, ūpis u.c.). Dienas putniem, turpretim, ir labi attīstīta krāsu redze.

Temperatūra

Temperatūra atspoguļo molekulu un atomu vidējo kustības ātrumu sistēmā. **Vides temperatūra ietekmē organismu temperatūru, kā arī ar vielu maiņu saistīto ķīmisko reakciju ātrumu.** Tāpēc dzīvības eksistences robežas daudzējādā ziņā nosaka tieši temperatūra, pie kuras iespējama normāla olbaltumu funkcionēšana un kas biosfērā ir vidēji robežās no 0 līdz + 50°C. Tomēr daudziem organismiem ir attīstītas īpašas fermentu sistēmas, kuras ļauj tiem aktīvi eksistēt arī pie tādām ģermeņa temperatūrām, kuras ievērojami atšķiras no šeit minētajām.

Sugas, kuras ir aukstumizturīgas un spējīgas saglabāt aktivitāti, ja šūnu temperatūra ir – 8°C līdz - 10°C, sauc par **kriofilām** sugām. Šādu temperatūras režīmu spēj izturēt baktērijas, sēnes, ķērpji, sūnas, kā arī posmkāji un citi tundrā, arktiskajos un antarktiskajos tuksnešos dzīvojošie organismi.

Sugas, kuru aktivitāte saistīta ar augstām vides temperatūrām, sauc par **termofilām** sugām un pie tām pieskaitāmi daudzi mikroorganismi un dzīvnieki, kuri sastopami zemes arīdajos rajonos, kā arī organiskajos atkritumos, kur notiek to pašsakaršanas un sadalīšanās procesi.

Ir sugas, kuras neaktīvā (latentā) stāvoklī spējīgas izturēt ļoti augstas (dažu baktēriju sporas pat līdz +180 °C), vai arī, gluži pretēji - ļoti zemas temperatūras (atūdeņotā stāvoklī līdz -271 °C). Visu dzīvības procesu apturēšanu organismā sauc par anabiozi un šādā situācijā nekādas organisma reakcijas nav iespējamas.

Tā kā vides temperatūra ir stipri mainīga un nepastāvīga, tad izmaiņas notiek arī organismu aminoskābju un olbaltumu makromolekulās, kā rezultātā mainās šo molekulu stereoķīmiskā specifika. Augstas vides temperatūras palielina molekulu aktivācijas enerģiju, strauji pieaug organisma prasības pēc barības un skābekļa, ko ne vienmēr iespējams nodrošināt, tāpēc organisms aiziet bojā vēl pirms augsto temperatūru izraisītās fermentu sistēmu sabrukšanas. Stipra temperatūras pazemināšanās, savukārt, rada draudus dzīvības pamatfunkciju nodrošināšanai sakarā ar ievērojamu vielu maiņas intensitātes pazemināšanos. Evolūcijas gaitā organismi ir pielāgojušies vides temperatūras svārstībām gan izmantojot dažādus bioķīmiskos un fizioloģiskos mehānismus (mainot fermentu koncentrāciju un aktivitāti, atūdeņojot organismu, pazeminot organismā esošo šķīdumu sasaldšanas temperatūru u.c.), gan uzturot pastāvīgu ķermeņa temperatūru.

Organismus, kuru izdzīvošana ir tieši atkarīga no vides temperatūras, sauc par **aukstasiņu** jeb poikilotermiem (gr. *poikilos* dažāds). Šajā grupā ietilpst visi mikroorganismi, augi, bet no dzīvniekiem bezmugurkaulnieki, abinieki, rāpuļi un zivis.

Siltasiņu jeb homotermie (gr. *homoios* vienāds) dzīvnieki, turpretim, spēj uzturēt pastāvīgu optimālu ķermeņa temperatūru un tas ļauj viņiem nodrošināt aktīvu dzīvesveidu neatkarīgi no vides temperatūras svārstībām.

Siltasiņu dzīvniekiem evolūcijas gaitā izveidojušies dažādi siltuma saglabāšanas un racionālas izmantošanas mehānismi, kā, piemēram, ķermeņa apmatojums vai apspalvojums, zemādas tauku kārtā u.c. Šajā grupā ietilpst visi putni un zīdītāji, kaut gan viņu vidū ir arī izņēmumi - heterotermiskās sugas (gr. *heteros* cits), kurām raksturīga spēja nelabvēlīgos vides apstākļos krasi pazemināt ķermeņa temperatūru, palēnināt vielmaiņu, elpošanu, asinsriti un citus procesus. Šajā grupā ietilpst, piemēram, eži un sikspārņi.

Aukstasiņu organismu augšana un attīstība ir tieši atkarīga no vides temperatūras, pie kam katrai sugai normāla vielu maiņa sākas pie noteiktas temperatūras, ko sauc par attīstības temperatūras sliekšni. Jo vairāk vides temperatūra pārsniedz šo sliekšni, jo intensīvāk notiek attīstība. Tas nozīmē, ka, lai realizētu ģenētiski noteikto attīstības programmu, poikilotermajiem organismiem jāsaņem noteikts siltuma daudzums, ko mērī kā efektīvo temperatūru summu. Ar jēdzienu "efektīvā temperatūra" saprot starpību starp vides temperatūru un organisma attīstības temperatūras sliekšni. Katrai sugai ir sava efektīvās temperatūras augšējā un apakšējā robeža, aiz kuras attīstība tiek bremzēta vai apstājas pavisam. Piemēram, lai sāktu ziedēt cūkpienes, efektīvo temperatūru summai jābūt 77 °C, zemenes 500 °C, bet dzeltenā akācija uzziedēšanai prasa efektīvo temperatūru summu vismaz 700 °C. Bieži vien tieši efektīvo temperatūru summa ir tā, kas ierobežo sugas ģeogrāfisko izplatību. Efektīvo temperatūru summu aprēķina pēc sekojošas formulas:

$$X = (T - C) \cdot t,$$

kur: X - efektīvo temperatūru summa; T - apkārtējās vides temperatūra; C - attīstības sliekšņa temperatūra; t - dienu skaits, kad apkārtējās vides temperatūra pārsniedz attīstības sliekšņa temperatūru.

Sauszemes - gaisa vide raksturojas ar lielu diennakts un sezonālo temperatūras svārstību amplitūdu, kas var sasniegt pat 100°C un vairāk, tāpēc sauszemes organismi šai ziņā ir izturīgāki nekā ūdenī dzīvojošie.

Izrādās, ka diennakts temperatūru svārstības (termoperiodisms) labvēlīgi ietekmē daudzu **sauszemes augu** sugu attīstību, pie kam kontinentālo apgabalu augi labāk aug un attīstās, ja diennakts temperatūru svārstības ir robežās no 10 - 15°C, mērenās zonas no 5 - 10°C, bet tropu augi, ja temperatūras diennakts svārstību diapazons ir tikai 3°C. Sauszemes augu adaptācijas reakcijas attiecībā uz temperatūras svārstībām ir visai daudzveidīgas. Viens no galvenajiem mehānismiem šajā sakarībā ir lapu atvārsnītes ar kuru palīdzību augs regulē transpirācijas un reizē organisma dzesēšanas intensitāti.

Dzīvnieki, pateicoties muskuļu darbībai, spēj labāk sevi nodrošināt ar iekšējo siltumu nekā augi un tiem ir daudz lielākas iespējas regulēt sava ķermeņa temperatūru. Galvenie dzīvnieku termoadaptācijas veidi ir:

- **ķīmiskā termoregulācija**, kas saistīta ar aktīvu siltuma producēšanu pazeminoties vides temperatūrai;
- **fizikālā termoregulācija**, kas izpaužas gan kā siltuma atdeves samazināšana, gan, gluži otrādi, pastiprināta liekā siltuma atdeve. Kā vienā tā otrā gadījumā tiek izmantotas organismu anatomiskās un morfoloģiskās īpašības - apspalvojums vai apmatojums, svīšana, zemādas tauku krājumu palielināšana vai samazināšana utt.
- **organismu uzvedība**, kas saistīta galvenokārt ar dzīvnieku spēju pārvietoties (migrācija) un tādējādi izvairīties no ekstrēmām temperatūrām.

Novērtējot aukstasiņu organismu ekoloģiskās priekšrocības un trūkumus jāsecina, ka:

- ķermeņa temperatūras pakļaušana vides temperatūrai stipri samazina vielu maiņas aktivitāti un līdz ar to ievērojami sašaurina šo organismu ģeogrāfiskās izplatības areālu;
- kā šīs grupas organismu priekšrocības atzīmējamas to spēja ekonomēt enerģiju uz vielu maiņas intensitātes samazināšanas rēķina gan zemās, gan arī augstās vides temperatūrās (augstas temperatūras šie organismi pacieš vieglāk arī tāpēc, ka tie nesvīst un, tā kā praktiski nav atšķirības starp vides un to ķermeņa temperatūru, to organisms neatūdeņojas).

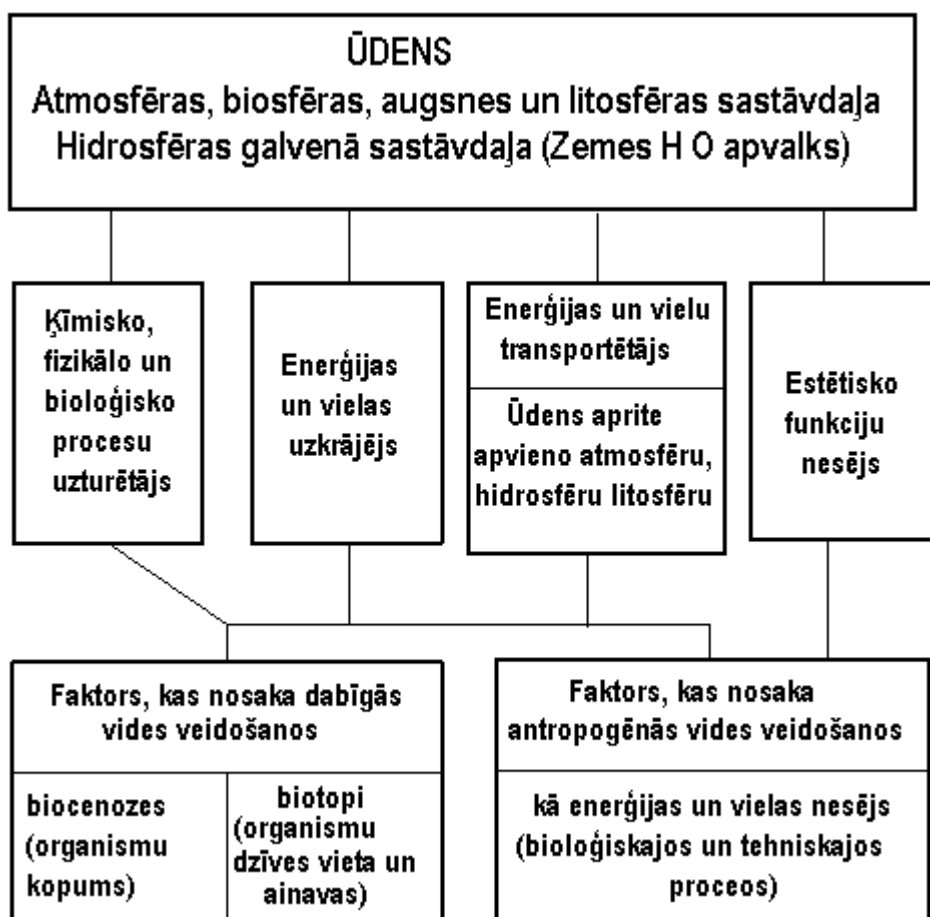
Siltasiņu organisms raksturojas ar to, ka:

- vienmēr funkcionē tikai šaurā sava ķermeņa iekšējās temperatūras diapazonā, ko tas nodrošina tērējot šim nolūkam daudz enerģijas (paaugstinātas prasības pēc enerģijas izsauc papildus barības patēriņu un tāpēc siltasiņu dzīvniekiem raksturīga pastāvīga aktivitāte, kas galvenokārt saistīta ar barības meklējumiem);
- pateicoties organismā notiekošo oksidēšanās procesu augstajai intensitātei un izmantojot dažādus termoregulācijas līdzekļus, siltasiņu dzīvnieki spēj uzturēt optimālo temperatūras režīmu organismā ekstrēmu ārējās vides temperatūru apstākļos.

Ūdens

Ķīmiski tīrs ūdens (H₂O), rēķinot pēc vielas masas sastāv no 11.19 % ūdeņraža un 88.81 % skābekļa. Ūdens dabā sastopams 3 agregātstāvokļos: cietā (ledus), šķidrā (ūdens) un gāzveida (ūdens tvaiks). Ja temperatūra ir zem 0⁰ C, tad ūdens ir cietā un gāzveida formā, bet augstākās temperatūrās – šķidrā un gāzveida formā. Pieaugot temperatūrai, pieaug gāzveida formas

īpatsvars. Ūdens pāreja no viena agregātstāvokļa otrā saistīta ar ievērojamu siltuma enerģijas pievadīšanu vai atvadīšanu. Latentais (apslēptais) siltums, kas jāpievada fāžu pārejā ledus - šķidrums ūdens 0°C temperatūrā, ir 330 J uz 1 g ūdens, bet fāžu pārejas ūdens – ūdens tvaiks latentais siltums 100°C temperatūrā ir 2250 J uz 1 g ūdens. Pretējais process – pāreja no šķidra uz cietu un no gāzveida uz šķidru agregātstāvokli notiek ar siltuma enerģijas izdalīšanos. Ja ūdens tvaika pāreja šķidrā agregātstāvoklī notiek 0°C temperatūrā, tad latentais siltums ir pat $2500\text{ J}\cdot\text{g}^{-1}$. Ūdens nozīme dabā ir ārkārtīgi liela un tā izpaužas ļoti daudzveidīgi (3.attēls).



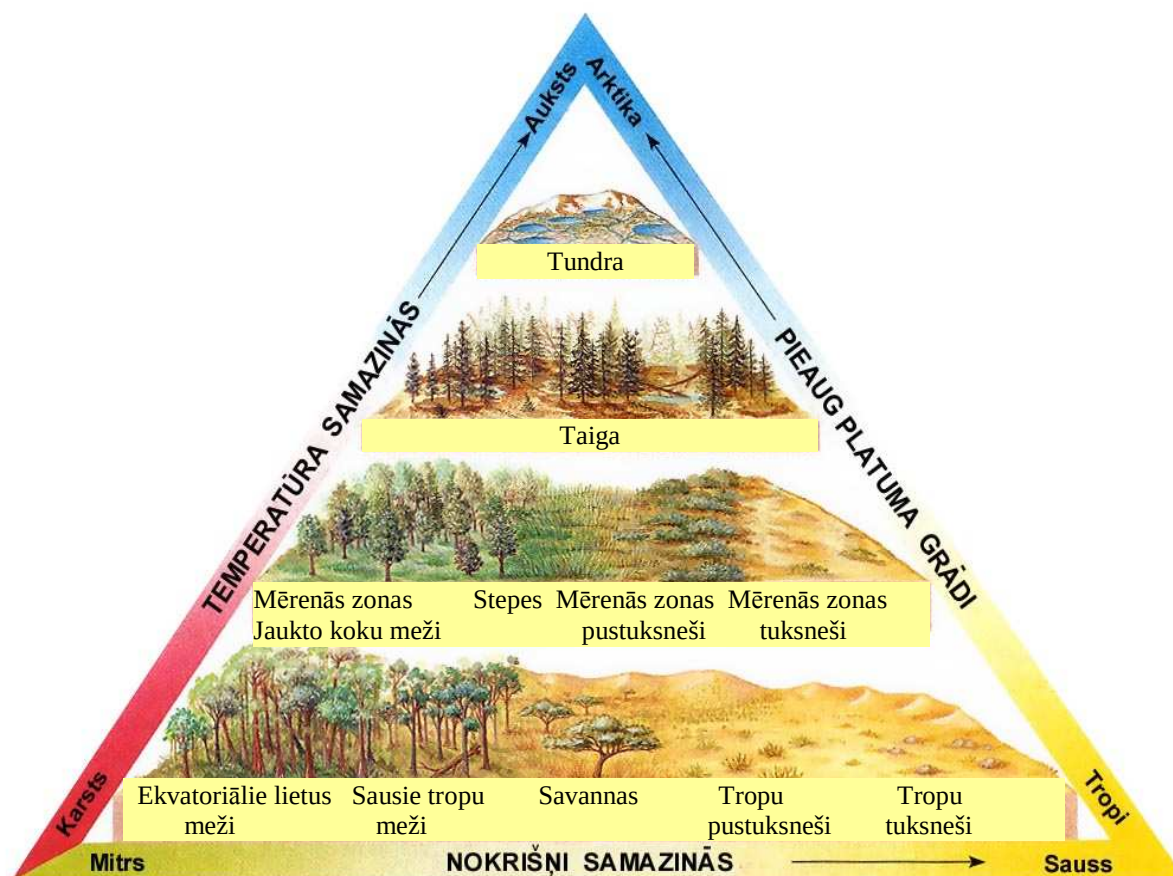
3. attēls. Ūdens nozīme ekosistēmā.

Dzīvības procesu nodrošināšanai nepieciešams ūdens šķidrā veidā, pie kam šūnu bioķīmisko procesu norise un organisma normāla funkcionēšana iespējama tikai pie nosacījuma, ka tas ir pietiekami nodrošināts ar ūdeni. Ūdens **sauszemes - gaisa vidē** bieži kļūst par galveno limitējošo ekoloģisko faktoru un tas var izpausties gan kā ūdens deficīts, gan kā tā pārpalikums. Sauszemes organismu ūdens nodrošinājums ir atkarīgs no daudziem faktoriem: gaisa mitruma, nokrišņu režīma, augsnes ūdens nodrošinājuma, gruntsūdeņu tuvuma, ūdensteču un ūdenstilpju tuvuma utt. Lielā sauszemes vides daudzveidība attiecībā uz ūdens režīmu ir bijusi par iemeslu arī lielai organismu adaptācijas formu daudzveidībai attiecībā uz šo vides faktoru.

Zemākie augi (ķērpji) uzņem ūdeni gan no substrāta, kuram tie piestiprinājušies, gan ar visu ķermeņa virsmu. Augstākie augi ūdeni uzņem no augsnes ar saknēm, kuru šūnu sūcējspēks

Ļauj augam uzņemt lielāko daļu augsnē esošā ūdens. Kad sakņu tiešā tuvumā augsnes ūdens krājumi ir izsīkuši, saknes sāk augt, tādējādi palielinot aktīvo virsmu. Stepju augiem bieži vērojamas tā saucamās efemērās saknes, kuras strauji aug sausuma periodos, bet, sākoties lietiem, atmirst. Augstākie augi spēj uzņemt ūdeni ne tikai ar saknēm. Sūnas, līdzīgi ķērpjiem, uzņem ūdeni ar visu ķermeņa virsmu, daudzas orhidejas nodrošina sevi ar ūdeni izmantojot šim nolūkam gaisa saknes, kuras aktīvi uzsūc gaisā esošos ūdens tvaikus. Daudzi augstākie tuksneša augi spējīgi nodrošināties ar ūdeni izmantojot tikai gaisa mitrumu - miglu un rasu. Tikai niecīgu daļu no uzņemtā ūdens daudzuma augs patērē fotosintēzē, viss pārējais ūdens tiek izmantots transpirācijai.

Sauszemes ekosistēmās nozīmīgākie ūdens avoti ir nokrišņi un gruntsūdens. Nokrišņu sadalījums uz zemes ir stipri nevienmērīgs. Lielākais to daudzums, aptuveni 90%, nonāk uz okeāna un jūrām un tikai 10% uz sauszemes. Zemes ekvatoriālā josla raksturojas ar vislielāko nokrišņu daudzumu, bet starp 20. un 40. platuma grādiem tie sasniedz minimumu un tieši šeit sastopami pasaules lielākie tuksneši ar viskrasāk izteiktu ūdens deficītu. 4. att. parādītas ekosistēmu veģetācijas tipi atkarībā no temperatūras un nokrišņu daudzuma.



4. attēls. Nokrišņu un temperatūras ietekme uz ekosistēmu veģetāciju (pēc P.Raven & L.Berg, 2001.).

Dzīvajos organismos ūdens saturs svārstās no 12% (sēklās) līdz 98% (aļģēs). Cilvēka organismā tā saturs mainās no 75% (zīdaiņi) līdz 60% (vecā cilvēka organisms). Ūdens piedalās visu dzīvības procesu norisē, vielmaiņas bioķīmiskajās reakcijās gan kā šķīdinātājs, dispersijas vide, gan kā reakciju komponents (fotosintēzē, hidrolīzē, daudzās fermentu reakcijās).

Augu prasības pēc ūdens ir atšķirīgas un tos iespējams iedalīt sekojošās ekoloģiskās grupās:

- **augi, kas aug pilnīgi iegrimuši ūdenī** – hidatofīti, piemēram elodeja. Izņemti no ūdens, šie augi ātri novīst. Sakņu sistēma tiem vāji attīstīta vai arī vispār nav un ūdens, kā arī tajā izšķīdušo sāļu uzņemšana, notiek ar visu auga virsmu;
- **sauszemes - ūdens augi, kas daļēji atrodas ūdenī** – hidrofiti. Tie ir sastopami gan ūdenstilpju un ūdensteču krastos, gan seklos ūdeņos, gan arī purvos. Atrodami dažādos klimatiskajos apstākļos un tiem, atšķirībā no iepriekšējās grupas, ir labi attīstīti vadaudi un balstaudi. Šie augi spēj normāli augt tikai nepārtraukti un intensīvi uzsūcot ūdeni;
- **sauszemes augi, kas aug paaugstināta gaisa un augsnes mitruma apstākļos** – higrofīti. Tā saucamie ēnas higrofīti aug pamežā un ļoti augstā gaisa mitruma dēļ tiem var būt apgrūtināta transpirācija. Uznākot sausuma periodam šie augi strauji vīst un var aiziet bojā. Gaismas higrofīti, pie kuriem pieskaitāmi papirusi, rīsi, kā arī daudzi purva augi, aug atklātās, nenoēnotās vietās;
- **augi, kas ir piemērojušies normālam gaisa un augsnes mitruma režīmam un necieš pārmērīgu mitrumu vai sausumu** – mezofīti. Pārstāv visplašāko un daudzveidīgāko augu grupu. Mezofītu grupā ir daudzi kultūraugi, pļavu un meža lakstaugi, kā arī vairums lapu koku;
- **izteikti sauso augteņu augi** – kserofīti. Visvairāk izplatīti arīdajos rajonos, kur gada nokrišņu daudzums ir mazāks par iztvaikotā ūdens daudzumu tādā pašā laika periodā. Šie augi ir pielāgojušies pastāvīgam ūdens deficītam un labi prot regulēt savu ūdens apmaiņu gan ierobežojot iztvaikošanu, gan uzkrājot ūdeni sava ķermeņa audos;

Dzīvnieki uzņem ūdeni to dzerot, kopā ar sulīgu barību, kā arī vielmaiņas procesos noārdot organismā esošos taukus, olbaltumus un ogļūdeņražus. Lai arī dzīvnieki īslaicīgi spēj paciest ūdens trūkumu, tomēr zaudētais ūdens organismā ir jāatjauno, jo ūdens deficīts organismam ir bīstamāks par barības trūkumu. Dzīvniekiem, līdzīgi kā augiem, svarīgs ir gaisa mitrums, jo no tā un gaisa temperatūras ir atkarīgi organisma ūdens zudumi iztvaikošanas rezultātā. Dzīvniekus, atkarībā no to prasībām pēc ūdens, iedala:

- **mitrummīļos** (higrofilos);
- **normāla mitruma** (mezofilos);
- **sausummīļos** (kserofilos).

Organisma ūdens bilances regulēšanās iespējas dzīvniekiem ir lielākas nekā augiem un tās saistās ar dzīvnieku izturēšanos, kā arī to morfoloģiju un fizioloģiju. Dzeršanas vietu meklējumi un apmešanās vietu izvēle, lai nodrošinātu sevi ar dzeramo ūdeni, ir viena no dzīvnieku adaptācijas formām, kas saistīta ar to izturēšanos. Ķermeņa morfoloģiskās izmaiņas palīdz taupīt ūdeni organismā, jo samazina iztvaikošanu kā, piemēram, gliemežvāki sauszemes gliemežiem vai raga virskārta reptiļu ādā. Fizioloģiskais pielāgošanās mehānisms saistīts ar metaboliskā ūdens izmantošanu, kad organisms noārda taukus, lai iegūtu nepieciešamo ūdeni. Tas, savukārt, ir saistīts ar papildus skābekļa patēriņu (tātad intensīvu elpošanu), kas sausā gaisā ir apgrūtināta sakarā ar papildus iztvaikošanas zudumiem.

Nokrišņu ekoloģiskā nozīme var izpausties dažādi, jo tie var ietekmēt organismus arī mehāniski, piemēram, spēcīgs lietus, krusa vai sniegs. Sniega kārtā, kas ir biezāka par 25 cm, labi pasargā no izsalšanas augu saknes, daudzi dzīvnieki zem sniega visu ziemu ir aktīvi un pat vairojas. Tomēr lielai daļai dzīvnieku bieža sniega sega traucē atrast barību, pie kam sevišķi bīstama tiem ir sērsna. Bieza sniega sega ierobežo daudzu dzīvnieku sugu ģeogrāfisko izplatību. Sniega baltā krāsa nosaka daudzu dzīvnieku apmatojuma krāsas sezonas raksturu.

Gaiss

Sauszemes - gaisa vide uzskatāma kā ekoloģisko apstākļu ziņā sarežģītākā, tāpēc šādā vidē var eksistēt tikai pietiekami augsti organizētas dzīvās būtnes. Zemais gaisa blīvums nedod organismiem atbalstu, tāpēc tiem nepieciešama sava balstaudu sistēma. Augiem pārsvarā tie ir mehāniskie balstaudi, kuru sastāvā ir lignīns un celuloze; dzīvniekiem - skeletu veidojošie kaulaudi. Visiem sauszemes-gaisa vides iemītniekiem zeme kalpo kā atbalsta virsma vai vide, kurā tie nostiprinās.

Relatīvi zemais gaisa blīvums ļauj organismiem brīvi pārvietoties vidē, kā rezultātā evolūcijas gaitā varēja attīstīties organismu spēja lidot, izmantojot šim nolūkam gan muskuļu spēku, gan arī gaisa plūsmas enerģiju. Pateicoties atmosfēras zemāko slāņu gaisa masu kustīgumam, iespējama daudzu sauszemes organismu pasīva pārvietošanās visai lielos attālumos (augu sēklas, sporas, vienšūņi, sīki kukaiņi u.c.).

Gaisa spiediens, kas normālos apstākļos ir 760 mm Hg (1013 h Pa) , nodrošina organisma apgādi ar skābekli, bet, spiedienam pazeminoties, skābekļa apgāde pasliktinās, pieaug elpošanas intensitāte, palielinās organisma ūdens atdeve.

Organismu eksistencei, bez gaisa fizikālajām īpašībām, svarīgs arī tā ķīmiskais sastāvs. Pateicoties gaisa masu kustībai un tajā esošo gāzu difūzijas spējām, gaisa gāzu sastāvs ir samērā viendabīgs un galveno tā komponentu attiecības pēc apjoma ir sekojošas: slāpeklis (N_2) 78.08%, skābeklis (O_2) 20.95%, argons (A) 0.93%, oglekļa dioksīds (CO_2) 0.036%.

Oglekļa dioksīda koncentrācija piezemes slānī var būt visai atšķirīga, kas saistīta gan ar augu fotosintēzes intensitātes diennakts izmaiņām, gan organismu elpošanas intensitāti un, jo sevišķi, augsnes mikroorganismu metabolismu. Zema ogļskābās gāzes koncentrācija var ievērojami samazināt augu fotosintētisko aktivitāti un līdz ar to arī produktivitāti.

Slāpeklis, kas atmosfērā ir salīdzinoši visvairāk, lielākai daļai organismu ir inerta gāze un tie nespēj to iesaistīt bioloģiskajā apritē. Izņēmums ir vairākas mikroorganismu un aļģu sugas (toksiskās zilaļģes), tai skaitā baktērijas (gumiņbaktērijas), kuras spēj saistīt slāpekli.

Gaisā var nonākt arī dažādas citas gāzveida vielas, kuras var radīt bioloģisko bīstamību, kā, piemēram, slāpekļa oksīdi, sēra oksīdi, metāns, sērūdeņradis, hlora savienojumi. Palielinātu šo vielu apjomu nokļūšana atmosfērā parasti ir saistīta ar cilvēka saimniecisko darbību.

Uguns

Uguns kā ekoloģiskais faktors savā ziņā piedalās vides veidošanā sauszemes ekosistēmās un biocenozes ir spiestas piemēroties šim faktoram. Ugunsgrēki dabā ir pastāvīga un nenovēršama parādība un, atkarībā no to rakstura, vairāk vai mazāk cieš dažādas organismu grupas. Ugunsgrēkus var izraisīt gan dabā notiekošie procesi (zibens, vulkānu darbība, pašaizdegšanās), gan arī cilvēka darbība.

Mežā skrejuguns, kā arī vainaguguns iznīcina augu valsti, iet bojā daudzi dzīvnieki un kukaiņi. Pēc šāda ugunsgrēka paiet ilgs laiks līdz attiecīgajā teritorijā normalizējas visi dzīvības procesi. Zemdega ir ugunsgrēks, kurā uguns minerālgrūtīs izplatās zemsedzes slānī visai nevienmērīgi, tāpēc šāds ugunsgrēks iedarbojas uz organismiem atšķirīgi, vienus nomācot un iznīcinot, bet citus, izturīgākos, pat stimulējot. Nelieli un regulāri šāda tipa

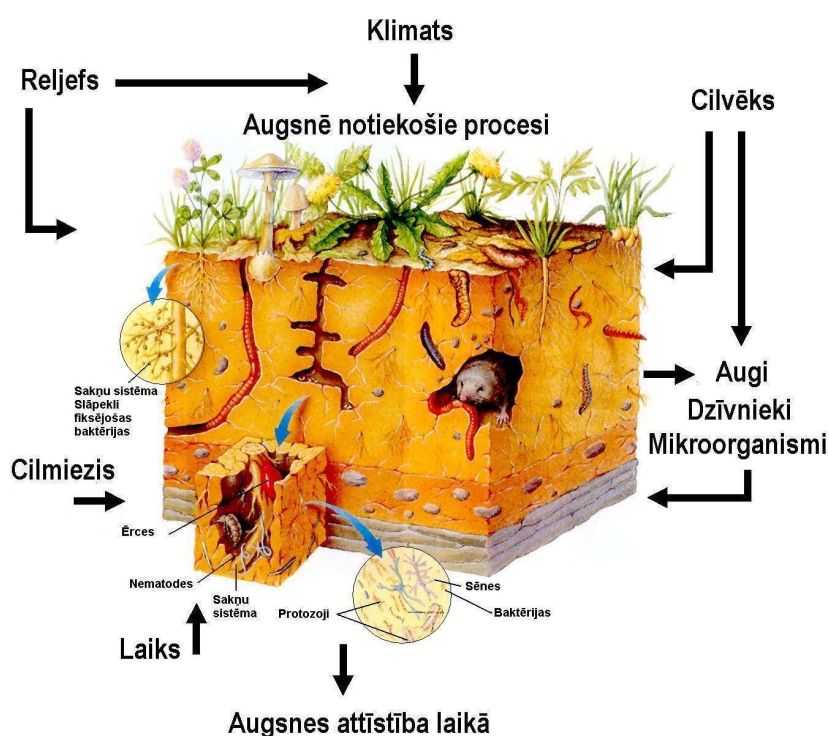
ugunsgrēki veicina to sēņu un baktēriju darbību, kuras mineralizē organismu atliekas. Nelieli zemdegu ugunsgrēki samazina iespēju izcelties bīstamiem un postošiem ugunsgrēkiem, jo samazina ugunsbīstamās meža zemsedzes krājumus. Ugunsgrēki ir arī nozīmīgs gaisa piesārņojuma avots (slāpekļa un oglekļa oksīdi, ogļūdeņraži un cietās daļiņas).

Ugunsgrēki kūdrājos deg gadiem un var būt sevišķi postoši purvu ekosistēmās. Latvijā novērojamā sausās zāles dedzināšana nodara lielu ļaunumu savvaļas augiem, dzīvniekiem un kukaiņiem un reizē iznīcina organiskās vielas, kuras ir augsnes auglības pamats.

Edafiskie faktori

Zemes virsmas īpašības, kas ietekmē tajā dzīvojošos organismus, sauc par edafiskajiem vides faktoriem. Šie faktori būtiski ietekmē augu, dzīvnieku un mikroorganismu eksistenci uz augsnes un augsnē (5.attēls).

Augsnes veidotāji faktori ir: cilmiezis jeb augsni veidotājs iezis, reljefs, klimats, augi, mikroorganismi, dzīvnieki, laiks un cilvēka iedarbība.



Augsnes sastāvā ietilpst: minerālās un organiskās vielas, dzīvnie organismi, ūdens, kā arī gaiss, kura sastāvs var atšķirties no atmosfēras gaisa sastāva.

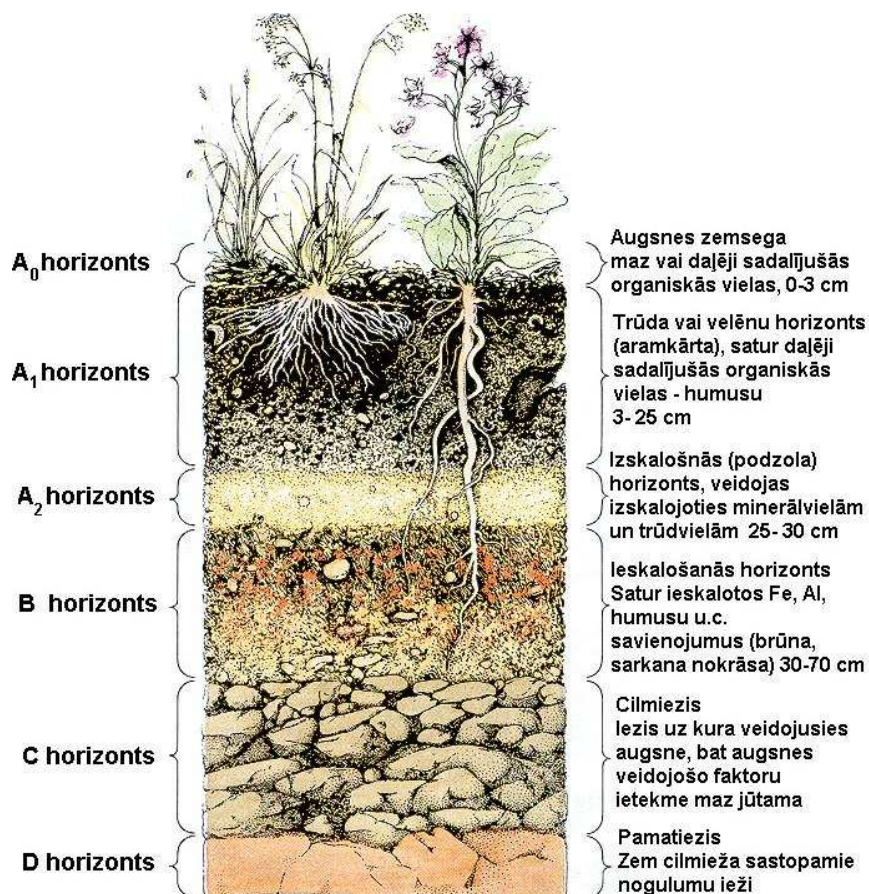
Augsnes ārējās pazīmes ir tai raksturīgas ārēji uztveramas pazīmes (augšnes un atsevišķu ģenētisko horizontu dziļums, krāsa, granulometriskais sastāvs, struktūra, augsnes sakārta un augsnes jaunveidojumi), kuras sauc par augsnes morfoloģiskām pazīmēm. Augšnes ārējās pazīmes vislabāk novērojamas augsnes profilā profila uzbūve (6.attēls).

5.attēls Augsni veidojošie faktori

No edafiskajiem faktoriem liela nozīme ir cilmiezim, augsnes mehāniskajam sastāvam un struktūrai, ūdens režīmam, kā arī augsnes fizikālajām un ķīmiskajām īpašībām.

Cilmiezis ir augsnes virspusē esošais iežu slānis, kurā bioloģisko un bioķīmisko procesu, kā arī cilvēka darbības ietekmē veidojas augsne. Latvijas augsnēm raksturīgs cilmiezis ir morēnas. Morēna ir nesašķirots, ledāja atnests materiāls, kas sastāv no dažāda lieluma daļiņām, gan no augsnes smalkzemes, gan rupjiem augsnes skeleta elementiem, pat dažāda lieluma laukakmeņiem. Morēna klāj vairāk par 50 % no Latvijas teritorijas un ir samērā labs augsnes cilmiezis. Sastopami pārskatītie morēnu materiāli, vēja un jūras sanestie un uz

vietas veidojušies cilmieži (kūdra, sapropelis). Cilmiezis būtiski ietekmē augsnes veidošanās procesu, nosaka augsnes mineralogisko, mehānisko un ķīmisko sastāvu, kā arī tās agrofizikālās īpašības un auglību. Uz mālainiem cilmiežiem augsnes būtiski atšķiras no augsnēm, kas veidojušās uz smilts cilmiežiem. Augsnes veidošanās procesā liela nozīme ir cilmieža karbonātu saturam. Karbonātu klātbūtne augsnes attiecīgajā horizontā spēj neitralizēt skābas vides (nokrišņi, minerālmēslojums) ietekmi un saglabāt neitrālu augsnes reakciju. Uz karbonātiem bagātiem cilmiežiem veidojušās Latvijas auglīgākās velēnu karbonātu augsnes (Zemgale), turpretī uz smilšainām augsnēm, kuras parasti karbonātus nesatur, veidojas skābas podzolētas vai velēnu podzolētas augsnes un tām nepieciešama kalpošana.



Latvijas augsnes pēc augsnes veidošanās procesa īpatnībām (mitruma apstākļiem) un augšņu ārējām pazīmēm iedala trīs klasēs un 12 pamattipos:

1. Automorfās augsnes (Velēnu karbonātaugsne, Brūnaugsne, Podzolaugsne, Podzols, Nepilnīgi izveidotā augsne, Antropogēnā augsne).
2. Pushidromorfās augsnes (Glejaugsne, Podzolētā glejaugsne, Aluviālā augsne).
3. Hidromorfās augsnes (Zemā purva kūdraugsne, Pārejas purva kūdraugsne, Augstā purva kūdraugsne).

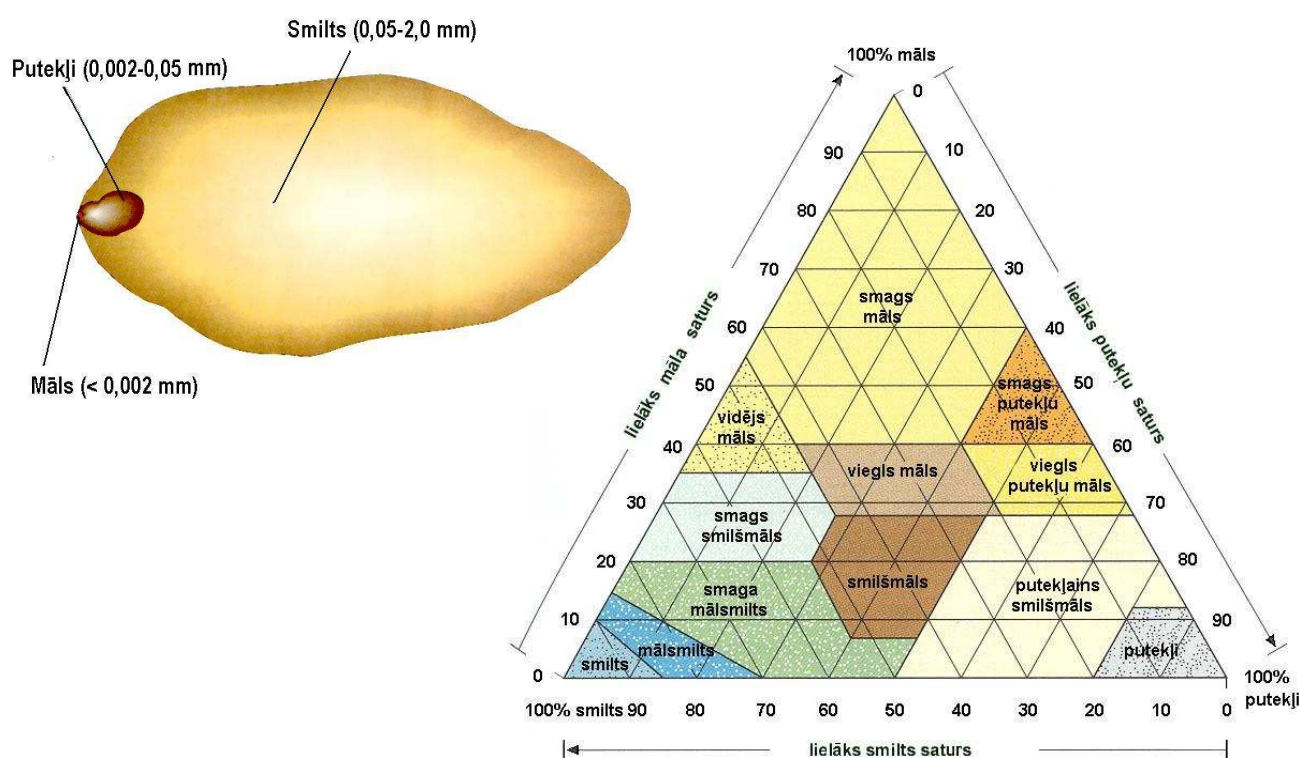
6. attēls. Latvijas augsnēm raksturīgs augsnes profils

Pasaulē pārsvarā lieto FAO vai ASV izstrādātās augšņu klasifikācijas sistēmas, kas atšķiras no Latvijā pieņemtās.

Augsnes granulometriskais (mehāniskais) **sastāvs** ir augsnes iedalījums pēc dažāda izmēra minerāldaļiņu relatīvās masas augsnē. Dažāda lieluma augsnes daļiņām kombinējoties, veidojas dažāda sastāva augsnes (7. attēls). Augsnē visvairāk augu barības vielu satur smalkās daļiņas jeb smalkzeme (minerālās daļiņas mazākas par 2 mm). Rupjākās daļiņas jeb skelets (minerālās daļiņas lielākas par 2 mm) veicina augsnes iesilšanu, ūdens un gaisa apmaiņu, kā arī palielina augsnes irdenumu. Stipri skeletinām augsnēm šīs īpašības nepiemīt.

Organisko vielu sastāvs un uzkrāšanās augsnē ir atkarīga no augsnes tipa. Pārmērīga mitruma apstākļos reljefa zemākajās vietās veidojas zāļu, pārejas un sūnu purvi ar augstu

organisko vielu saturu (85 - 95%). Purvainām vietām raksturīgas augsnes, kurās organisko vielu saturs ir no 4 - 20%, bet drenētās minerālaugsnēs organiskās vielas parasti ir robežās no 1,5 - 3%. Augsnes organiskā viela veidojas no dzīvajiem organismiem un organismu atliekām. Organismu atlieku sadalīšanos un pārveidošanu sekmē augsnes dzīvnieki, sēnes, baktērijas, kā arī ķīmiski, bioķīmiski un fizikāli procesi, kuru norisi stimulē fermenti. Daļa organisko vielu augsnē sadalās strauji, bet daļa pārveidojas pakāpeniski, veidojot kvalitatīvi jaunus, pret mikroorganismu iedarbību izturīgus polimerizētus savienojumus - humīnvielas, kas ietilpst augsnes trūdvielā jeb humusā (lat. *humus* zeme, augsne) sastāvā. Ja augsnes trūdvielās esošās augu barības vielas atbrīvojas lēnām, tās ir mazāk pakļautas izskalošanai. Augsnes trūdvielas veicina minerālu noārdīšanos, mikroorganismu un augu sakņu sistēmas attīstību, kā arī ietekmē augsnes struktūras veidošanos.



7. attēls. Augsnes daļiņu relatīvais izmērs un augsnes noteikšana pēc granulometriskā sastāva (pēc P.Raven & L.Berg, 2001; un G.Tyler Miller, 2002.).

Augsnes struktūra veidojas salīpot vai sadrūpot minerālajām un organiskajām daļiņām dažāda lieluma un formas drupatās. Labas struktūras augsnēs optimālā daudzumā ir ūdens un gaiss, jo struktūras drupatās ir kapilārās poras, bet starp drupatām nekapilārās jeb gaisa poras. Šādā augsnē nokrišņu ūdeņi mazāk notek pa virspusi un neveicina eroziju, jo tai ir liela gaisa un ūdens ietilpība, kā arī labākas filtrācijas spējas. Bezstruktūras augsne vai nu salīp blīvā masā, vai arī sairst atsevišķās minerālās un organiskās daļiņās. Bezstruktūras augsnes ir sablīvētas, nokrišņu ūdeņi tajās iesūcas tikai daļēji, pārējie ūdeņi notek pa augsnes virskārtu veicinot ūdens izraisītu augsnes eroziju un noskalojot biogēnos elementus.

Ūdens noturīgu augsnes struktūru nodrošina:

- aktīvs trūds (baktēriju sintezēts organiski koloidāls savienojums, kas veido elastīgu, ūdenī nešķīstošu cementējošu vielu);
- minerālie koloīdi;
- divvērtīgie un trīsvērtīgie katjoni (Ca^{2+} , Fe^{3+} , Al^{3+});
- augu sakņu vai ledus kristālu mehāniskais spiediens uz augsnes daļiņām veģetācijas periodā un ziemā.

Augsnes struktūras veidošanā liela pozitīva nozīme ir mikroorganismu un slieku darbībai. Ilggadīgo zālāju sazarotā sakņu sistēma sadala augsni un to drupina, ar spiedienu veido struktūragregātus, atmirstot nodrošina augsni ar bioķīmiski viegli noārdāmu organisko vielu.

Augsnes fizikālās īpašības ir augsnes, kā jebkura dabas ķermeņa fizikālās īpašības, kuras var noteikt kvantitatīvi vai kvalitatīvi un izteikt noteiktās mērvienībās. Tās var iedalīt: vispārējās fizikālās īpašībās, fizikāli mehāniskās, hidrofizikālās, aerofizikālās un fizikāli-ķīmiskās augsnes īpašībās.

Augsnes vispārējās fizikālās īpašības:

- **augsnē cietās fāzes blīvums** ir absolūti sausas augsnes noteikta tilpuma masa bez porām;
- **augsnē tilpummasa** ir absolūti sausas, dabiski porainas augsnes noteikta tilpuma masa, tā atkarīga no augsnes granulometriskā sastāva, trūda daudzuma, augsnes apstrādes, u.c. apstākļiem;
- **augsnē tukšumi (porainība)** ir visu poru, tukšumu un plaisu kopējais tilpums starp cietajām daļiņām, izteikts procentos no kopējā augsnes tilpuma ar neizjauktu dabisko sakārtu. Vislielākā porainība ir augsnes virskārtā. Labā struktūraugsnē tā var sasniegt pat 70% no augsnes tilpuma. Izšķir kapilāro un nekapilāro porainību. Kapilāro porainību veido poras ar niecīgu izmēru, kurās ūdens var pārvietoties kapilāro spēku ietekmē. Nekapilārās, lielāka izmēra porās kapilārie spēki vairs nedarbojas. Mālainās augsnēs pārsvarā ir kapilārā, irdenās - nekapilārā porozitāte. Augsnēs ir vislabākais gaisa un ūdens režīms, ja nekapilārā porozitāte pārsniedz pusi no kopējās porozitātes.

Augsnes fizikāli mehāniskās īpašības, kurām ir liela nozīme pie augsnes apstrādes:

- **augsnē lipīgums** ir augsnes spēja mitrā stāvoklī pielipt gludiem priekšmetiem un to mēra ar spēku 1 cm^2 metāla plāksnītes atrašanās no augsnes virsmas. Augsni kaļķojot un uzlabojot tās struktūru, lipīgums krasi samazinās;
- **augsnē plastiskums** ir spēja mainīt savu sākotnējo formu iedarbojoties ārējiem spēkiem un paturēt iegūto formu pēc šo spēku iedarbības pārtraukšanas. Plastiskums ir mālam raksturīga īpašība, bet smiltīm tā nav. Augsnē plastiskumu palielina arī trūda daudzums;
- **augsnē briešana** ir tilpuma palielināšanās tai uzņemot ūdeni. Pretējais process - augsnes sēšanās. Augsnē briešana un sēšanās novērojama tikai saistīgām, plastiskām augsnēm. Jo sliktāka augsnes struktūra un vairāk sīko daļiņu, jo stiprāk augsne briest un krasāk sēstas. Augsnē briešanu vērtē pēc saistītā ūdens daudzuma, tilpuma izmaiņām vai spiediena, kāds rodas augsnei briestot.

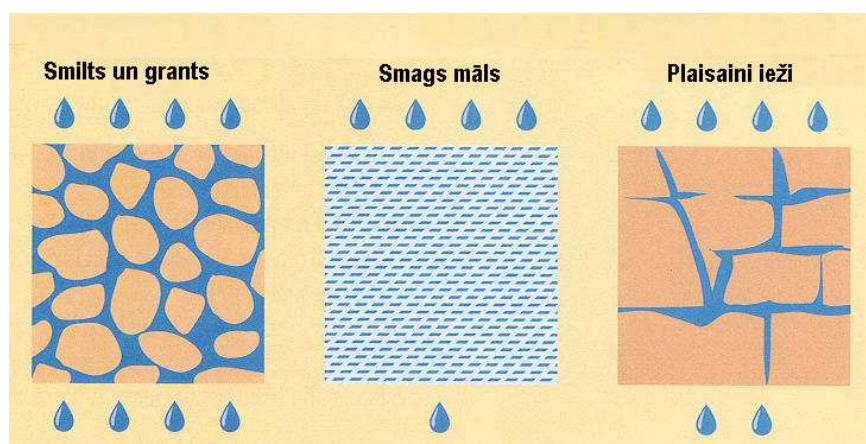
Augsnes hidrofizikālās īpašības. Augsnē ūdens piedalās augsnes veidošanas procesā, vielu apritē un dažādos fizikāli ķīmiskos un bioķīmiskos procesos. Pēc D.Viljenska augsnes ūdeni iedala šādi:

- **ķīmiski saistītais**, kuru var atdalīt karsējot augsni virs $150-200^{\circ} \text{C}$ un kurš praktiski nepiedalās augsnes procesos;

- **tvaikveida ūdens**, kurš nokļūst augsnē kopā ar gaisu un tam kondensējoties var palielināt augsnes mitrumu;
- **higroskopiskais ūdens**, kurš dažu molekulu biezā (plēvītes) slānī ir saistīts ap augsnes daļiņām;
- **kapilārais ūdens**, atrodoties augsnes sīkākajās porās, virsmas spraiguma spēku ietekmē spēj pārvietoties dažādos virzienos. Kapilārais ūdens samitrina augsni virs gruntsūdens līmeņa, tam ir būtiska nozīme augu nodrošināšanā ar ūdeni. Kapilārā ūdens pacelšanās augstums māla augsnēs var sasniegt 2-2,5 m virs gruntsūdens līmeņa, vieglās augsnēs tas ir ievērojami mazāks. Turpretī kapilārās pacelšanās ātrums viegla sastāva (smilts) augsnēs ir lielāks nekā smagās māla augsnēs;
- **gravitācijas ūdens** gravitācijas spēku ietekmē brīvi sūcas (filtrējas) lejup pa augsnes porām, papildinot pazemes ūdeņu krājumus. Augšējo pazemes ūdeņu slāni sauc par gruntsūdens horizontu. Zem gruntsūdens līmeņa var pieņemt, ka visas augsnes poras ir piesātinātas ar ūdeni.

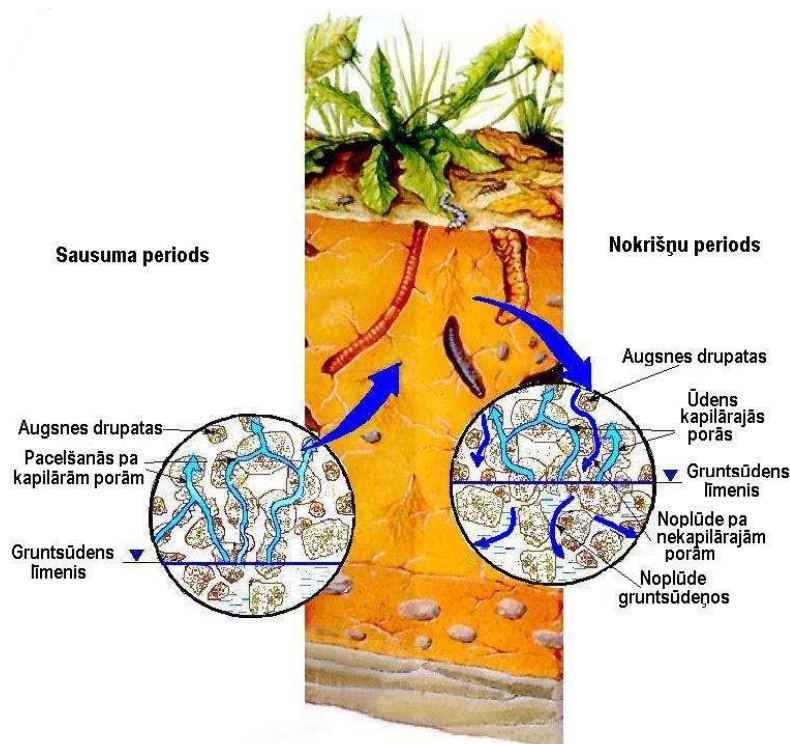
Pie svarīgākajām **augsnis hidrofizikālām īpašībām** pieder:

- augsnes ūdenscaurlaidība;
- ūdens pacelšanās spēja;
- mitrumietilpība, to raksturo spēja uzņemt un noturēt augsnē ūdeni, to skaitliski izsaka procentos kā augsnes kopējā ūdens daudzuma attiecību pret absolūti sausas augsnes masu vai tilpumu. Apskatot konkrētu augsnes slāni, mitrumietilpību parasti izsaka mm ūdens slāņa.



Ūdens caurlaidība (8. attēls) ir atkarīga no augsnes granulometriskā sastāva, porainības, augsnes struktūras, blīvuma, trūdvielu daudzuma un citiem apstākļiem. Augsnis ūdens caurlaidību raksturo filtrācijas koeficients (m/dn).

8. attēls. Dažāda sastāva augsnes ūdens caurlaidību (pēc *Best Management Practice, Water Management. Agriculture Canada. 1992*).



Augsnes ūdens pacelšanās (9. attēls) spējai jeb kapilaritātei ir svarīga nozīme augu apgādē ar ūdeni, kas pārvietojas pa kapilārajām porām no dziļākiem uz augšējiem slāņiem. Kapilaritāti ietekmē augsnes granulometriskais sastāvs, struktūra, organisko vielu saturs un sastāvs, poru raksturs, ūdens temperatūra, sāļu daudzums ūdenī un citi faktori. Ūdens kapilārās pacelšanās augstums smiltī ir 30-70 cm, mālā 70-250cm.

9. attēls. Ūdens kustība augsnē.

Raksturojot augsnes mitrumietilpību, izdala augsnes higroskopisko mitrumietilpību, vīšanas mitrumu, kapilāro mitrumietilpību, augsnes galējo jeb lauka mitrumietilpību un augsnes pilno mitrumietilpību. Higroskopiskā mitrumietilpība ir ūdens daudzums, ko spēj saistīt sausa augsne no gaisa, kas piesātināts ar ūdens tvaikiem. Aptuveni 1.5 reizes augstāks ir vīšanas mitrums, tāds mitrums pie kura augi sāk vīst, jo nespēj izmantot pie augsnes daļiņām cieši saistīto ūdeni. Kapilārai mitrumietilpībai atbilst ūdens daudzums, ko augsne spēj uzsūkt un aizturēt porās ūdens kapilārās pacelšanās augstumā. Augsnes galējai jeb lauka mitrumietilpībai atbilst ūdens daudzums, ko augsne spēj akumulēt pēc gravitācijas ūdens aizplūšanas, kad ar ūdeni ir pildītas arī daļa no nekapilārajām porām. Augsnes pilnā mitrumietilpība iestājas, ja visas augsnes poras ir pildītas ar ūdeni.

Augsnes aerofizikālās īpašības saistītas ar tās gaisa režīmu. Augsnes gaiss aizņem to augsnes poru daļu, kuras nav pildītas ar ūdeni un sastāv no gāzēm, kas augsnē iekļūst no atmosfēras, kā arī veidojas pašā augsnē bioķīmisko procesu rezultātā. Augsnes gaisa sastāvs atšķiras no atmosfēras gaisa ar augstāku oglekļa dioksīda (0.1 – 20 % tilpuma), amonjaka, bet vāji aerētās augsnēs arī metāna un sērūdeņraža saturu. Augsnes gāzu sastāvs ir atkarīgs no augsnes bioķīmiskajiem procesiem un augsnes gaisa apmaiņas ar atmosfēras gaisu. Augsnes mikroorganismu darbības intensitāte lielā mērā nosaka CO₂ un O₂ attiecības augsnes gaisā. Palielinoties CO₂ koncentrācijai ir traucēta augu sakņu attīstība, bet samazinoties skābekļa daudzumam augsnes gaisā augos samazinās ogļhidrātu un minerālvielu, bet pieaug organisko skābju daudzums. Anaerobos apstākļos augsnē pieaug CO₂ daudzums un reducēšanās procesos rodas amonjaks, metāns, sērūdeņradis; sakarā ar skābekļa deficītu pazeminās sēklu dīgstības intensitāte, augos ir traucēta proteīnu sintēze, samazinās cukuru un cietes daudzums.

Augsnes ķīmiskās īpašības saistītas galvenokārt ar augsnes reakciju, buferspēju, un augu barības elementu saturu.

Augsnes aktīvo reakciju rada brīvie ūdeņraža joni augsnes šķīdumā un to koncentrāciju izsaka ar pH skaitļiem. Skābu reakciju izraisa ūdeņraža joni, sārmainu - hidroksiljoni. Uz karbonātiem bagātiem cilmiežiem (māls) veidojas augsnes, kurās augu barības vielu izskalošanās un augsnes paskābināšanās (podzolēšanās) procesi ir aizkavēti. Augu prasības attiecībā uz augsnes reakciju ir atšķirīgas un tiem katram ir savs pH optimums. Augsnes reakcijas galējās robežas augstāko augu attīstībai ir pH 3.5 un pH 9.

Augsnes buferspējas raksturo spēja pretoties pH maiņai un no tās ir atkarīga augsnes reakcijas stabilitāte laikā. Kā galvenie augsnes buferspēju noteicošie faktori jāatzīmē organisko vielu un humusa saturs, mehāniskais sastāvs un bioloģiskā aktivitāte augsnē. Vislielākā buferspēja piemīt kūdras augsnēm, tām seko māla, bet vismazākā buferspēja ir smilts augsnēm.

Augu barības vielas (augu barības elementi; biogēnie elementi) ir augu augšanai nepieciešamie elementi, kurus tie uzņem ķīmisku savienojumu vai noteiktu jonu veidā. Fotosintēzes procesā ar lapām no gaisa augs uzņem oglekli (CO_2), bet visus pārējos barības elementus ar saknēm no augsnes šķīduma. Augiem lielākos vai mazākos daudzumos nepieciešami vismaz 20 no dabā sastopamajiem 92 ķīmiskajiem elementiem. Augu sausna orientējoši satur: 44 % - C, 42% -O, 6,5 % - H, 2% - N, 1% - Ca un 1% - K. Augšanas procesā visvairāk augi patērē oglekli, ūdeņradi, skābekli un slāpekli, tiem seko kalcijs, magnijs un kālijs. Augi augšanai un attīstībai nepieciešamo slāpekli un minerālvielas uzņem ar saknēm no augsnes ūdens šķīduma. Slāpeklis augsnē ir gan kā Na, K, Ca un amonija nitrāts, gan kā amonija sulfāts un augi to uzņem galvenokārt nitrātu jonu, nitrītu un amonija sāļu veidā. Fosfors augsnē ir Ca, Fe, Al, K un Na fosfātu veidā, kā arī organiskajos fosfora savienojumos. Augi visvieglāk uzņem $\text{H}_2\text{PO}_4^{-1}$ jonu, grūtāk HPO_4^{-2} un PO_4^{-3} jonus. Kāliju saturošas barības vielas vairāk ir māla augsnēs ogļskābes, slāpekļskābes un fosforskābes sāļu veidā. Kalciju un magniju augi iegūst no augsnes karbonātiem un dolomītiem, bet sēru uzņem SO_4^{-2} jonu veidā no kalcija un magnija sulfātiem.

Orogrāfiskie faktori

Vietas augstums virs jūras līmeņa, reljefs, nogāzes slīpums un ekspozīcija veido orogrāfisko faktoru kopumu, kas raksturo konkrēto vietu apdzīvojošo organismu dzīvesvidi. Orogrāfiskie faktori pieskaitāmi abiotiskajiem faktoriem un vērtējami ciešā saistībā ar ainavas ekoloģiju. Virsmas struktūra nosaka ainavas mozaīkas raksturu un līdz ar to rada priekšnoteikumus bioloģiskai daudzveidībai, kas, savukārt, ir ekosistēmu stabilitāti veicinošs faktors.

Ģeoloģisko procesu rezultātā veidojošies kalni un kalnu grēdas mijoties ar līdzenumiem veido makroreljefu. **Pieaugot augstumam virs jūras līmeņa**, mainās abiotisko faktoru ietekme uz organismiem:

- pieaug Saules radiācijas ietekme;
- pazeminās atmosfēras spiediens un skābekļa saturs gaisā;
- pazeminās temperatūra.

Šīs izmaiņas saīsina augu veģetācijas periodu, kā rezultātā parasti samazinās augu un dzīvnieku sugu skaits biocenozēs.

Vidēja lieluma pauguri un upju ielejas veido mezoreljefu. Latvijas teritorijā tā rašanās saistīta ar Ledus laikmeta procesiem, kuri izpaudušies galvenokārt kā ūdens un vēja izraisīta erozija. Mezoreljefs papildina un dažādo makroreljefa radīto vides daudzveidību

Abiotisko un biotisko faktoru ietekmē mezoreljefā rodas vietējas nozīmes izmaiņas, kuras nosaka attiecīgās teritorijas mikroreljefu. Sīki virsmas nelīdzenumi, kurmju rakumi, izartās vagas tūrumā, ciņu zāles veidotie reljefa paaugstinājumi rada īpašu mikrovidi augiem, dzīvniekiem un mikroorganismiem.

Nogāzes slīpums un garums ir vieni no galveniem augsnes ūdens eroziju veicinošiem faktoriem. Lauksaimniecības ekosistēmās īpaši apdraudētas ir stāvākas nogāzes, kur atsevišķu lauksaimniecības kultūru audzēšanas tehnoloģijas (rušināmkultūras) var vēl pastiprināt virszemes noteces iedarbību.

Nogāzes ekspozīcija, jeb orientācija pret debess pusēm, vispirms ietekmē augu veģetācijas perioda ilgumu. Pret dienvidiem vērstajās nogāzēs augsne un gaiss sasilst ātrāk un veģetācijas periods pagarinās. Tā kā dienvidu nogāzēs pavasaros sniegs kūst straujāk, tad šādās teritorijās vērojama arī izteiktāka augsnes ūdens erozija.

Biotiskie faktori

Biotiskie faktori nozīmē mikroorganismu, augu, dzīvnieku un cilvēka visa veida savstarpējās ietekmes. Šo ietekmju rezultātā veidojas biotiska vide, bez kuras dzīvie organismi nespēj pastāvēt. Katrs organisms nepārtraukti izjūt tiešu vai netiešu citu organismu ietekmi. Viņš ir kontaktā gan ar savas, gan citu sugu organismiem, ir atkarīgs no tiem un vienlaicīgi pats tos ietekmē. Apkārtējā pasaule un citi tās organismi ir katra organisma dzīvesvides neatņemama sastāvdaļa. Attiecības sugu un organismu starpā var būtiski ietekmēt organismu spēju pastāvēt (Šie jautājumi sīkāk paskaidroti aplūkojot jautājumus par biocenozēm).