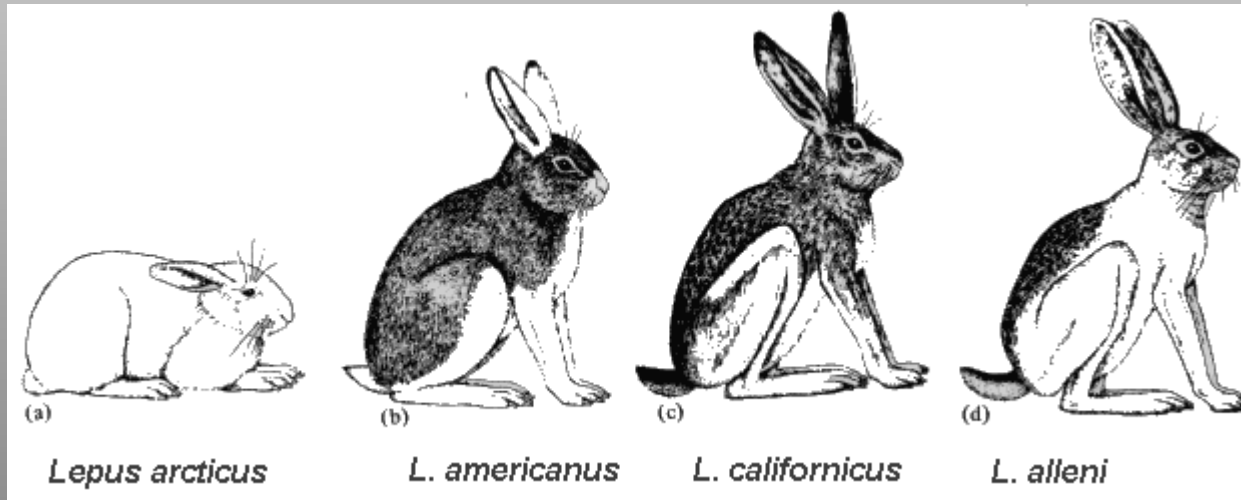


EKOLOGIJA JEDINKE (FIZIOLOŠKA EKOLOGIJA)



- 1. Prilagodbe organizama na uvjete fizičkog okoliša**
- 2. Odgovor organizama na varijacije okoliša**
- 3. Biološki faktori u okolišu**

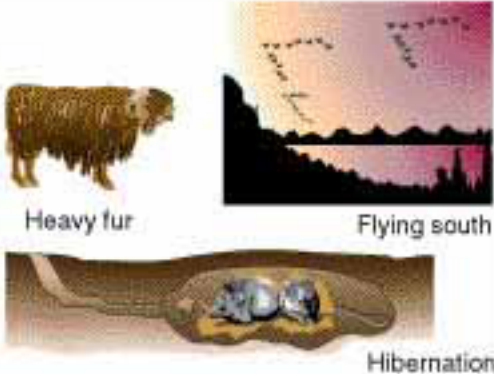


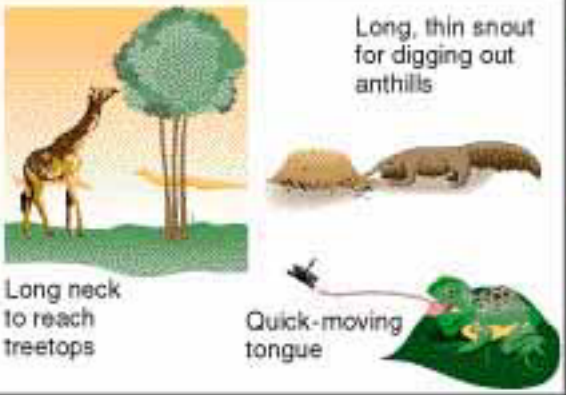
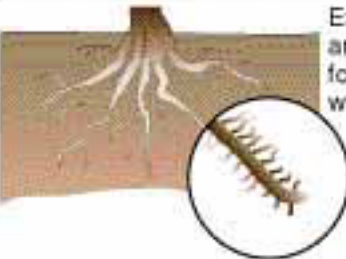

PRILAGODBE ORGANIZAMA NA UVJETE FIZIČKOG OKOLIŠA




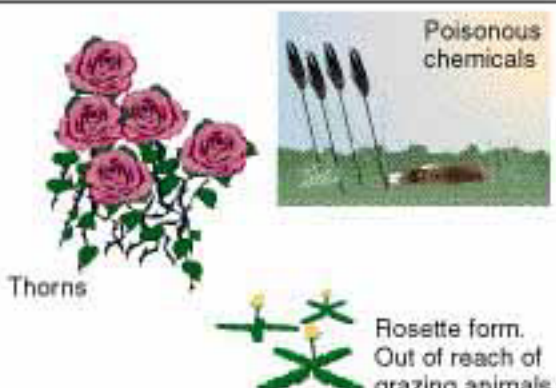




Prilagodbe ili adaptacije

- **Prilagodbe ili adaptacije** su strukturne i funkcionalne modifikacije organizama koje idu u pravcu njihovog boljeg usklađivanja s okolišem
- Adaptacije se mogu razviti na dva načina:
- 1. **Evolucijske adaptacije** – svojstva vrsta koja se nasljeđuju, a rezultat su prirodne selekcije kroz dugi niz generacija
- 2. **Individualne adaptacije** – odgovor jedinke kroz ponašanje, fiziologiju ili razvitak

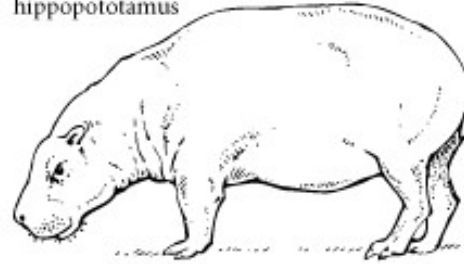
Primjeri adaptacija

EXAMPLES OF ADAPTATIONS		
	Animals	Plants
<p>Odgovor na promjene abiotičkih faktora</p>	 <p>Heavy fur</p> <p>Flying south</p> <p>Hibernation</p>	 <p>Deciduous habit</p> <p>Cold-hardiness</p>  <p>Bulb</p>
<p>Dolaženje do hrane</p>	 <p>Long neck to reach treetops</p> <p>Long, thin snout for digging out anthills</p> <p>Quick-moving tongue</p>	 <p>Extensive roots and root hairs for absorbing water and nutrients</p>  <p>Broad, thin leaf for absorbing light energy</p>

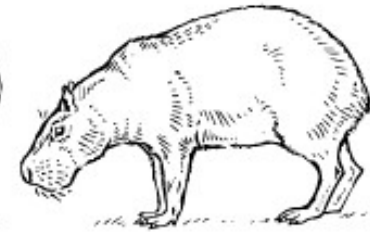
M. Šolić: Osnove ekologije

<p>Izbjegavanje predatora</p>	 <p>Running ability</p> <p>Quills</p> <p>Bad smell</p> <p>Protective coloration</p>	 <p>Poisonous chemicals</p> <p>Thorns</p> <p>Rosette form. Out of reach of grazing animals</p>
<p>Privlačenje spolnog partnera; oprašivanje</p>	 <p>Exotic plumage</p> <p>Odors given off as sex attractants</p> <p>Elaborate "Headgear"</p>	 <p>Various flowers attract specific insects as pollinators</p>
<p>Migracije; rasprostranjenje sjemenaka</p>		 <p>Clinging burs</p> <p>Parachute or wing for wind dispersal</p>

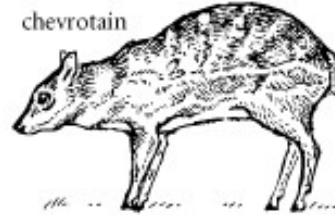
pigmy
hippopotamus



capybara



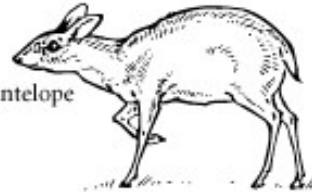
chevrotain



paca



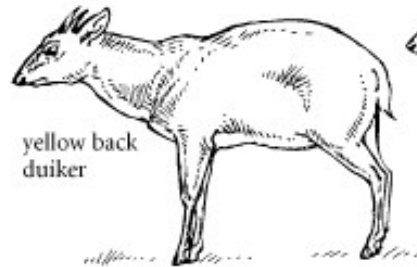
royal antelope



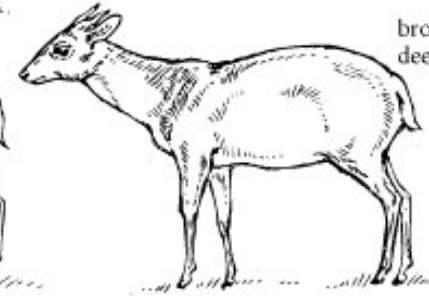
agouti



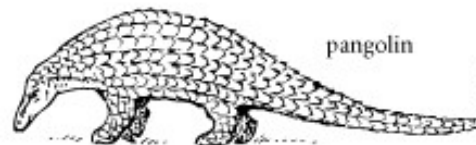
yellow back
duiker



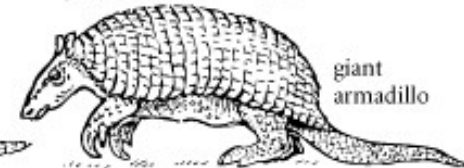
brocket
deer



pangolin



giant
armadillo



Africa

South America

Morfološke konvergencije:

Tropske kišne šume Afrike i Južne Amerike naseljavaju životinje različitog evolucijskog porijekla, ali morfološki, i po ulozi koju imaju u ekosistemu, vrlo slične, što znači da je njihov izgled najbolje evolucijsko rješenje za život u danim uvjetima (**konvergentna evolucija**)

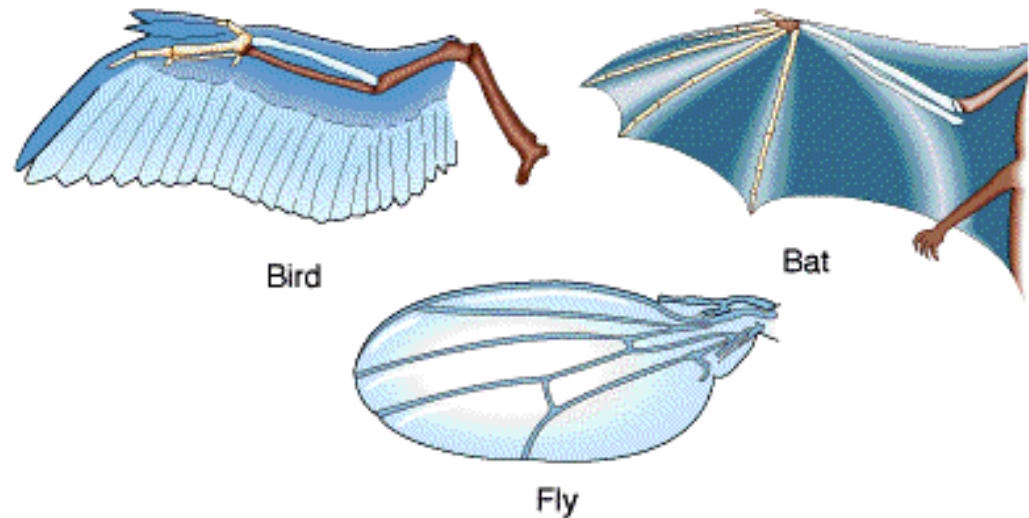
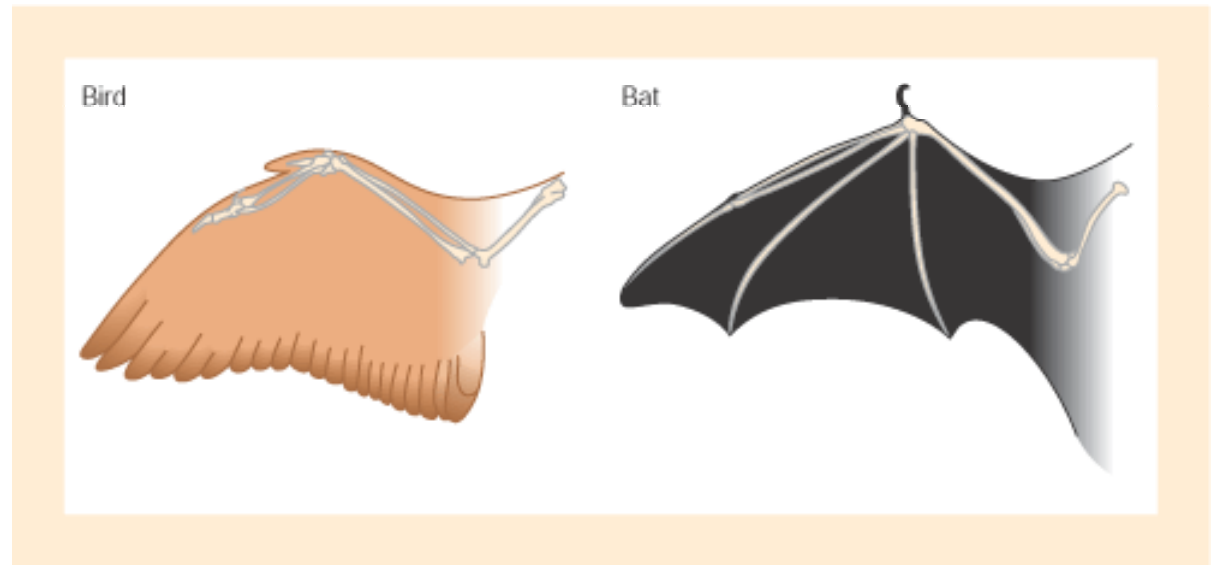
Morfološke

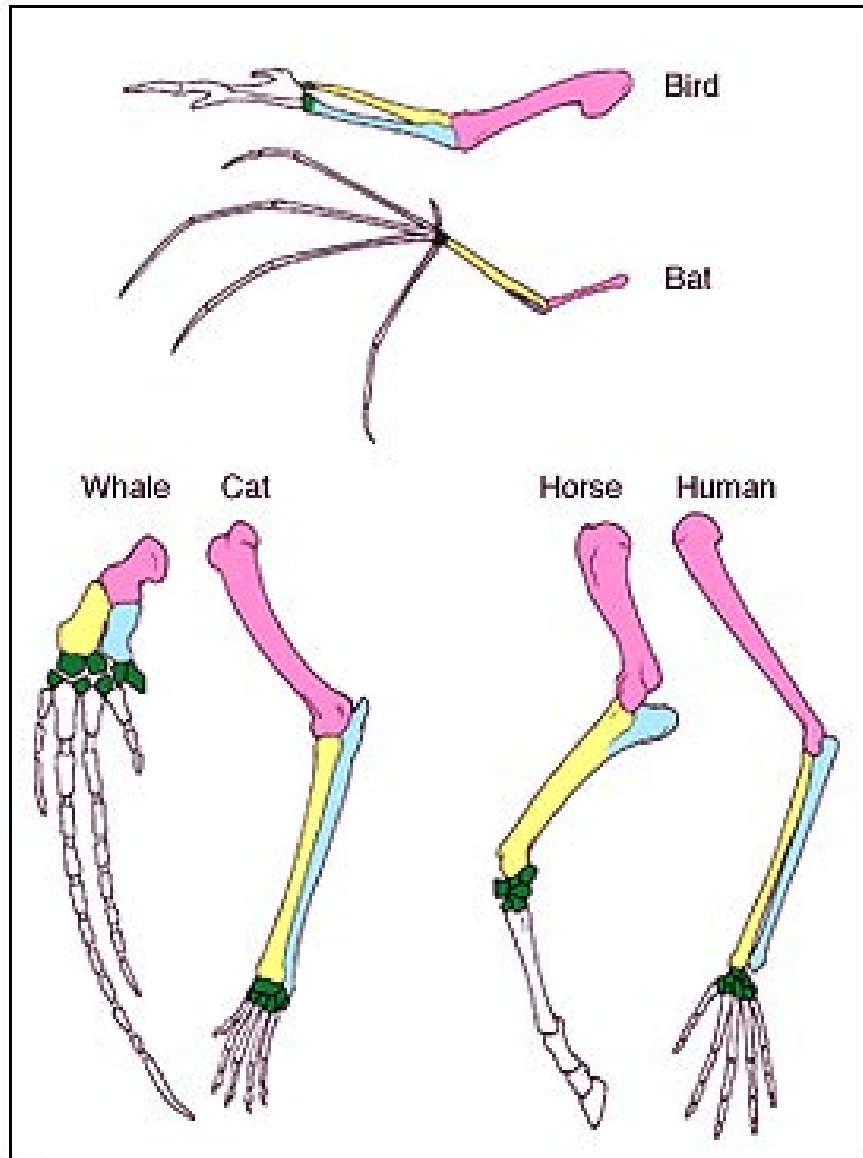
konvergencije: Tipični vretenasti oblik tijela morskog psa postigli su i predstavnici ptica (pingvin), gmazova (izumrli ichtiosaur) i sisavaca (dupin) koji su se sekundarno vratili u morsko stanište



Analogni organi/ strukture

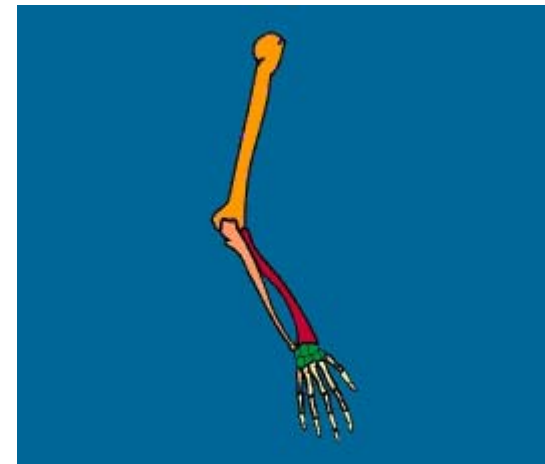
Organi/strukture koji imaju različito porijeklo, ali istu funkciju





Homologni organi/strukture

Organi/strukture koje imaju isto porijeklo (prednja noga kod konja, ruka kod čovjeka, krilo kod ptice i šišmiša, peraja kod kita itd), ali ne potpuno istu, a ponekad sasvim različitu funkciju



Paralelna evolucija



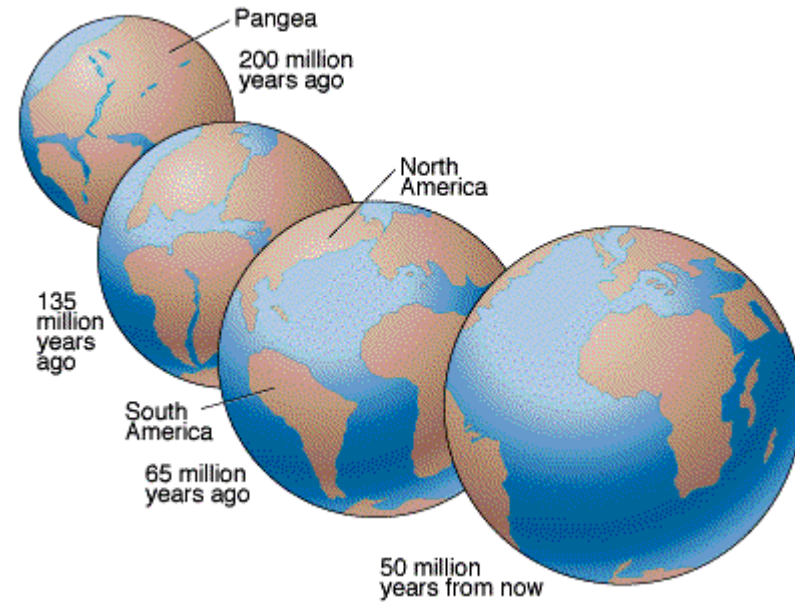
(a) Earth about 200 million years ago



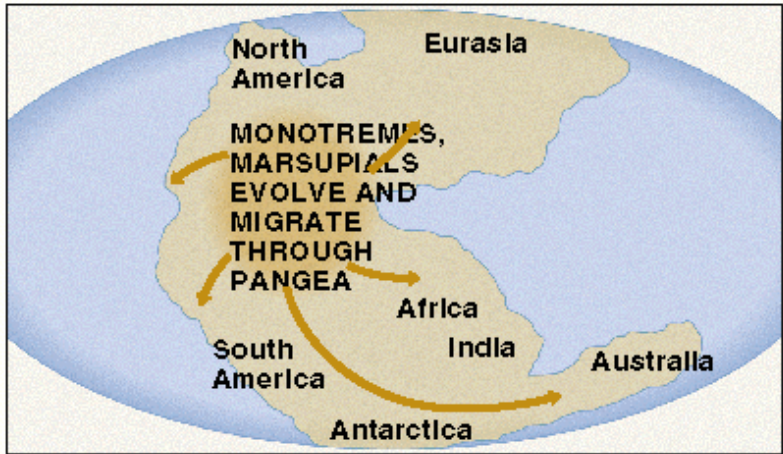
(b) Earth about 70 million years ago



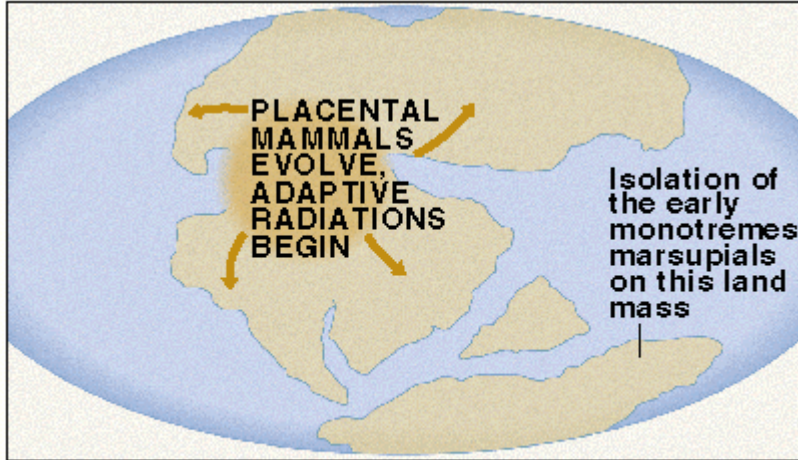
(c) Earth today



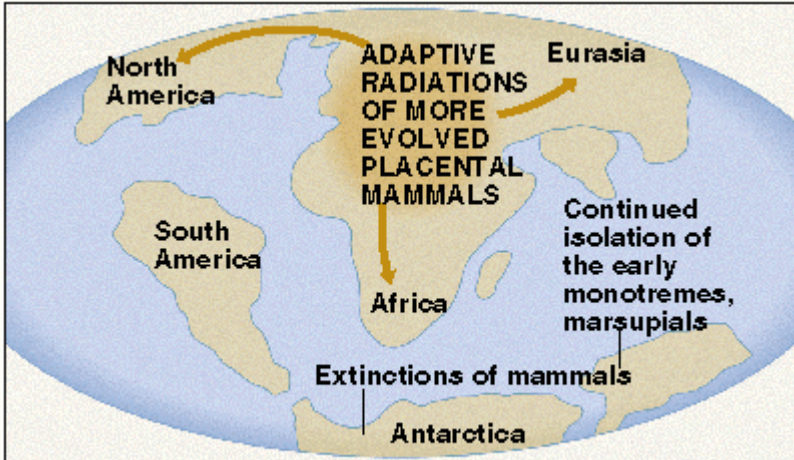
Razdvajanje kontinenata tijekom geološke povijesti Zemlje



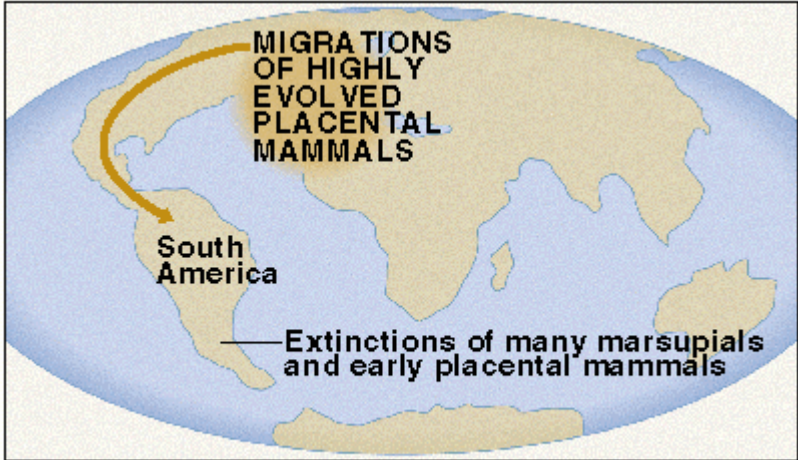
a About 150 million years ago (during the Jurassic)



b Between 100 and 85 million years ago (Cretaceous times)



c About 20 million years ago (Miocene)

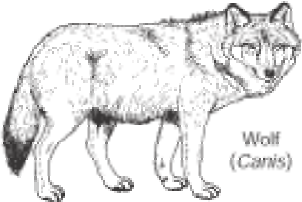
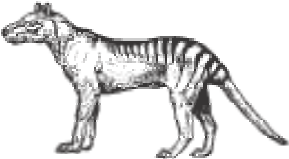
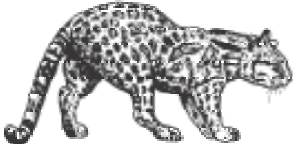

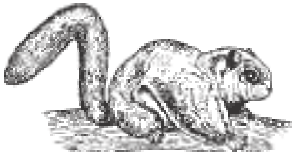









d About 5 million years ago (Pliocene)

Paralelna evolucija –

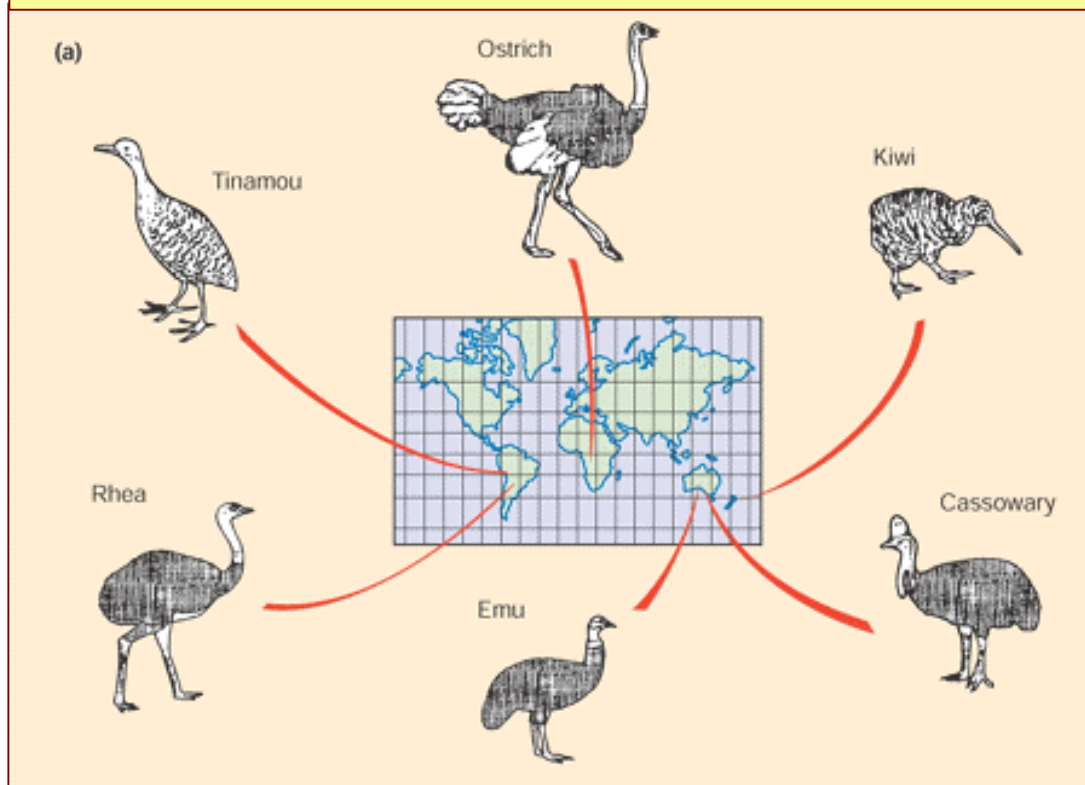
Evolucija placentalnih sisavaca i tobolčara rezultirala je sličnim oblicima koji naseljavaju slična staništa i često imaju sličan “stil života”; funkciju u ekosistemu

Zbog ranog odvajanja Australije od Pangee, u Australiji su se zadržali tobolčari, ali je njihov razvitak tekao paralelno s placentalnim sisavcima na drugim kontinentima, tako da su se u obje skupne sisavaca razvili slični oblici (**paralelna evolucija**)

	Placentals	Marsupials
Doglike carnivore	 Wolf (<i>Canis</i>)	 Tasmanian wolf (<i>Thylacinus</i>)
Catlike carnivore	 Ocelot (<i>Felis</i>)	 Native cat (<i>Dasyurus</i>)
Arboreal glider	 Flying squirrel (<i>Glaucomys</i>)	 Flying phalanger (<i>Petaurus</i>)
Fossorial herbivore	 Ground hog (<i>Marmota</i>)	 Wombat (<i>Vombatus</i>)
Digging ant feeder	 Anteater (<i>Myrmecophaga</i>)	 Anteater (<i>Myrmecabius</i>)
Subterranean insectivore	 Common mole (<i>Talpa</i>)	 Marsupial mole (<i>Notoryctes</i>)

Paralelna evolucija – ptice neletačice

Beskrile ptice (neletačice) razvile su se na različitim kontinentima gdje naseljavaju slična staništa i imaju sličnu ulogu u ekosistemu



Paralelna evolucija

Evolucija filogenetski srodnih skupina organizama koje su tijekom geološke prošlosti bile geografski izolirane

M. Šolić: Osnove ekologije



Noj (Afrika)



Nandu (J. Amerika)



Emu (Australija)

Ptice neletačice



© 2000 Wadsworth Publishing Company/ITP



Adaptacije organizama uvijek su rezultat kompromisa

- Svaka adaptacija ima svoju cijenu!
- Nijedan organizam nema na raspolaganju neograničeno vrijeme, resurse ili energiju, pa što dodjeli jednoj funkciji mora se uzeti drugoj (**trade-off**):
 - Otvaranjem puči biljke dobivaju kisik i ugljični dioksid, ali gube vodu
 - Modifikacija nogu kod konja (brzo trče ali se ne mogu češati)
 - Vrijeme potrošeno na oprez od predatora uzeto je na uštrb vremena hranjenja
 - Energija koja se potroši na izgradnju trnova kod biljaka ne može se upotrijebiti za proizvodnju sjemenja



Riba *Amblyopsis spelaea* koja živi
u podzemnim vodama ima
zakržljale oči i potpuno je slijepa

PRILAGODBE ORGANIZAMA NA UVJETE FIZIČKOG OKOLIŠA

1. Voda

2. Temperatura

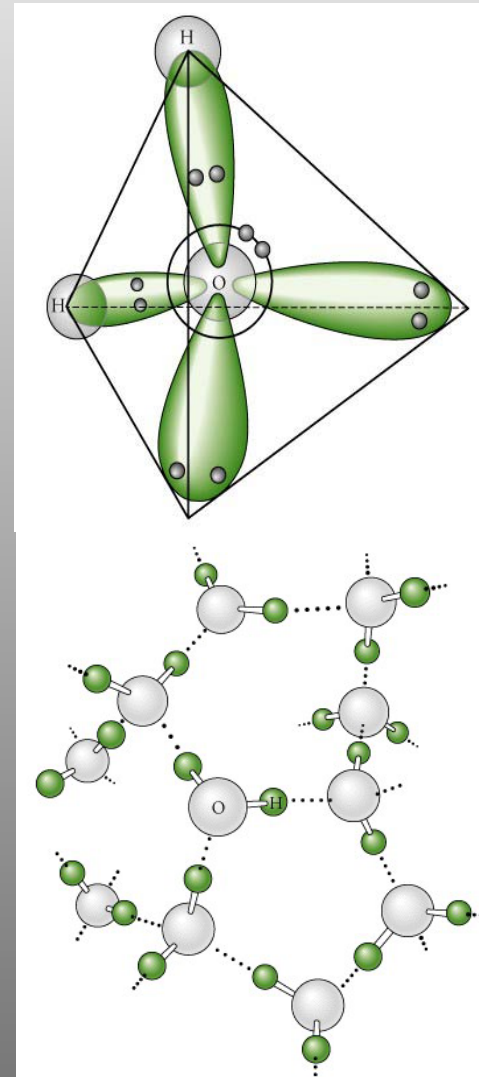
3. Energija

VODA



Voda je neophodna za život organizama

- Svi se organizmi, bez obzira gdje žive, najvećim dijelom sastoje od vode (50-80%)
- Voda je pogodan medij za odvijanje kemijskih reakcija
- Najveći dio Zemljine površine pokriven je vodom (71%), pa ona predstavlja najveće životno stanište

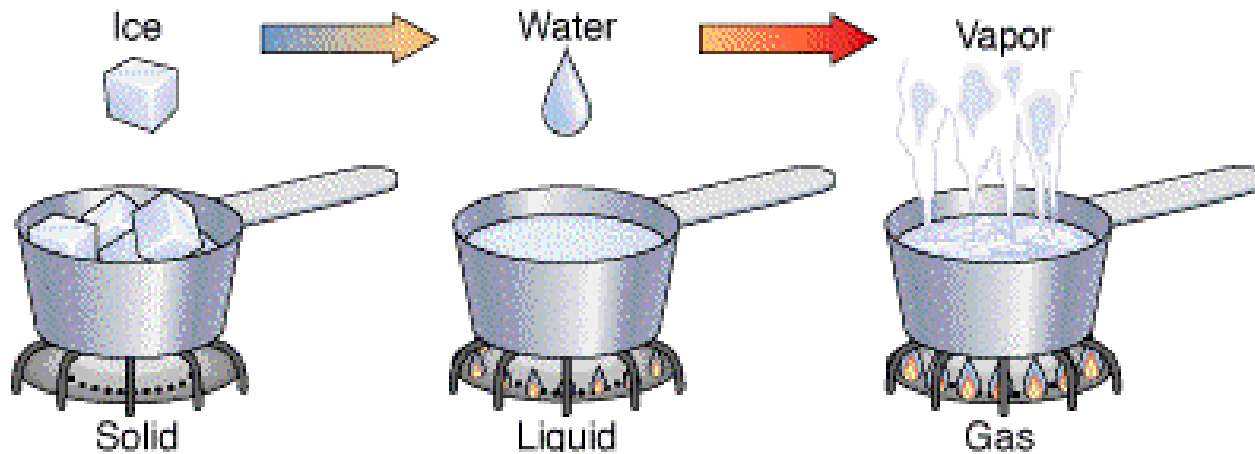
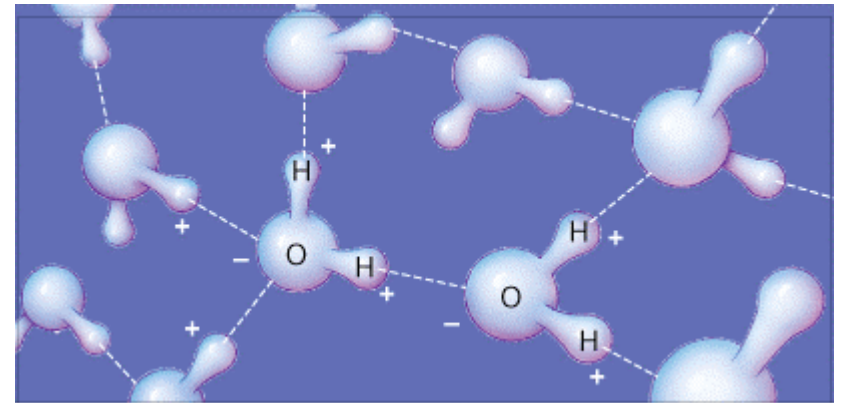


Termička svojstva vode

TABLE 4-1 Thermal properties of water

Property	Definition	Quantity
Specific heat	The quantity of heat energy required to raise the temperature of 1 g of water 1° C	1 calorie (cal) or 4.2 joules (J)
Heat of melting	The quantity of heat energy that must be added to ice to melt 1 g of water at 0° C	80 cal or 335 J
Heat of vaporization	The quantity of heat energy that must be added to evaporate 1 g of water	597 cal or 2,498 J at 0° C; 536 cal or 2,243 J at 100° C
Thermal conductivity	The flux of heat through a 1 cm ² cross section at a gradient of 1° C cm ⁻¹	(units are J cm ⁻¹ s ⁻¹ ° C ⁻¹): 0.0055 at 0° C; 0.0060 at 20° C; 0.0063 at 40° C; 0.022 for ice at 0° C
Density	Mass per unit of volume	Water at 30° C = 0.99565 g cm ⁻³ 20° C = 0.99821 10° C = 0.99970 4° C = 0.99997 (maximum density) 0° C = 0.99984 Ice at 0° C = 0.917

**Voda je na Zemlji
prisutna u tri
agregatna stanja**



Više od 90% mase arktičkih ledenjaka nalazi se ispod površine mora





Gibanje vode duž koncentracijskih
gradijenata u kopnenim i vodenim
okolišima određuje u kojoj je mjeri voda
na raspolaganju organizmima



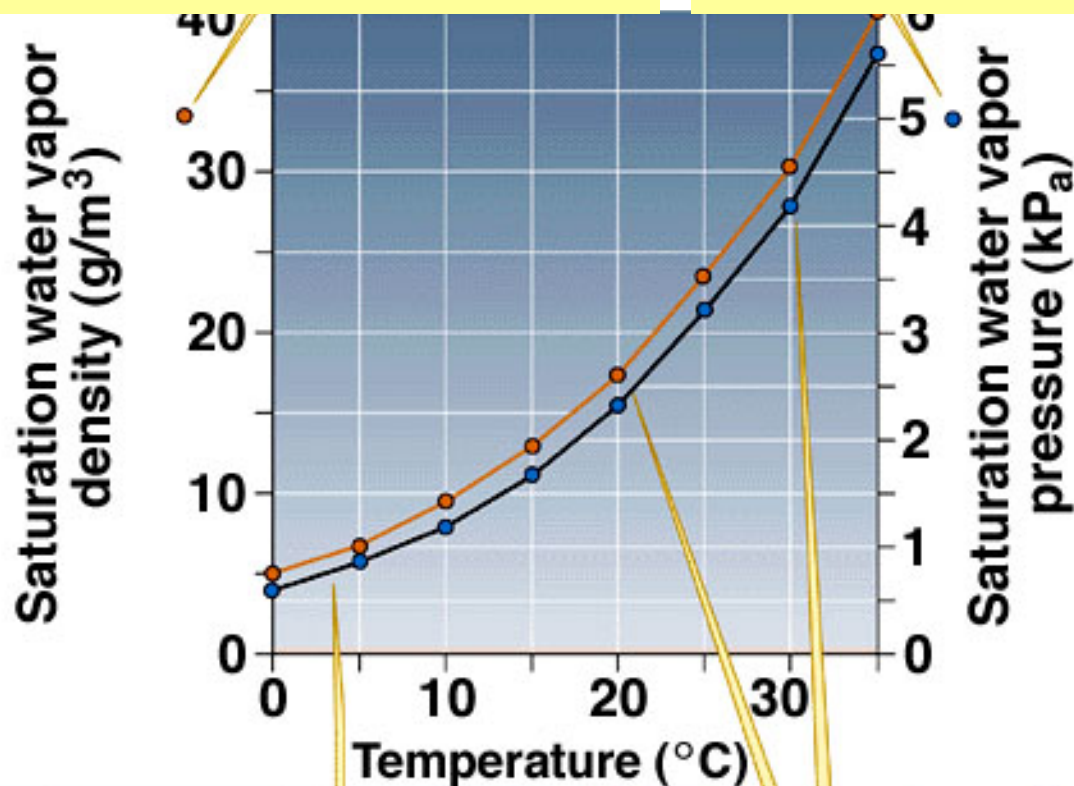
Sadržaj vode u zraku

- Količina vode u zraku izražava se kao relativna vlažnost:**

$$\text{Relativna vlažnost} = \frac{\text{Gustoća vodene pare}}{\text{Gustoća vodene pare kod zasićenja}} \times 100$$

Količina vodene pare u zraku može se izraziti u gramima vodene pare po kubnom metru zraka ...

... ili kao tlak vodene pare u zraku



Porastom temperature zrak povećava kapacitet nošenja vode, tako da zrak postaje zasićen vodenom parom kod viših vrijednosti

At low temperatures, air is saturated by low quantities of water vapor and water vapor pressure is low.

As temperature, increases, the amount of water air holds at saturation and saturation water vapor pressure increases.

O deficitu tlaka vodene pare u zraku ovisit će gubitak vode kod organizama putem evaporacije

Vapor pressure deficit and evaporative water loss by terrestrial organisms.

The vapor pressure deficit (vpd) indicates the gradient in water concentration from a terrestrial organism to the air. A higher vpd indicates a steeper concentration gradient.



A high vpd indicates that the water vapor content of air is well below saturation.

Evaporation

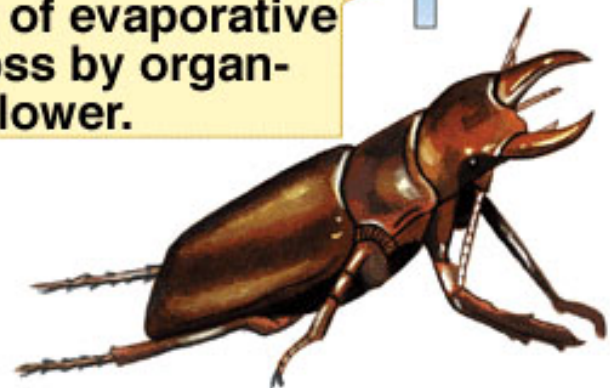
Where the vpd is high, the rate of evaporative water loss by organisms is higher.



A low vpd indicates that the water vapor content of air is near saturation.

Evaporation

Where the vpd is low, the rate of evaporative water loss by organisms is lower.

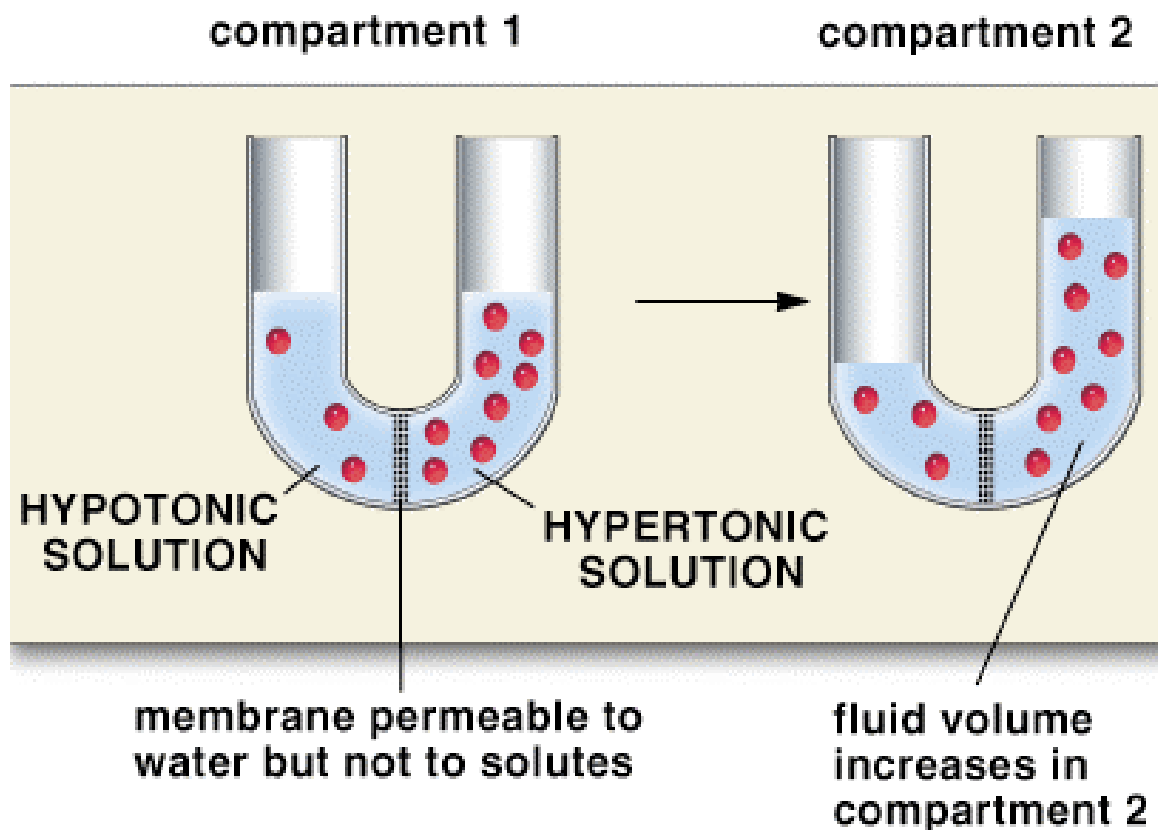




Gibanje vode u vodenim okolišima

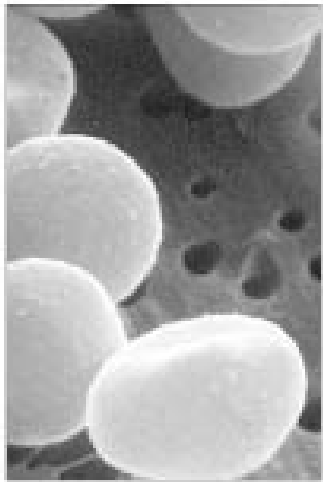
- U vodenim okolišima voda se giba duž koncentracijskog gradijenta od otopina s većom koncentracijom vode ili nižom koncentracijom soli (**hipoosmotska**) prema otopinama s nižom koncentracijom vode ili višom koncentracijom soli (**hiperosmotska**)
- Ovo gibanje vode stvara osmotski tlak
- Što je veća osmotska razlika između organizma i okoliša, to je osmotski tlak veći

Gibanje vode kroz polupropusnu membranu (propušta vodu, ali ne otopljene soli) u smjeru veće koncentracije otopljenih soli (odnosno, u smjeru manje koncentracije vode)



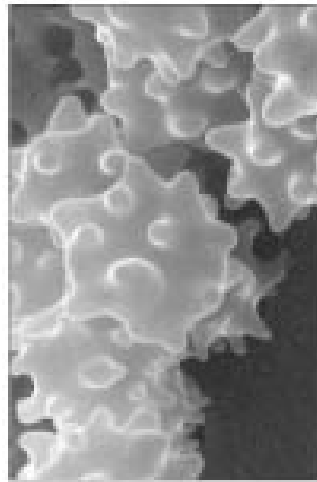
Promjene kod eritrocita koje se događaju kada se stanice stave u hipotonične, hipertonične i izotonične uvjete

**HYPOTONIC
CONDITIONS**



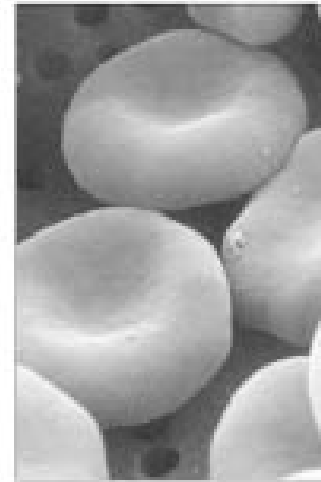
**Water diffuses
into red blood
cells, which
swell up**

**HYPERTONIC
CONDITIONS**



**Water diffuses
out of the cells,
which shrink**

**ISOTONIC
CONDITIONS**



**No net movement
of water, no
change in cell
size or shape**

Organizmi u izosmotskim, hiperosmotskim i hipoosmotskim uvjetima

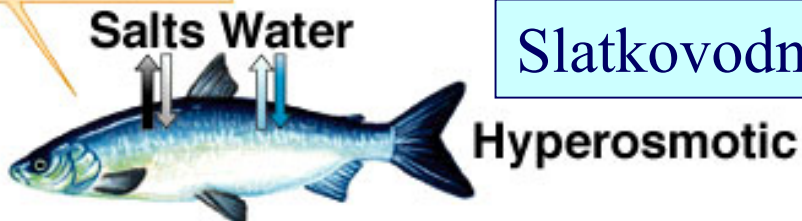
In an isosmotic aquatic organism, internal concentrations of water and salt equal their concentrations in the environment.

Salts and water diffuse at approximately equal rates into and out of an isosmotic organism.



Compared to the environment, a hyperosmotic aquatic organism has a lower internal concentration of water and a higher internal concentration of salts.

Salts diffuse out of a hyperosmotic organism at a higher rate, while water diffuses in at a higher rate.

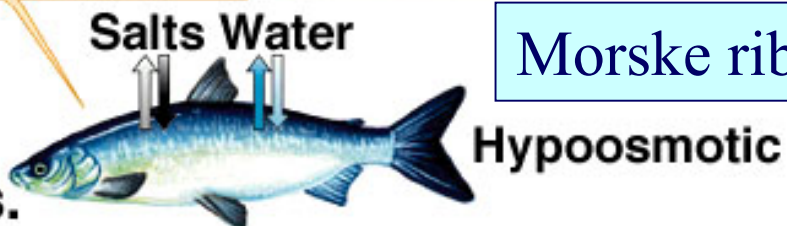


Slatkovodne ribe

Compared to the environment, a hypoosmotic aquatic organism has a higher internal concentration of water and a lower internal concentration of salts.

Salts diffuse into a hypoosmotic organism at a higher rate, while water diffuses out at a higher rate.

Isosmotic, hyperosmotic, and hypoosmotic aquatic organisms.

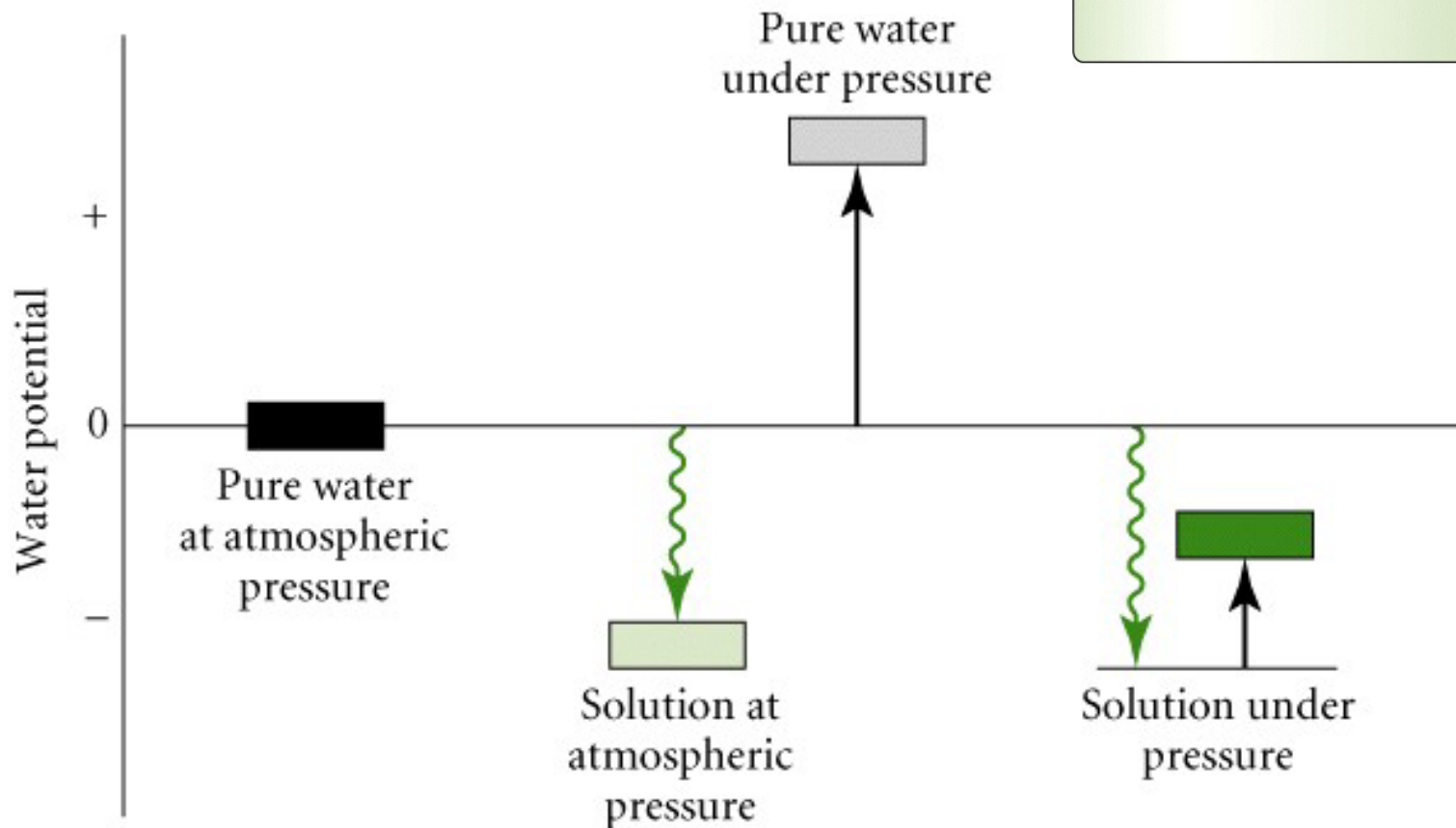
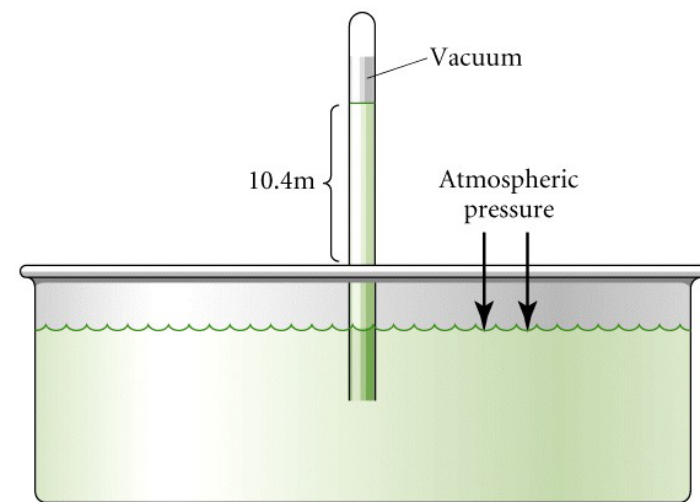


Morske ribe

Gibanje vode između tla i biljaka

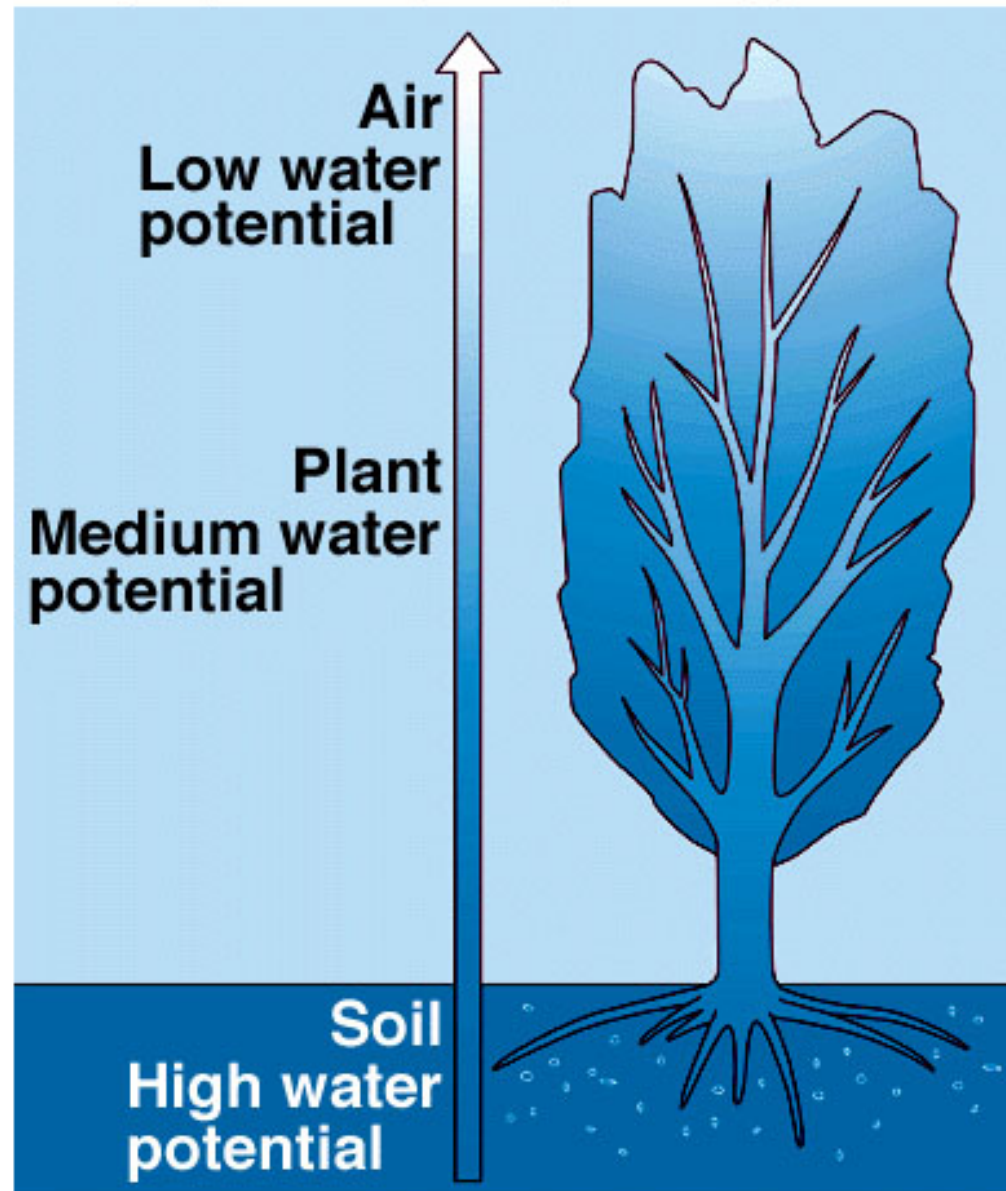
- U sustavu tlo-biljka voda se giba iz područja većeg vodenog potencijala u područje manjeg
- Vodeni potencijal čiste vode je nula, a smanjuje se dodatkom soli, pa su vodeni potencijali u prirodi najčešće negativni
- Vodeni potencijal u tlu smanjuje sila adhezije kojom se voda drži za čestice tla (što su čestice manje sila koja drži vodu je snažnija)

Vodeni potencijal



A gradient of water potential.

Gradijent smanjenja vodenog potencijala od tla, preko biljke do zraka pomaže u transportu vode od korjenja do listova



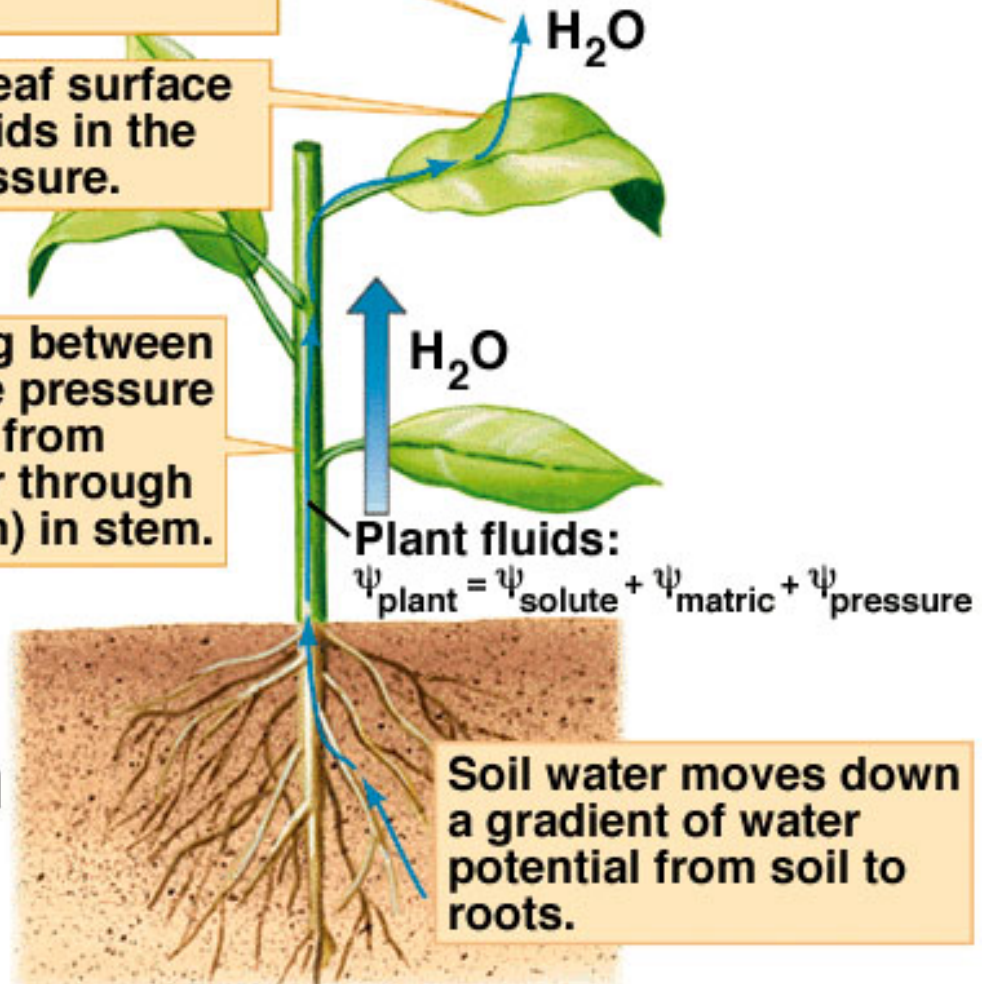
Evaporacija vode s listova stvara negativni tlak koji pomaže gibanju vode prema gore

As water evaporates from a leaf, it moves from higher water potential within the leaf to much lower water potential of surrounding air.

Evaporation of water from a leaf surface reduces water potential of fluids in the leaf and creates negative pressure.

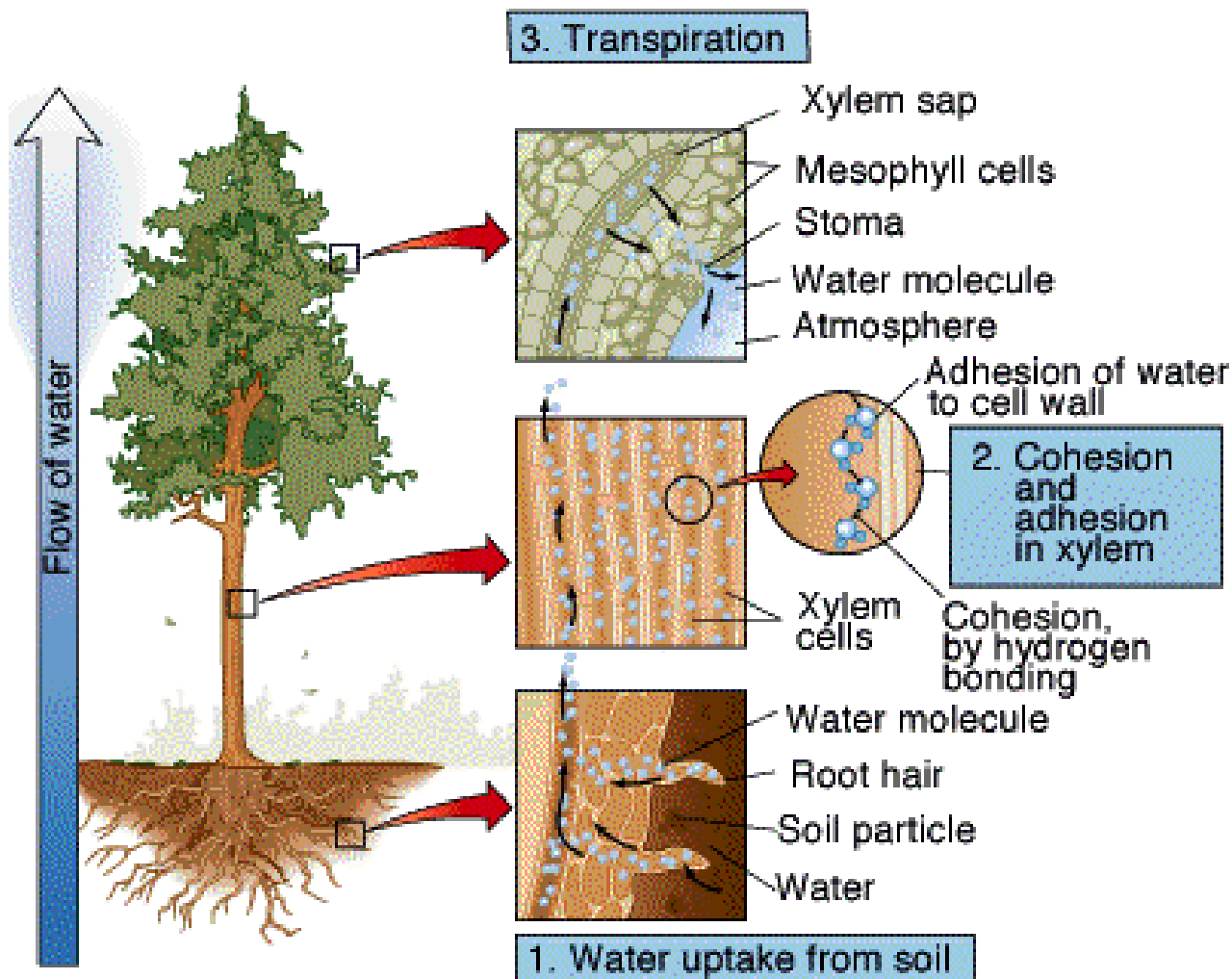
Because of hydrogen bonding between water molecules, the negative pressure created by water evaporating from surfaces of leaves pulls water through water-conducting cells (xylem) in stem.

Mechanisms of water movement from soil through plants to the atmosphere.



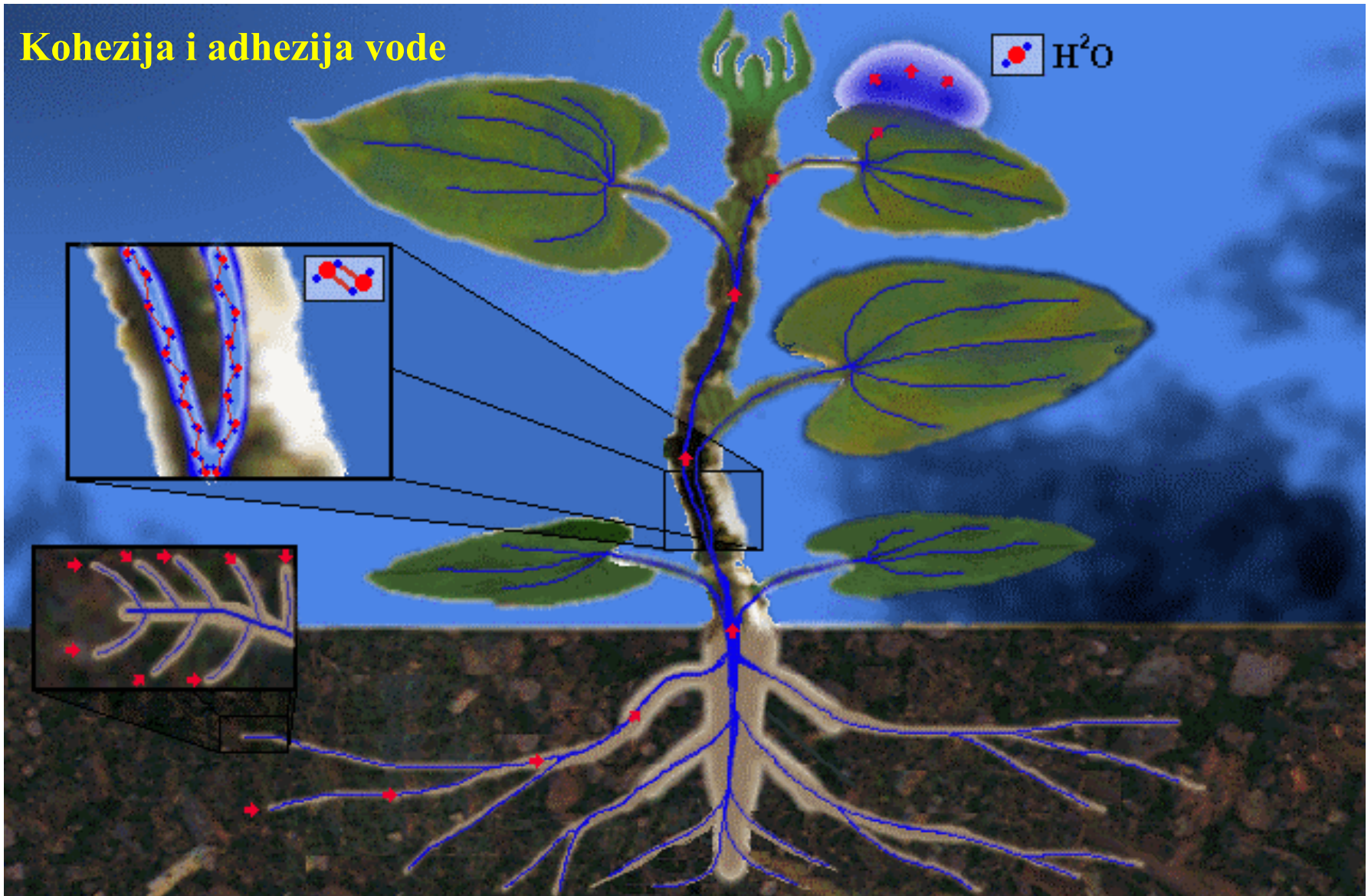
Soil water moves down a gradient of water potential from soil to roots.

Kretanje vode kroz biljku

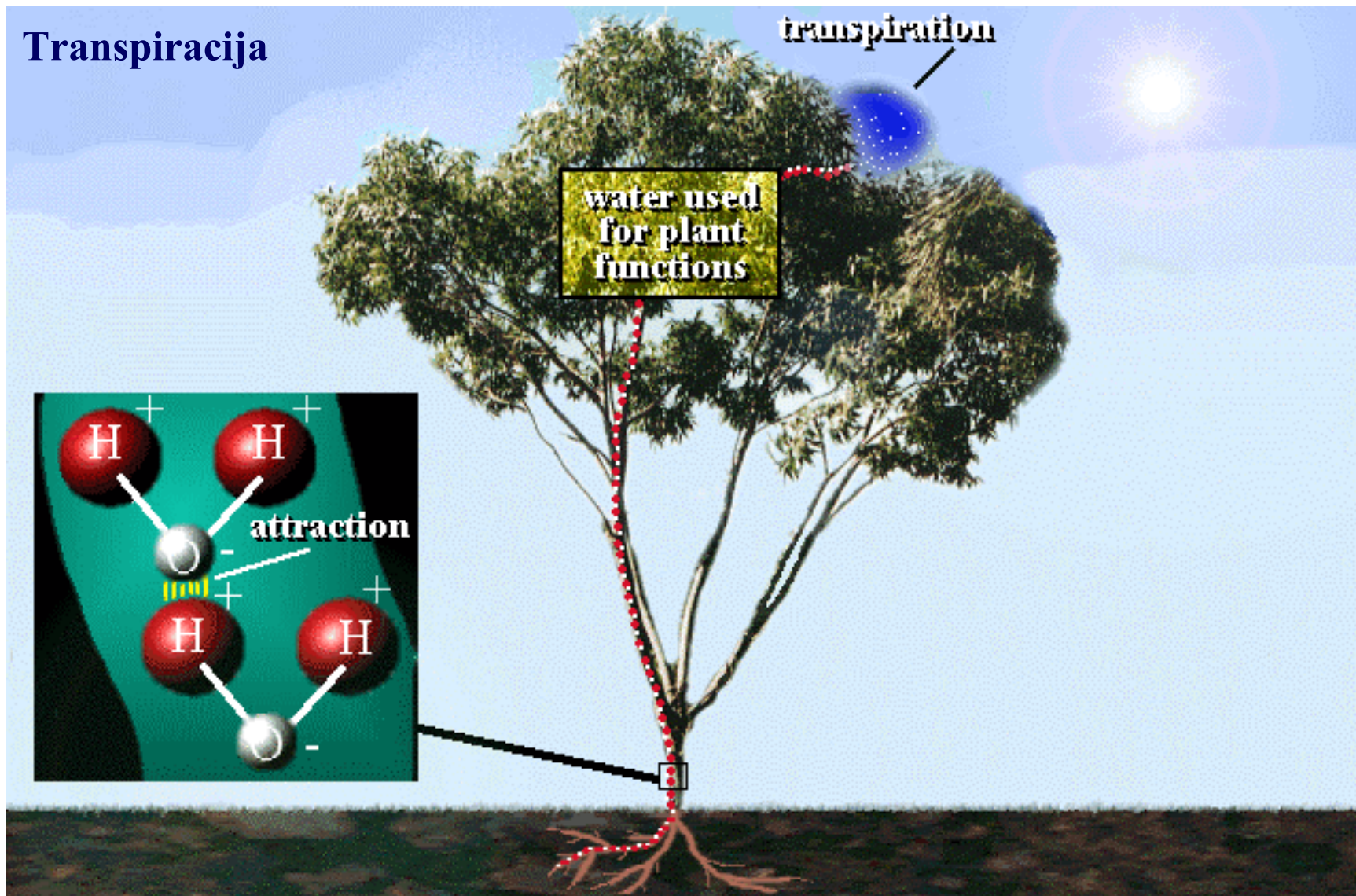


Pored visokog vodenog potencijala u tlu i evaporacije/transpiracije vode s listova, vertikalno gibanje vode kroz biljku potpomognuto je kohezijom vode zbog vodikovih veza, kao i adhezijom vode na stijenke provodnih cjevčica (ksilem)

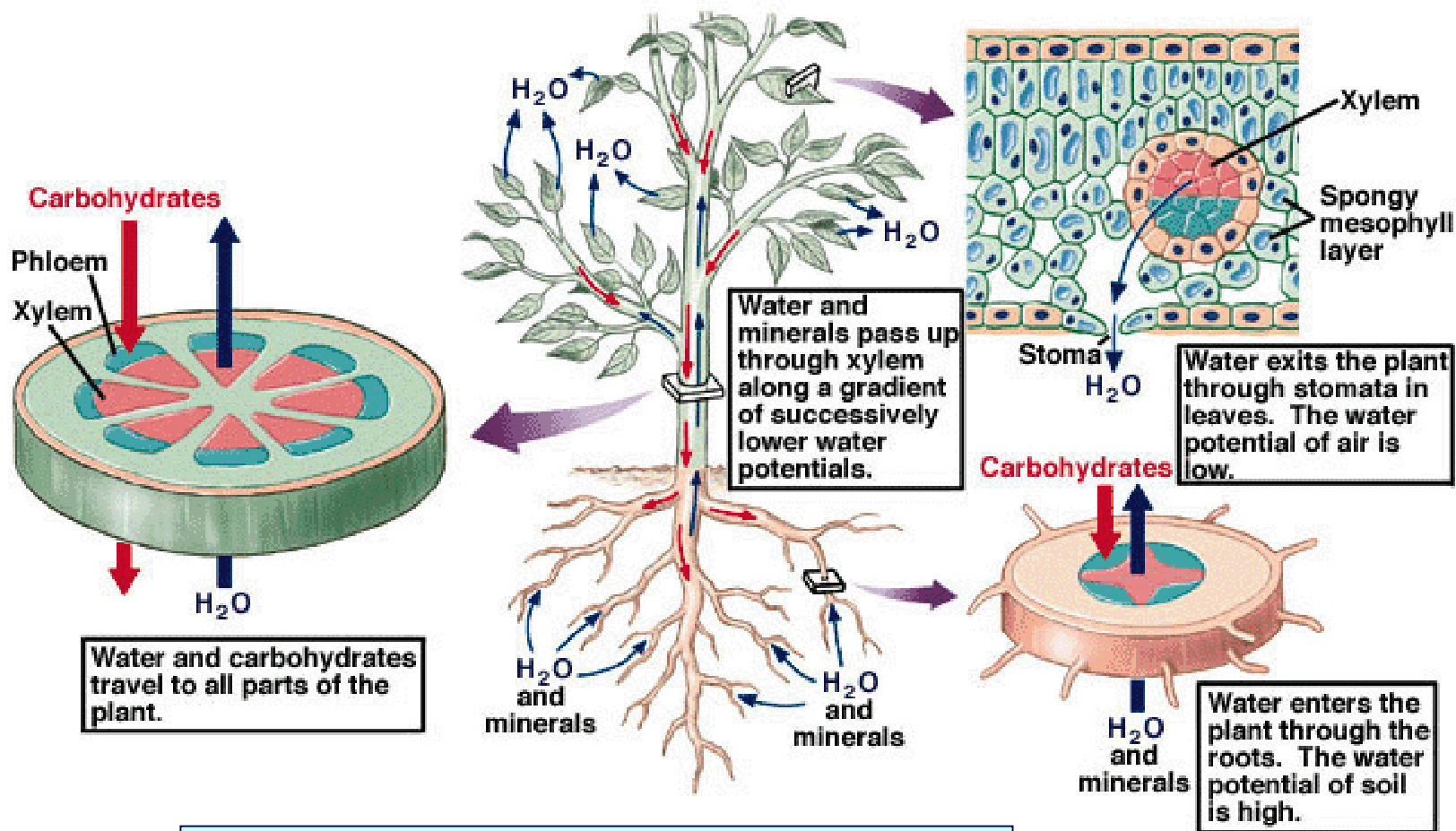
Kohezija i adhezija vode



Transpiracija



Water Movement through a Plant

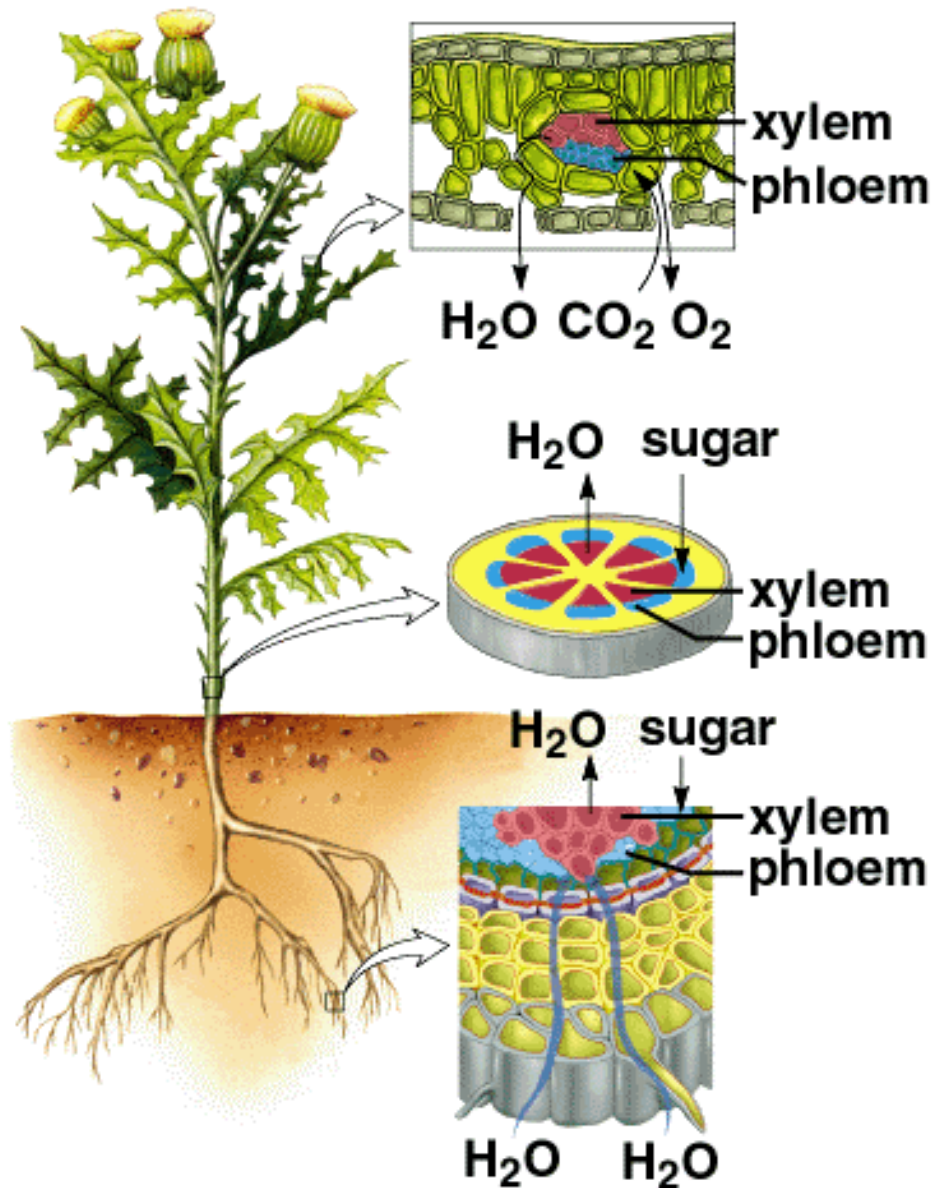


Kretanje vode kroz biljku

Plant transport system

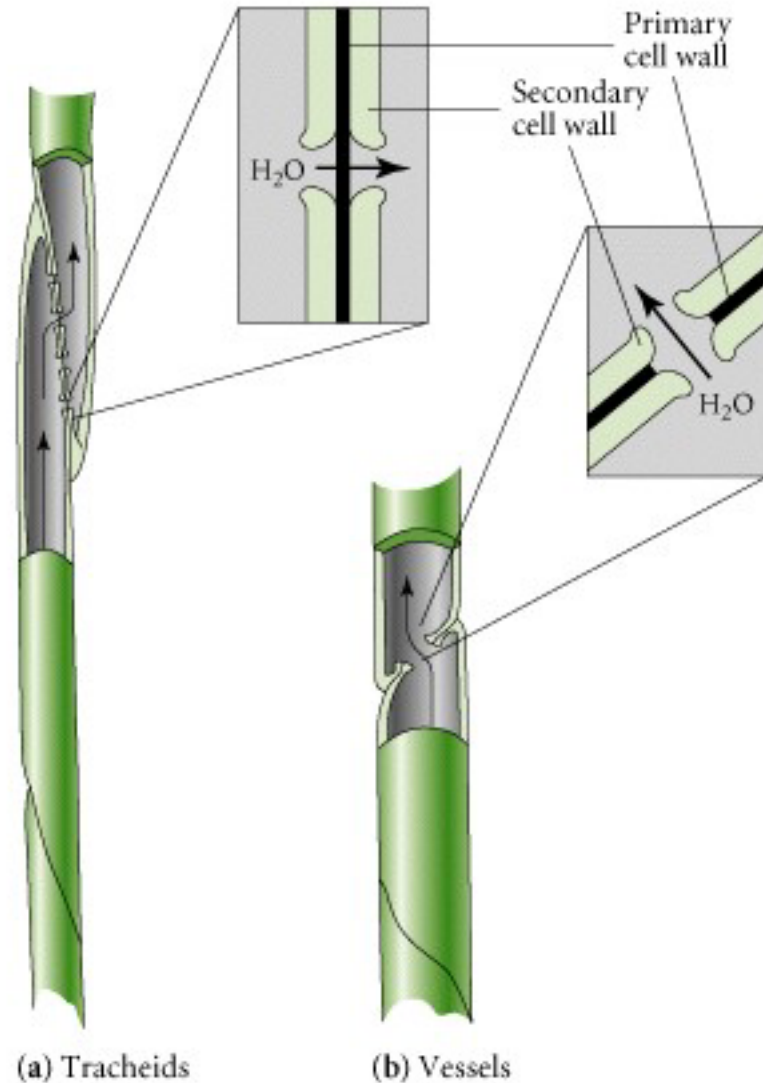
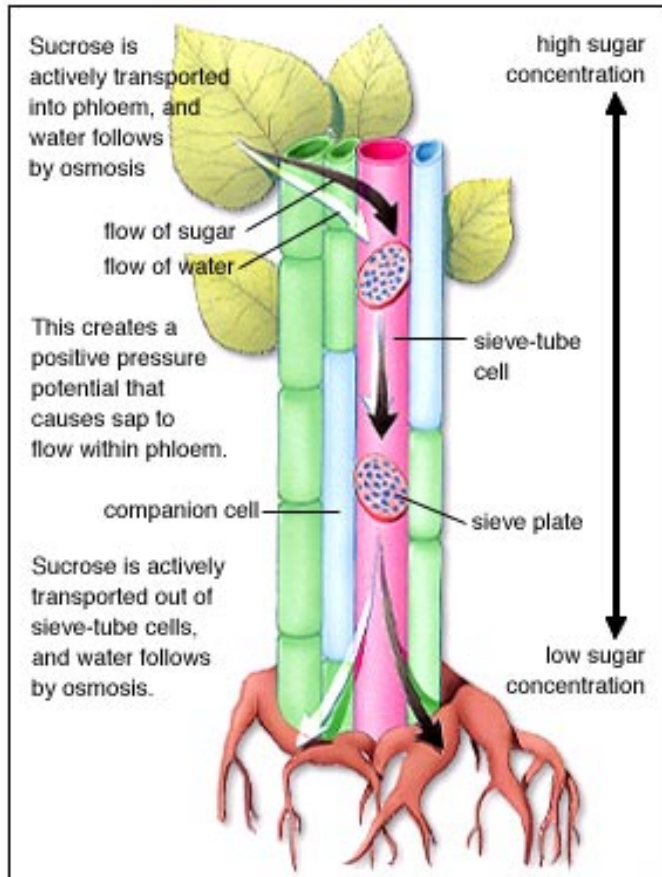
Transportni sustav kod biljaka

Key:
■ phloem
■ xylem

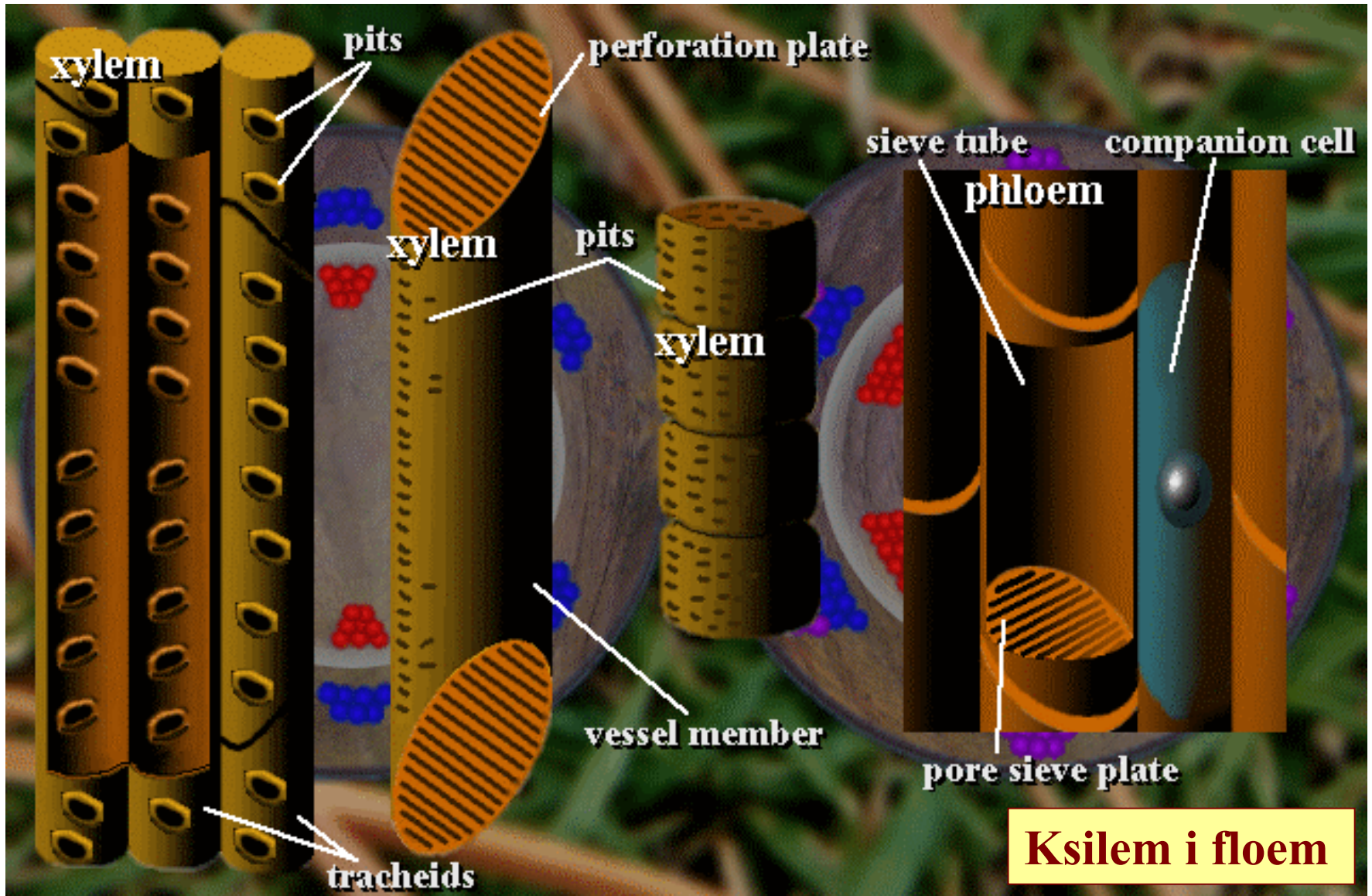


Građa cijevi koje kod biljaka provode vodu (ksilem)

Floem – sustav cijevi koje provode produkte fotosinteze



M. Šolić: Osnove ekologije



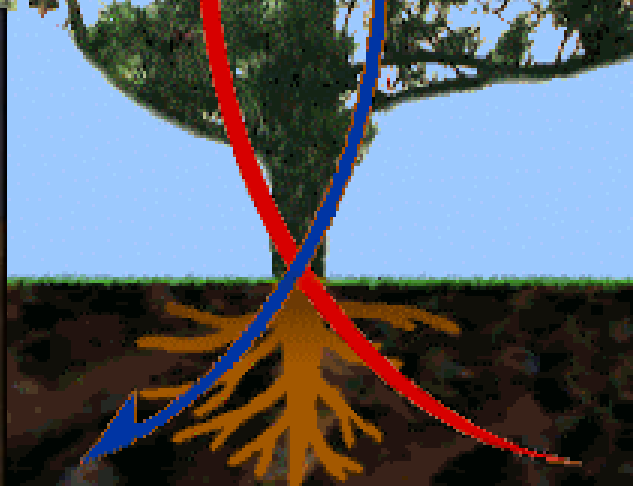
Ksilem i floem

**water and minerals
through xylem**

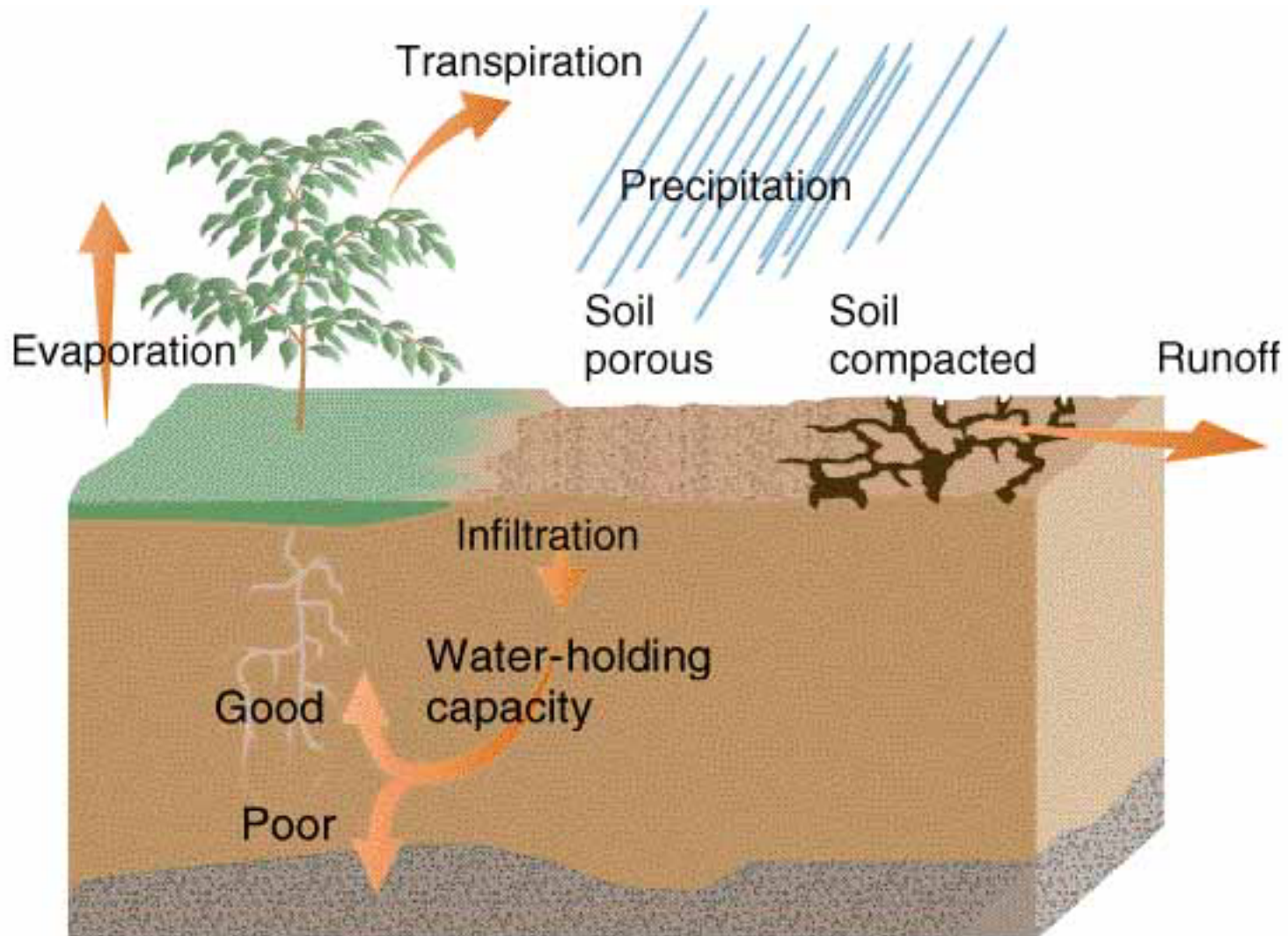
**solute and sugars
through phloem**

KSILEM

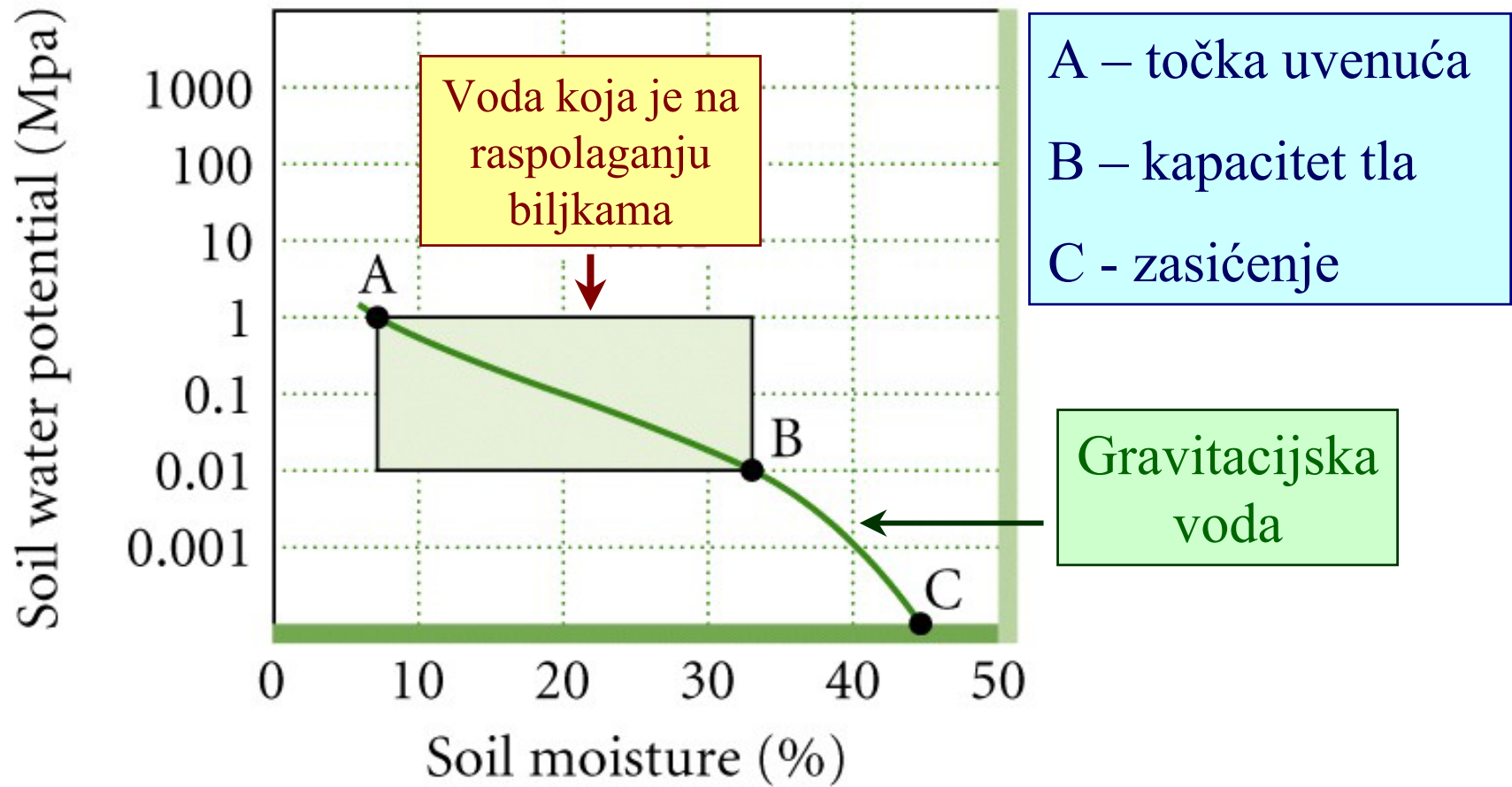
FLOEM



Sudbina vode koja padne na tlo



Od vode u tlu samo je dio na raspolaganju biljkama



Izmjena vode između organizama i okoliša

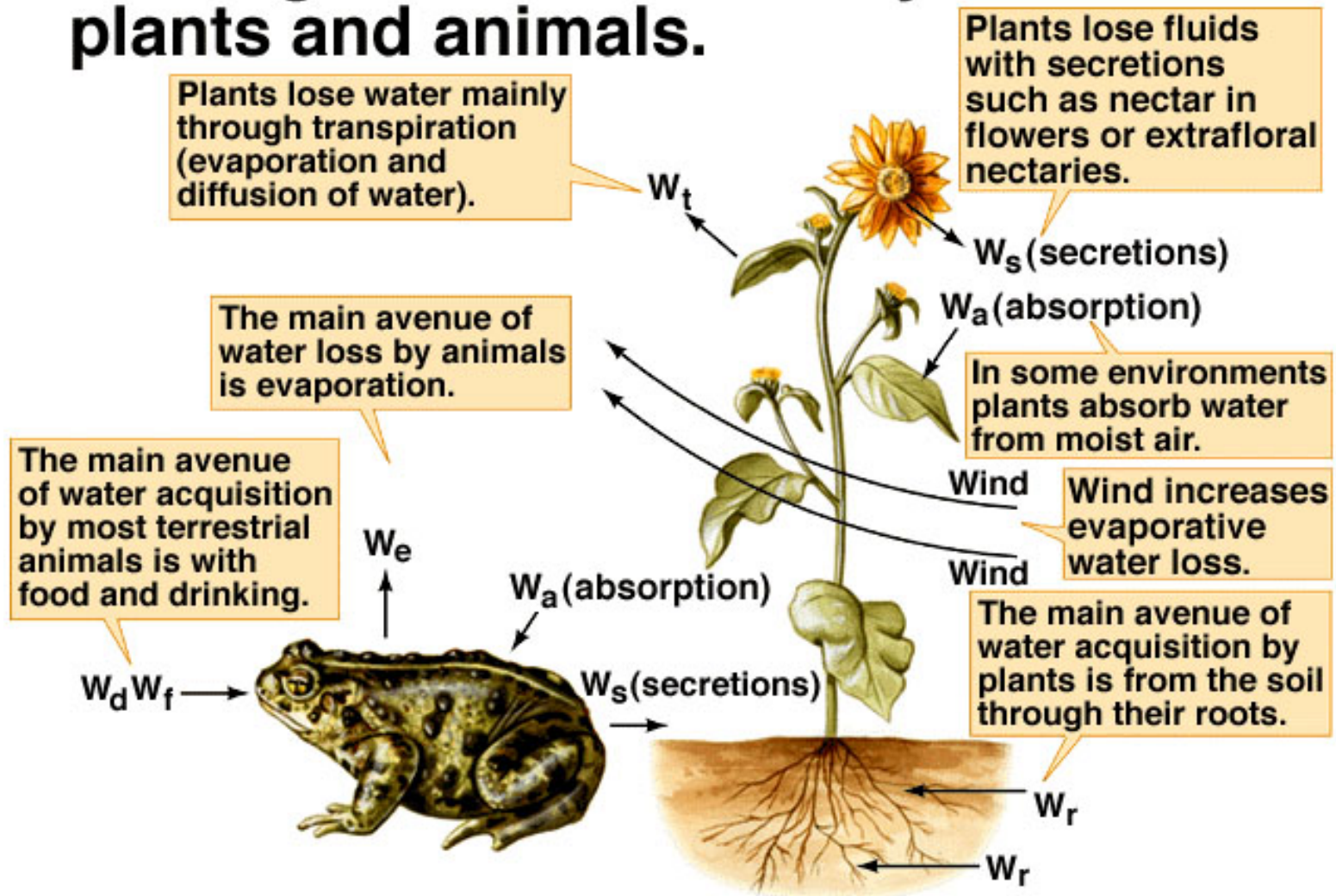
Kopnene biljke i životinje reguliraju svoju unutrašnju koncentraciju vode putem uravnoteženog uzimanja i gubitka vode

Uzimanje i gubitak vode

	ŽIVOTINJE	BILJKE
UZIMANJE VODE	<ul style="list-style-type: none">- Voda koju piju- Hrana- Apsorbirana iz zraka	<ul style="list-style-type: none">- Iz tla putem korjenja- Apsorbirana iz zraka
GUBITAK VODE	<ul style="list-style-type: none">- Evaporacija- Izlučivanje (urin, feces, mukus)	<ul style="list-style-type: none">- Transpiracija- Sekreti i razne reproduktivne strukture (nektar, voće, sjemenje)

Načini dobivanja i gubitka vode kod kopnenih biljaka i životinja

Water gains and losses by terrestrial plants and animals.



Fog harvesting by a desert beetle.

Fog-laden winds blow across dune crests.

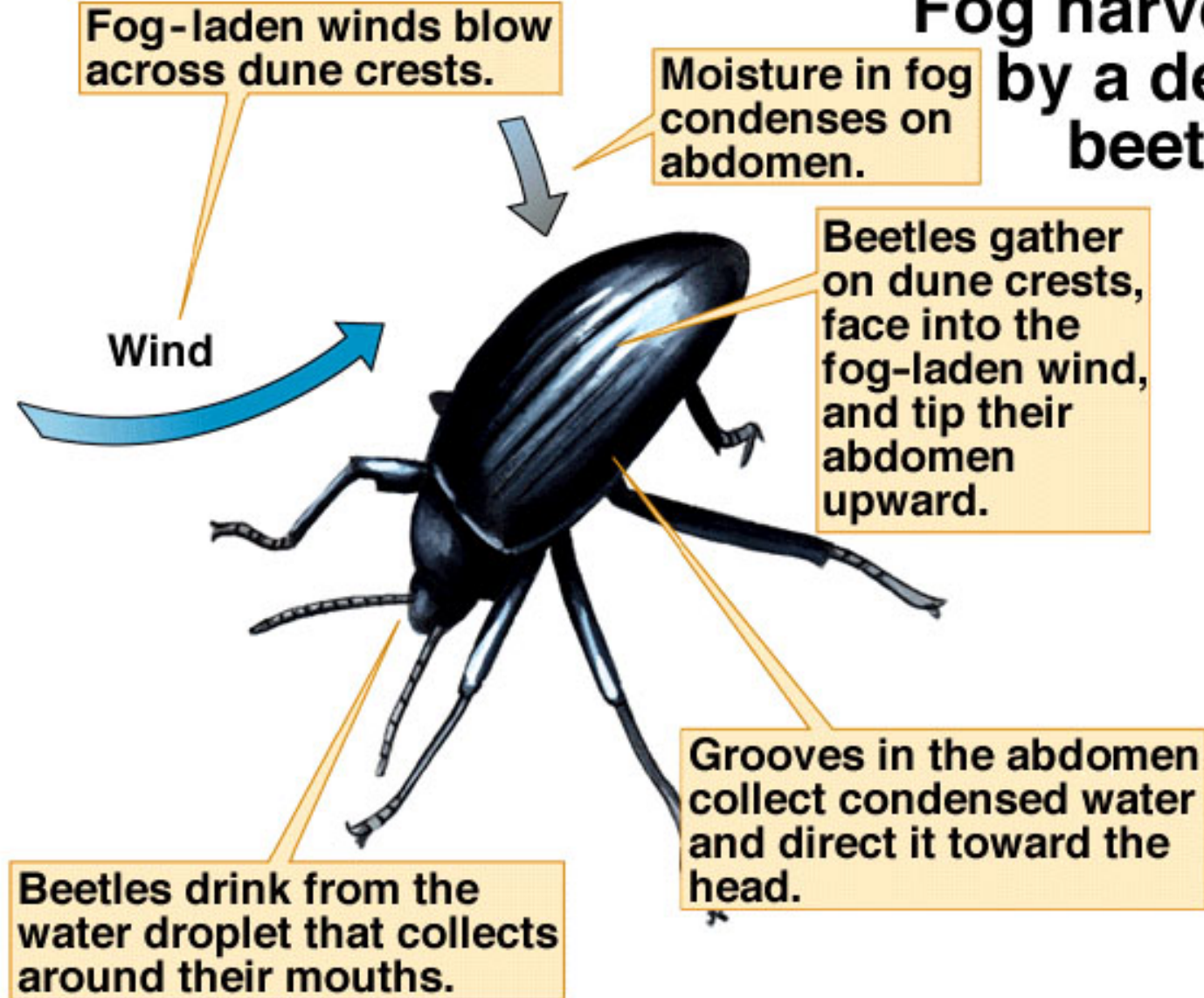
Moisture in fog condenses on abdomen.

Beetles gather on dune crests, face into the fog-laden wind, and tip their abdomen upward.

Grooves in the abdomen collect condensed water and direct it toward the head.

Beetles drink from the water droplet that collects around their mouths.

Pustinjski kornjaš snabdijeva se vodom tako što se u rano jutro penje na kriješte pješčanih dina i izlaže se strujanju zraka nošenog s mora koji sadrži dosta vodene pare. Vodena se para kondenzira na njegovom hladnom zatku odakle duž brazda klizi prema njegovim ustima



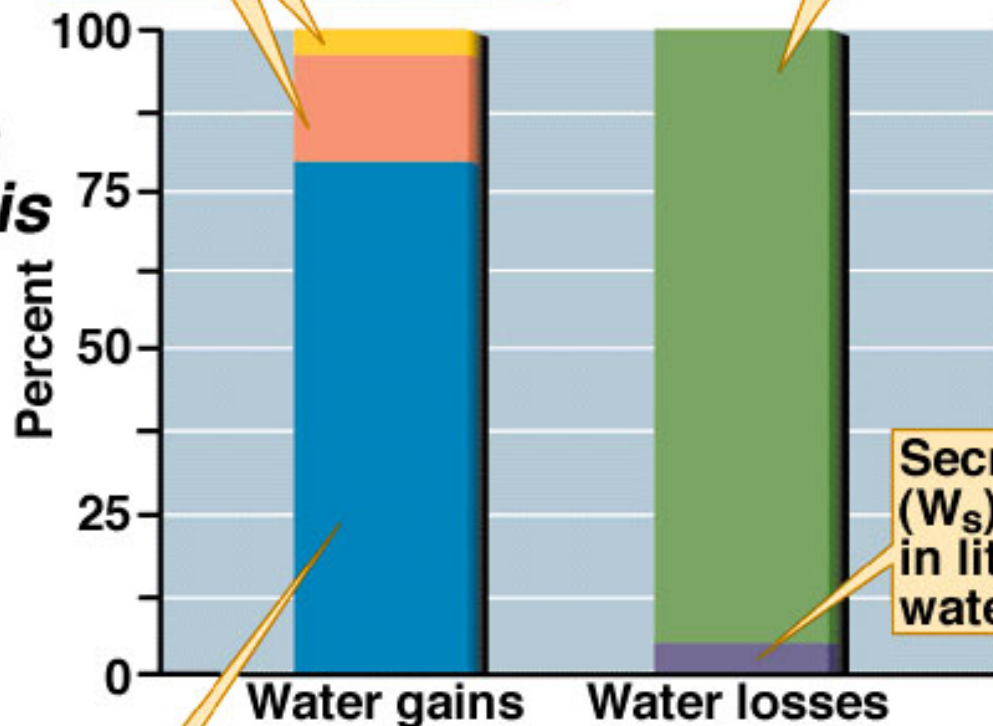
Balans vode kod pustinjskog kornjaša

Water balance in the desert beetle *Onymacris unguicularis*

Najveći dio vode pustinjski kornjaš dobiva kroz kondenzaciju vodene pare, dok najviše vode gubi kroz evaporaciju

Food (W_f) contributes a moderate amount to water gains.

Most of water loss is through evaporation (W_e).



Secretions (W_s) result in little water loss.

The beetle obtains most of its water by drinking (W_d) condensed fog.

- Food moisture
- Oxidation of food
- Fog
- Evaporation
- Feces and urine

Balans vode kod klokanskog štakora

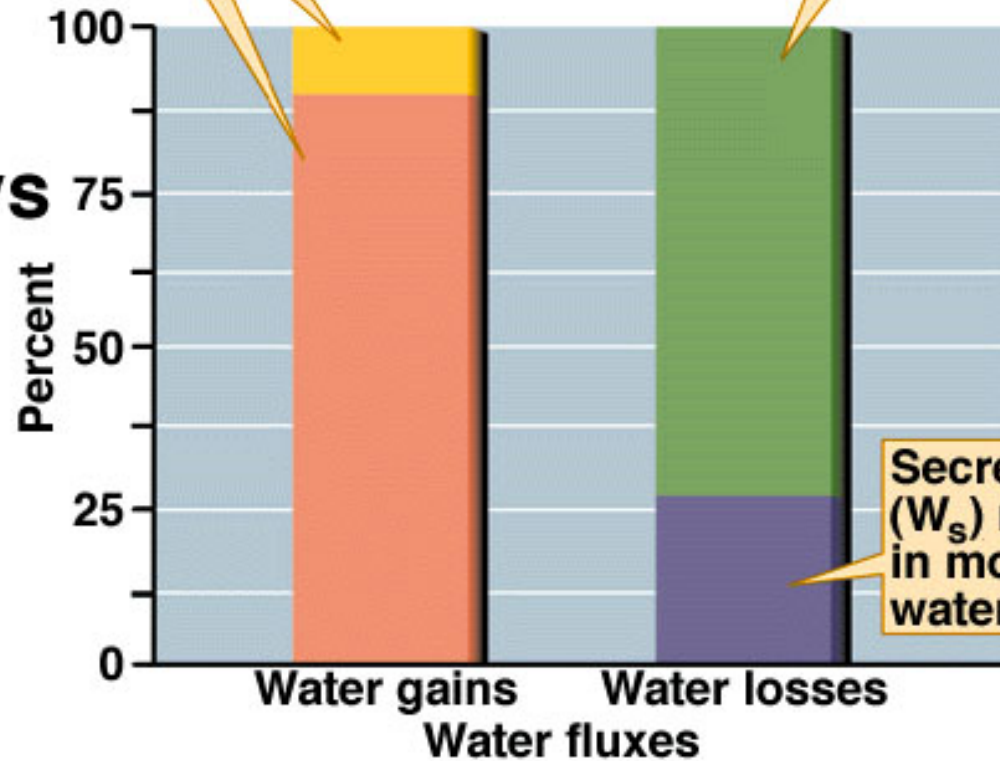
Water balance in the kangaroo rat, *Dipodomys*

Najveći dio vode klokanski štakor dobiva kroz hranu, dok najviše vode gubi kroz evaporaciju, ali u odnosu na pustinjskog kornjaša znatno više i kroz izlučivanje

The kangaroo rat can go without drinking (no W_d) and obtain all the water it needs from its food (W_f).

Most water loss is through evaporation (W_e).

Secretions (W_s) result in moderate water losses.



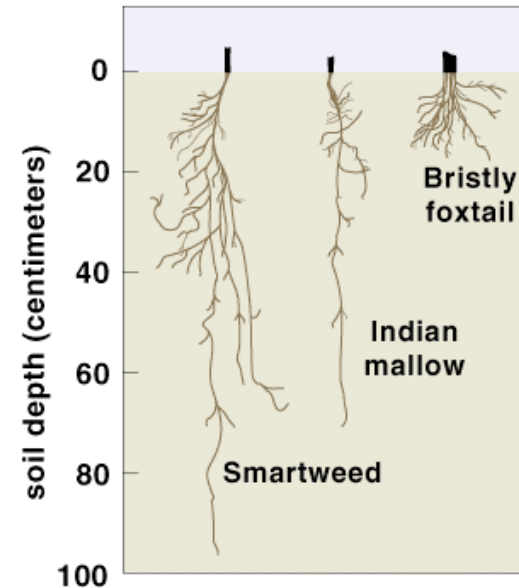
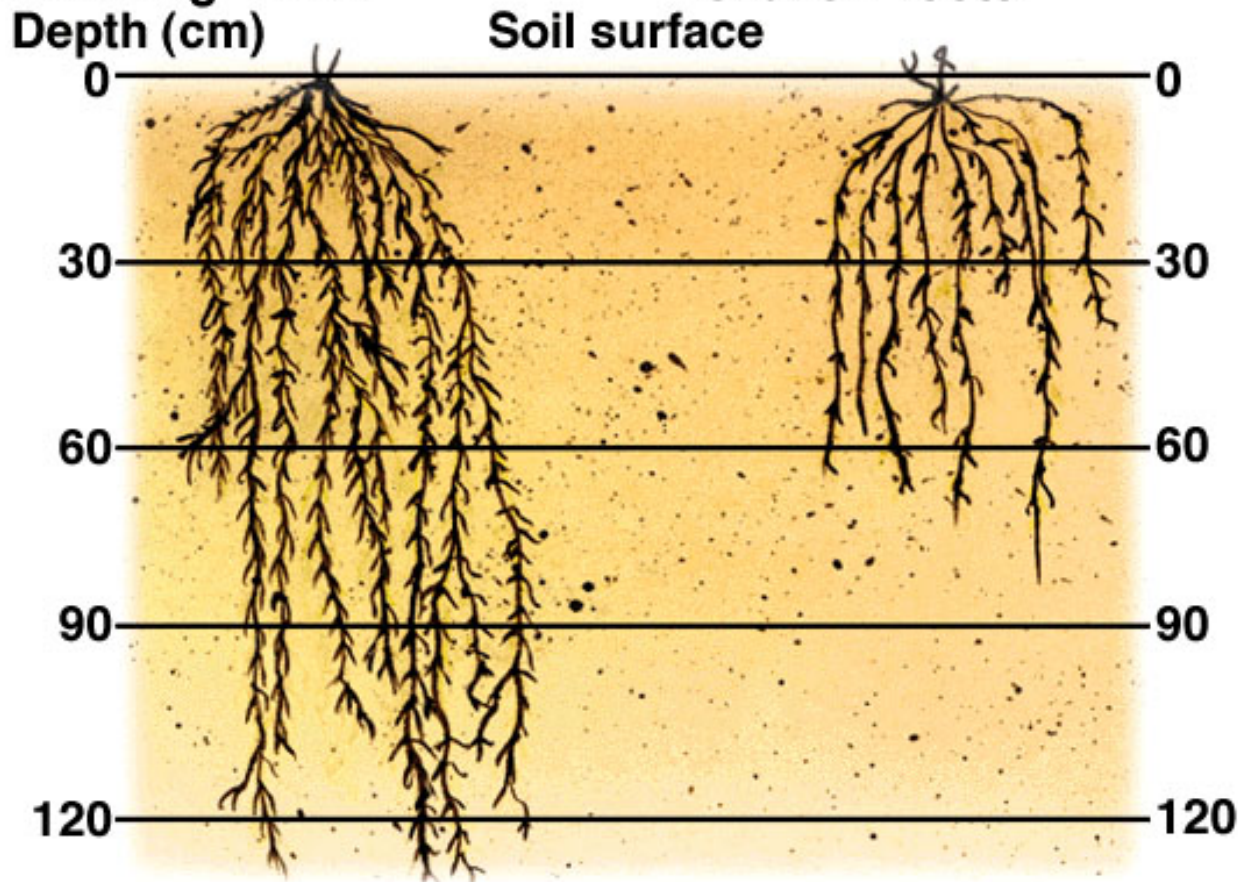
- Food moisture
- Oxidation of food
- Evaporation
- Feces and urine

Vlažnost tla utječe na razgranatost korjenja

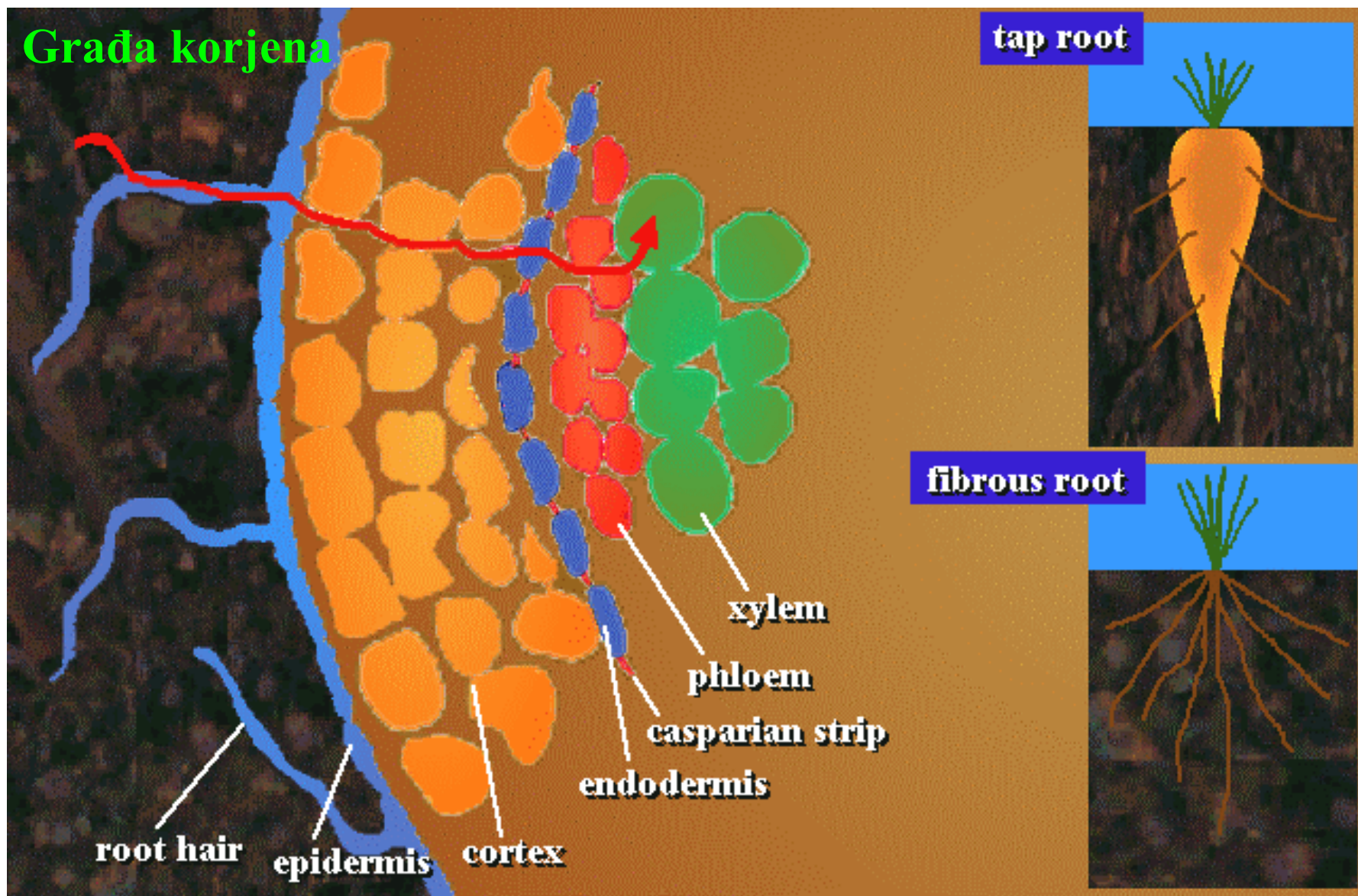
Soil moisture and root development by a grassland forb.

On dry sites, the forb grows a dense network of deeply penetrating roots.

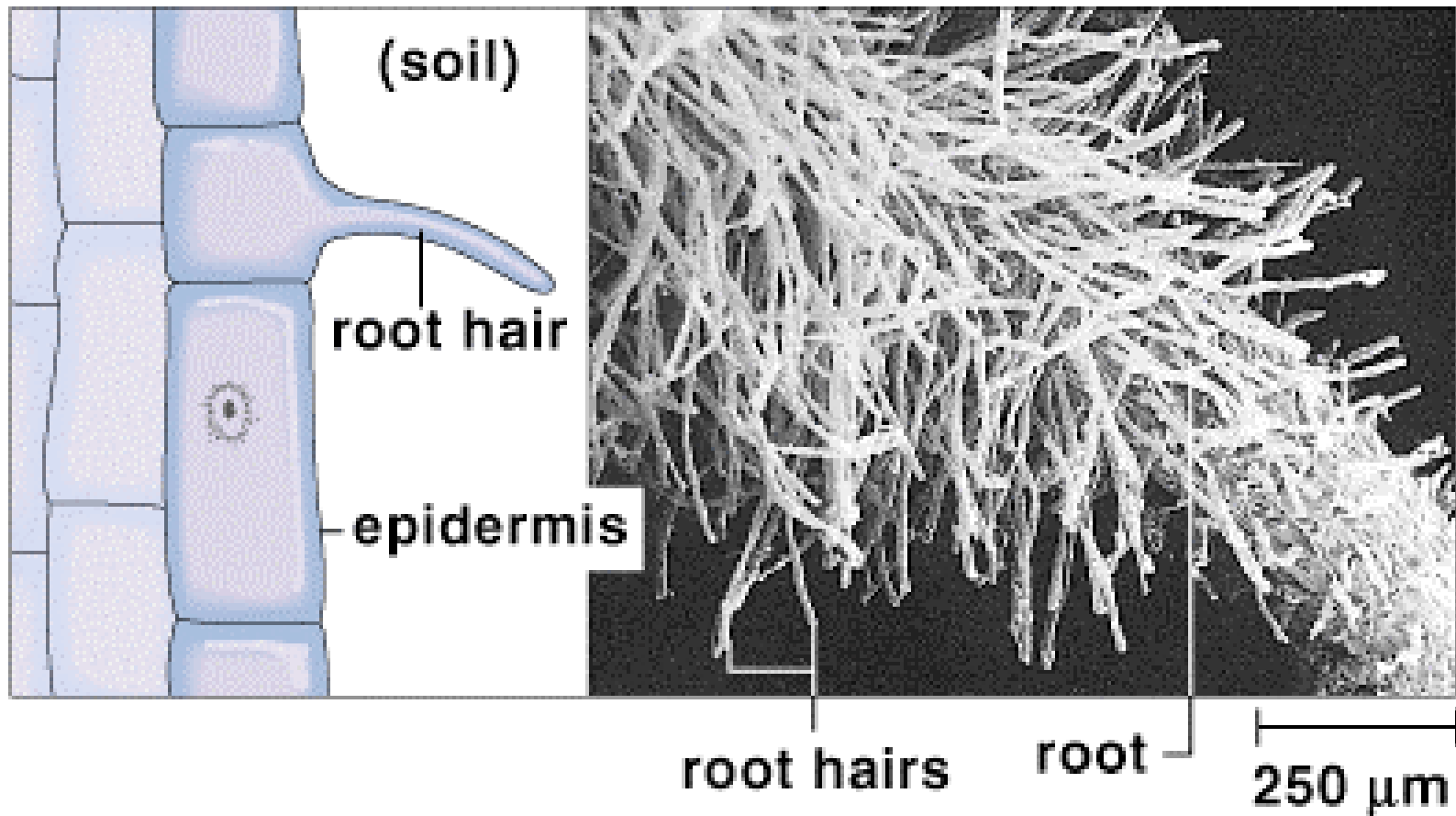
On moist sites, the forb grows a sparse network of shallow roots.

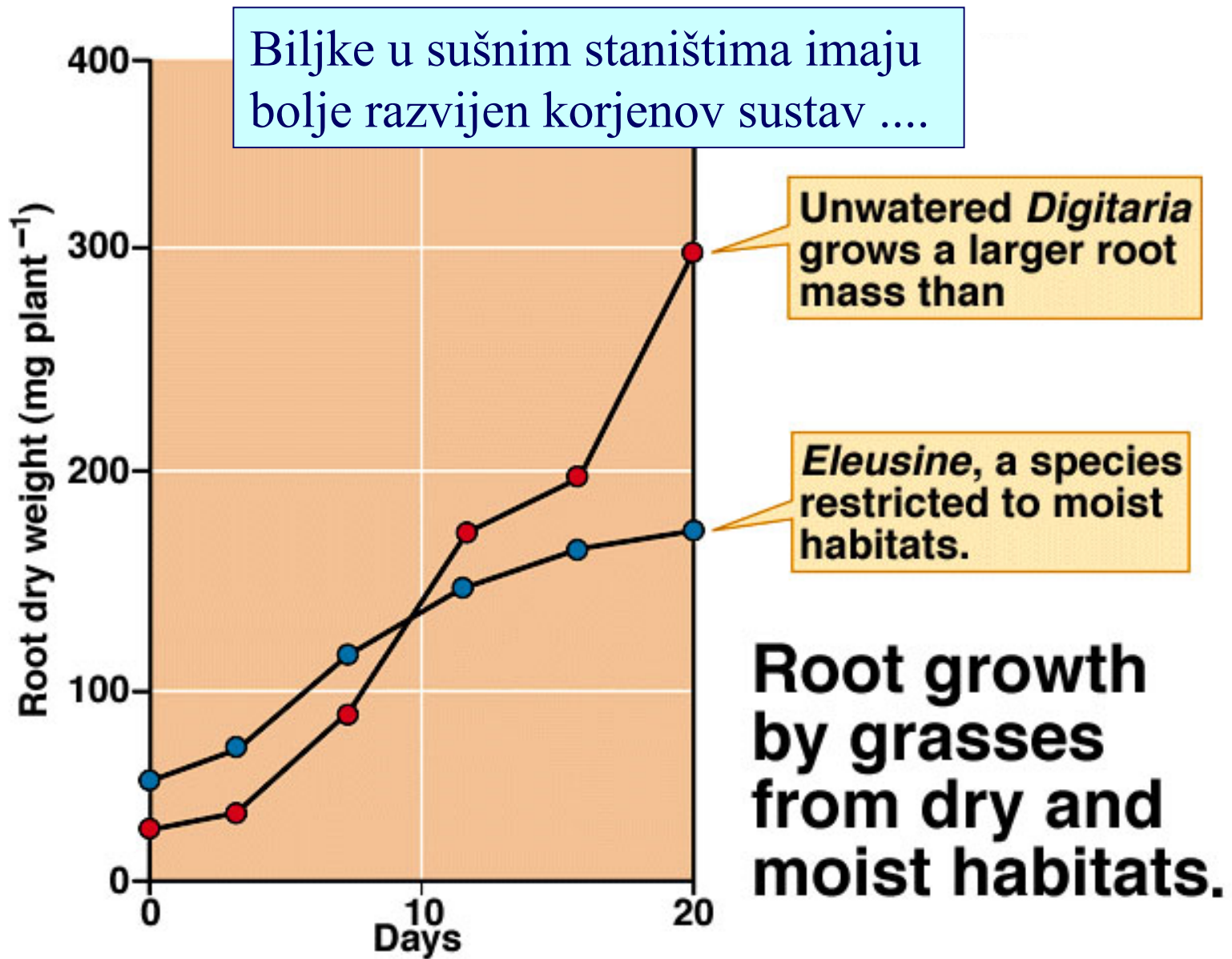


Na suhim tlima biljke razvijaju razgranatije korjenje koje prodire dublje u tlo



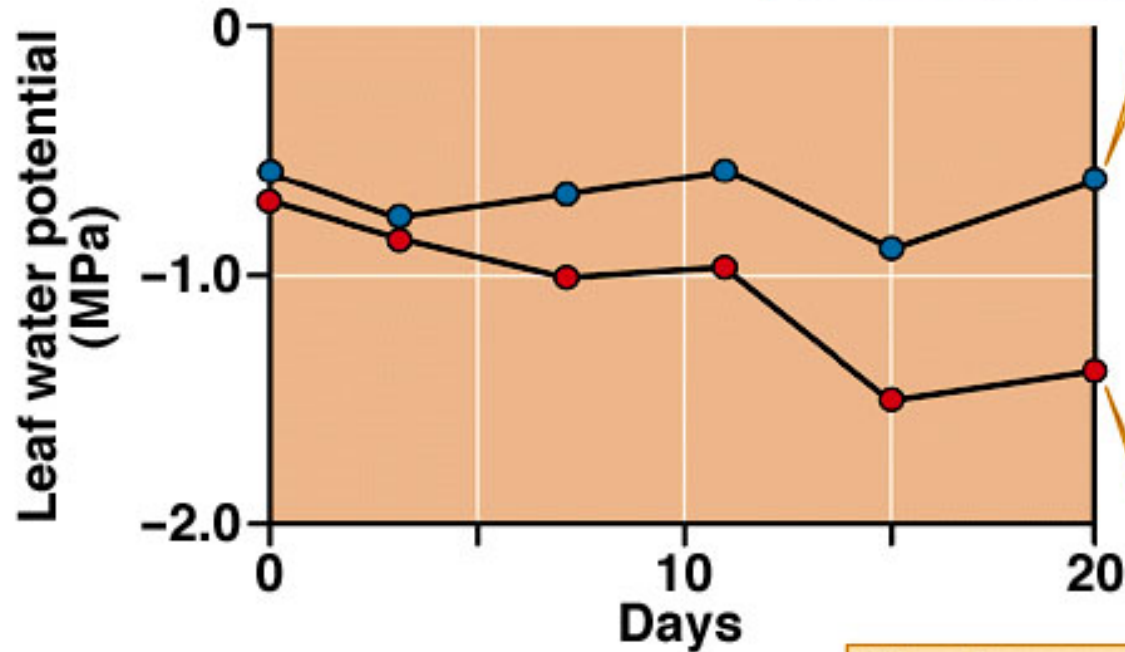
Korjenove dlačice nevjerovatno povećavaju površinu korjenja kroz koju biljka upija vodu iz tla





Leaf water potentials of grasses from dry and moist habitats

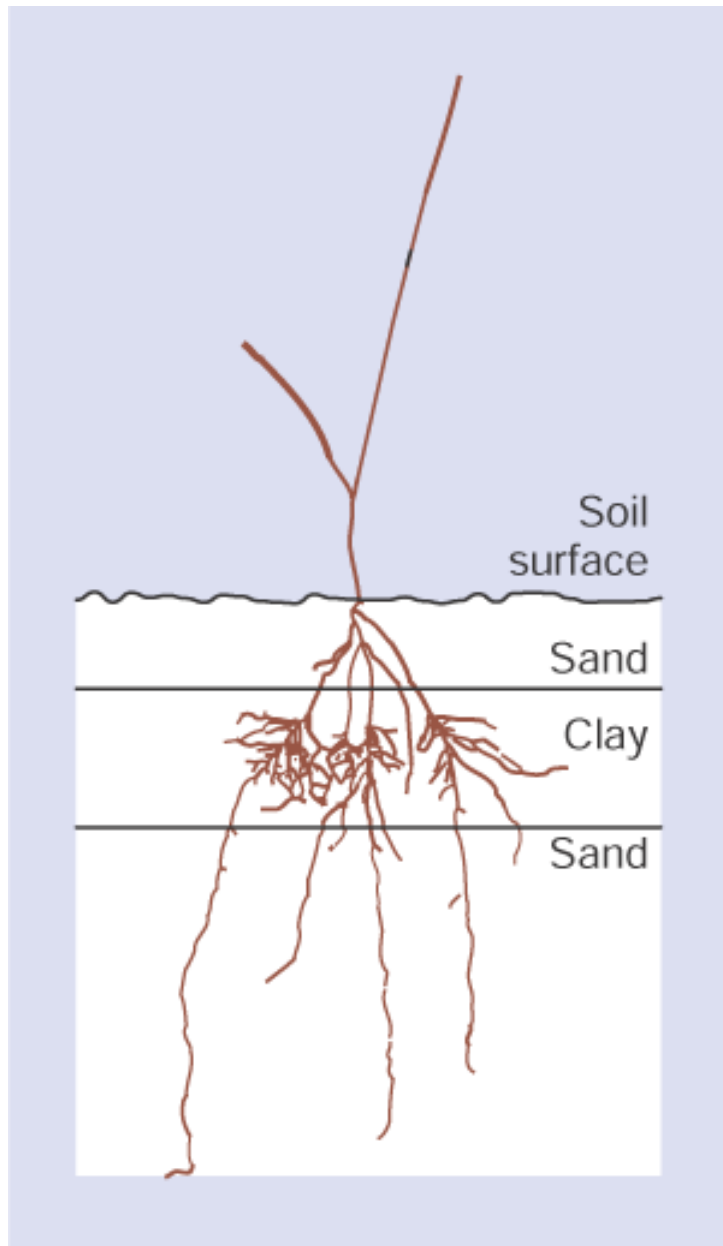
Greater root mass allows *Digitaria* to maintain stable, high leaf water potential while growing on unwatered soil.



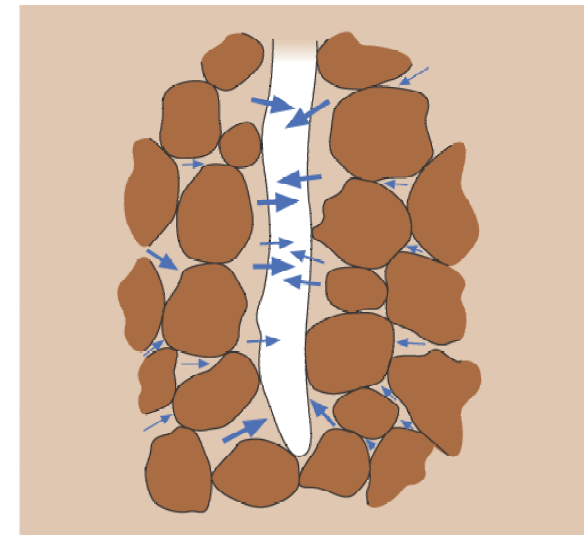
The lower root mass of *Eleusine* results in decreasing leaf water potential.

... što im omogućava održavanje visokog vodenog potencijala u listovima

M. Šolić: Osnove ekologije



Razvitak korjenovog sustava kod mlade biljke koja raste u tlu u kojem je između dva sloja pijeska sloj gline. Korjenov sustav se najviše razvio u sloju gline u kojem je zadržana najveća količina hranjiva i vode



Jako uvećan prikaz korjenove dlačice koja se smjestila između čestica tla i upija vodu iz pora između čestica

Čuvanje vode kod biljaka i životinja

- Za kopnene organizme čuvanje vode postaje otežano s porastom temperature
- Biljke i životinje razvijaju brojne prilagodbe za čuvanje vode
- Primjer: Klokanski štakor
 - 1. Njegovo debelo crijevo resorbira vodu iz izmeta pa on izbacuje potpuno suh izmet
 - 2. Vraća veliki dio vode koja evaporira iz pluća tako što se voda kondenzira u produženim nosnim kanalima

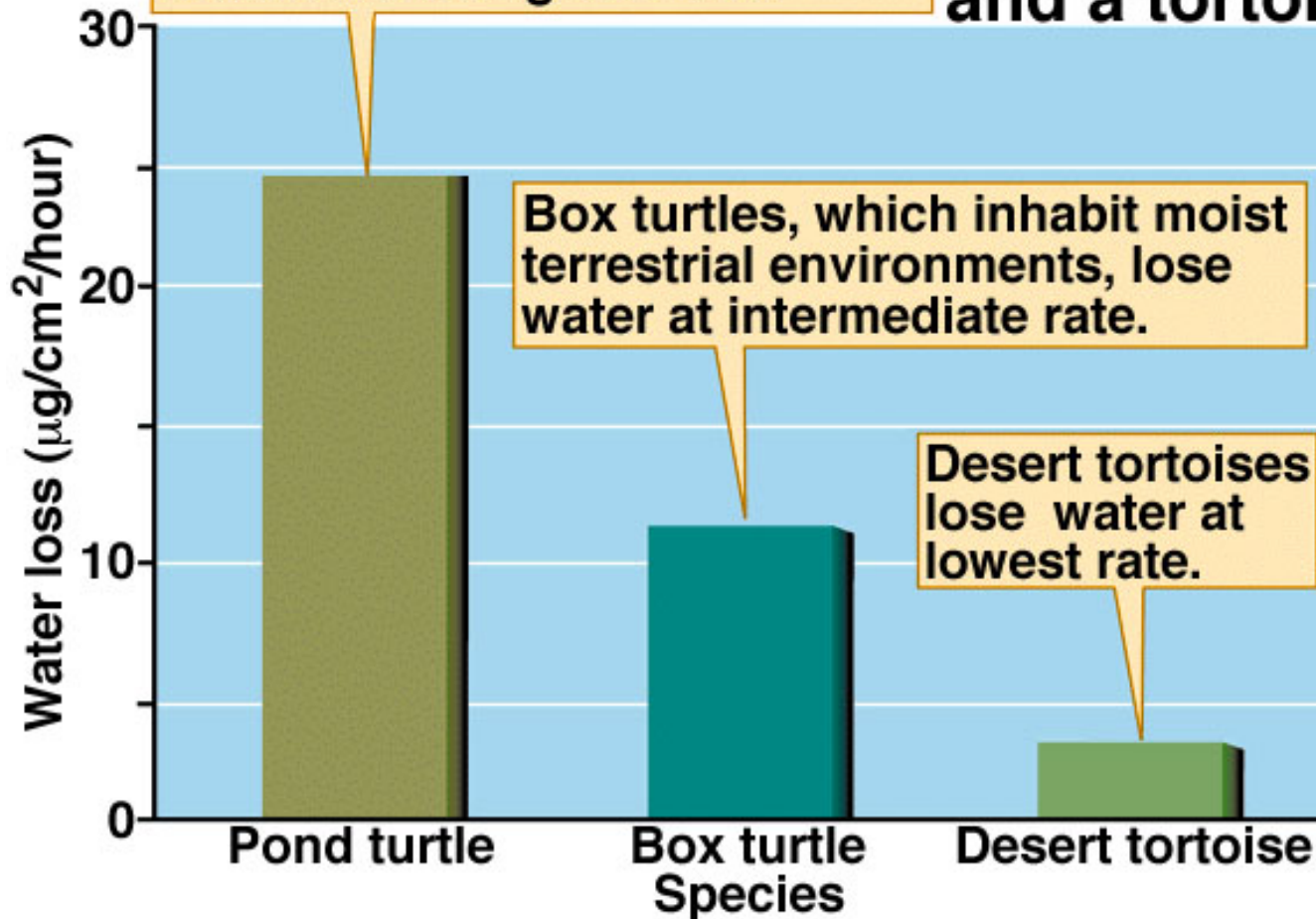
Životinje koje žive u sušnim područjima razvile su prilagodbe za bolje čuvanje vode

In a sequence of species from wet to dry habitats, pond turtles lose water at highest rate.

Water loss rates by two turtles and a tortoise.

Box turtles, which inhabit moist terrestrial environments, lose water at intermediate rate.

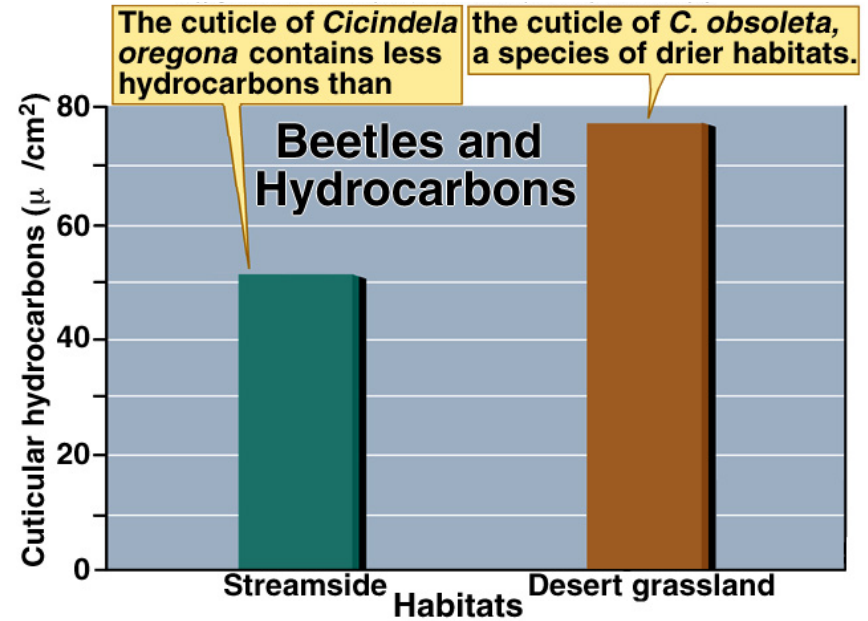
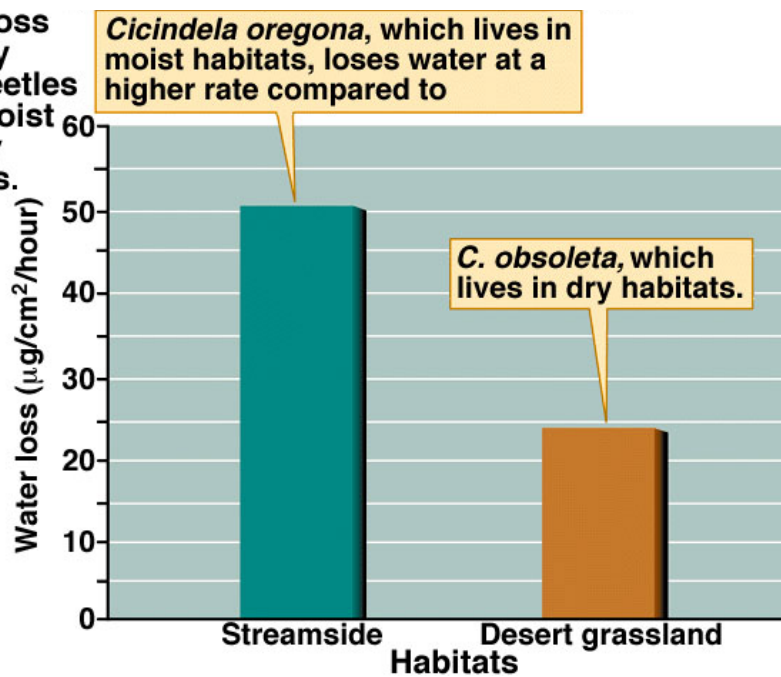
Desert tortoises lose water at lowest rate.



Stopa gubitka vode najmanja je kod pustinjskih kornjača, veća kod kornjača koje obitavaju u vlažnim kopnenim staništima, a najveća kod vodenih kornjača

M. Šolić: Osnove ekologije

Water loss rates by tiger beetles from moist and dry habitats.



Vrsta kukca iz roda *Cicindela* koja živi u vlažnom staništu gubi više vode od srodne vrste koja živi u sušnom staništu

Bolje čuvanje vode vrsti iz sušnog staništa omogućava deblja kutikula

In a shaded portion of a greenhouse, the leaves of the rain forest plant are unwilted and fully exposed to incoming light.



Minutes after being moved into the sun, the leaves begin to wilt.



2 minutes in sun

4 minutes in sun

6 minutes in sun

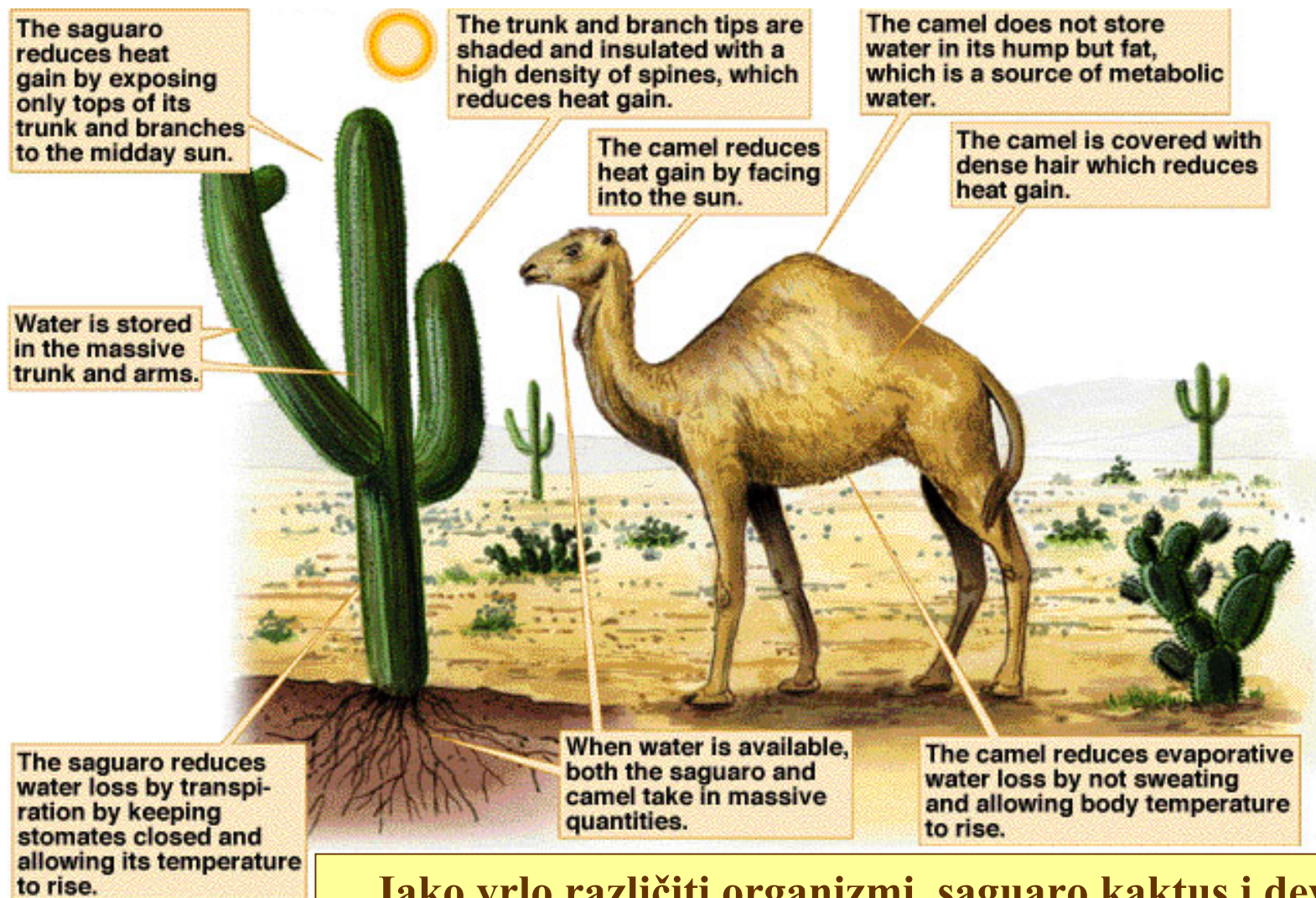
After 8 minutes, wilting reduces the surface area exposed to the sun by 55% and decreases rate of transpiration by 30%–50%.

Wilting to reduce water loss rates

Listovi izloženi suncu omlohave (smežuraju se) i na taj način smanjuju svoju površinu, pa prema tome i gubitak vode

Nakon samo 8 minuta na suncu listovi su svoju površinu smanjili na pola, te smanjili stopu transpiracije za 30-50%

M. Šolić: Osnove ekologije



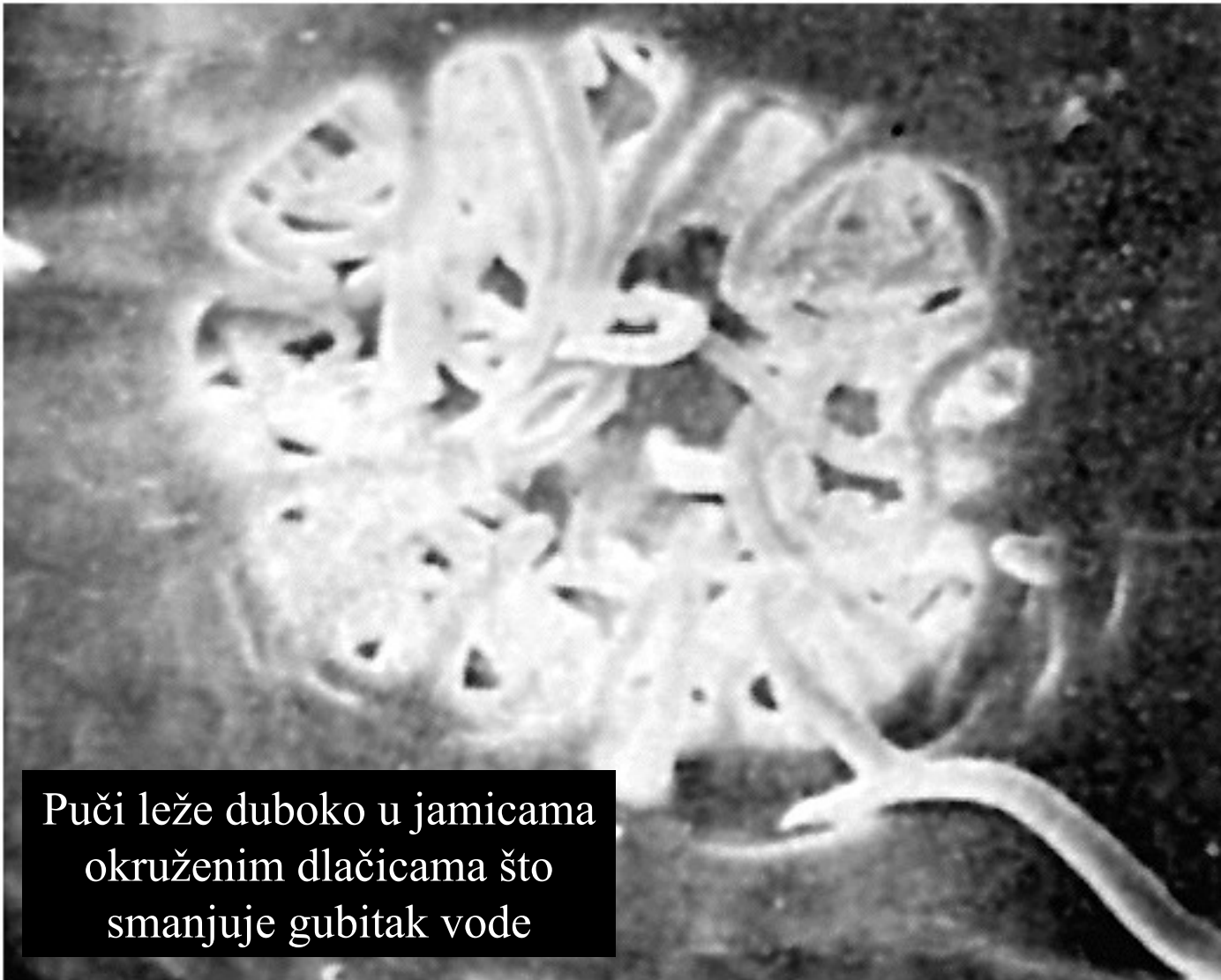
Iako vrlo različiti organizmi, saguaro kaktus i deva pokazuju nevjerojatne sličnosti u prilagodbama za preživljavanje u pustinjskim uvjetima



Kaktusi čuvaju vodu u svojim mesnatim stabljikama



Oleandar – biljka otporna na sušu



Puči leže duboko u jamicama
okruženim dlačicama što
smanjuje gubitak vode

C₄ i CAM fotosinteza štede vodu

- Kada biljke otvore puči da bi uzele CO₂, one istovremeno gube vodu
- Koncentracijski gradijent za gubitak vode je nekoliko redova veličine veći nego za asimilaciju CO₂ (u atmosferi ga ima svega 0.03%)
- Ovaj je problem posebno izražen u vrućim i sušnim područjima
- Kod nekih je biljaka u svrhu čuvanja vode došlo do modifikacije mehanizama asimilacije ugljika

C₃-fotosinteza

Asimilacija CO₂ u organske molekule događa se u jednom biokemijskom koraku koji se naziva Calvin-Bensonov ciklus:

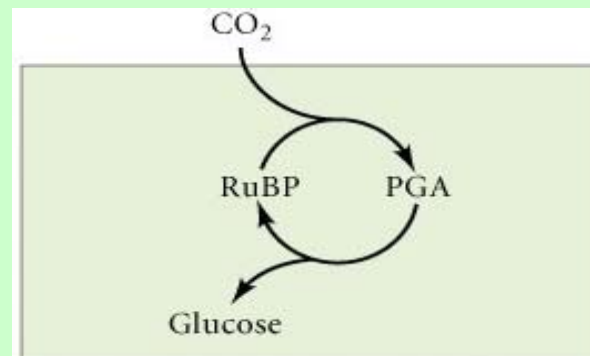


RuBP – ribuloza bifosfat (5-C organski spoj)

PGA – fosfoglicerat (3-C organski spoj)

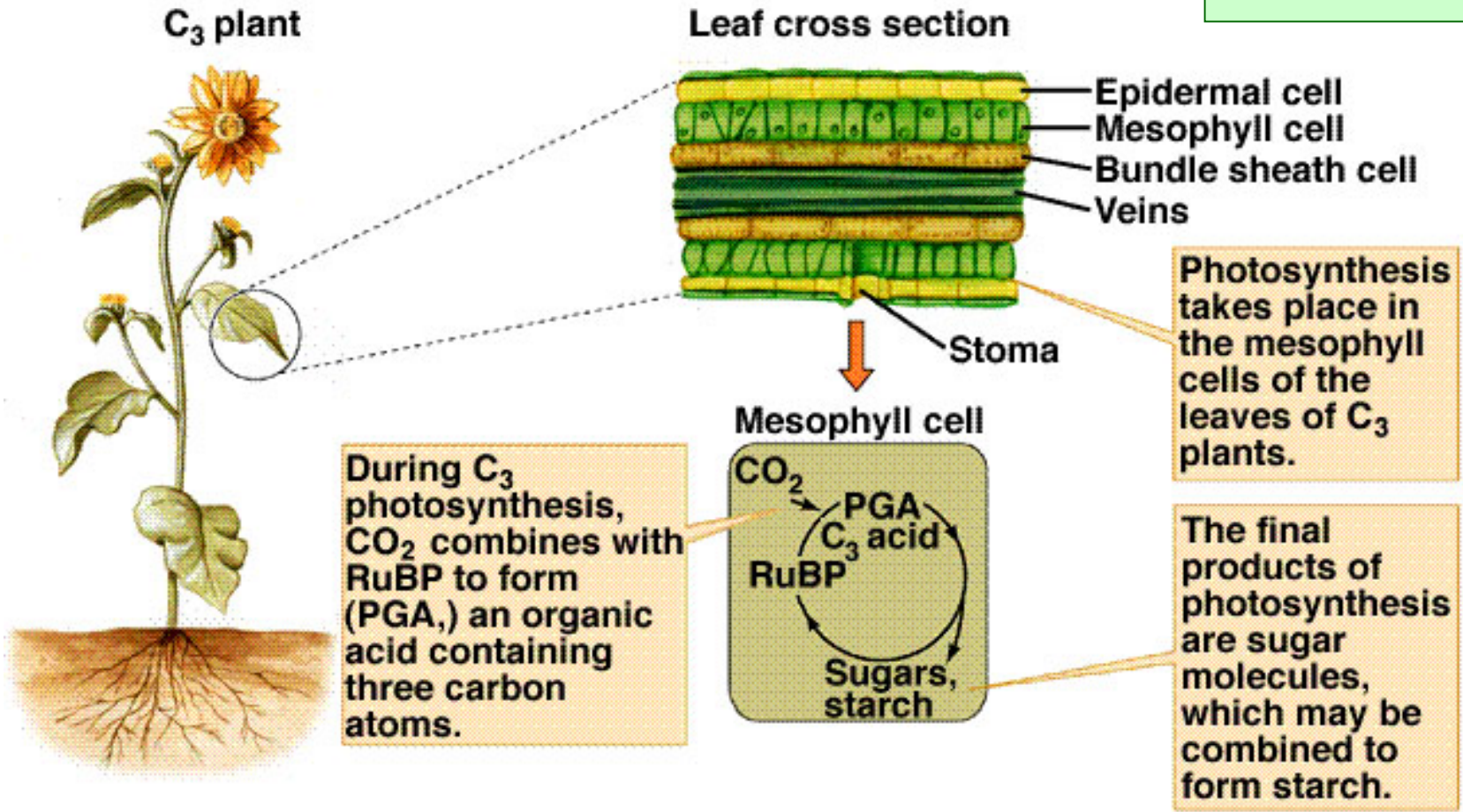
Rubisco (ribuloza bifosfat karboksilaza/oksigenaza) – enzim odgovoran za asimilaciju ugljika

Rubisko ima mali afinitet za CO₂, pa biljka asimilira ugljik vrlo neefikasno. Pored toga, na višim temperaturama rubisko vrši oksidaciju RuBP što fotosintezu čini neefikasnom. Jedinio što biljka može napraviti je da stalno drži otvorene puči kako bi pribavila potrebne količine CO₂, ali su tada gubici vode veliki



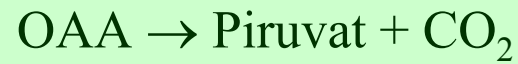
C₃ fotosinteza
dogđa se u
stanicama
mezofila

C₃ photosynthesis.



C₄ i CAM fotosinteza

Asimilacija CO₂ u organske molekule događa se u dva biokemijska koraka:



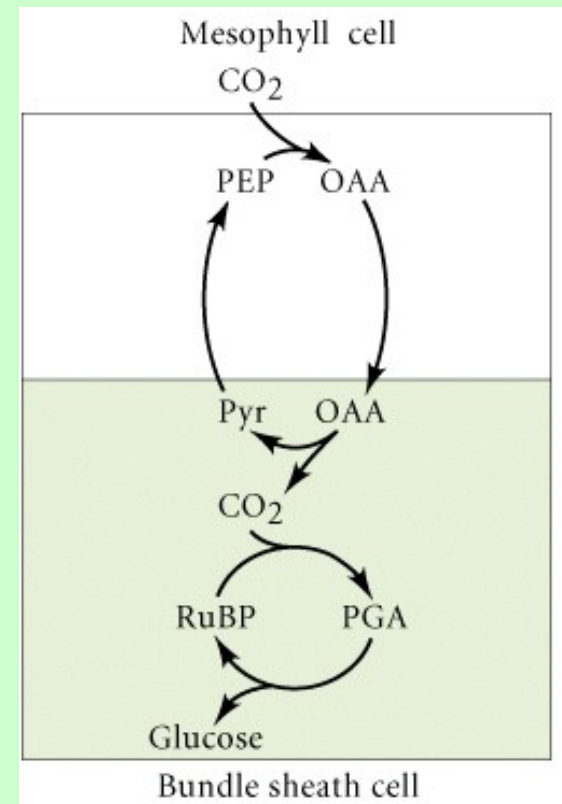
PEP – fosfofenol piruvat (3-C organski spoj)

OAA – oksaloctena kiselina (4-C organski spoj)

PEP karboksilaza – enzim odgovoran za asimilaciju
ugljika

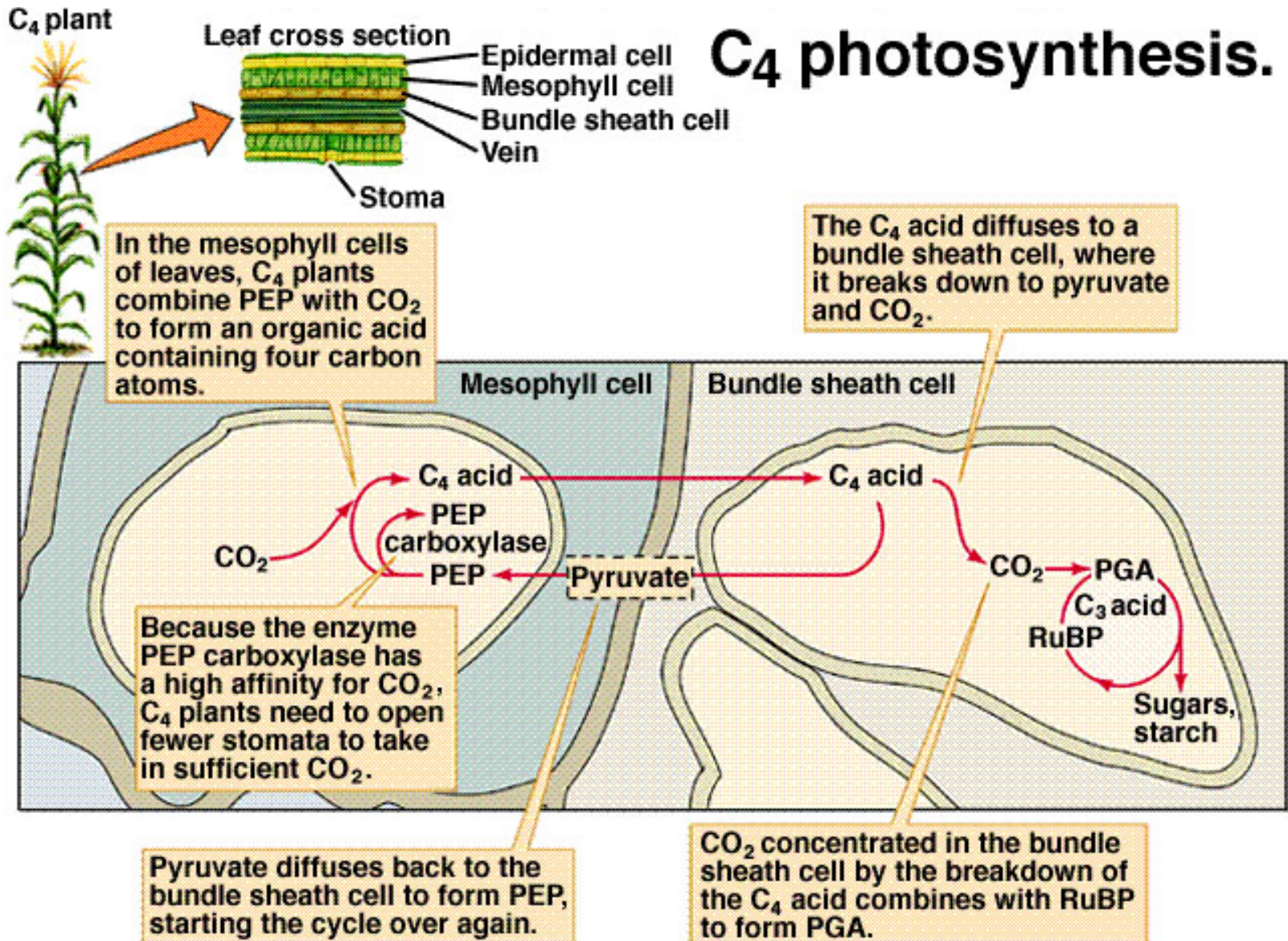
PEP karboksilaza za razliku od rubiska ima veliki
afinitet za CO₂

Kod C₄ fotosinteze dva biokemijska koraka su odvojena prostorno, dok su kod
CAM fotosinteze odvojena vremenski

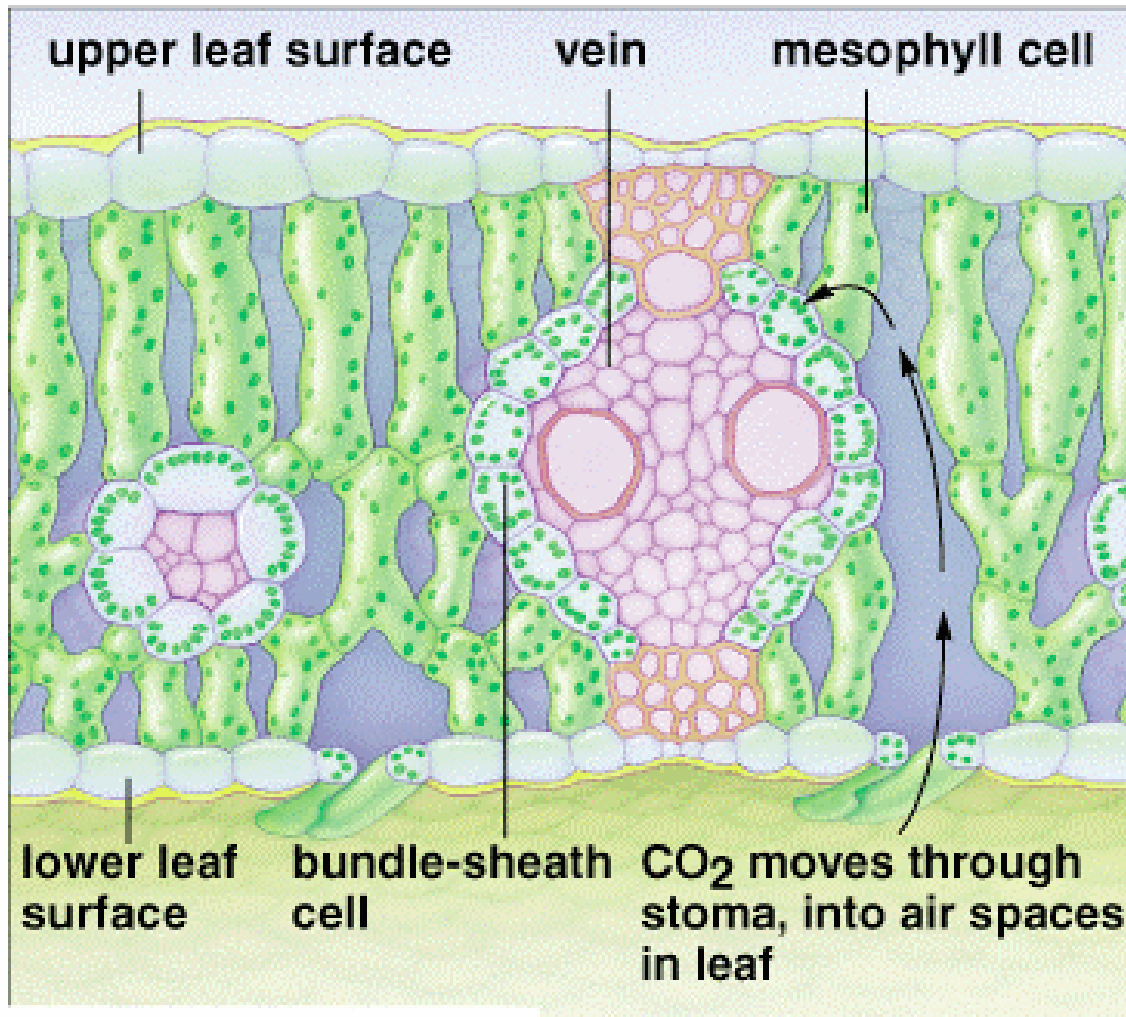


C4 fotosinteza događa se u dvije faze koje su prostorno odvojene

C4 photosynthesis.

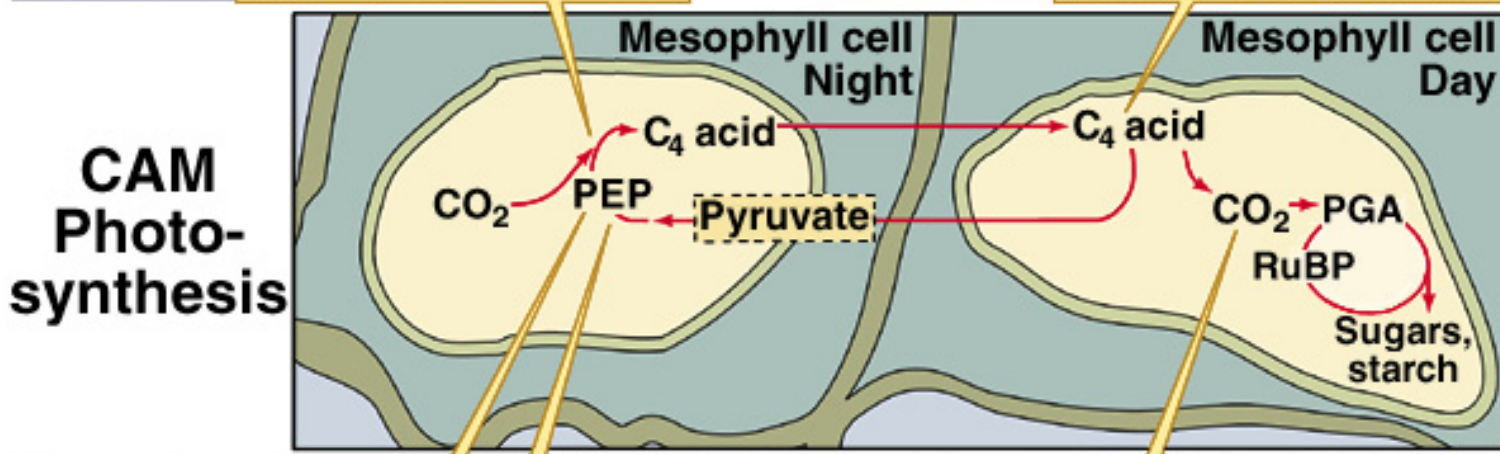
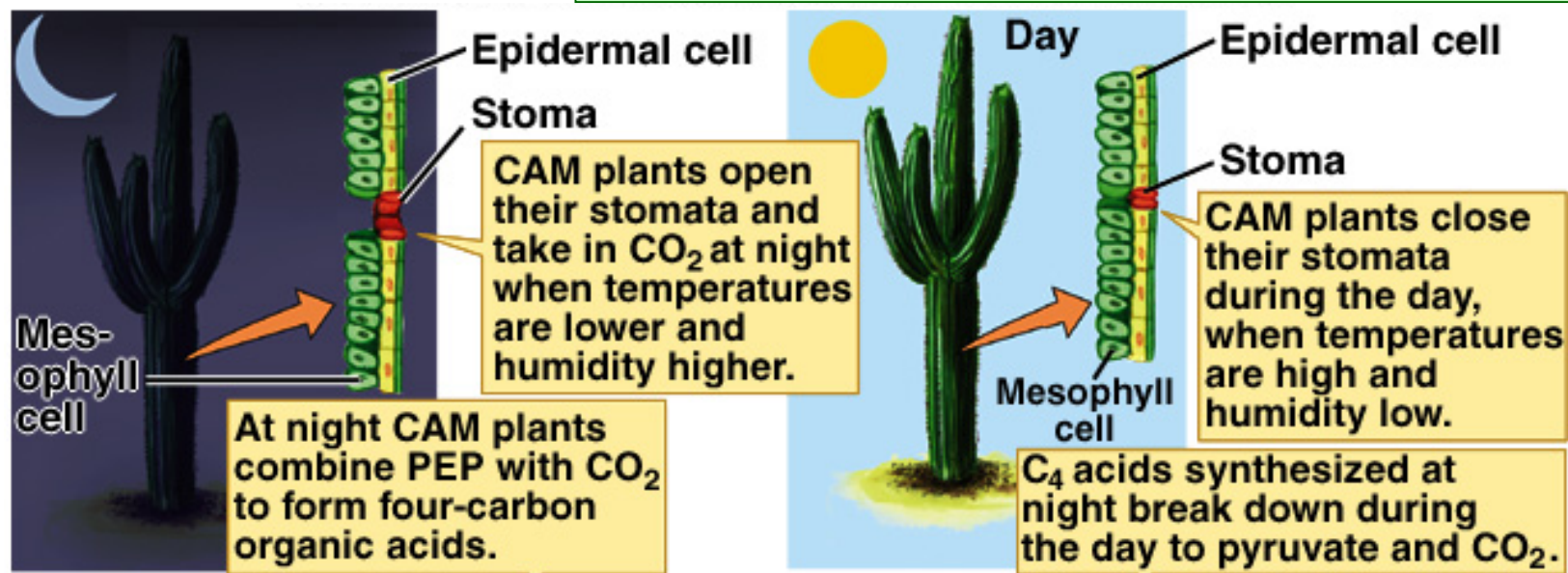


cross-section of leaf from a C4 plant



Presjek lista
C4 biljke

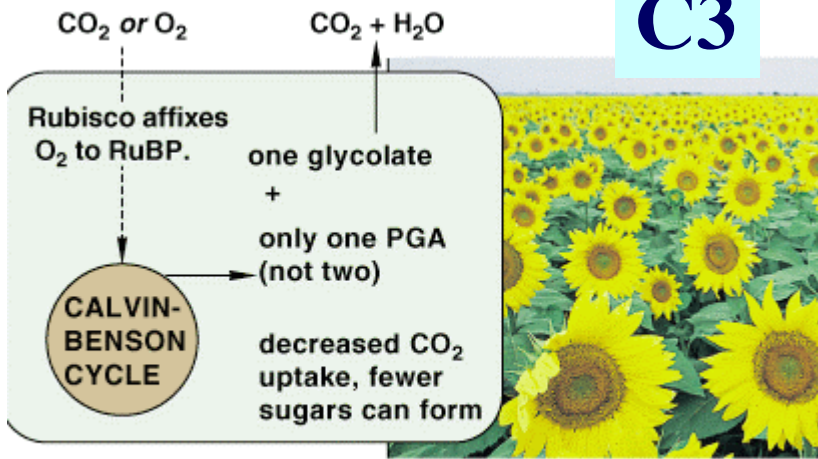
CAM fotosinteza događa se u dvije faze koje su vremenski odvojene



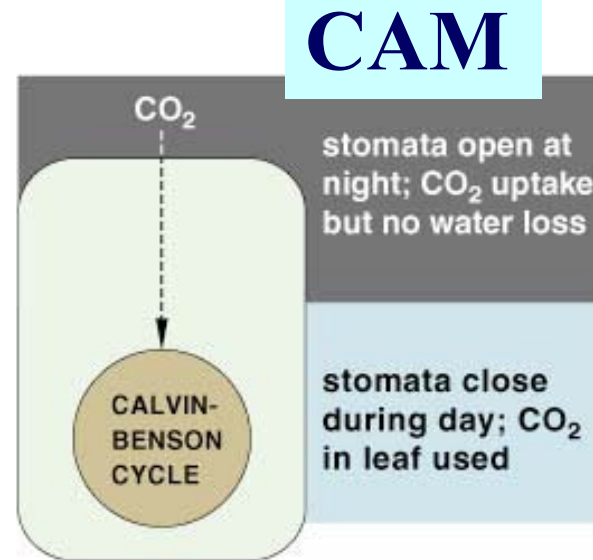
Pyruvate built up during the day is converted to PEP, which combines with CO_2 the next night, starting the daily cycle over again.

CO_2 concentrated in the cell by the breakdown of the C_4 acid combines with RuBP to form PGA.

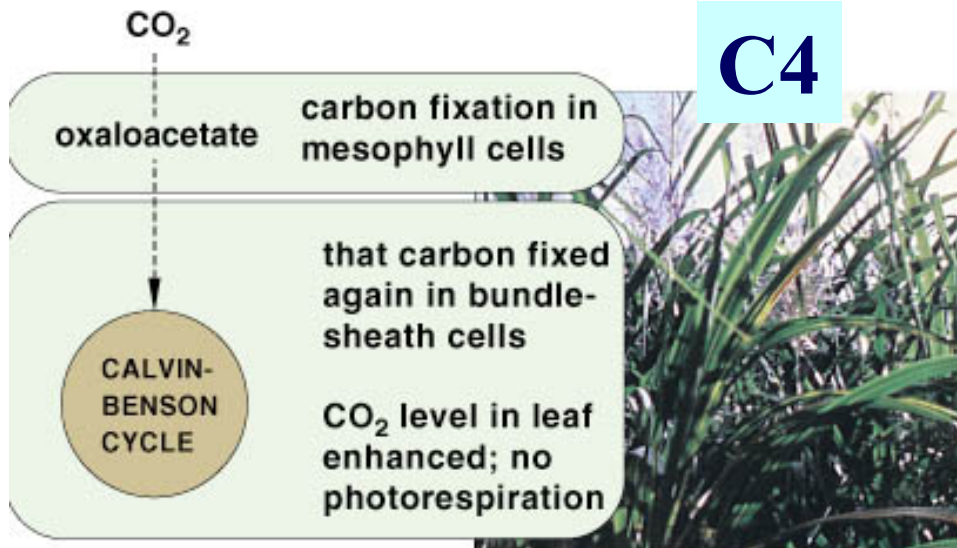
M. Šolić: Osnove ekologije



C3 PLANTS. With low CO_2 / high O_2 , photorespiration predominates.

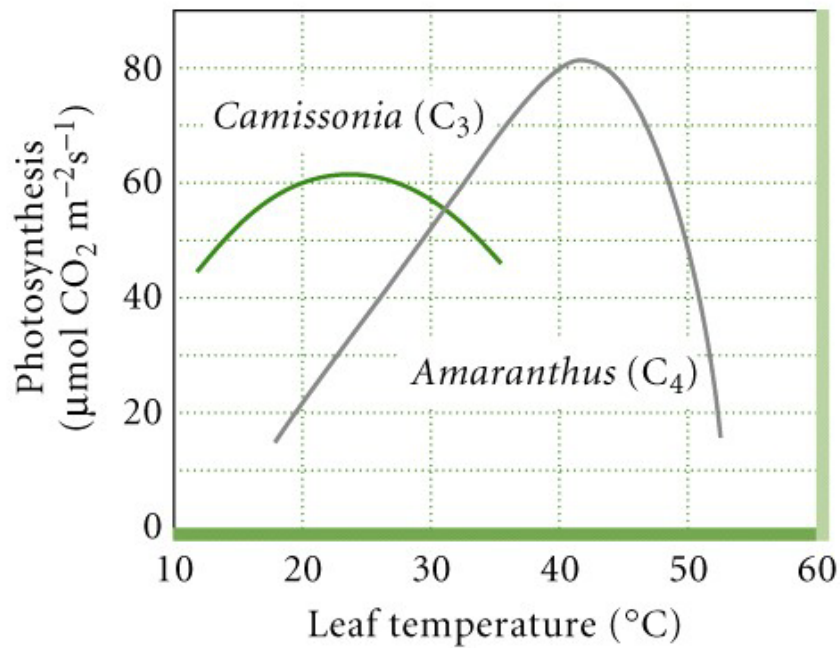


CAM PLANTS. With low CO_2 / high O_2 , Calvin-Benson cycle predominates.

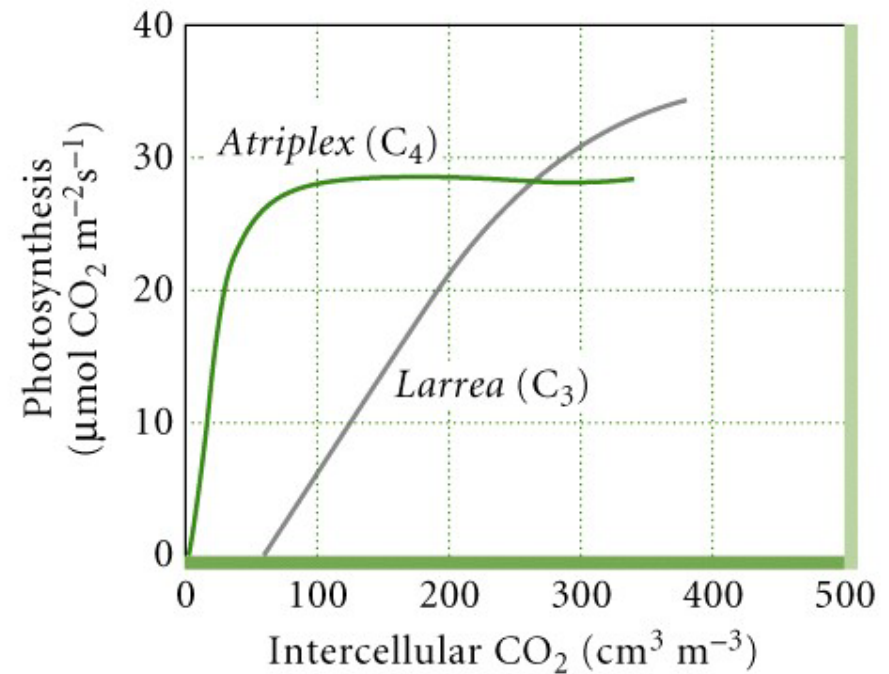


C4 PLANTS. With low CO_2 / high O_2 , Calvin-Benson cycle predominates.

C3, C4 i CAM fotosinteza



(a)



(b)

Zašto sve biljke ne koriste C_4 ili CAM fotosintezu?

- C_4 i CAM biljke troše energiju na regeneraciju PEP iz piruvata
- Na temperaturama ispod 25°C C_3 fotosinteza je dovoljno efikasna

Hranjive soli su neophodne za život organizama

Element	Funkcija
N	Strukturna komponenta proteina i nukleinskih kiselina
P	Strukturna komponenta nukleinskih kiselina, fosfolipida i kostiju
S	Strukturna komponenta mnogih proteina
K	Glavni sastojak otopine u životinjskim stanicama
Ca	Strukturna komponenta kostiju i materijala između stanica drva kod biljaka; regulator stanične permeabilnosti
Mg	Strukturna komponenta klorofila; uključen u funkciju mnogih proteina
Fe	Strukturna komponenta hemoglobina i mnogih enzima
Na	Glavni sastojak u otopini koja čini ekstracelularnu tekućinu kod životinja

VRLO SU VAŽNI I ELEMENTI U TRAGOVIMA

Ravnoteža soli i vode idu zajedno

- Održavanje ionske ravnoteže između organizama i okoliša (osmoregulacija) protivno fizikalnim silama difuzije i osmoze traži ulaganje energije i vrlo često specijalizirane organe za izlučivanje ili zadržavanje soli

Sastav najvažnijih otopljenih soli u rijekama, moru, te stanicama i plazmi žabe

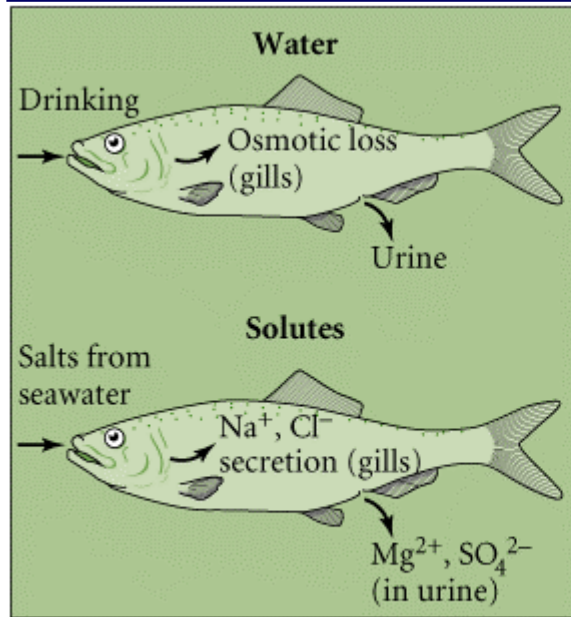
TABLE 4-4 Percentage composition of dissolved minerals in rivers (fresh water), in seawater, and in the blood plasma and cells of organisms (frogs)

Mineral ion	Delaware River	Rio Grande	Seawater	Frog plasma	Frog cells
Sodium (Na^+)	6.7	14.8	30.4	35.4	1.3
Potassium (K^+)	1.5	0.9	1.1	1.3	77.7
Calcium (Ca^{2+})	17.5	13.7	1.2	1.2	3.1
Magnesium (Mg^{2+})	4.8	3.0	3.7	0.4	5.3
Chlorine (Cl^-)	4.2	21.7	55.2	39.0	0.8
Sulfate (SO_4^{2-})	17.5	30.1	7.7	—	—
Carbonate (CO_3^{2-})	33.0	11.6	0.4	22.7	11.7

Note: The percentages of the negatively charged ions (anions) exceed those of the positively charged ions (cations) because, ion for ion, anions are much heavier; the numbers of positive and negative ions are approximately equal. The sums of all columns do not equal 100 because not all dissolved substances are included.

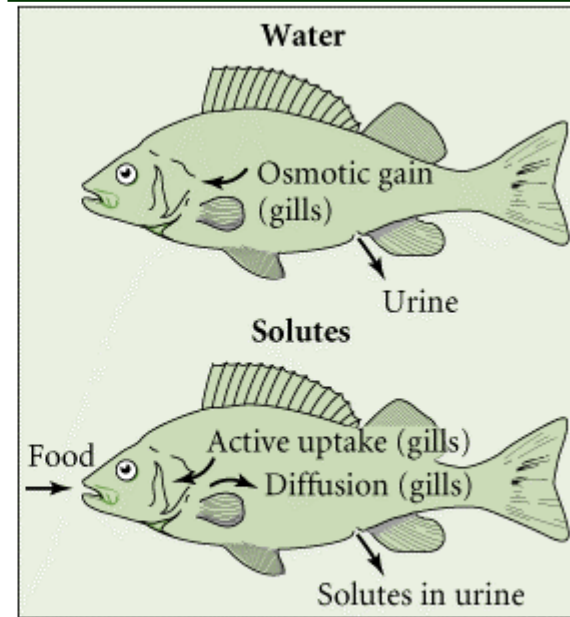
(Data from Reid 1961, Gordon 1968.)

Držanje iona izvan tijela je kritično za morske ribe



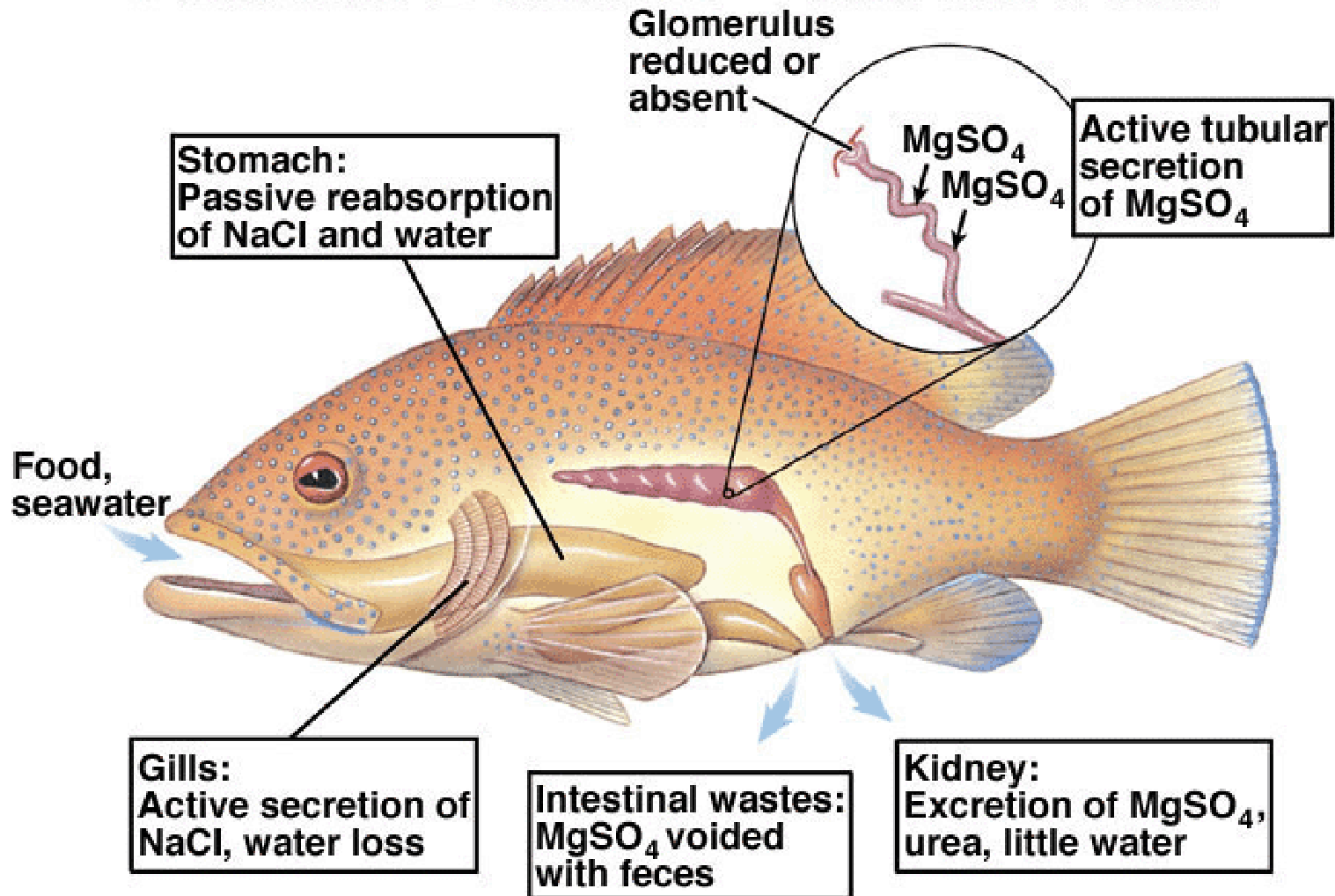
(a) Marine

Zadržavanje soli je kritično za slatkovodne ribe



(b) Freshwater

Osmotic Balance—Marine Fish



Morske ribe (koštunjače) gube vodu kroz škrge. Gubitak vode nadoknađuju na način da stalno piju morsku vodu, ali time istovremeno unose velike količine soli u tijelo. Višak soli izbacuju kroz škrge (NaCl), te pomoću sustava za ekskreciju (MgSO₄)

Osmoregulation by marine fish and saltwater mosquitoes.

Water diffuses from the gills of marine bony fish to the surrounding seawater ($-W_o$).

Specialized cells in the gills secrete Cl^- and Na^+ follows.

Drinking water + salt →

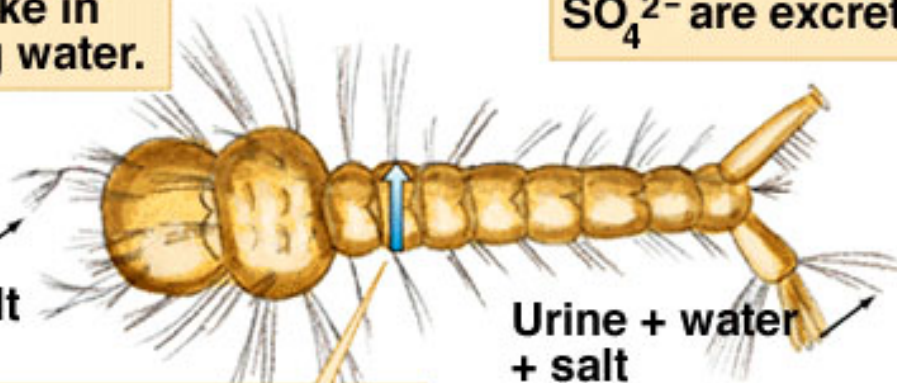


Marine bony fish and saltwater mosquitoes drink (W_d) to compensate for water lost by osmosis ($-W_o$); they also take in salts with drinking water.

Urine, Mg^{2+} SO_4^{2-}

Doubled-charged Mg^{2+} and SO_4^{2-} are excreted with urine.

Drinking water + salt →



Urine + water + salt

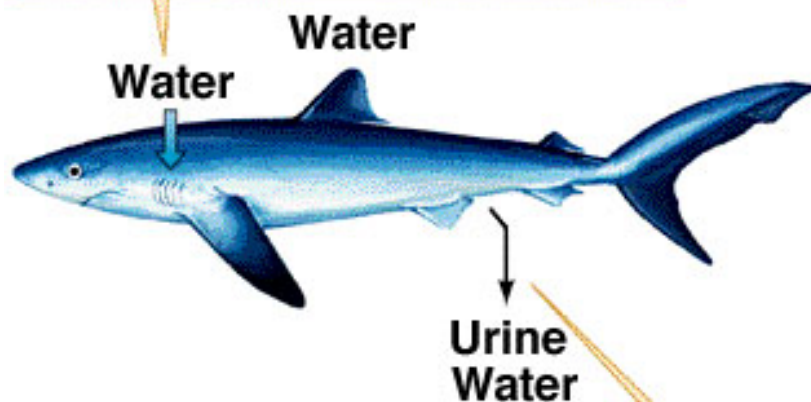
Water diffuses from saltwater mosquitoes to the surrounding environment ($-W_o$).

Salts are excreted in concentrated urine; small amounts of water are lost with urine (W_s).

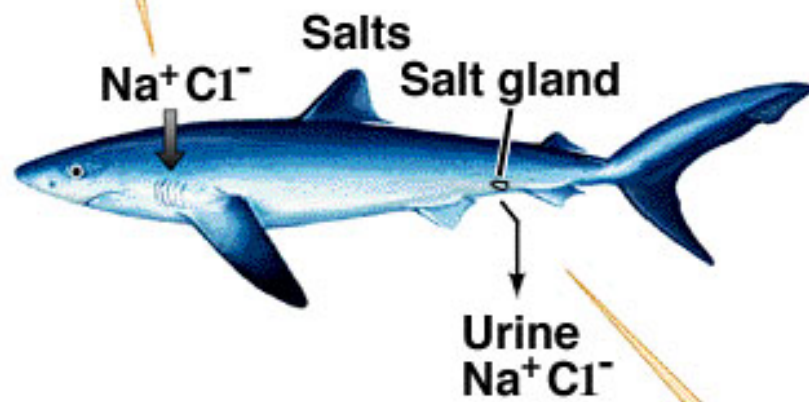
Osmoregulation by sharks.

Because the shark's body fluid is slightly hyperosmotic to the surrounding seawater, water diffuses through its gills ($+W_o$).

Na^+ and Cl^- diffuse into sharks from the surrounding seawater.



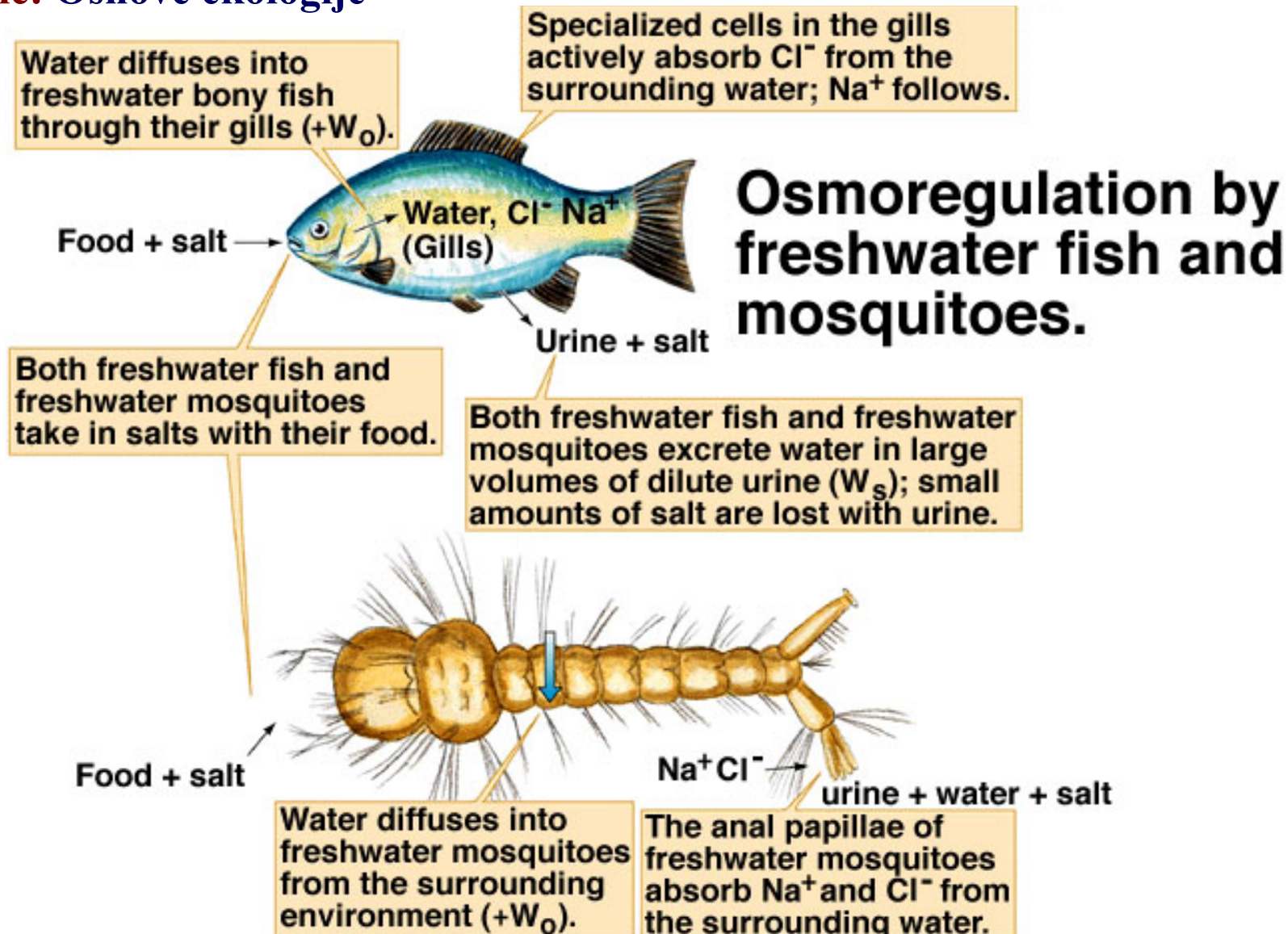
Sharks excrete urine (W_s) to compensate for water gained by osmosis.



Salts are concentrated by the salt gland and excreted with the urine.

Za razliku od morskih riba koštunjača, hrskavičnjače (morski psi, raže) podižu koncentraciju soli u svojim tijelima nešto iznad koncentracija u moru. Zbog toga morska voda ulazi u njihova tijela kroz škrge. Višak vode izbacuje se kroz urin, a zajedno s njim i višak soli koje koncentriraju posebne žlijezde

M. Šolić: Osnove ekologije



Za razliku od morskih koštunjača, slatkovodne ribe neprestano dobivaju vodu kroz škrge. Viška vode oslobađaju se ekskrecijom jako razrijeđenog urina. Da prilikom ekskrecije vode ne bi izgubile i sve soli iz tijela imaju posebne stanice u u škrgama koje apsorbiraju ion klora.

Osmoregulacija kod različitih skupina kralježnjaka

Osmoregulation by Vertebrates

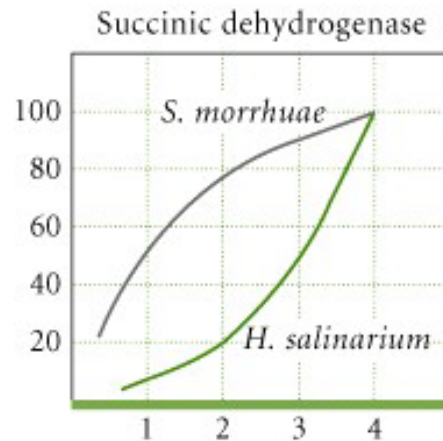
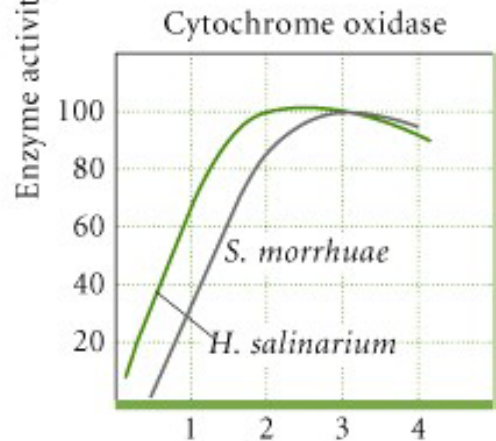
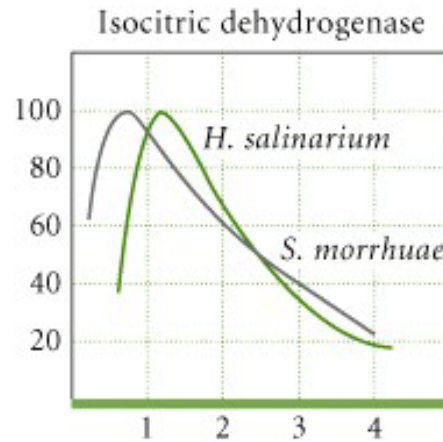
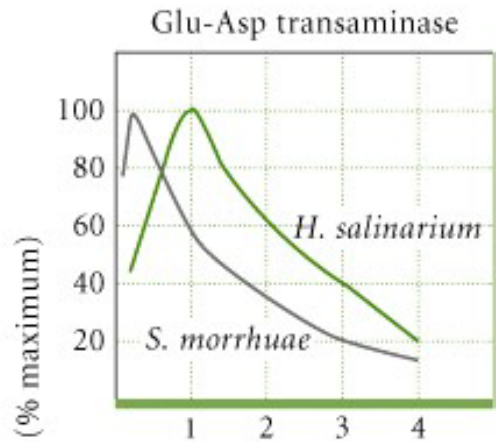
Vertebrate	Urine concentration relative to blood	
Amphibian	Strongly hypotonic	 Skin absorbs Na^+ from water
Marine reptile	Isotonic	 Drinks seawater Salt gland secretes excess salts
Marine bird	Weakly hypertonic	 Drinks seawater Salt gland secretes excess salts
Marine mammal	Strongly hypertonic	 Does not drink seawater
Terrestrial bird	Weakly hypertonic	 Drinks fresh water
Desert mammal	Strongly hypertonic	 Drinks no water Obtains water from food and metabolic processes

Kopepod *Tigriopus californicus* živi u supralitoralnim lokvicama u uvjetima ekstremno visokog saliniteta.



Problem rješava sintezom velike količine aminokiselina čime podiže osmotski potencijal svojih tjelesnih tekućina

M. Šolić: Osnove ekologije



NaCl concentration (molar)

Aktivnost enzima kod halofilne bakterije *Halobacterium salinarium* u usporedbi s bakterijom *S. morrhuae* koja ne tolerira visoki salinitet

Ravnoteža soli i vode kod kopnenih organizama

- Kopnene životinje dobivaju minerale putem hrane i vode, a biljke apsorbiraju ione otopljene u vodi u tlu
- Mnoge oceanske ptice i gmazovi imaju dodatne organe za izlučivanje soli – slane žlijezde
- Životinje, osobito mesožderi, dobivaju kroz hranu višak soli
 - Piju puno vode i s njom izlučuju sol
 - Gdje je voda oskudna životinje proizvode koncentrirani urin
 - Bubrezi pustinjskih životinja koncentriraju soli u urinu u koncentracijama koje su znatno veće od koncentracija u krvi
 - Kod čovjeka 4 x veće
 - Kod pustinjskog skočimiša 14 x veće
 - Kod australskog skočimiša 25 x veće

Tipične koncentracije elemenata u tlu, te količine koje biljke uzmu iz tla tijekom jedne godine

TABLE 4-3 Typical concentrations of elements in soils and annual uptake by plants

Element	Soil content (weight %)*	Annual plant uptake (kg ha ⁻¹ yr ⁻¹)	Soil content/annual plant uptake (years)†
Silicon (Si)	33	20	21,000
Aluminum (Al)	7	0.5	180,000
Iron (Fe)	4	1	52,000
Calcium (Ca)	1	50	260
Potassium (K)	1	30	430
Sodium (Na)	0.7	2	4,600
Magnesium (Mg)	0.6	4	2,000
Titanium (Ti)	0.5	0.08	62,000
Nitrogen (N)	0.1	30	40
Phosphorus (P)	0.08	7	150
Manganese (Mn)	0.08	1	1,000
Sulfur (S)	0.05	2	320
Fluorine (F)	0.02	0.01	26,000
Chlorine (Cl)	0.01	0.06	220
Zinc (Zn)	0.005	0.01	6,500
Copper (Cu)	0.002	0.006	4,200
Boron (B)	0.001	0.03	400
Molybdenum (Mo)	0.0003	0.0003	13,000
Selenium (Se)	0.000001	0.0003	40

Mangrove



↑
Korjenje mangrovinog drveća
uronjeno je u more

←
Neke vrste imaju specijalizirane žlijezde
u listovima pomoću kojih izlučuju sol
koja se taloži na površini listova

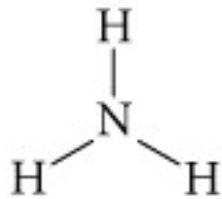
U mnogim je staništima natrij vrlo deficitaran mineral. Neki ga organizmi koncentriraju tako da piju velike količine vode. Jedna vrsta moljca izbacuje višak vode kroz analni otvor u jakim mlazovima.



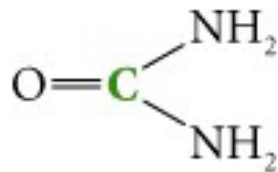
Ekskrecija dušićnog otpada predstavlja veliki problem za kopnene životinje

- Većina mesoždera kroz svoju prehranu konzumira višak dušika kojeg treba eliminirati
- Životinje ne mogu poput bakterija izbacivati dušik u obliku plina
- Oksidirane forme dušika (npr. nitrati) su otrovne pa se ne mogu proizvoditi u većim količinama
- Većina vodenih organizama proizvodi jednostavan metabolički ko-produkt **amonijak**, koji je blago toksičan ali ga oni obilato razrijeđuju vodom
- Kopnene životinje nemaju na raspolaganju toliko vode pa proizvode proteinske metabolite koji su manje toksični od amonijaka
 - Kod sisavaca je to **urea** koja se mora otopiti u vodi pa traži određeni gubitak vode
 - Ptice i gmazovi koriste **urinsku kiselinu** koja kristalizira izvan otopine (važno zbog jaja) pa se tako dodatno štedi voda

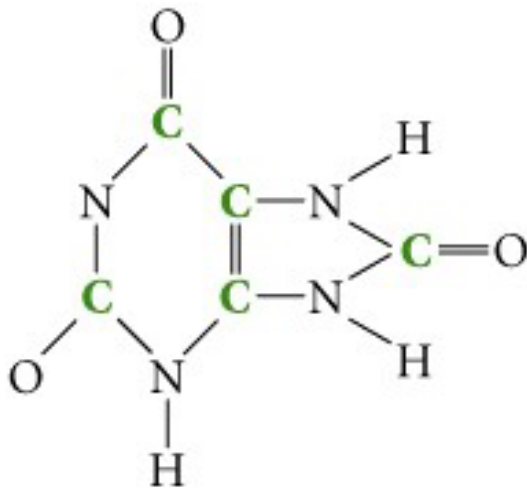
Metaboliti dušika



Ammonia



Urea



Uric acid

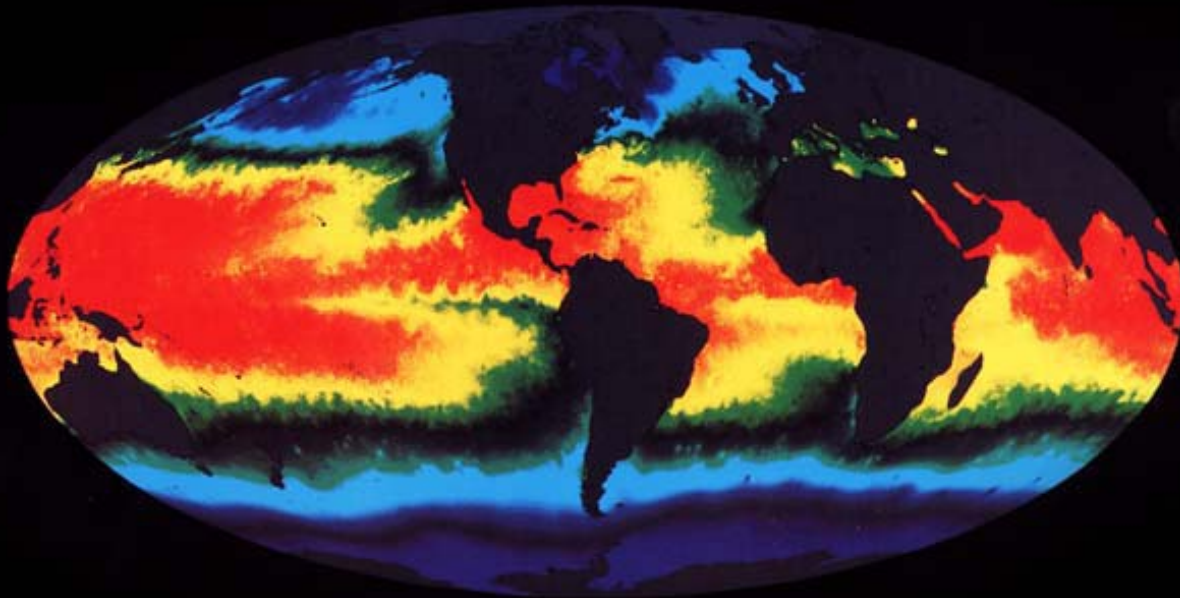
Amonijak – tipičan za vodene organizme koji ga mogu obilato razrijediti

Urea – tipična kod sisavaca; traži određeni gubitak vode

Urinska kiselina – tipična za gmazove i ptice (organizme koji ležu jaja); omogućava još veću uštedu vode jer kristalizira izvan otopine

TEMPERATURA

Global Sea Surface Temperature



NOAA-7, July 1984

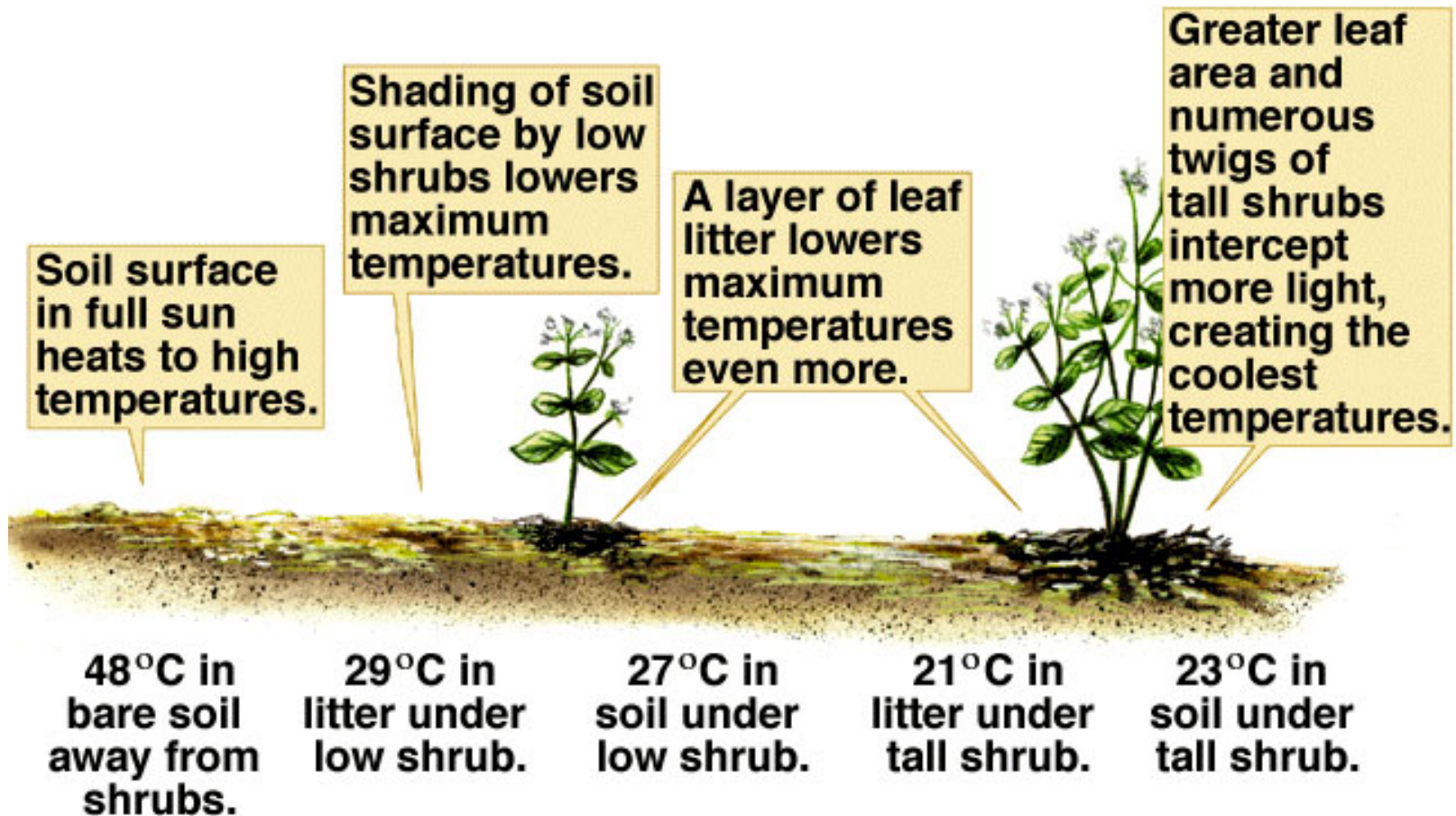
MIKROKLIMA



- Makroklima u interakciji s lokalnim krajolikom (nadmorska visina, izloženost, vegetacija, boja tla, strukturalne oblici poput kamenja ili rupa) stvaraju mikroklimu
- Za pojedinačni organizam mikroklima može biti važnija od makroklime



Desert shrubs and microclimate.

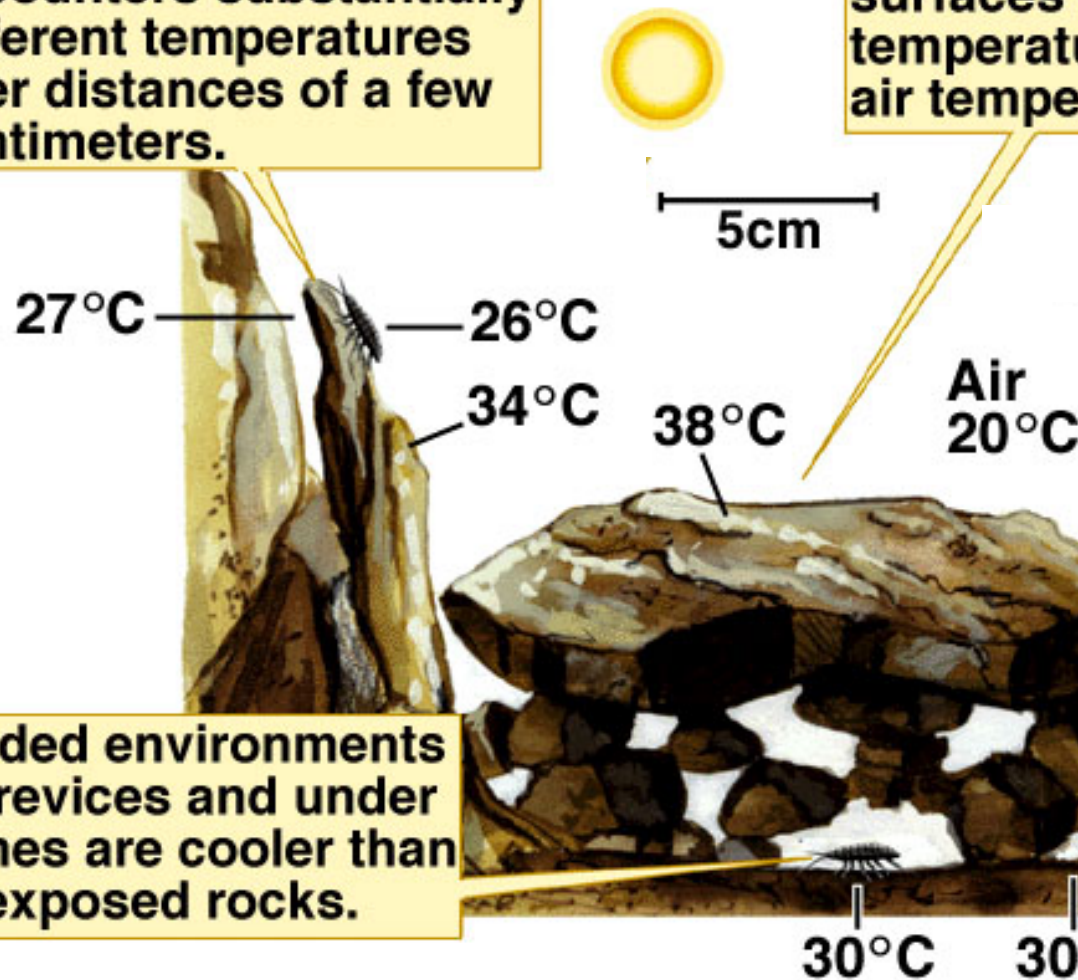


Temperatura u pustinjama može vrlo značajno varirati na vrlo malim udaljenostima

Microclimates under stones.

The seashore isopod encounters substantially different temperatures over distances of a few centimeters.

Sun heats exposed surfaces of rocks to temperatures exceeding air temperature.



U mikrostaništima ispod stijena temperatura može biti značajno različita u odnosu na temperaturu u okolišu

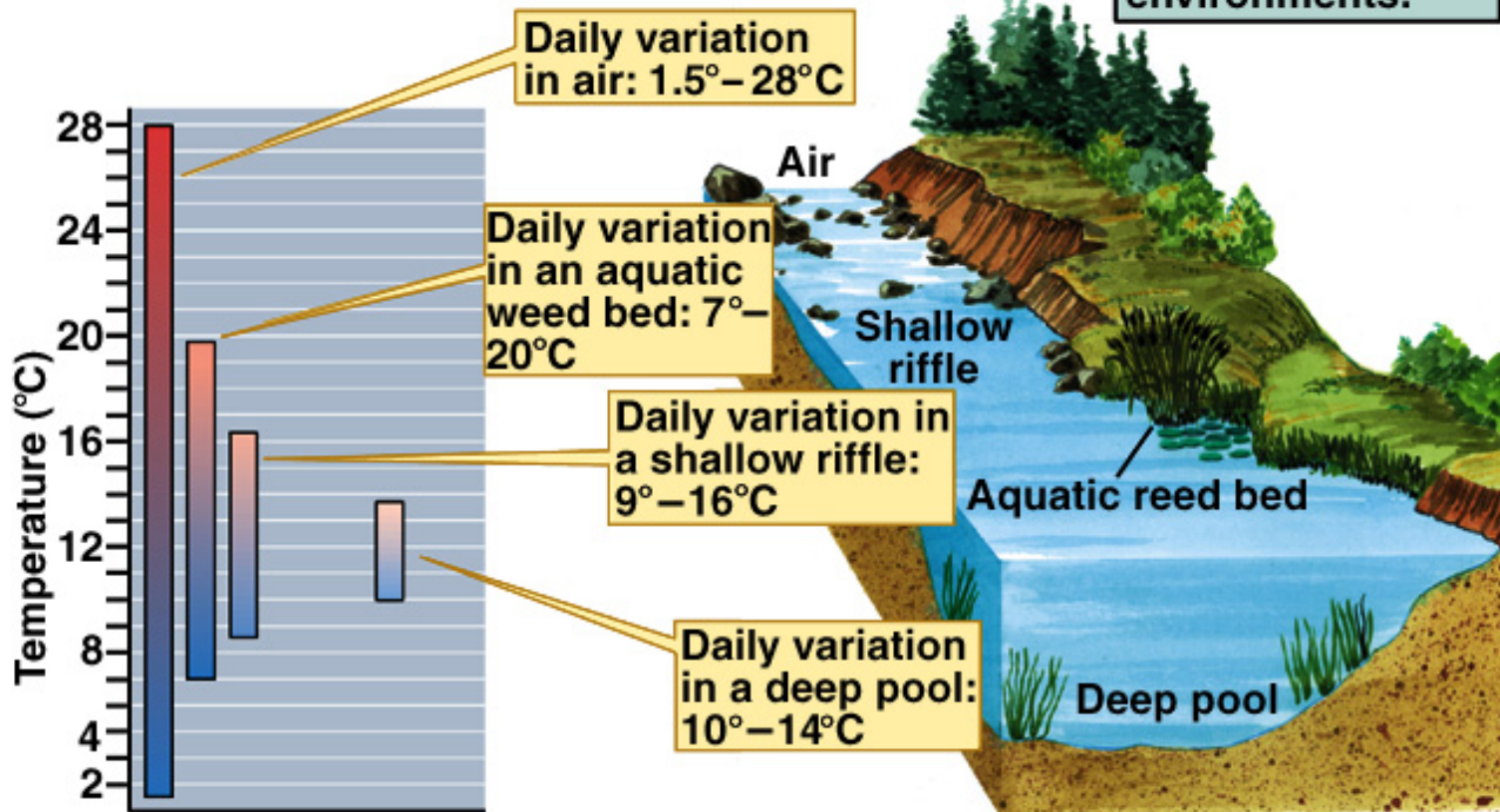
Shaded environments in crevices and under stones are cooler than on exposed rocks.



Varijacije temperature su općenito manje u vodenim okolišima nego u kopnenim. Međutim, pojedini dijelovi vodenih staništa također pokazuju različita kolebanja temperature

Aquatic Microclimates

Aquatic environments generally show less temperature variation than do terrestrial environments.



Čovjek u staklenicima ili plastenicima stvara mikroklimu koja omogućava rast biljkama koje izvan staklenika ne bi mogle rasti



Organizmi su prilagođeni temperaturi okoliša u kojem žive

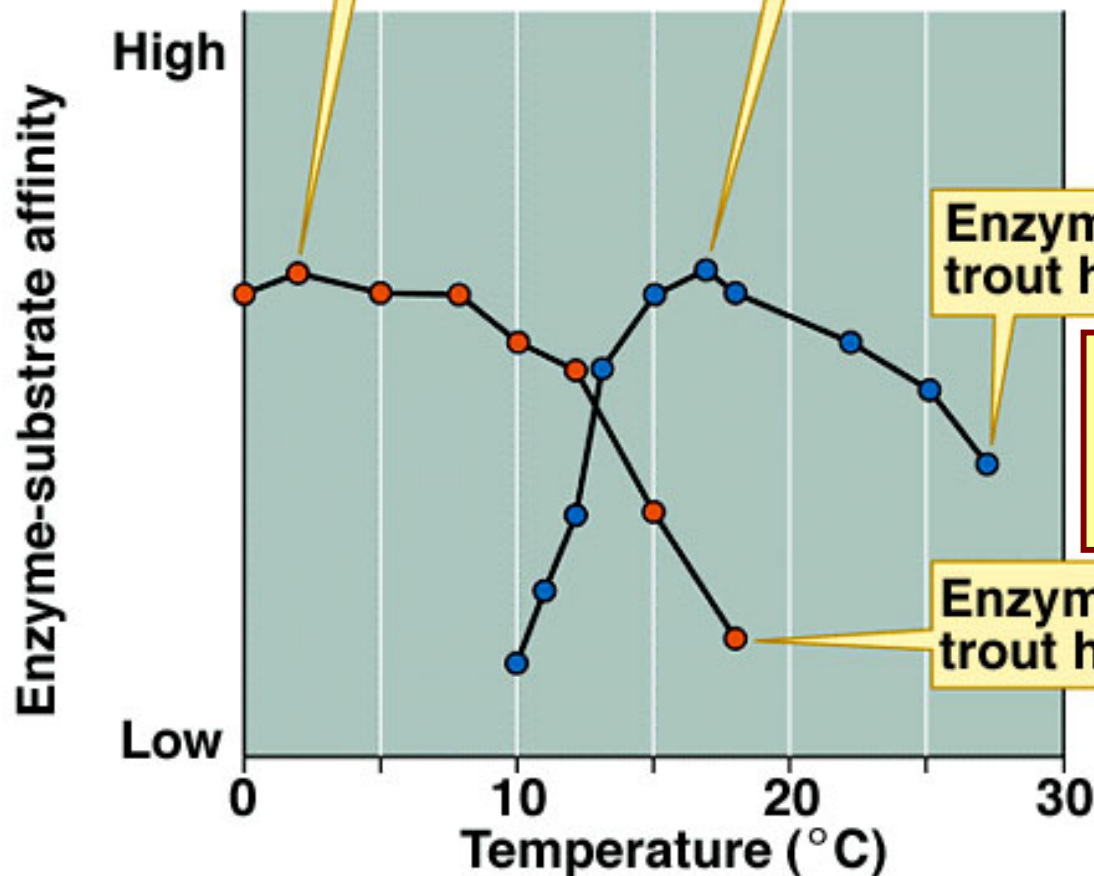
- Većina vrsta pokazuje maksimum svojih aktivnosti u vrlo uskom rasponu temperatura, rasponu koji upravo odgovara temperaturama u okolišu (arktičke ribe plivaju jednako brzo kao i tropske)
- Utjecaj temperature na aktivnost organizama počinje već na molekularnoj razini, gdje temperatura utječe na aktivnost enzima

Aktivnost enzima prilagođena je temperaturama na kojima organizmi žive

Temperature and enzyme activity.

Acetylcholinesterase of trout held at 2°C shows highest affinity for its substrate at 2°C.

Acetylcholinesterase of trout held at 17°C shows highest affinity for its substrate at 17°C.

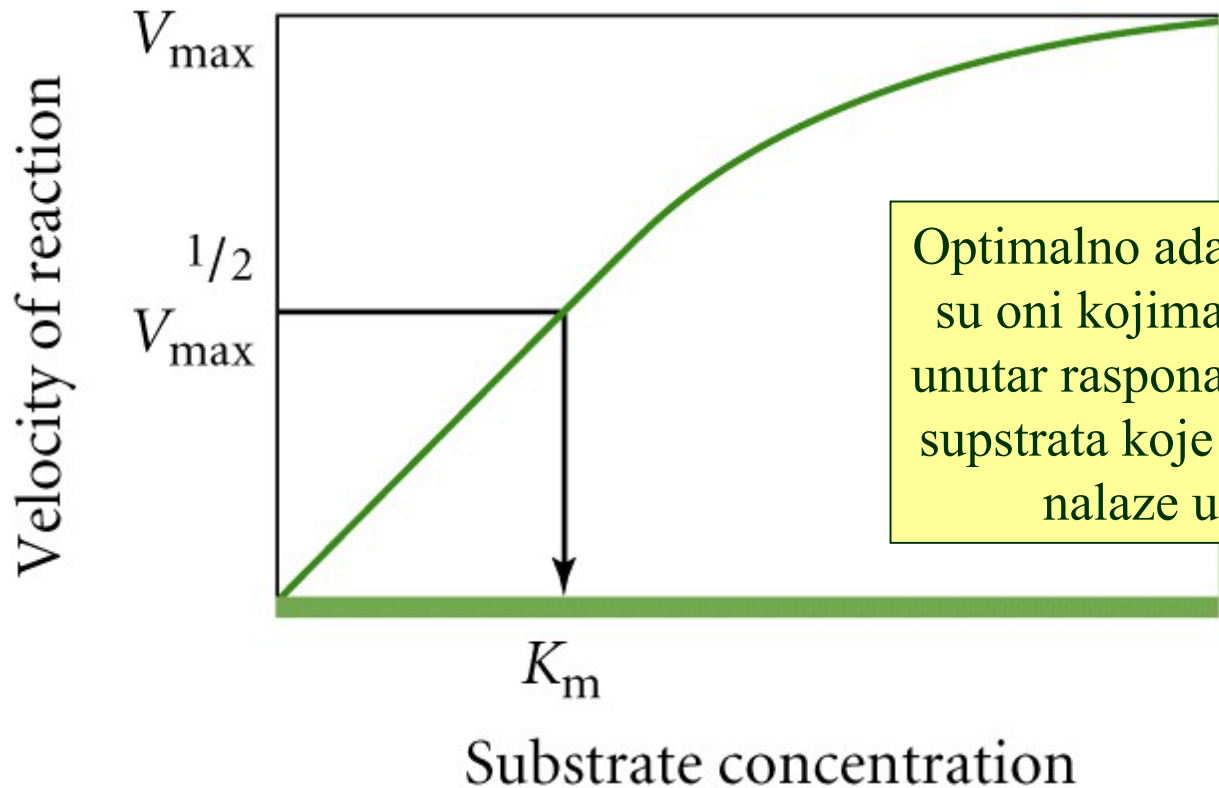


Enzyme from trout held at 17°C.

Pastrva je sposobna proizvesti različite forme istog enzima

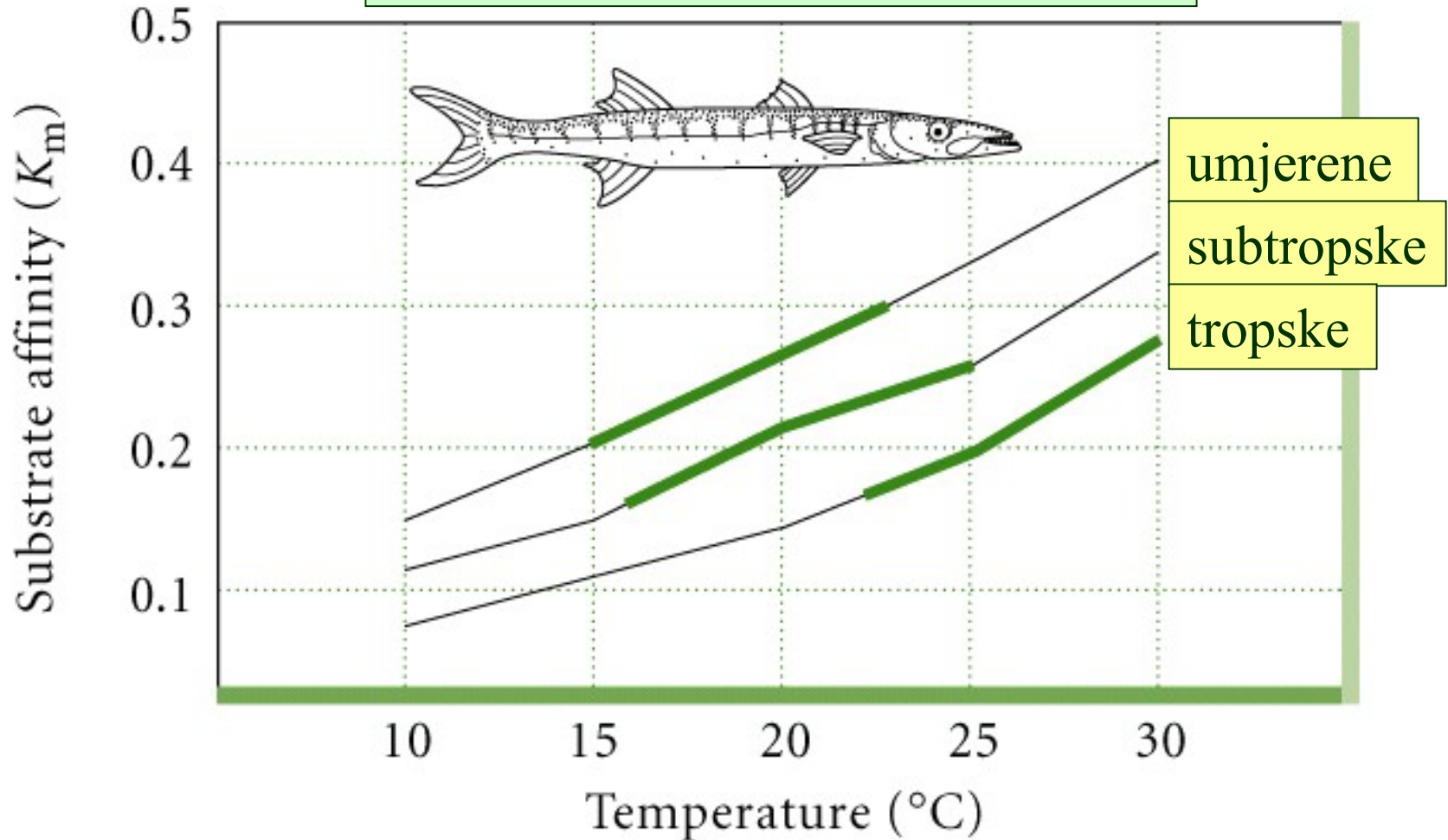
Enzyme from trout held at 2°C.

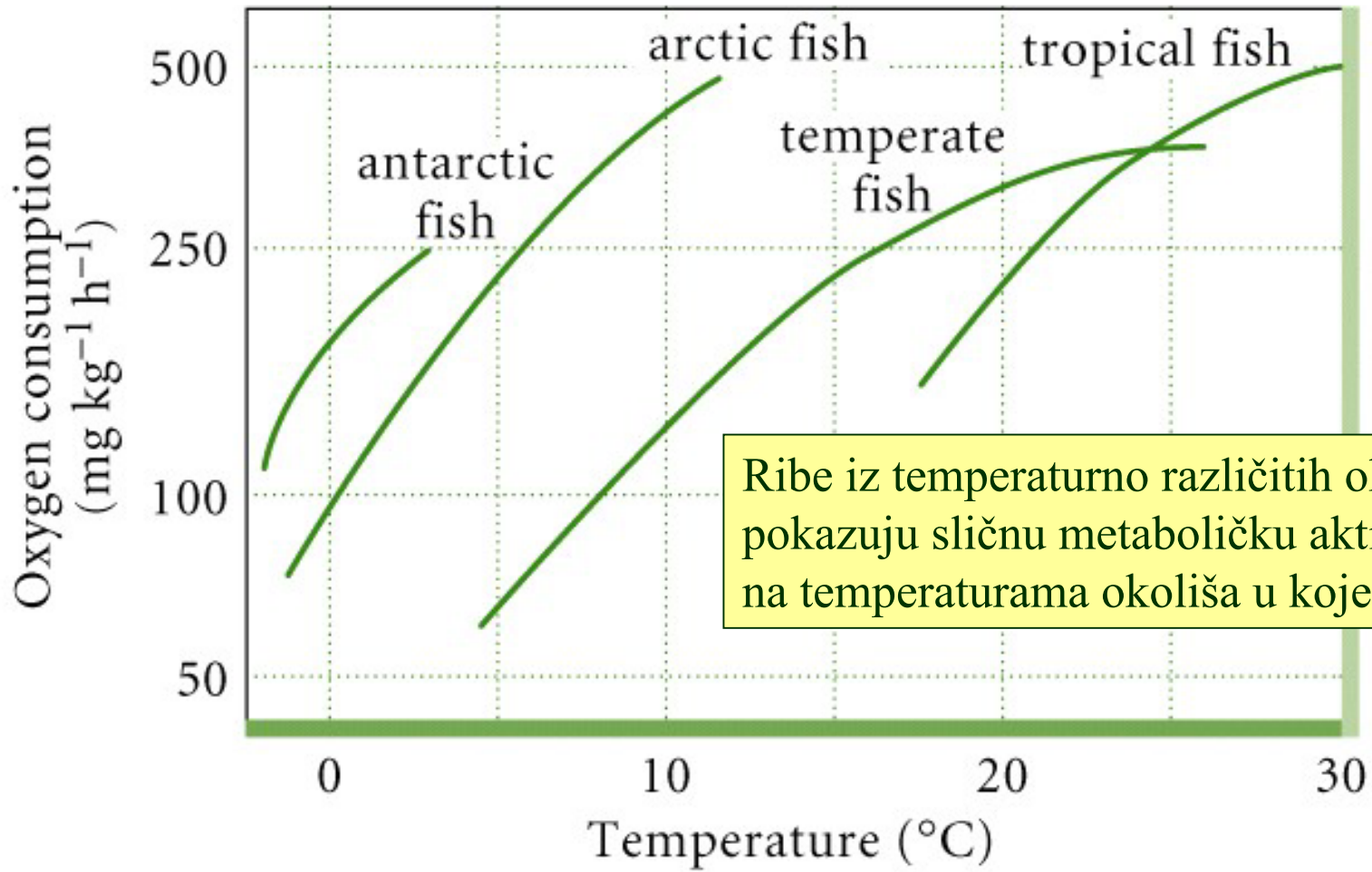
Mjera katalitičke sposobnosti enzima je lakoća kojom se enzim veže za supstrat. Ona se izražava Michaelis-Mentonovom konstantom (K_m) koja predstavlja koncentraciju supstrata kod koje je brzina reakcija jednaka $\frac{1}{2}$ od maksimalne



Optimalno adaptirani enzimi su oni kojima se K_m nalazi unutar raspona koncentracija supstrata koje se uobičajeno nalaze u tkivima

Utjecaj temperature na enzimatsku aktivnost kod tri vrste barakuda





Ribe iz temperaturno različitih okoliša pokazuju sličnu metaboličku aktivnost na temperaturama okoliša u kojem žive

Utjecaj temperature na razvitak organizama

- Individualni razvitak hladnokrvnih organizama (organizama koji ne održavaju konstantnu tjelesnu temperaturu) se u pravilu odvija brže na višim temperaturama. Kako se tijekom razvitka organizam mijenja, djelovanje temperature na brzinu razvitka je različito za pojedine razvojne stadije. Pri tome razlikujemo nekoliko važnih temperaturnih parametara:
 - **Temperaturni prag razvitka** – najniža temperatura na kojoj se razvitak zaustavlja (u pravilu se ne poklapa s donjom letalnom temperaturom)
 - **Temperaturna konstanta** – izražava ukupnu sumu toplotne energije koja je neophodna za odvijanje razvitka određenog razvojnog stadija ili ukupnog razvitka jedinke, bez obzira na kojoj se temperaturi razvoj događa (pravilo “sume topline” ili “sume efektivnih temperatura”)

Krivulja koja opisuje trajanje razvitka u ovisnosti o temperaturi ima oblik hiperbole (njena recipročna vrijednost je pravac) i definirana je sljedećom jednačinom:

$$D (T - t_0) = C$$

D – ukupno trajanje razvitka

T – temperatura na kojoj se razvitak odvija

t_0 – temperaturni prag razvitka

C – termalna konstanta

Drugim riječima, produkt trajanja razvitka i efektivne temperature (višak temperature iznad praga razvitka; $T - t_0$) ima konstantnu vrijednost koja se naziva **termalna konstanta**

Ako je poznata temperatura praga razvitka (t_0), tada je moguće izračunati trajanje razvitka na različitim konstantnim temperaturama:

$$D = C/(T - t_0)$$

Ukoliko je poznato trajanje razvitka na dvjema različitim temperaturama, moguće je izračunati temperaturni prag razvitka kojega je inače vrlo teško empirijski utvrditi. Kada je na obje temperature termalna konstanta ista, onda vrijedi:

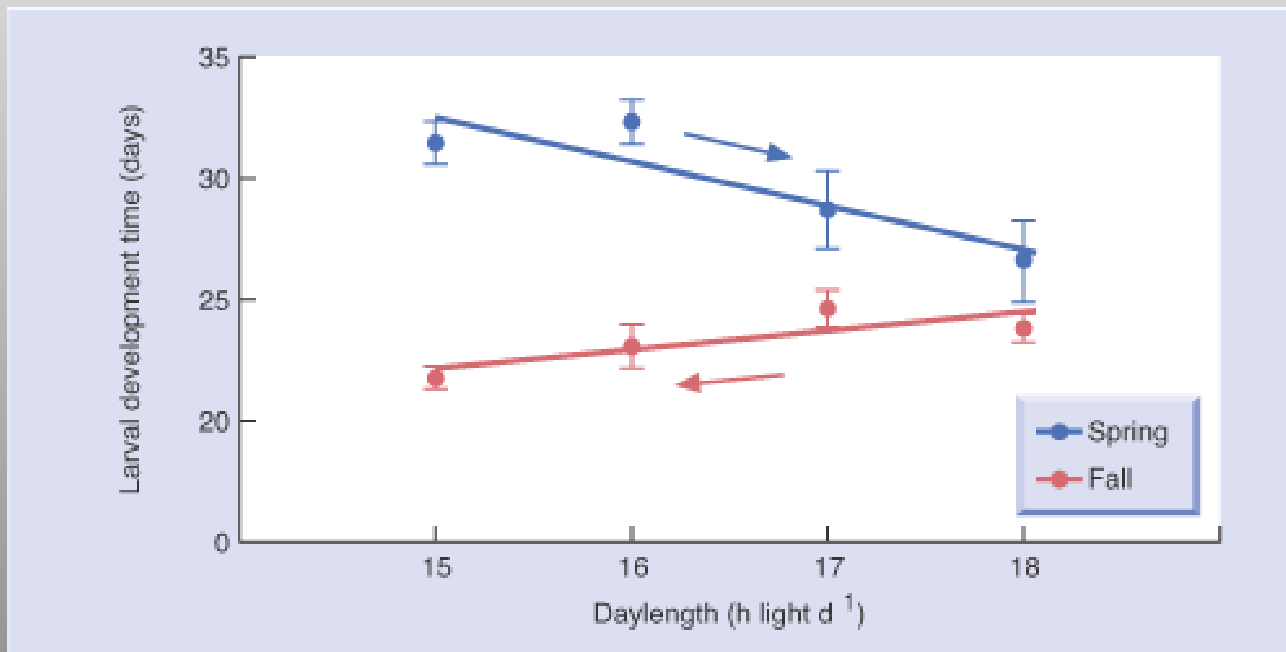
$$D(T - t_0) = D_1(T_1 - t_0)$$

pa je prema tome

$$t_0 = (TD - T_1D_1)/(D - D_1)$$

Termalna konstanta može imati vrlo veliki praktični značaj jer omogućava procjenu brzine razvitka jedinki u danim uvjetima temperature. Odnos godišnje sume srednjih dnevnih efektivnih temperatura u danom području naprema vrijednosti termalne konstante dane vrste predstavlja indeks koji pokazuje da li se vrsta može održati u tom području i koliki broj generacija može dati tijekom godine

Trajanje razvitka ličinki smanjuje se s porastom temperature u proljeće, a povećava sa smanjenjem temperature u jesen

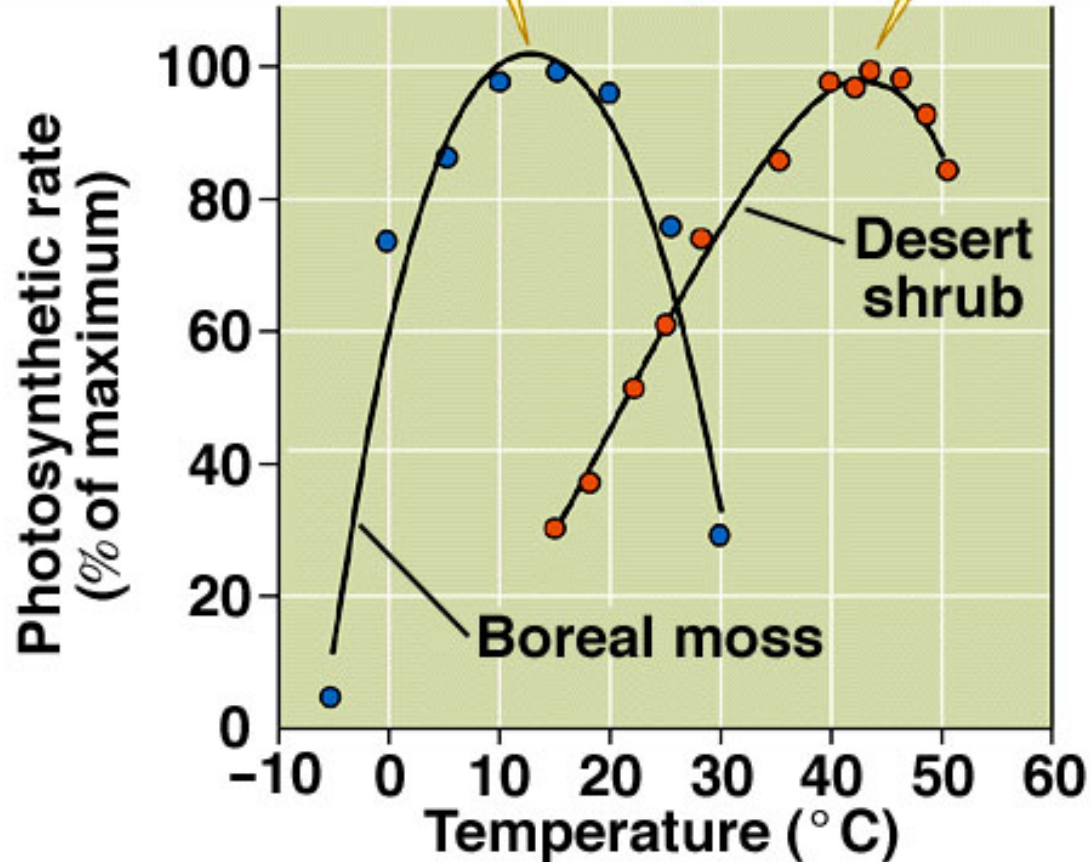


Biljke iz različitih klimatskih područja dostižu maksimalnu stopu fotosinteze kod različitih temperatura

Temperature and photosynthesis.

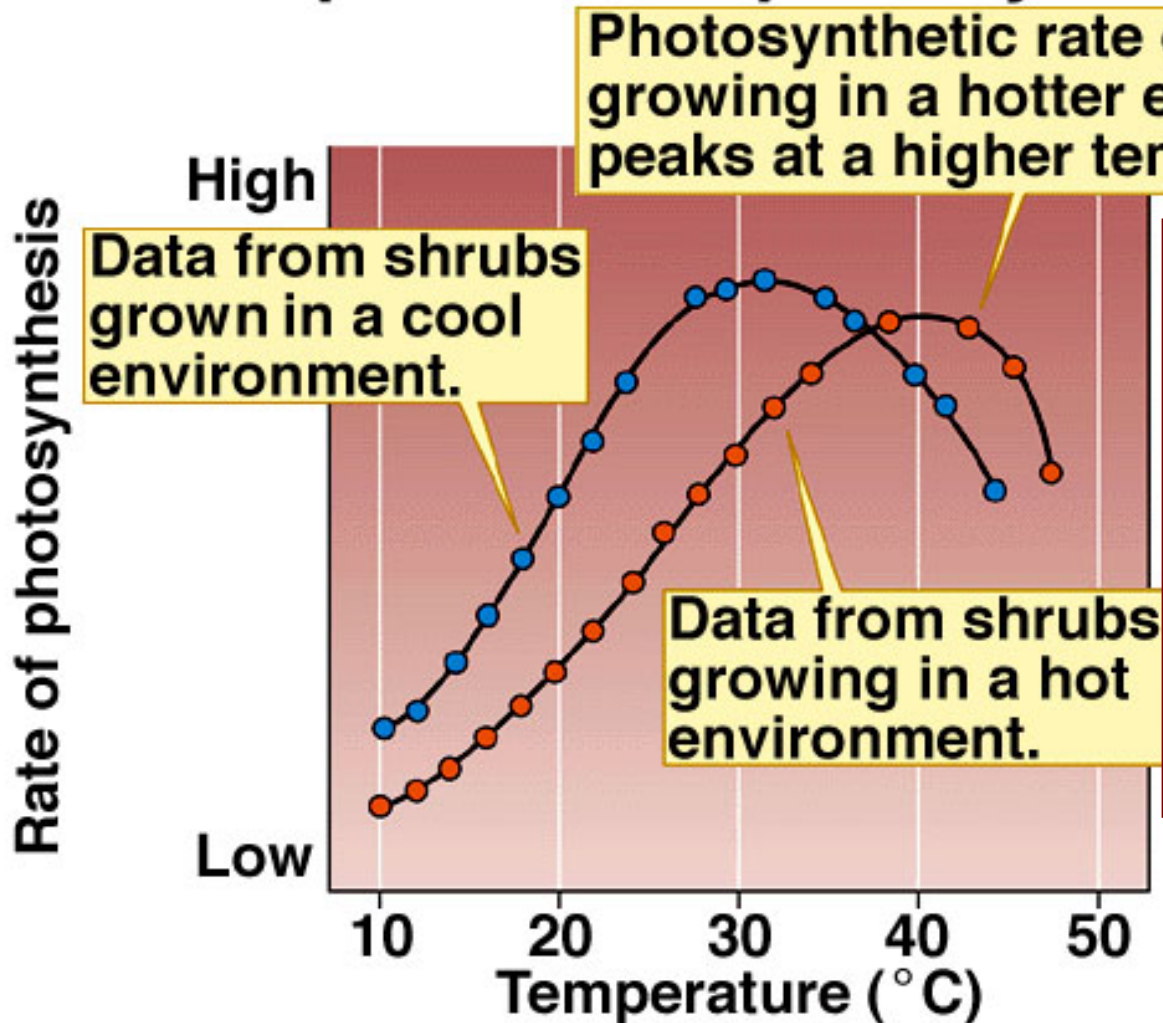
A moss from boreal forest photosynthesizes at a maximum rate at 15°C.

A desert shrub photosynthesizes at a maximum rate at 44°C.



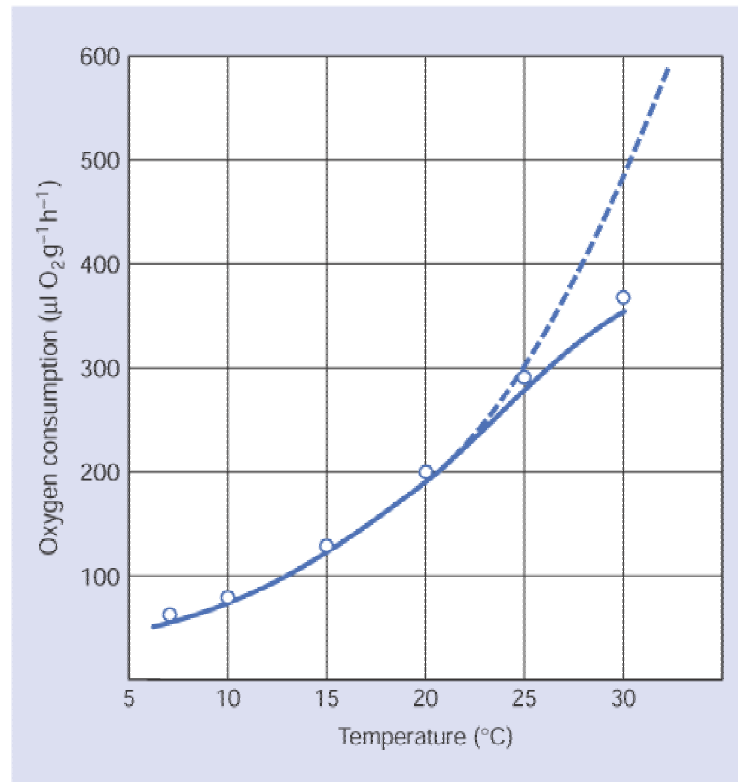
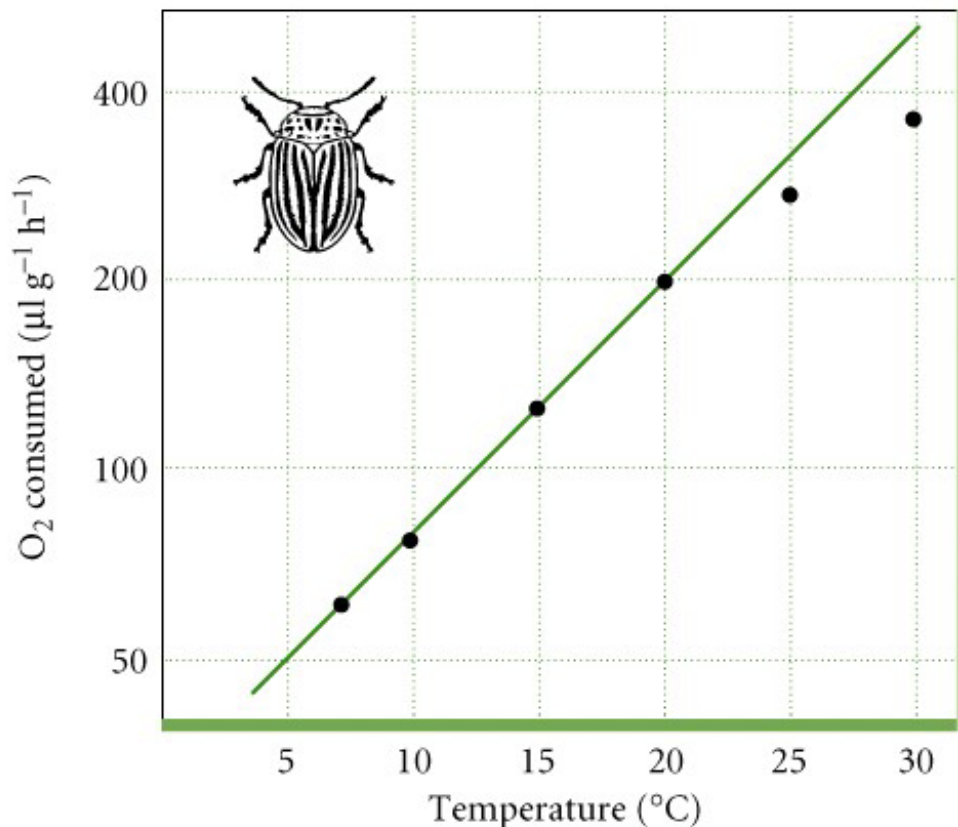
Mahovine iz borealnih šuma dostižu maksimalnu fotosintezu kod 15°C, dok pustinjaško grmlje kod te temperature dostiže svega oko 25% od svog maksimuma. S druge strane maksimum fotosinteze pustinjaško grmlje dostiže na 44°C, dok mahovine pri toj temperaturi ugibaju.

Growing temperatures and optimal temperature for photosynthesis.



Biljke koje rastu u toplijim staništima su i u eksperimentalnim uvjetima pokazivale maksimum fotosinteze kod viših temperatura u odnosu na biljke koje rastu u hladnijim staništima

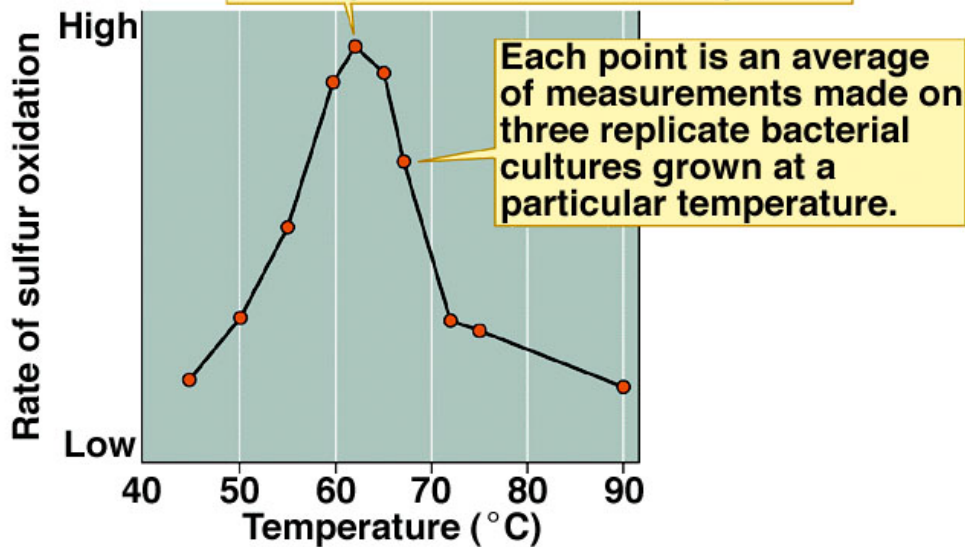
Stopa konzumacije kisika kao funkcija temperature kod krumpirove zlatice



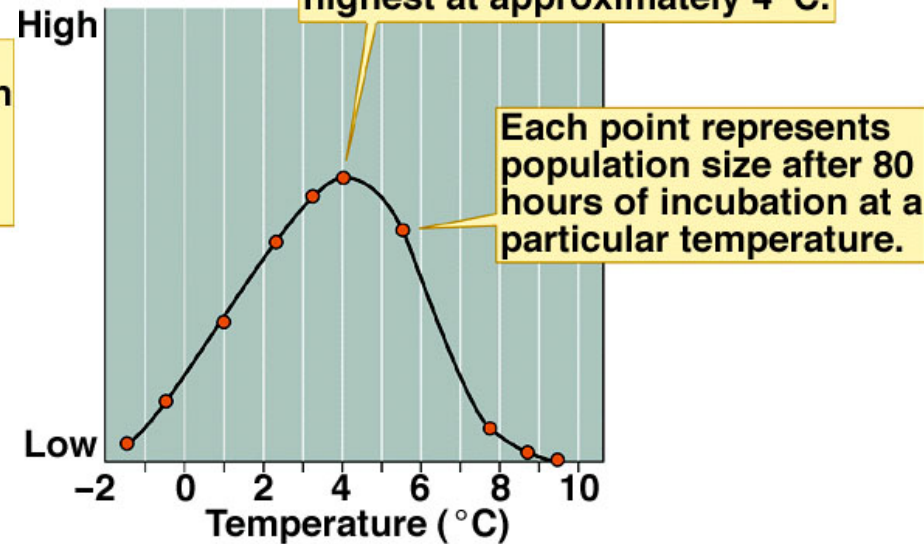
Stopa konzumacije kisika povećava se linearno s porastom temperature do temperature od 20°C (stopa konzumacije kisika se udvostručava sa svakim porastom temperature od 10°C). Ipak, stopa konzumacije kisika usporava s porastom na temperaturama iznad 20°C.

Temperatura i rast bakterija

Rate of sulfur oxidation by these bacteria from a 59°C hot spring was highest at approximately 63°C.



Rate of population growth by these antarctic bacteria was highest at approximately 4°C.

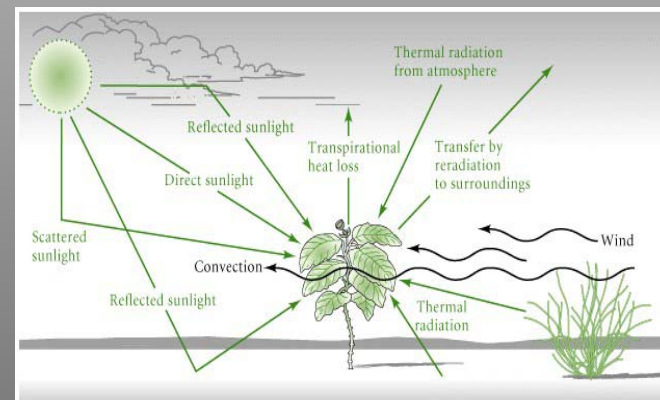


Stopa rasta bakterija iz vrućih izvora bila je najveća kod temperature od 63°C

Stopa rasta antarktičkih bakterija bila je najveća kod temperature od 4°C

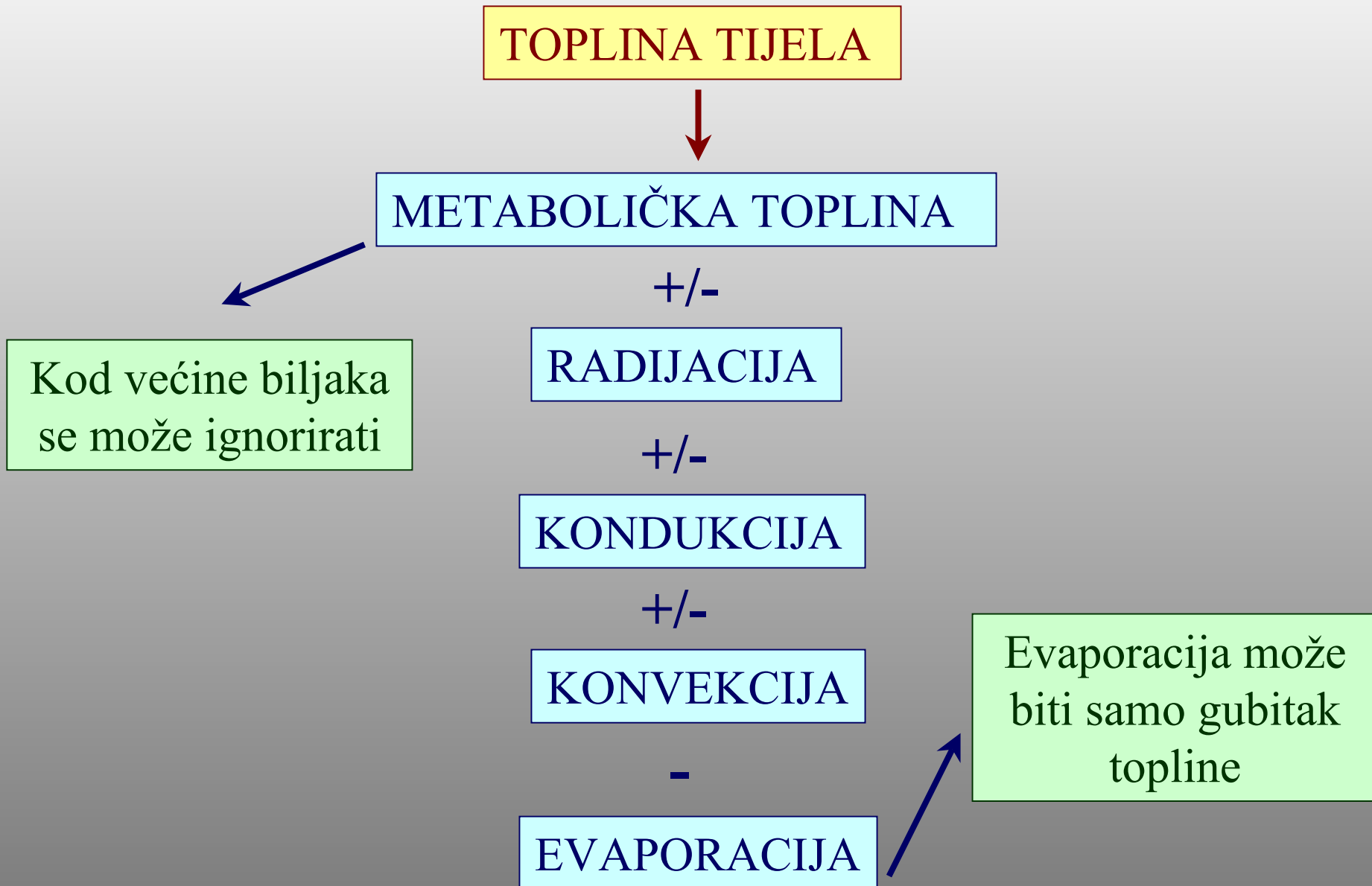
Izmjena topline između organizama i okoliša

- Regulacija temperature tijela odvija se kroz ravnotežu između dobitka i gubitka topline
- Organizmi to mogu mogu postići morfološkim prilagodbama, ponašanjem ili metaboličkom aktivnošću

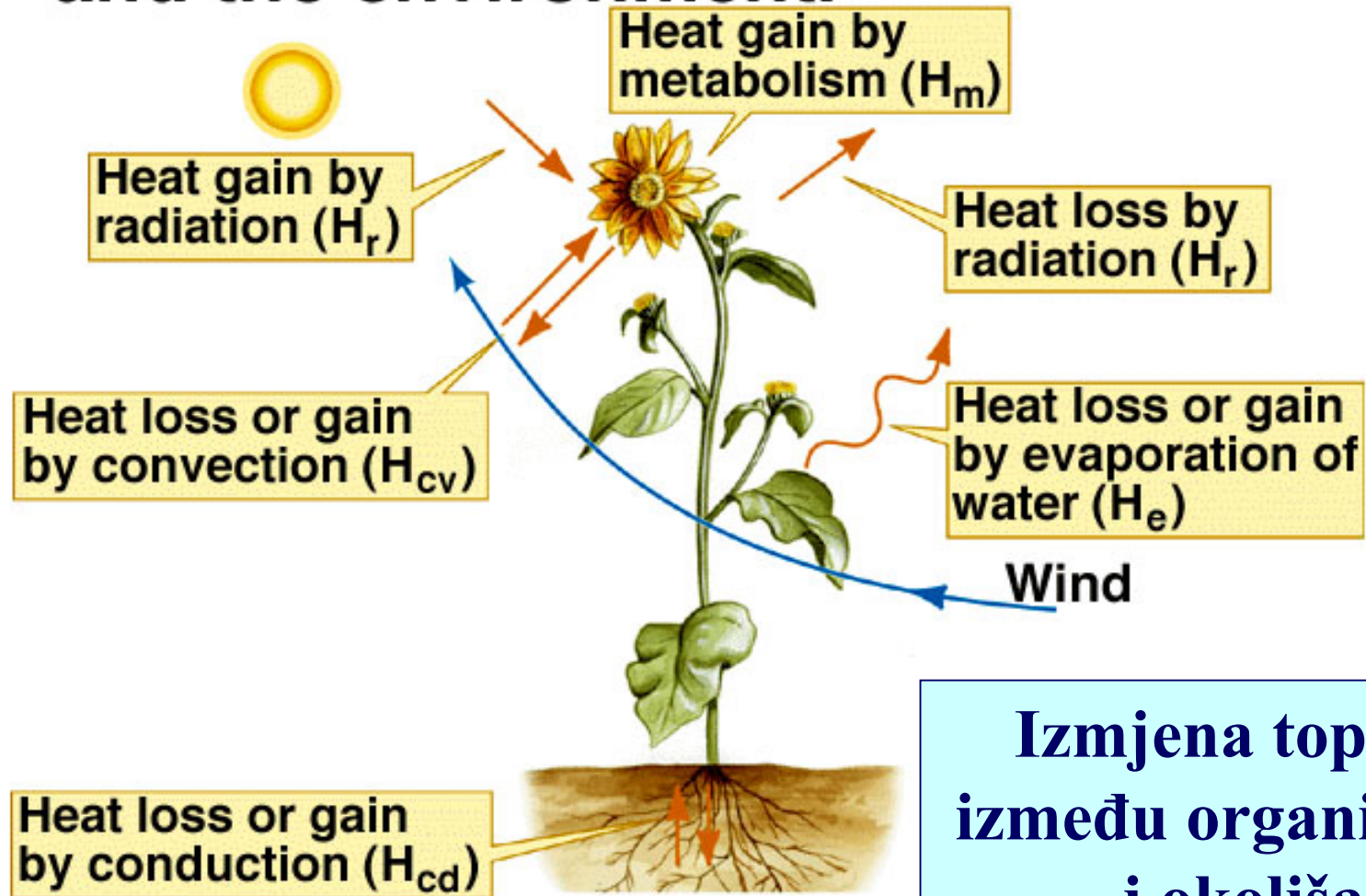


Mehanizmi izmjene topline između organizama i okoliša

- **Radijacija (zračenje)** je apsorpcija (dobitak) ili emisija (gubitak) elektromagnetskog zračenja čiji izvori pored sunca mogu biti nebo, tlo, drugi organizmi i svi drugi predmeti u okolišu
- **Kondukcija (vodljivost)** je prijenos kinetičke energije topline između objekata ili supstanci koje su u fizičkom kontaktu (termička vodljivost ovisi o površini kontakta, udaljenosti i gradijentu topline; vakuum = 0; zrak = 0.0026; voda = 0.006; bakar = 4)
- **Konvekcija** je gibanje tekućina ili plinova iznad čvrstih predmeta (npr. hlađenje putem vjetera; grijanje fenom)
- **Evaporacija (isparavanje)** je samo gubitak topline (evaporacija 1 g vode s površine tijela uklanja 2.43 KJ topline na temperaturi od 30°C)

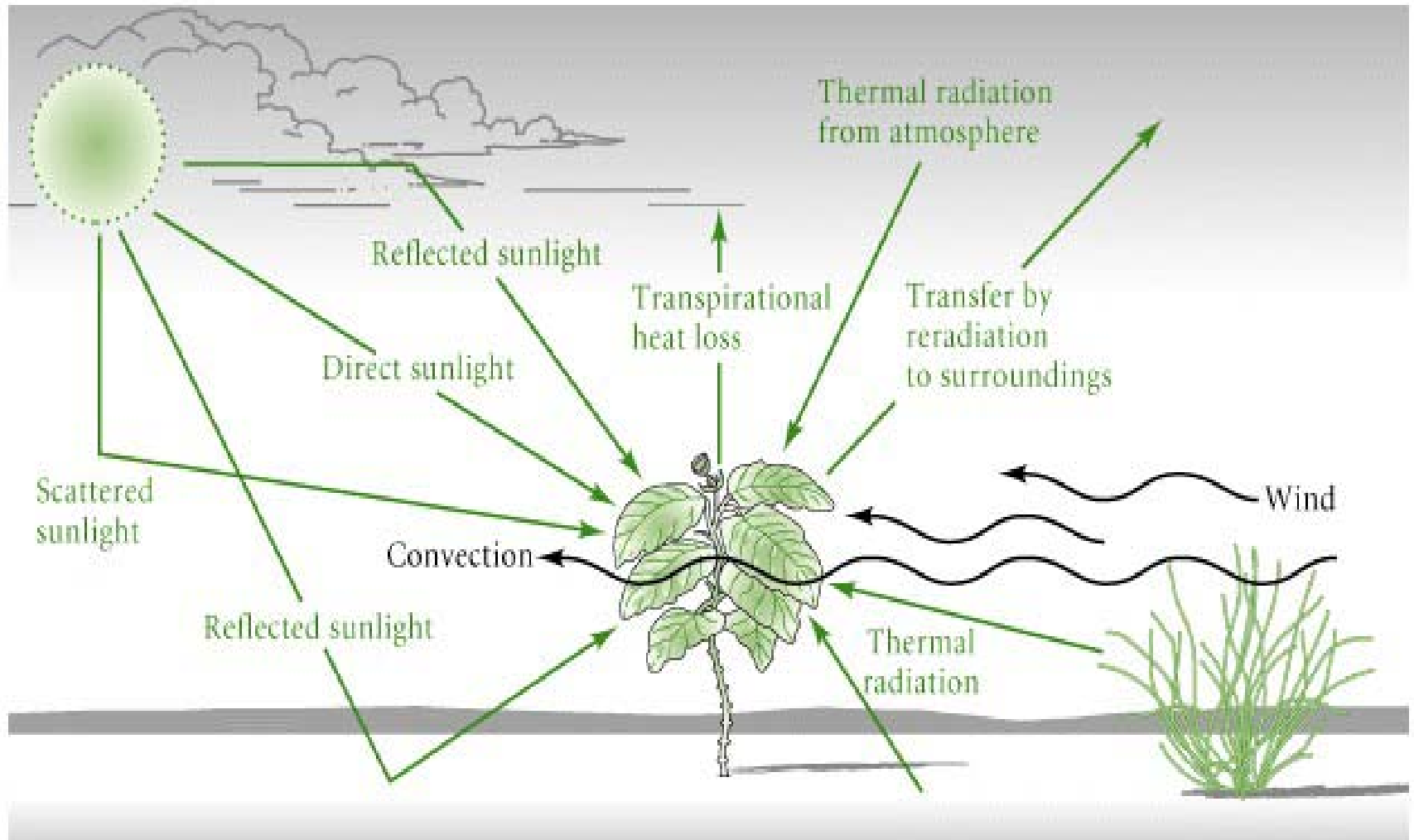


Heat exchange between organisms and the environment.



Izmjena topline između organizama i okoliša

Izmjena topline između organizama i okoliša



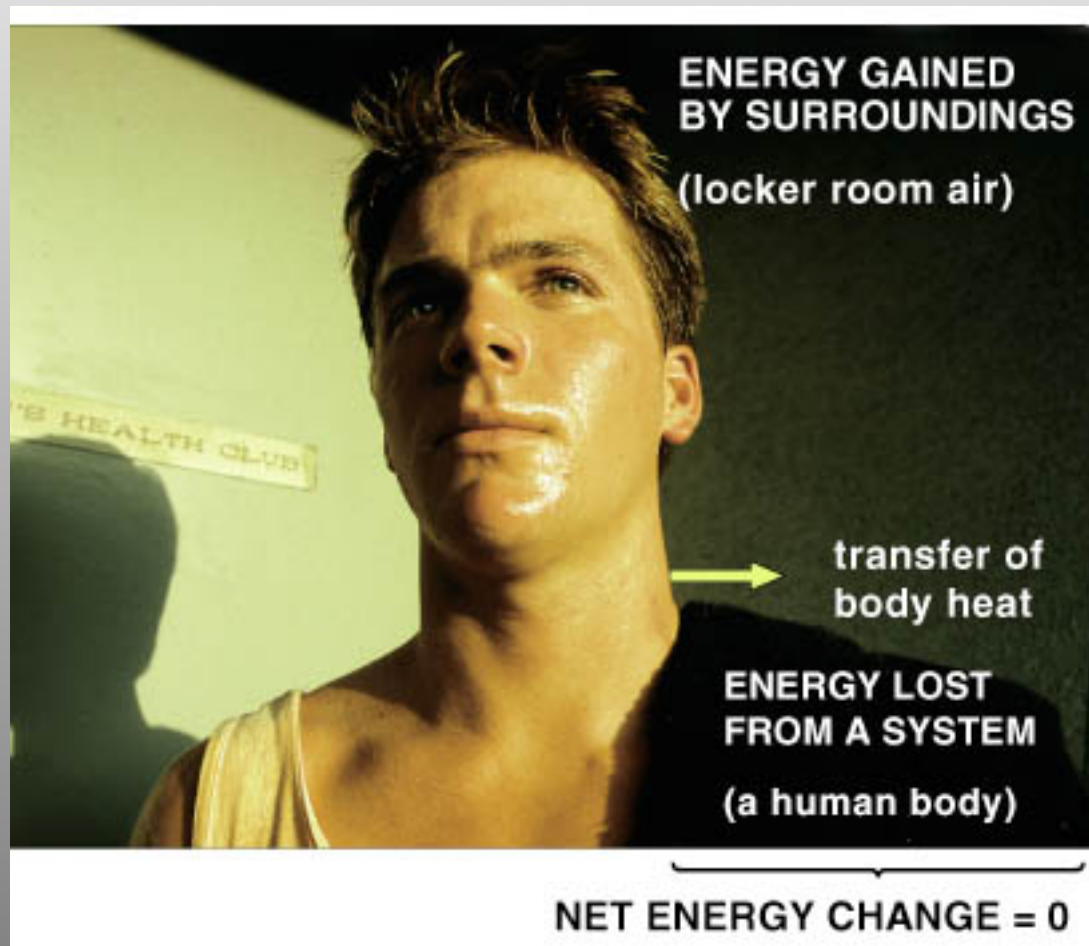
Načini regulacije tjelesne topline

- **Poikilotermi, ektotermi ili hladnokrvni organizmi**
 - Ne reguliraju tjelesnu temperaturu putem metaboličke aktivnosti
 - Temperatura tijela ovisi o temperaturi vanjskog okoliša
 - Putem morfoloških i anatomskih prilagodbi, te putem ponašanja ovi organizmi manipuliraju s radijacijom, kondukcijom, konvekcijom i evaporacijom
 - U ove organizme spadaju sve biljke i sve životinje osim sisavaca i ptica
- **Homeotermi, endotermi ili toplokrvni organizmi**
 - Aktivno reguliraju tjelesnu temperaturu putem metaboličke aktivnosti
 - U ove organizme spadaju sisavci i ptice

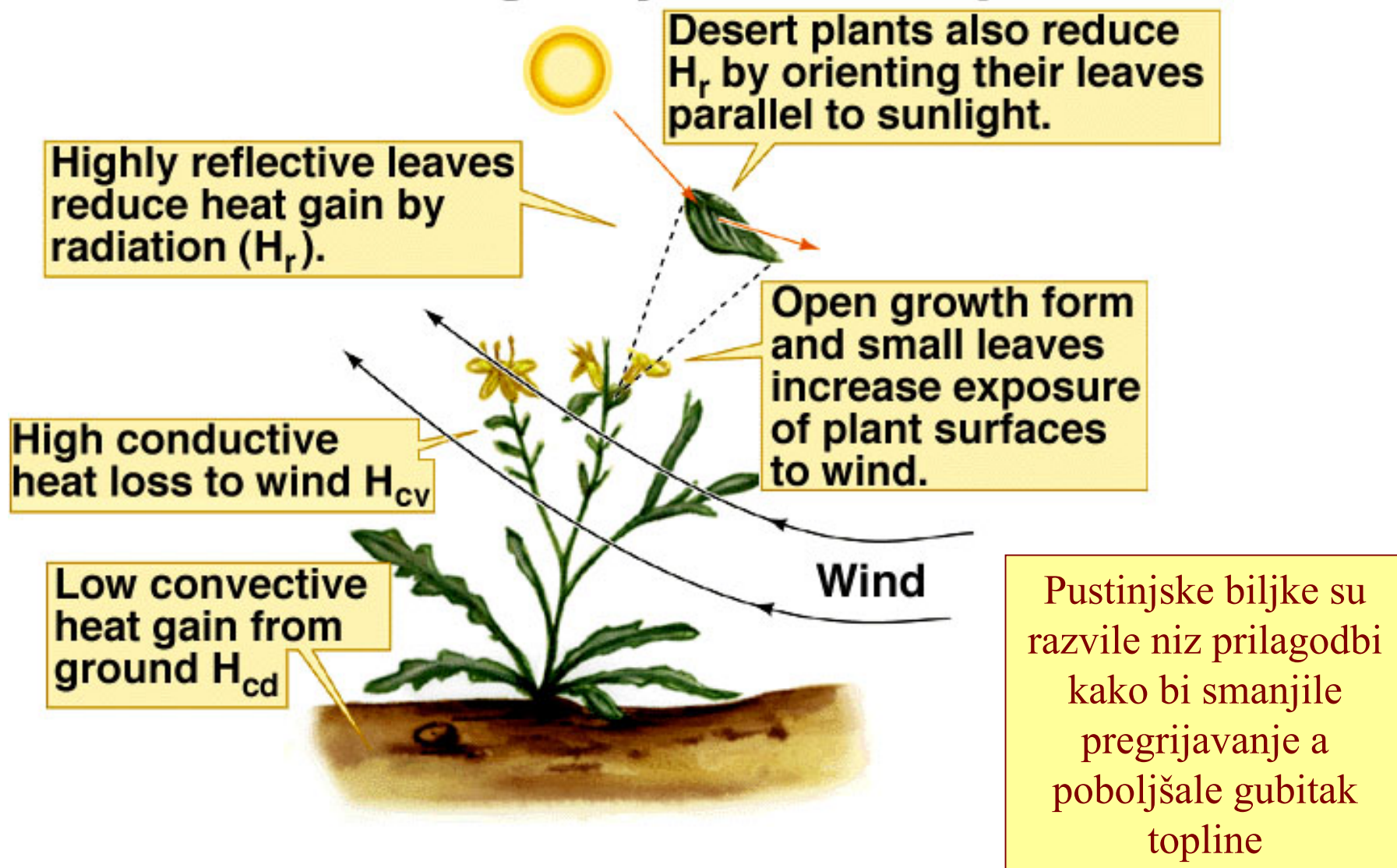
DEFINICIJE

Homeotermija	Održavanje konstantne temperature tijela, najčešće više od temperature okoliša (“toplokrvnost”)
Poikilotermija	Nemogućnost reguliranja tjelesne temperature, prilagođavanje temperaturi okoliša (“hladnokrvnost”)
Endotermija	Povećanje razine metabolizma kao odgovor na hlađenje tijela, a u svrhu održavanja homeotermije
Ektotermija	Upućenost na vanjske izvore topline (sunčevo zračenje, kondukcija) u svrhu povećanja tjelesne temperature
Heterotermija	Fakultativno smanjenje tjelesne temperature kod endoterma
Fakultativna endotermija	Povećanje temperature tijela kod ektoterma putem određenih fizioloških procesa

Ljudi su endotermi i aktivno reguliraju tjelesnu temperaturu (održavaju je na konstantnoj razini)



Heat exchange by a desert plant.



Listovi nekih pustinskih biljaka



Brojni mali listići
rasipaju toplinu



Listovi su
reducirani a
stabljika je
preuzela ulogu
fotosinteze

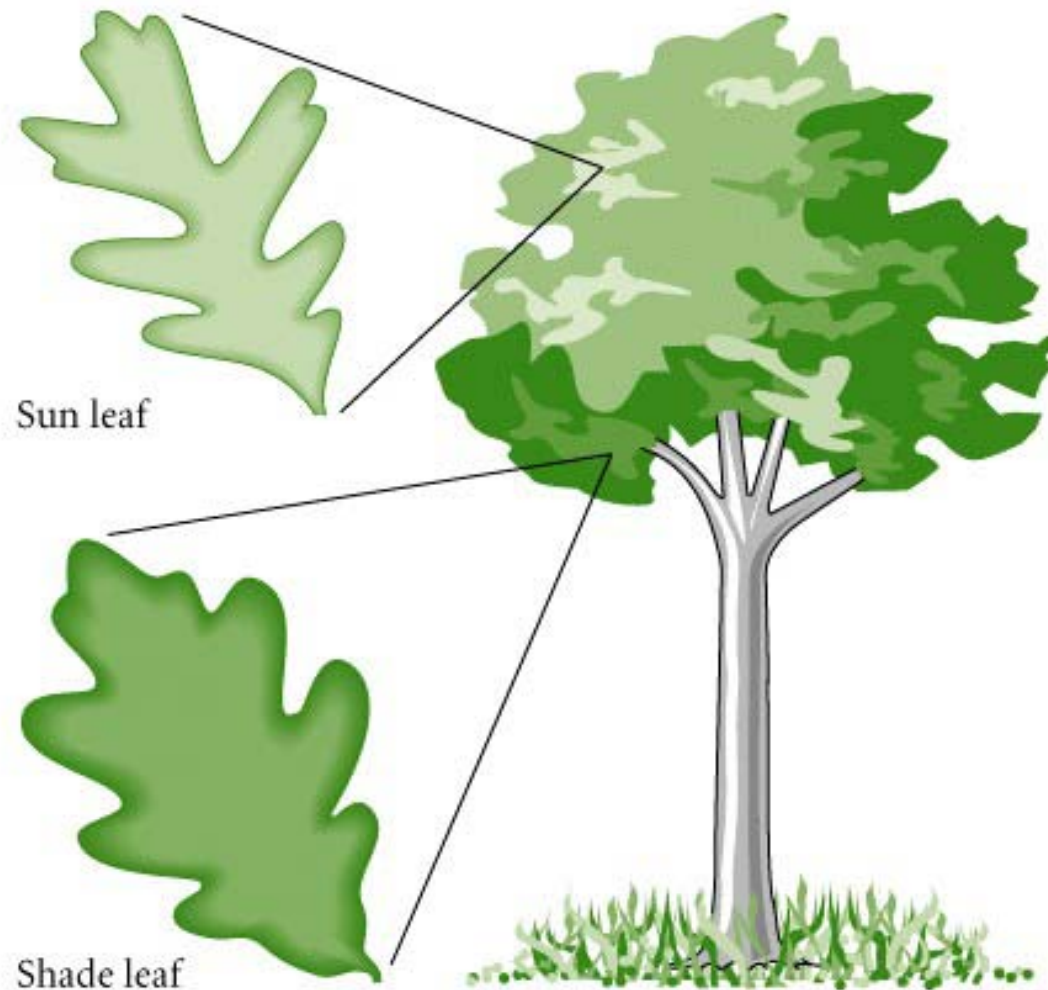


Listovi su prisutni
samo nekoliko
tjedana tijekom
ljetne kišne
sezone, a potom
otpadaju

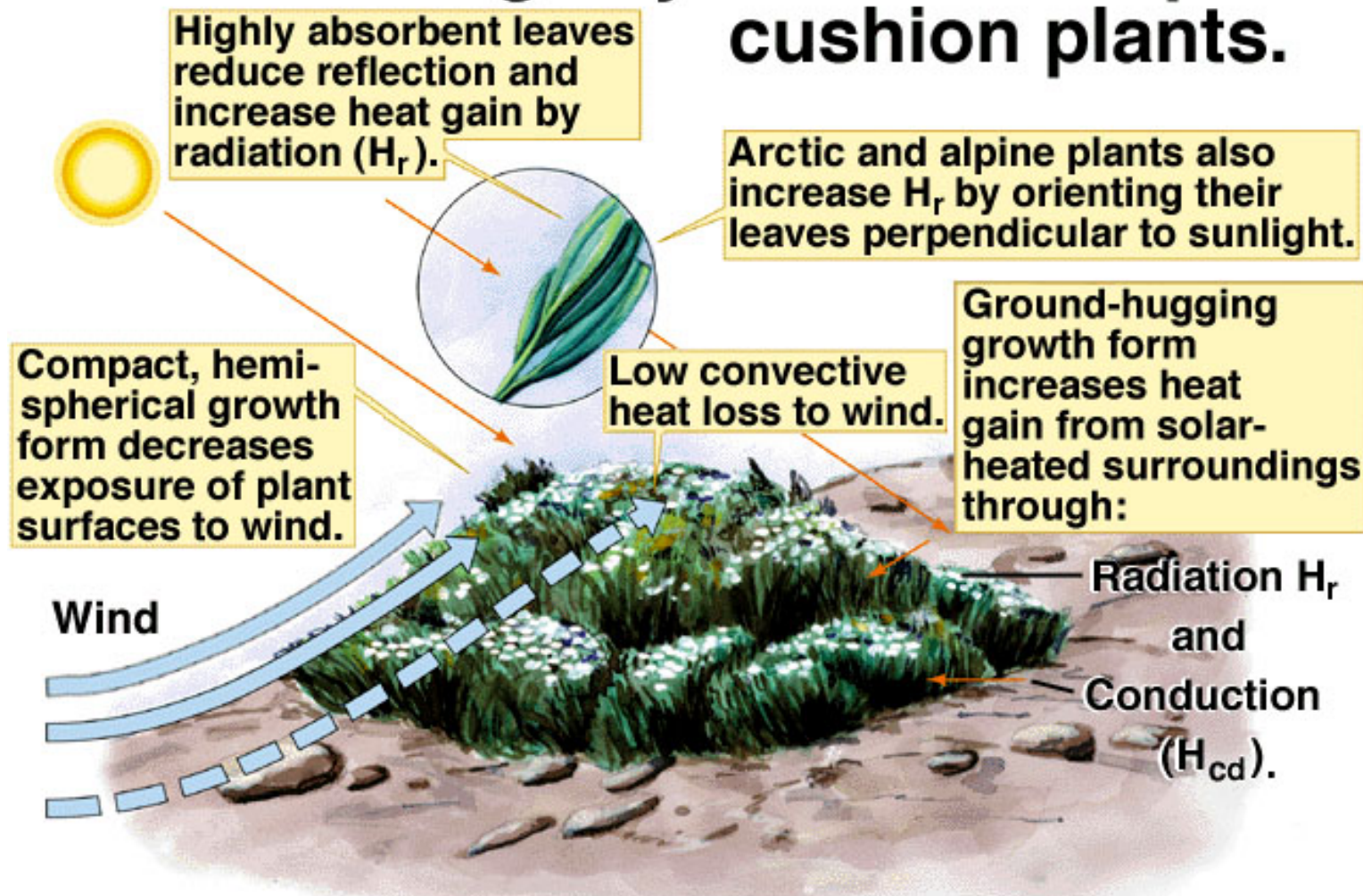
Guste dlačice prekrivaju lišće nekih pustinjskih biljaka i tako ga štite od direktnih sunčevih zraka i prekomjernog zagrijavanja



Siluate listova
bijelog hrasta na
suncu i u hladu

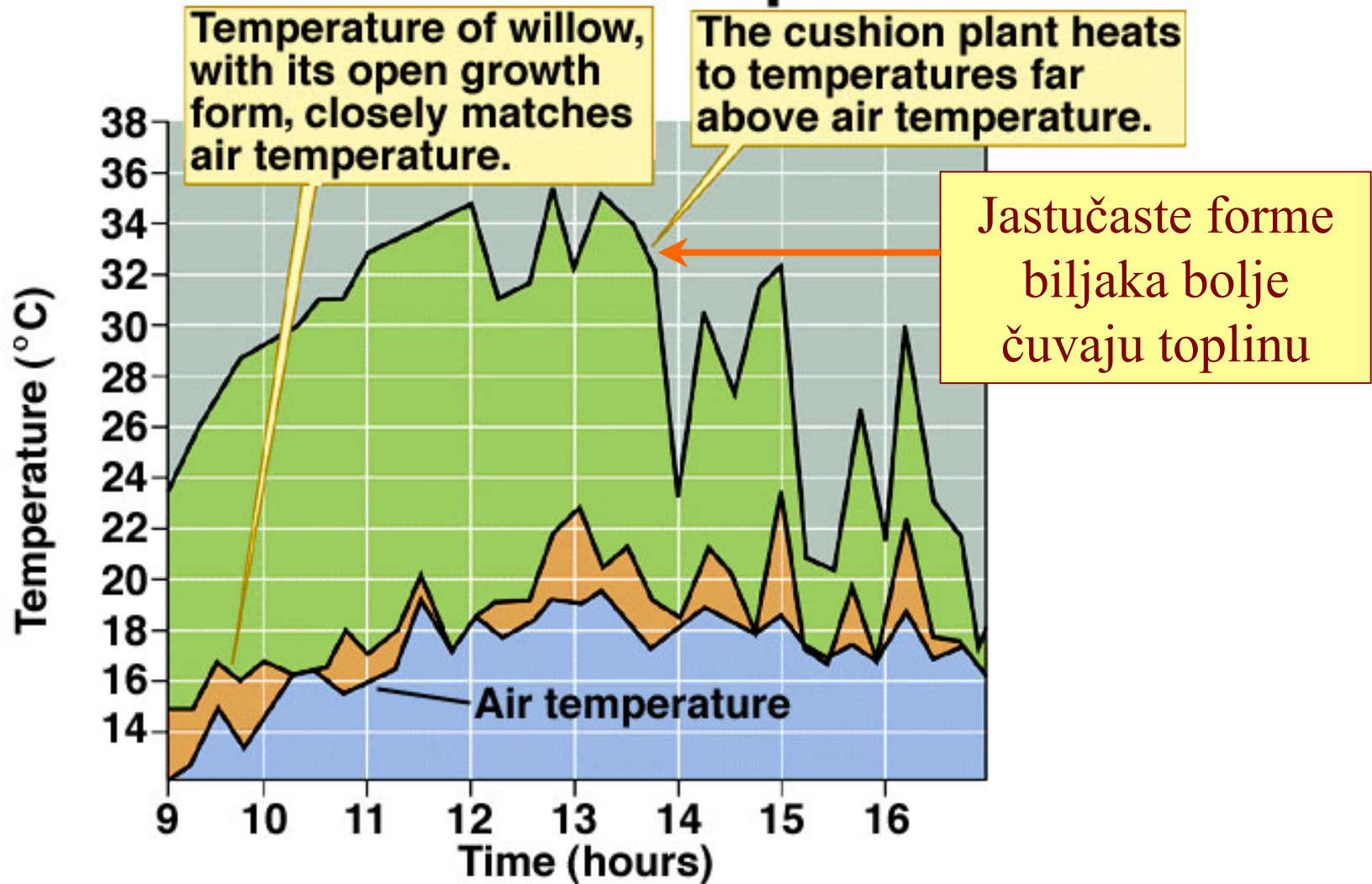


Heat exchange by arctic and alpine cushion plants.



Jastučaste forme rasta biljaka iz hladnih planinskih područja su idealna prilagodba koja smanjuje gubitak, a povećava dobitak topline

Growth form and temperature.



Pressing flat against the substrate reduces heat loss by convection (H_{cv}).

Exposing the darkly pigmented back to the sun increases heat gain by radiation (H_r).

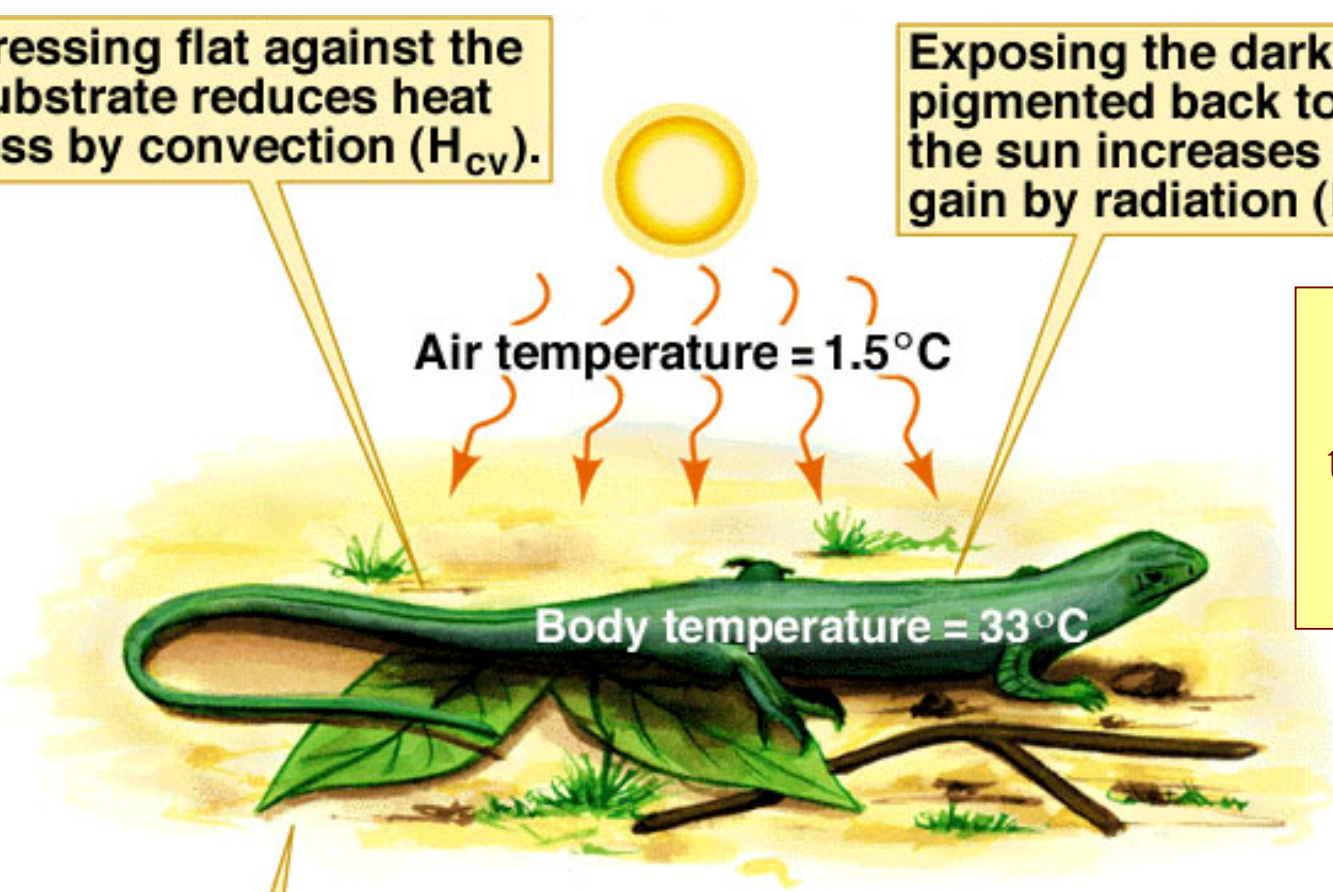
Air temperature = 1.5°C

Body temperature = 33°C

Gušter regulira temperaturu tijela izlaganjem suncu i položajem tijela

Perching on a bed of plant material reduces heat loss to the ground by conduction (H_{cd}).

Temperature regulation by *Liolaemus multiformis* lizards.





Temperatura i obojenost tijela

Rearing temperature and the pigmentation of the clear-winged grasshopper.

Grasshoppers reared at low temperatures develop dark pigmentation that is highly absorbent of visible light.



Grasshoppers reared at high temperatures develop reflective, light pigmentation.

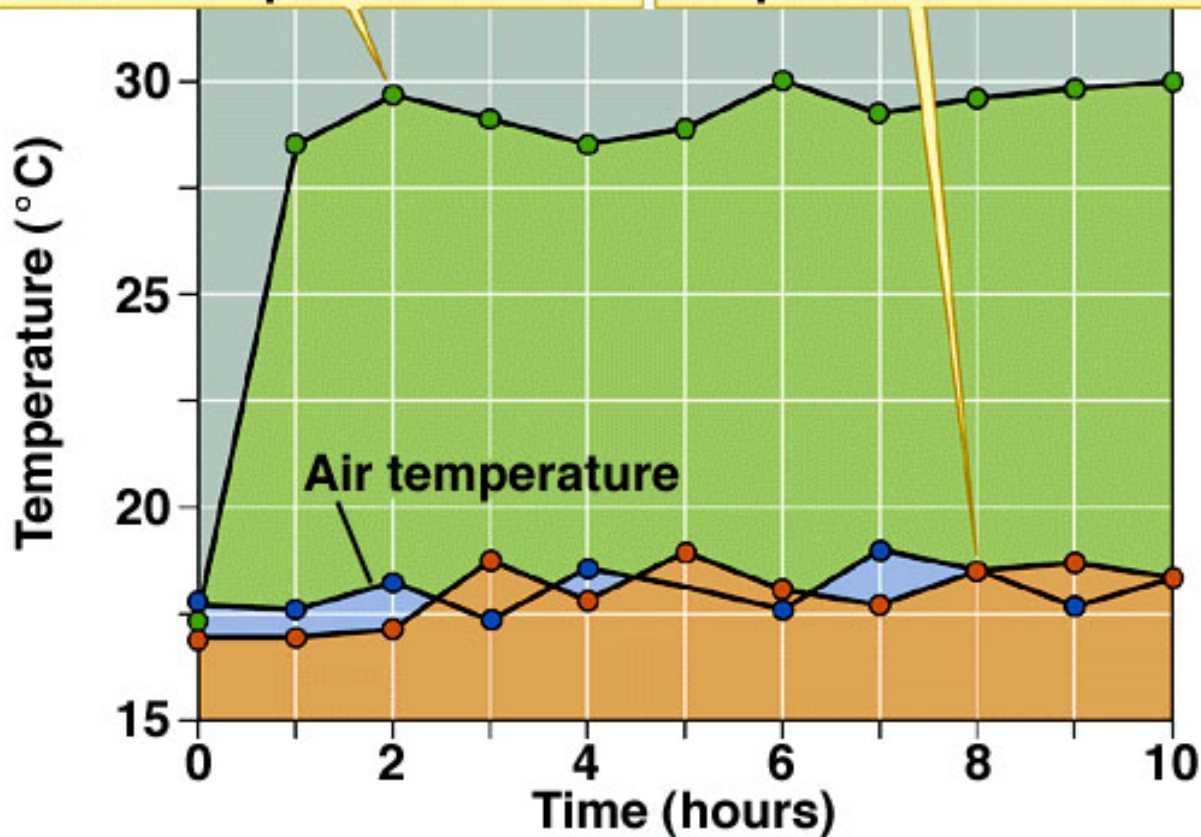


Skakavci koji su se razvijali na nižim temperaturama bili su tamnije obojeni od skakavca koji su se razvijali na visokim temperaturama. Ovi drugi su bili obojeni svjetlijim bojama koje bolje reflektiraju sunčevo zračenje

Basking and body temperature.

Grasshoppers with access to light bask, raising their body temperatures about 10°C above air temperature.

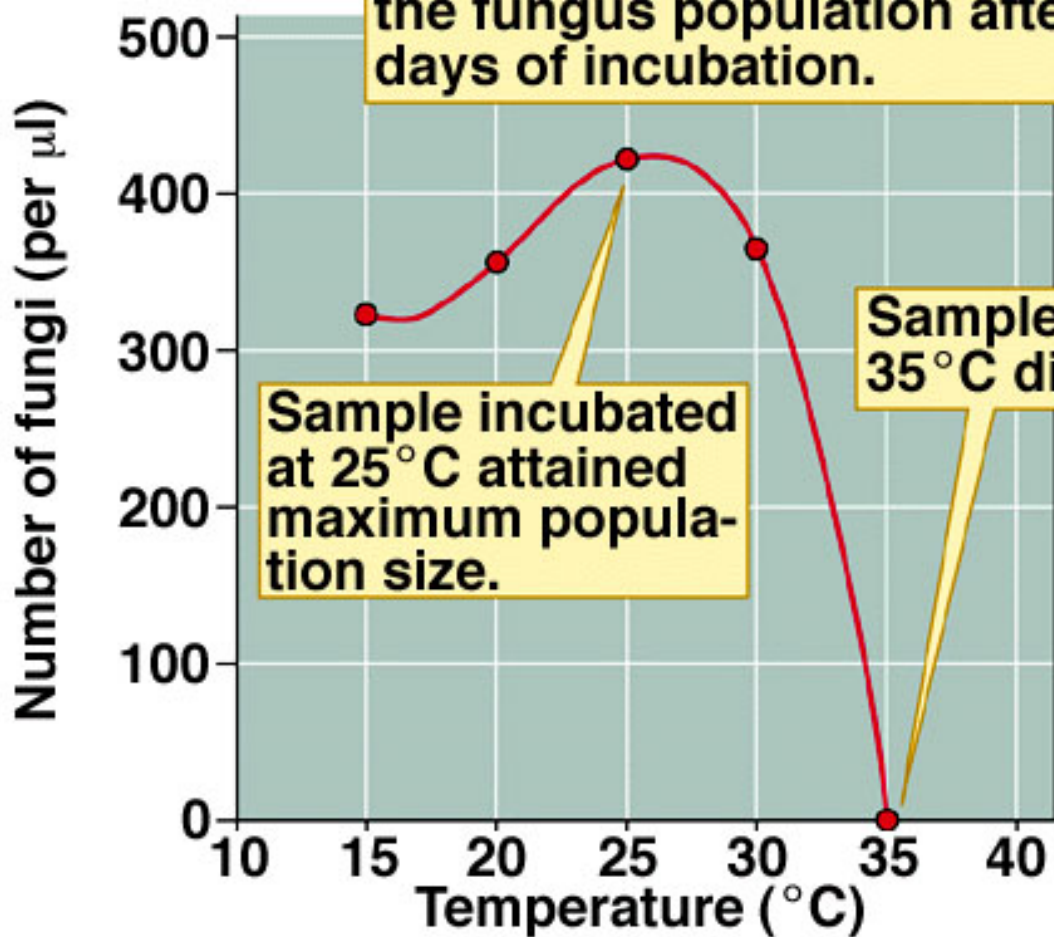
Body temperature of grasshoppers confined to the shade nearly match air temperature.



U jednom su eksperimenti skakavci *Camnula pellucida* koji žive na planinskim travnjacima bili podjeljeni u dvije grupe i držani na temperaturi od 18°C. Jedna je grupa mogla doći do sunca i sunčanjem podići temperaturu dok je drugoj grupi to bilo onemogućeno. Skakvaci iz prve grupe su sunčanjem podigli temperaturu tijela značajno iznad temperature okoliša

Temperature and population growth by *Entomophaga grylli*.

The five points are the sizes of the fungus population after 10 days of incubation.



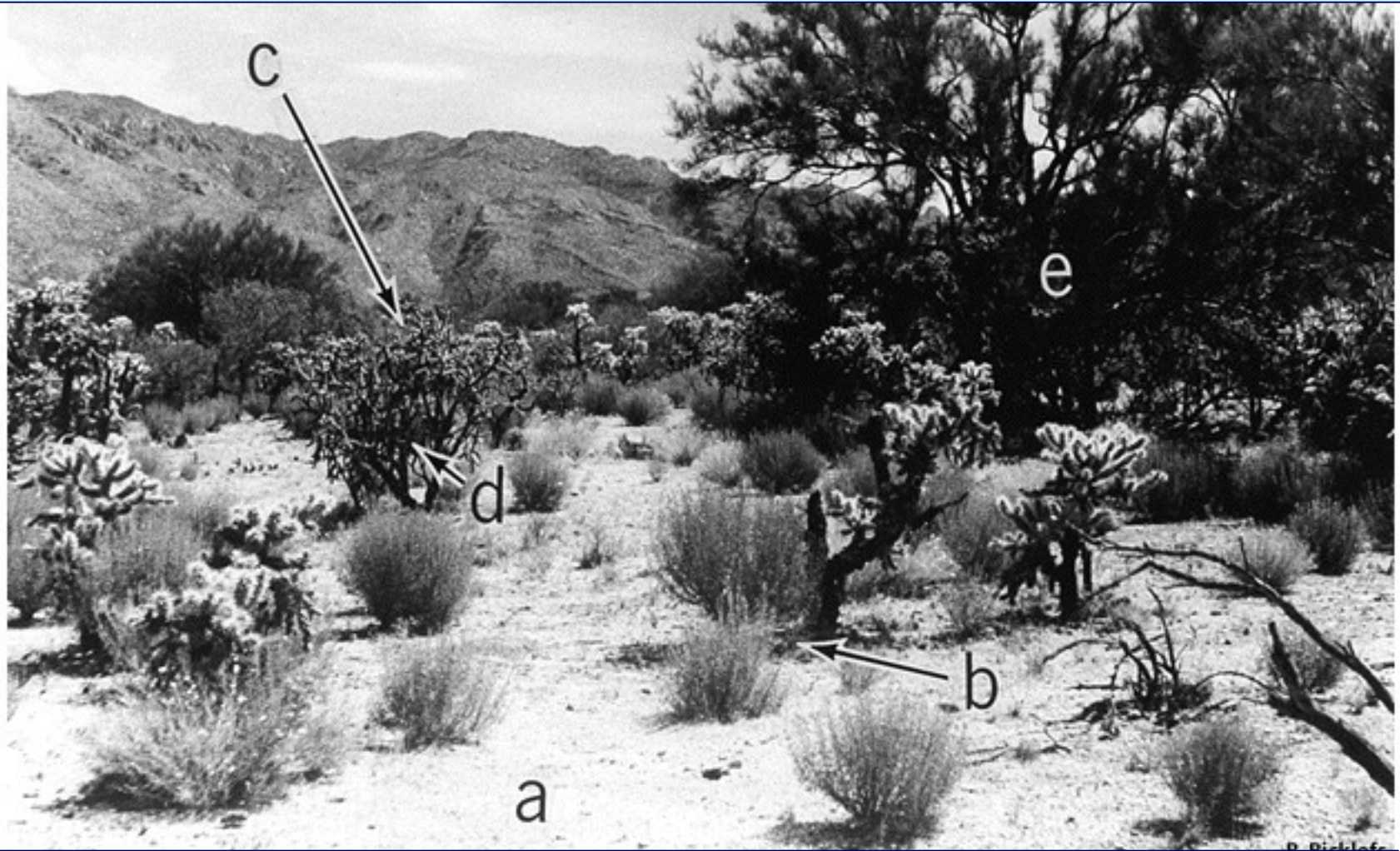
Sample incubated at 25°C attained maximum population size.

Sample incubated at 35°C did not grow.

Gljivica *Entomophaga grylli* inficira skakavca *Cannula pellucida* i ubija ga. Rast gljivice na različitim temperaturama pokazao je da temperature iznad 35°C inhibiraju njen rast

Vrlo je vjerojatno da skakavac, kada je u mogućnosti, podiže temperaturu svog tijela iznad 35°C kako bi zaustavio rast gljivice u svom tijelu

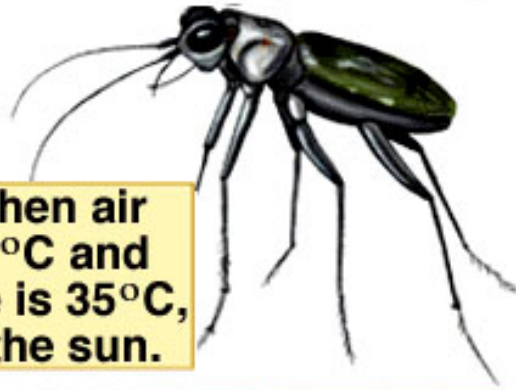
Regulacija tjelesne temperature može se postići i izborom mikrostanista



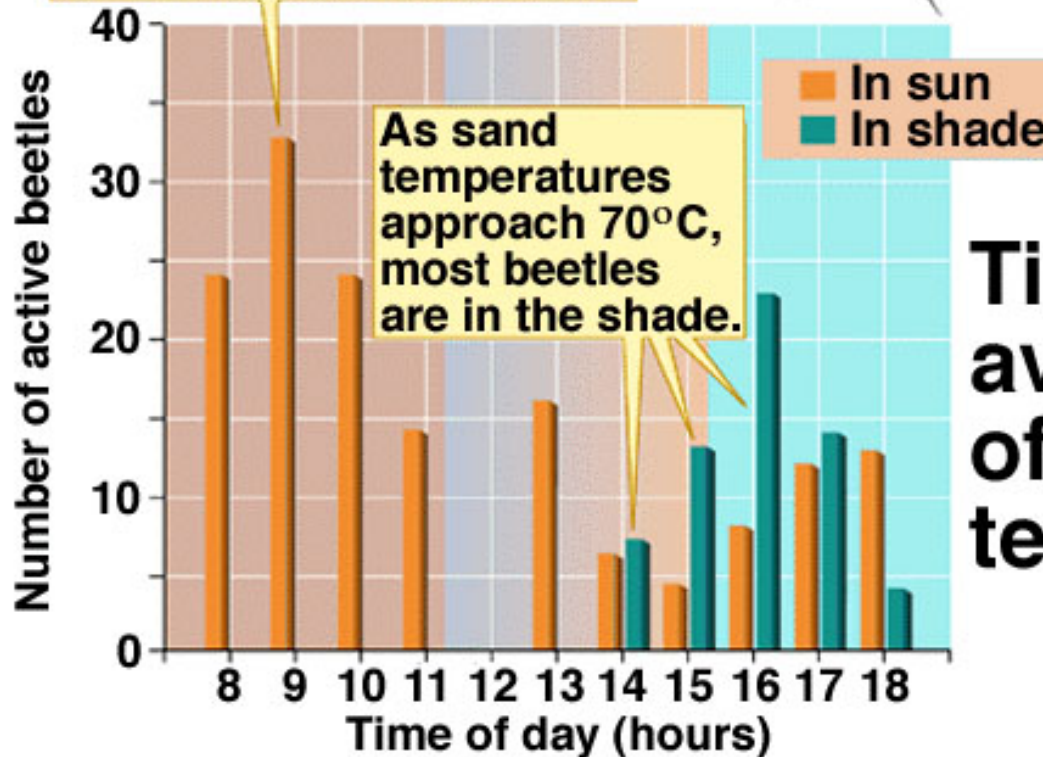
Kaktusov palčić koristi sva mikrostanista na slici, ali je tijekom najtoplijeg dijela dana uglavnom prisutan u stanistu e



Tijekom dnevne žege, pustinjski zec traži spas u hladu stabala



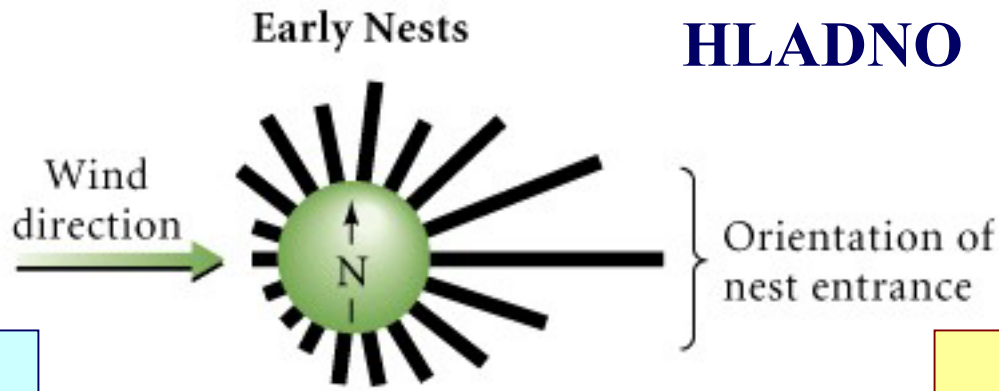
In the morning, when air temperature is 25°C and sand temperature is 35°C, all beetles are in the sun.



As sand temperatures approach 70°C, most beetles are in the shade.

Tijekom jutra kada su temperature niže tigrasti kornjaš provodi na suncu. Tijekom dana kada se temperatura pijeska podigne i do 70°C kornjaš se povlači u hlad.

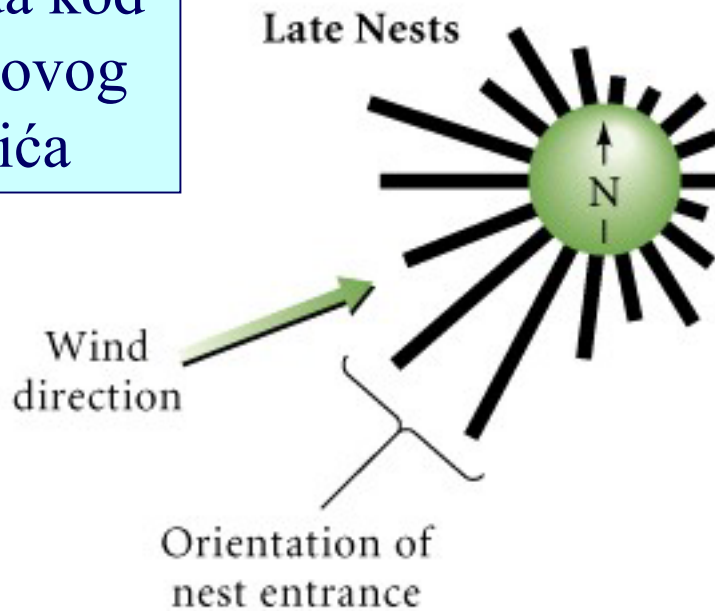
Tiger beetles' avoidance of high temperatures.



HLADNO

Rana gnijezda (temperature su niske) su orijentirana tako da su otvori zaklonjeni od vjetra

Orijentacija gnijezda kod kaktusovog palčića



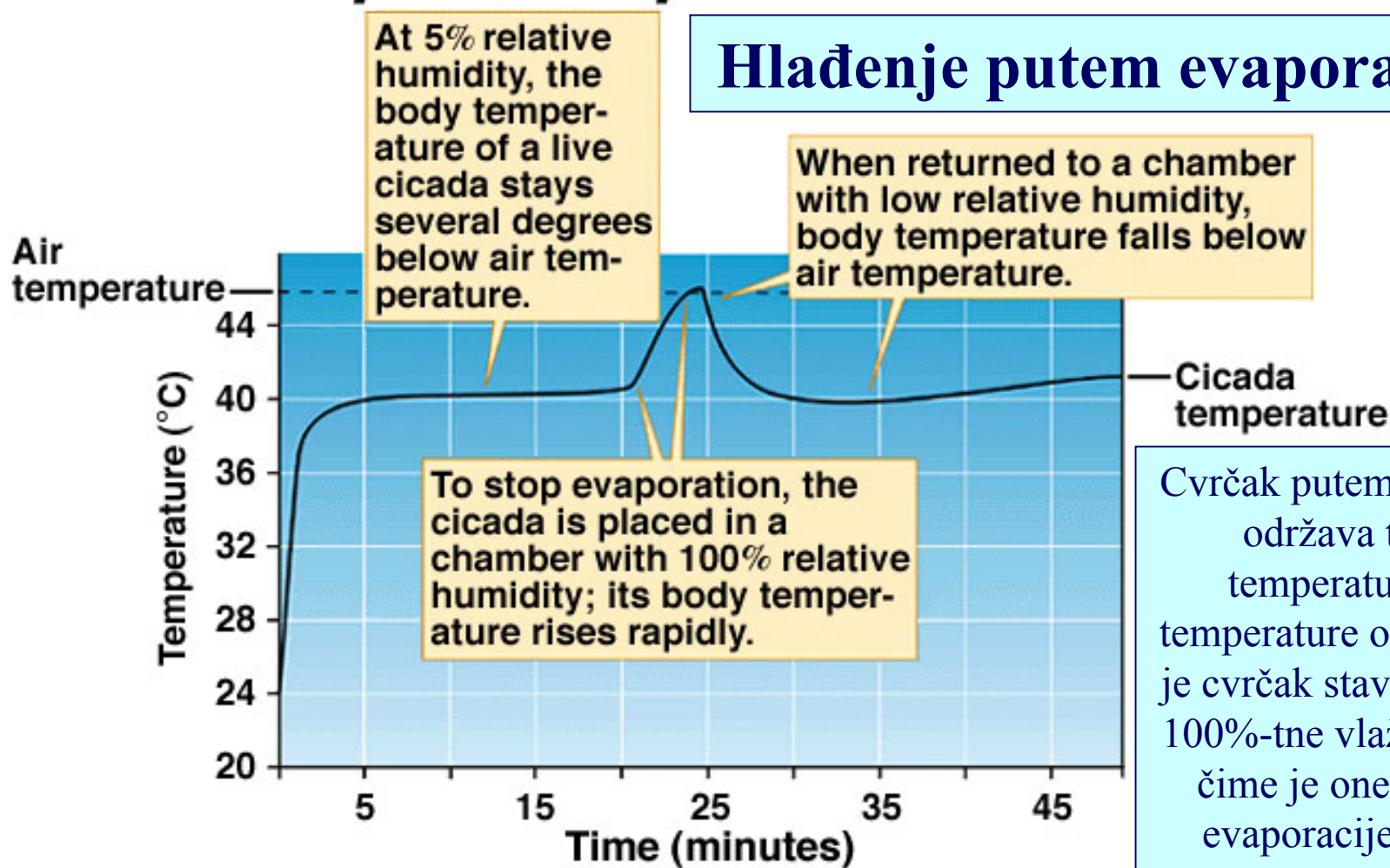
VRUĆE

Kasna gnijezda (temperature su visoke) su orijentirana tako da su otvori prema smjeru vjetra

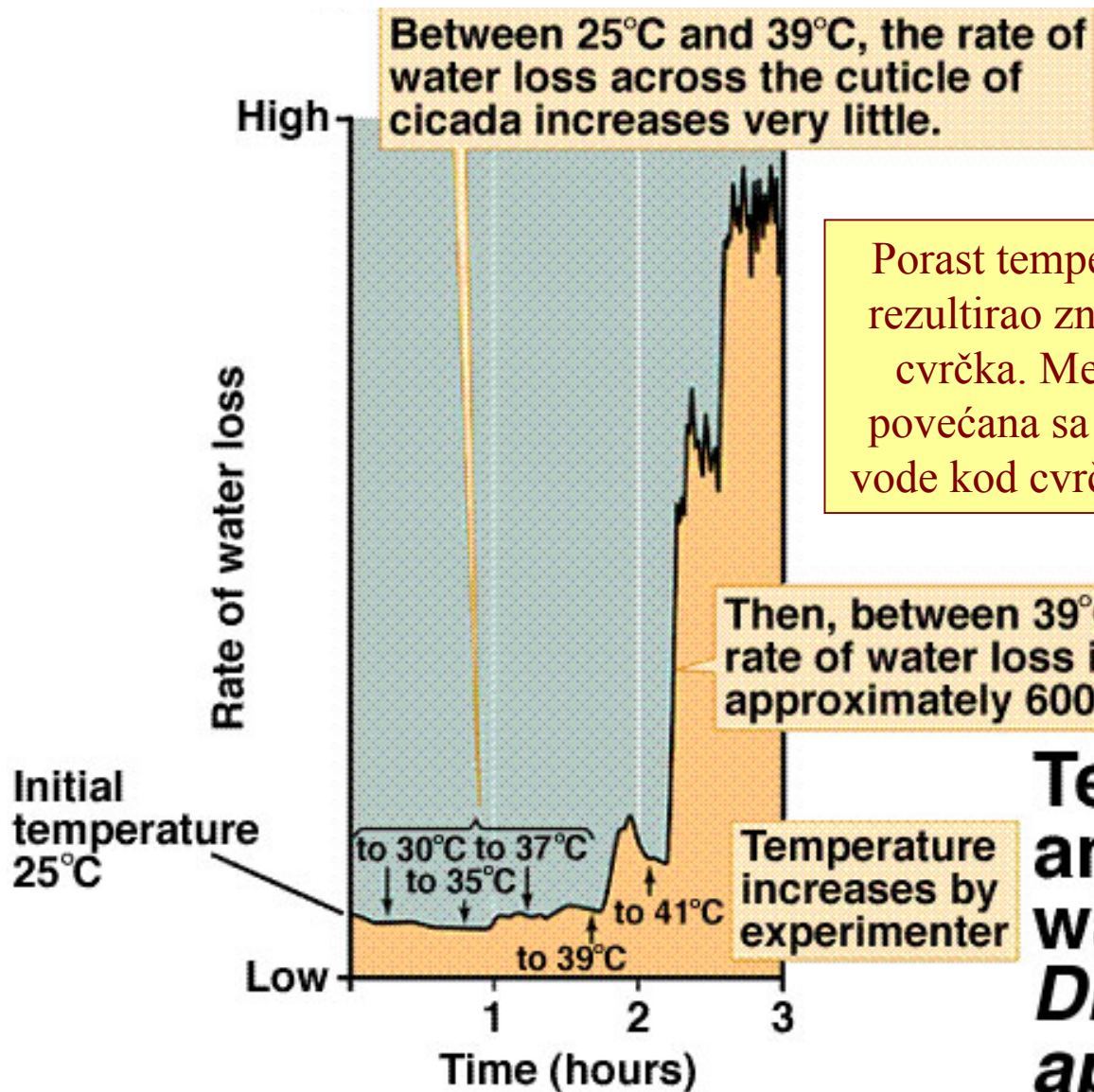


Verifying evaporative cooling by *Diceroprocta apache*.

Hlađenje putem evaporacije



Cvrčak putem evaporacije održava tjelesnu temperaturu ispod temperature okoliša. Kada je cvrčak stavljen u uvjete 100%-tne vlažnosti zraka, čime je onemogućena evaporacije, nije više mogao spustiti temperaturu tijela.



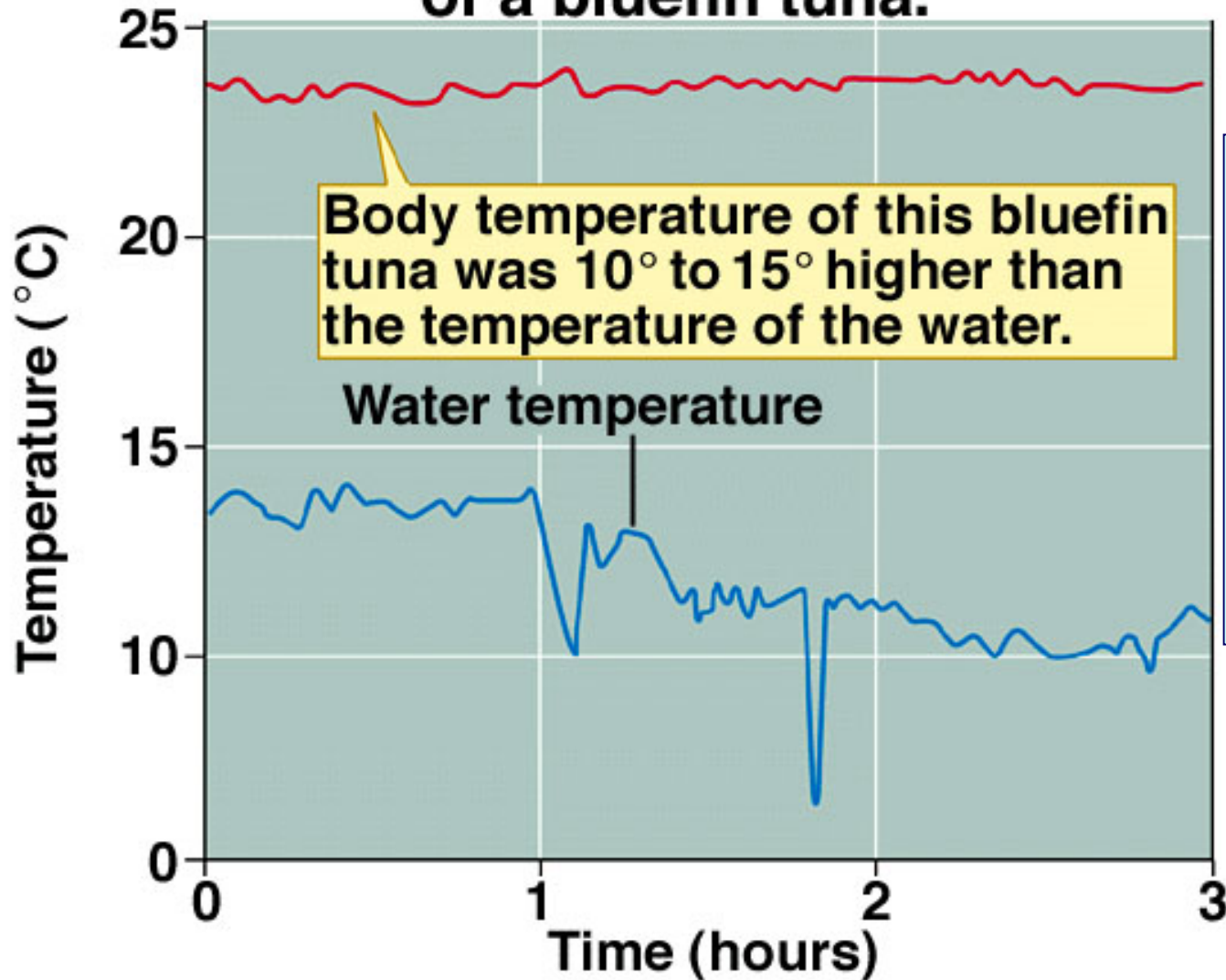
Porast temperature od 25°C do 39°C nije rezultirao značajnijom evaporacijom kod cvrčka. Međutim, kada je temperatura povećana sa 39°C na 43°C, stopa gubitka vode kod cvrčka povećala se za oko 600%.

Temperature and rate of water loss by *Diceroprocta apache*.

Ektotermi mogu održavati visoku temperaturu nekih dijelova tijela

- Podjela na ektoterme i endoterme nije apsolutna
- Zmija udav održava visoku temperaturu tijela tijekom inkubacije jaja
- Tuna održava temperaturu i do 40°C u središtu svoje mišićne mase
- Sabljarke razvijaju posebne metaboličke grijače od mišićnog tkiva koji održavaju visoku temperaturu u njihovim mozgovima
- Veliki leptiri trebaju prije leta period zagrijavanja tijekom kojega letni mišići drhtanjem generiraju toplinu
- Metabolička proizvodnja topline utvrđena je i kod biljaka (npr. Filodendron)

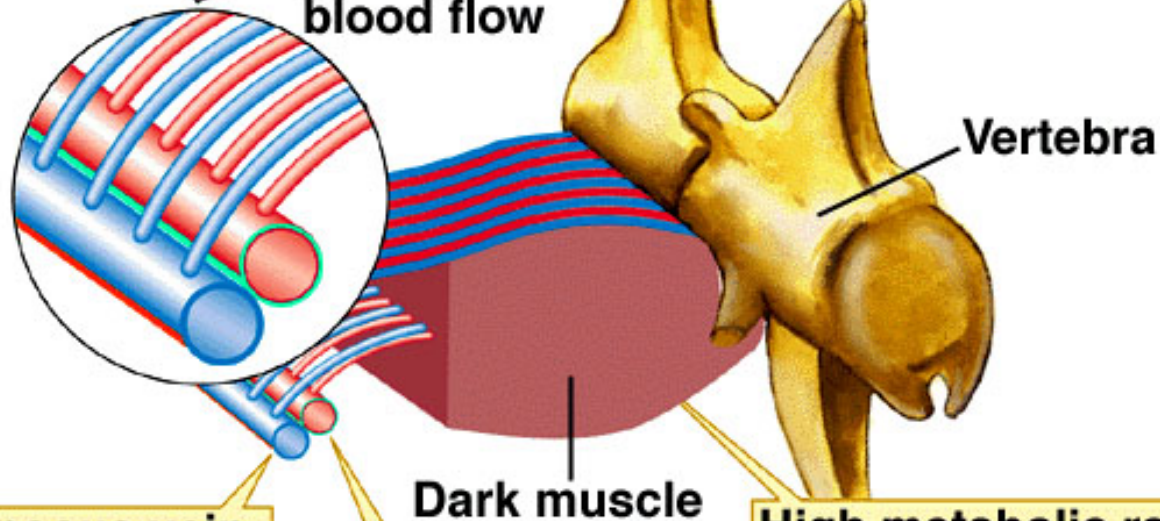
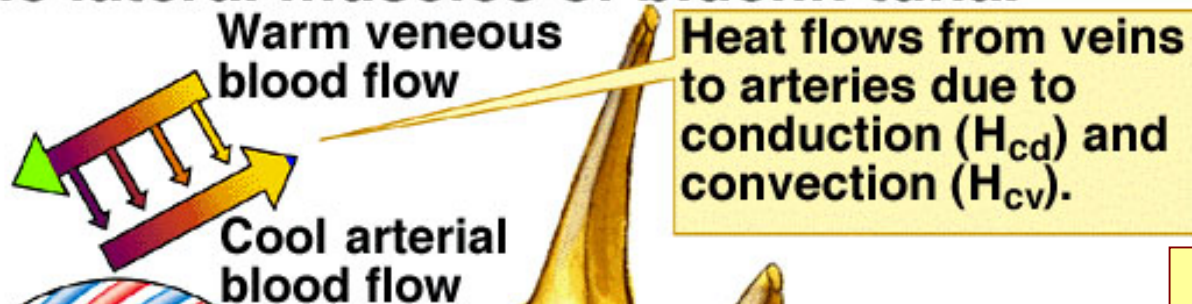
Water temperature and body temperature of a bluefin tuna.



Tuna održava temperaturu tijela za 10-15°C višom u odnosu na temperaturu okoliša

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or by any information storage and retrieval system, without the prior written permission of The McGraw-Hill Companies, Inc.

Countercurrent heat exchange in the lateral muscles of bluefin tuna.



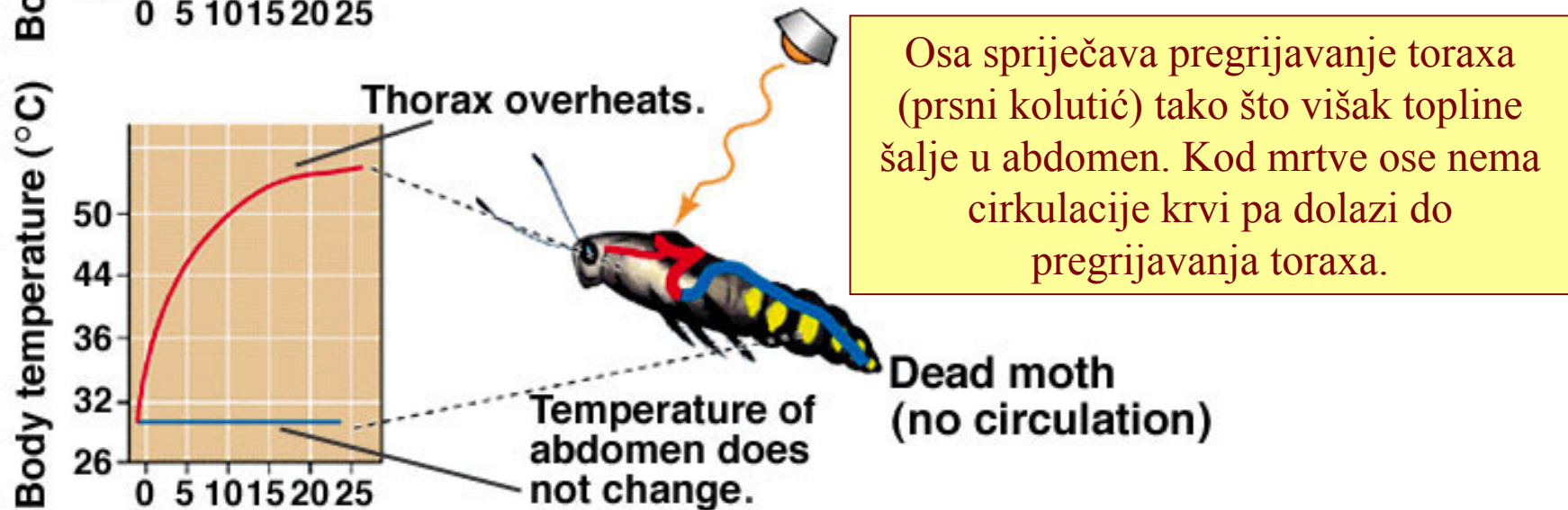
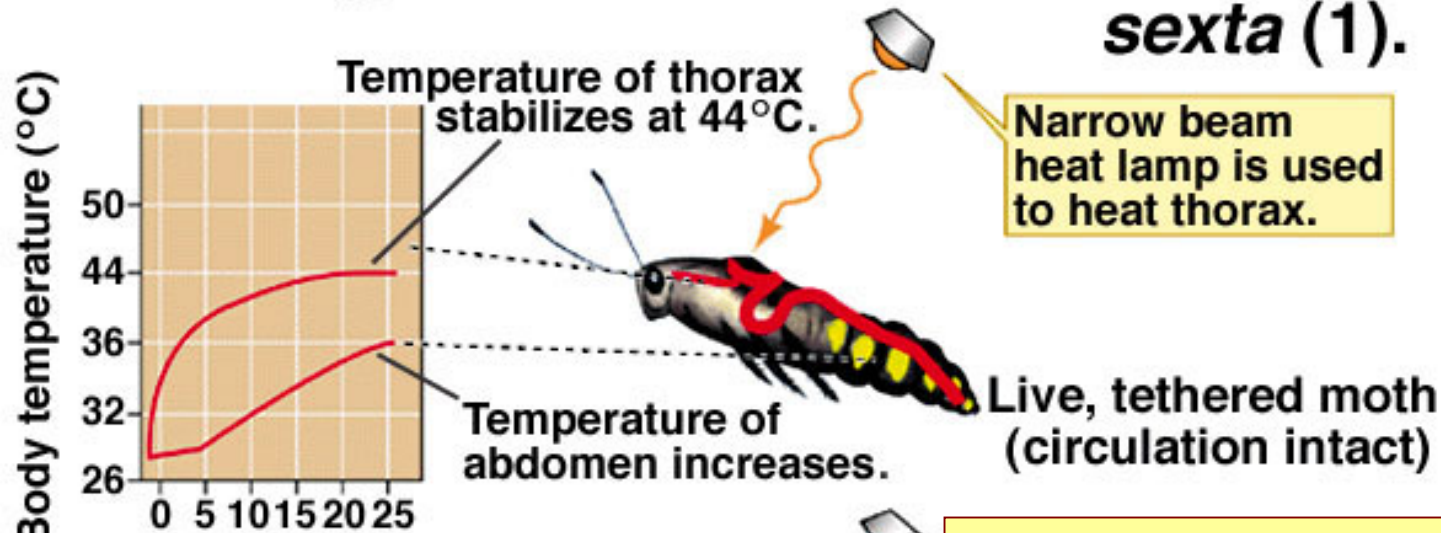
Cutaneous vein transports warm blood from dark lateral muscles.

Cutaneous artery transports cool blood from gills.

High metabolic rate of dark lateral muscles generates metabolic heat (H_m).

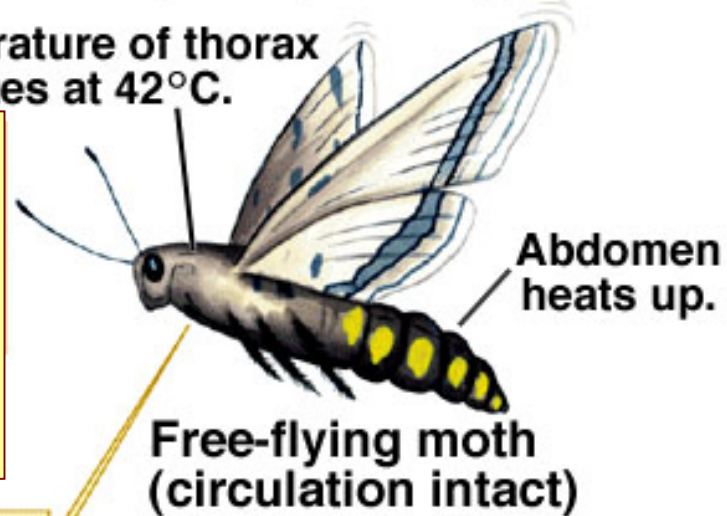
Visoka stopa metabolizma u mišićima tune generira toplinu. Vene koje provode toplu krv pružaju se paralelno s arterijama koje provode hladnu krv. Toplina iz vena predaje se konvekcijom i kondukcijom arterijama čime se štedi toplina.

Thermoregulation and circulation in *Manduca sexta* (1).



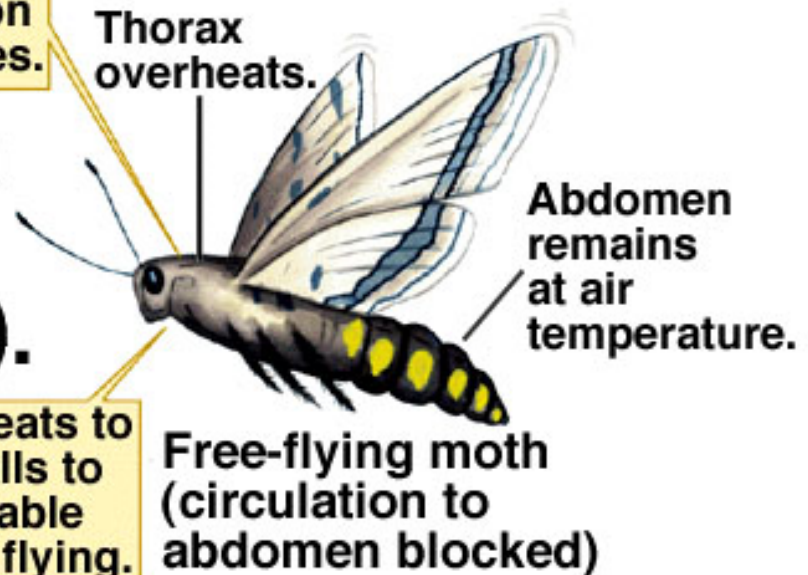
Eksperiment u kojem je cirkulacija između toraxa i abdomena kirurški spriječena, također je rezultirao pregrijavanjem toraxa u kojem se temperatura generira zbog metabolizma letnih mišića

Temperature of thorax stabilizes at 42°C.



Metabolic heat from contraction of flight muscles.

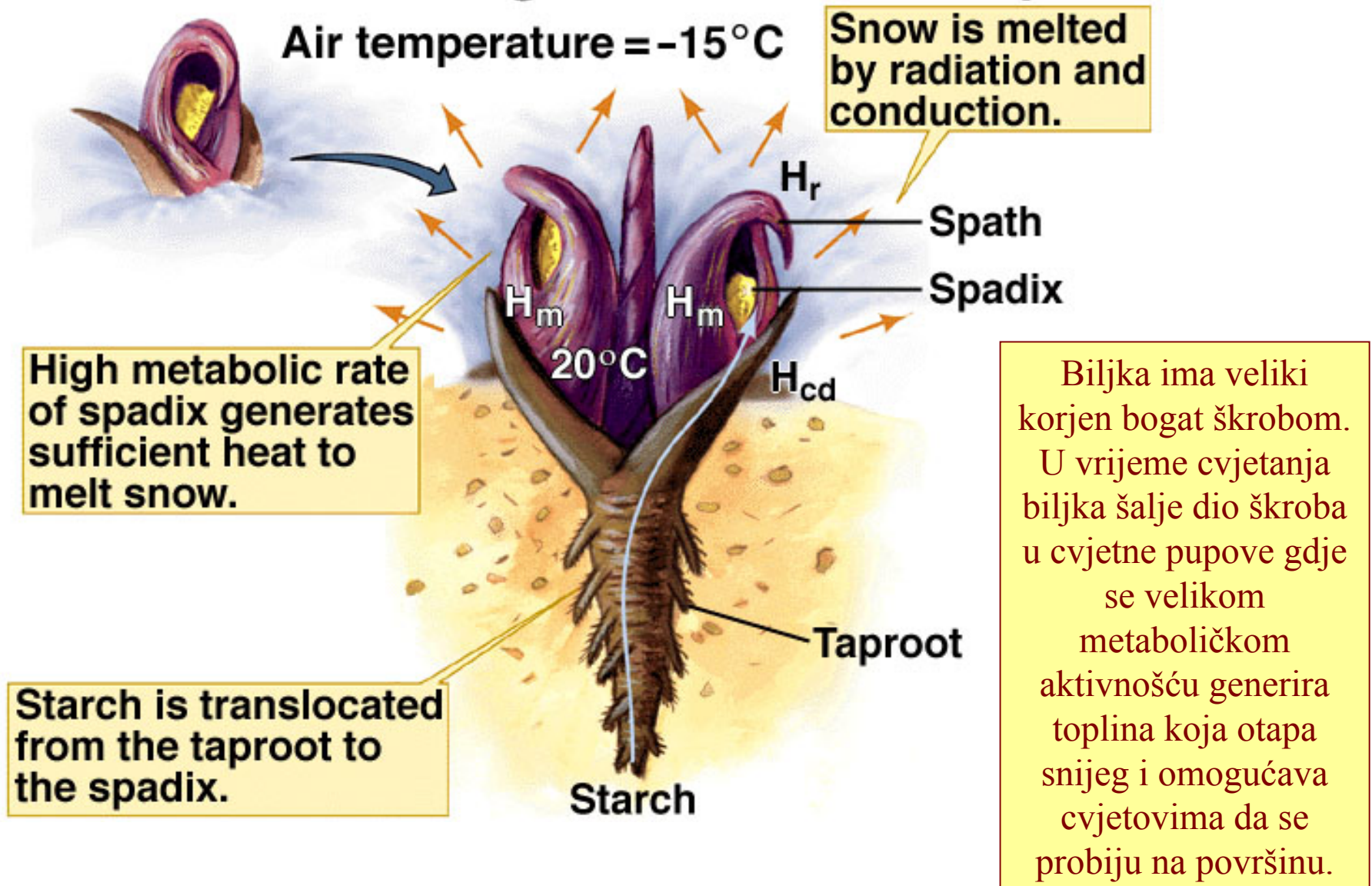
Thorax overheats.



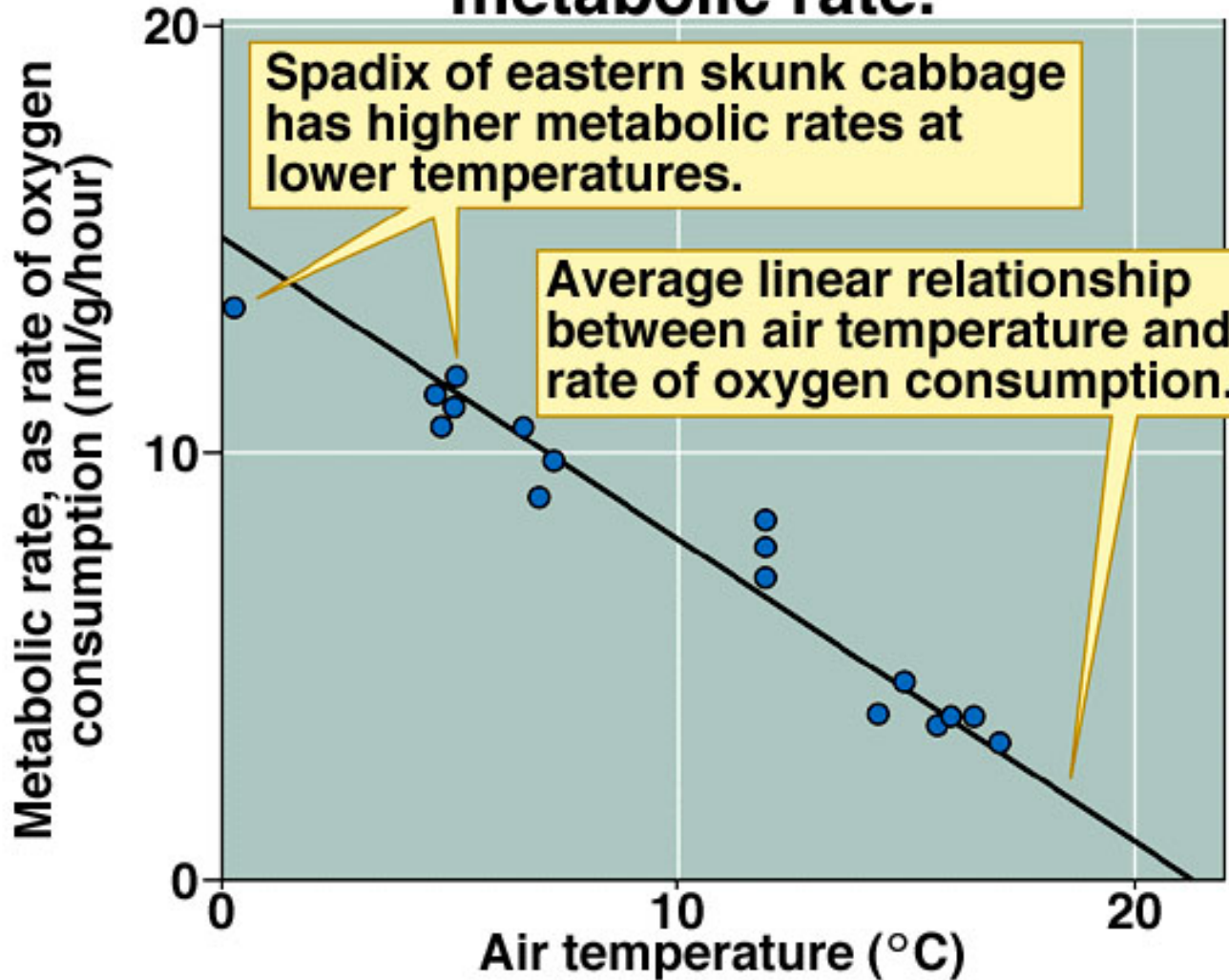
Thermoregulation and circulation in *Manduca sexta* (2).

Moth overheats to 46°C and falls to the floor unable to continue flying.

Eastern skunk cabbage, an endothermic plant.



Air temperature and skunk cabbage metabolic rate.



Stopa metabolizma u cvijetu povećava se sa snižavanjem temperature okoliša

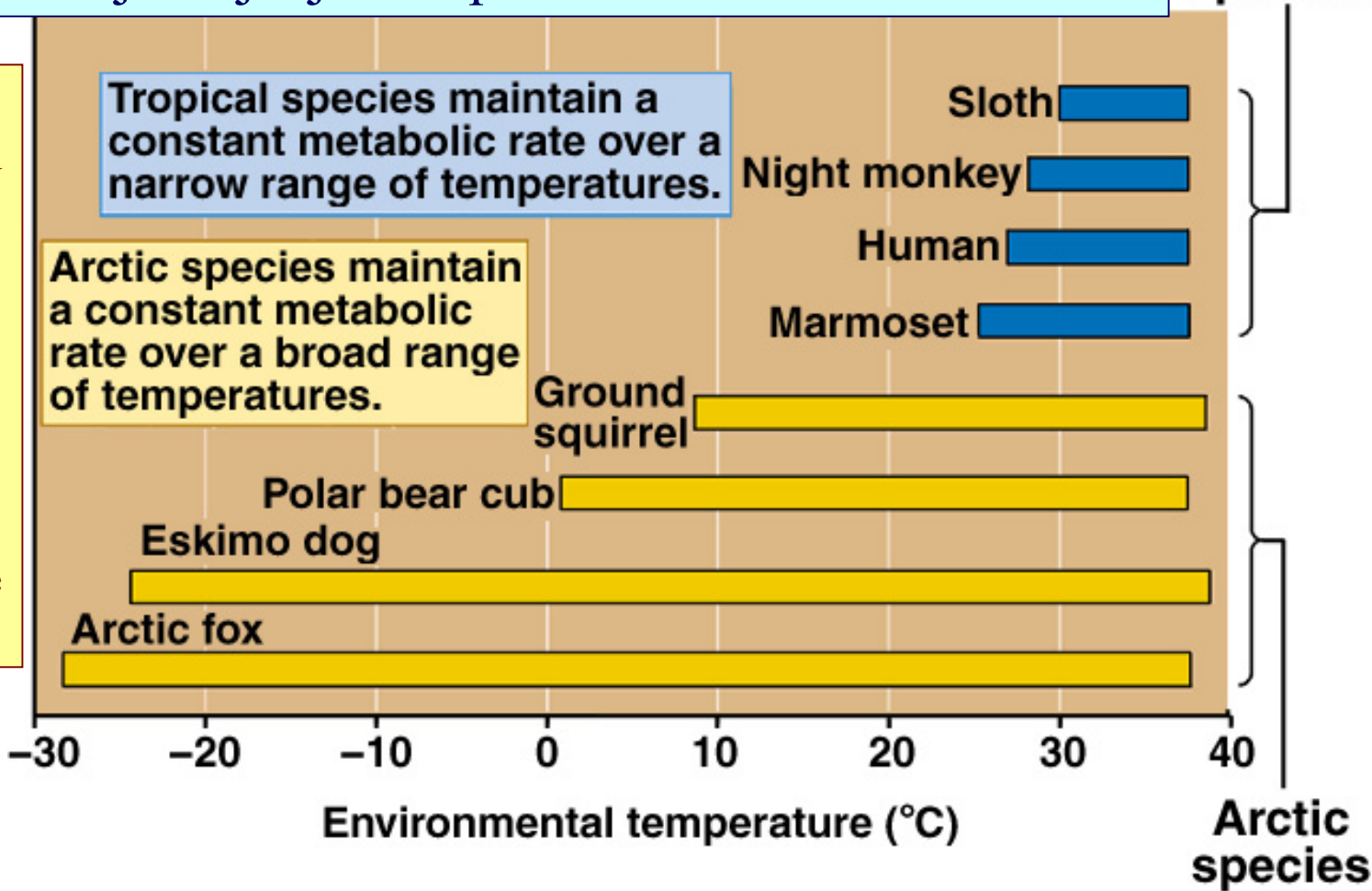
S obzirom da i ektotermi mogu proizvoditi toplinu, zbog čega je endotermija tako rijetka pojava?

- Dio odgovora leži u problemu veličine tijela (ektotermi su u pravilu manjih dimenzija)
- Što je niži površina/volumen (krupnije životinje) omjer, to regulacija temperature može biti preciznija

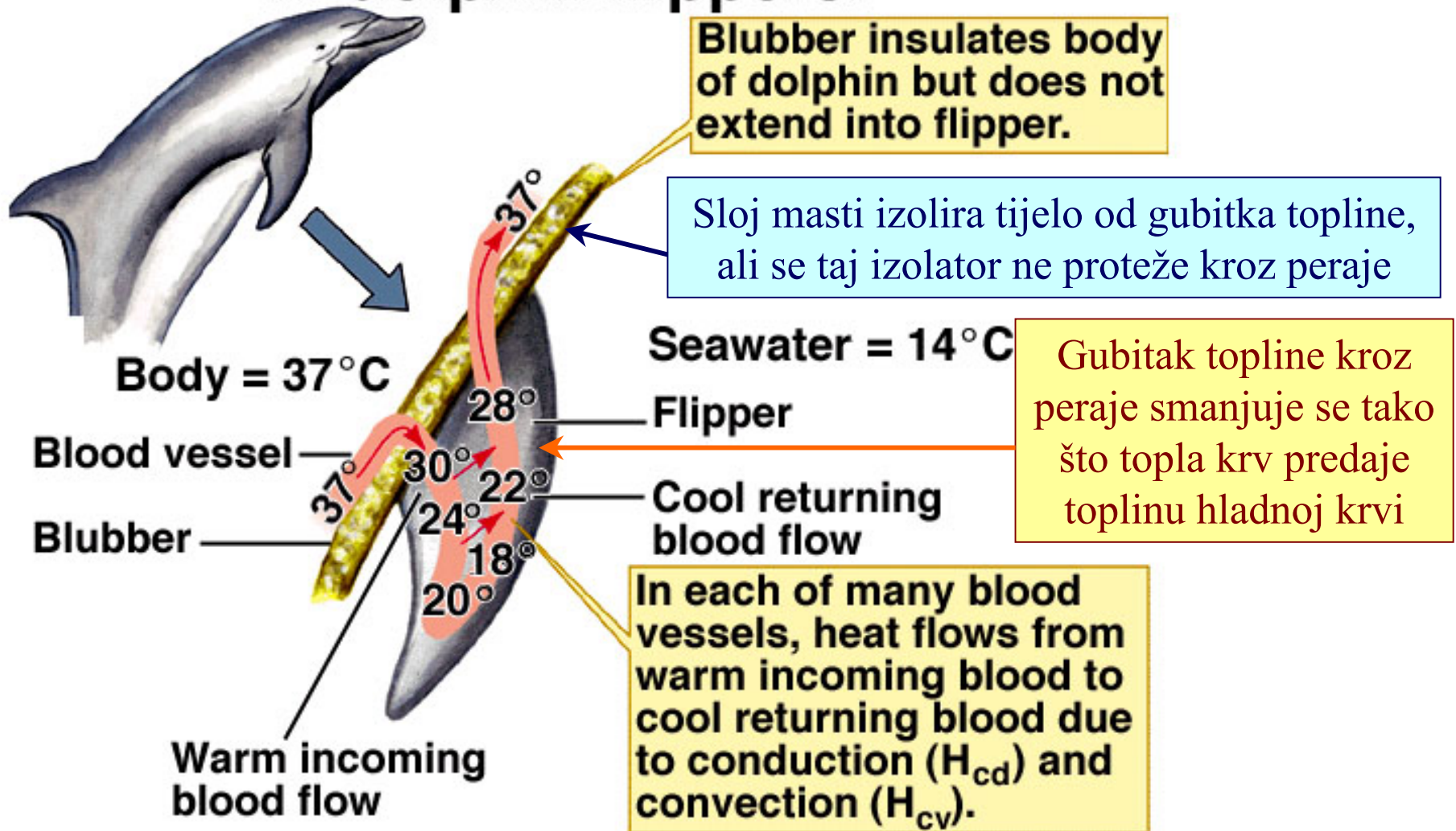
ENDOTERMI

Termalna neutralna zona – raspon temperature okoliša unutar kojega endotermni organizmi ne moraju mijenjati stopu metabolizma

Arktičke vrste pokazuju veliku toleranciju na hladnoću. Na primjer, arktička lisica podnosi temperaturu od -30°C bez povećanja stope metabolizma.



Countercurrent heat exchange in dolphin flippers.



Endotermi i klimatska pravila

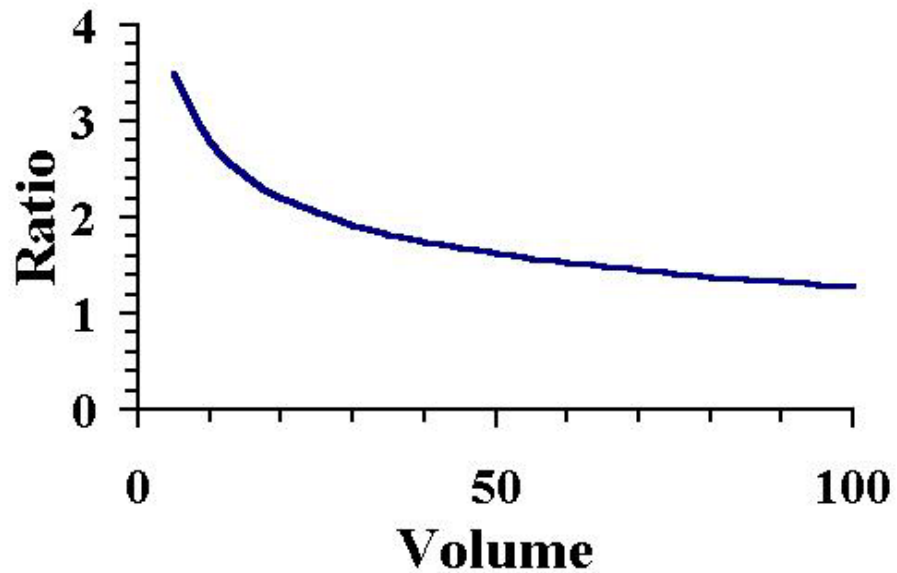
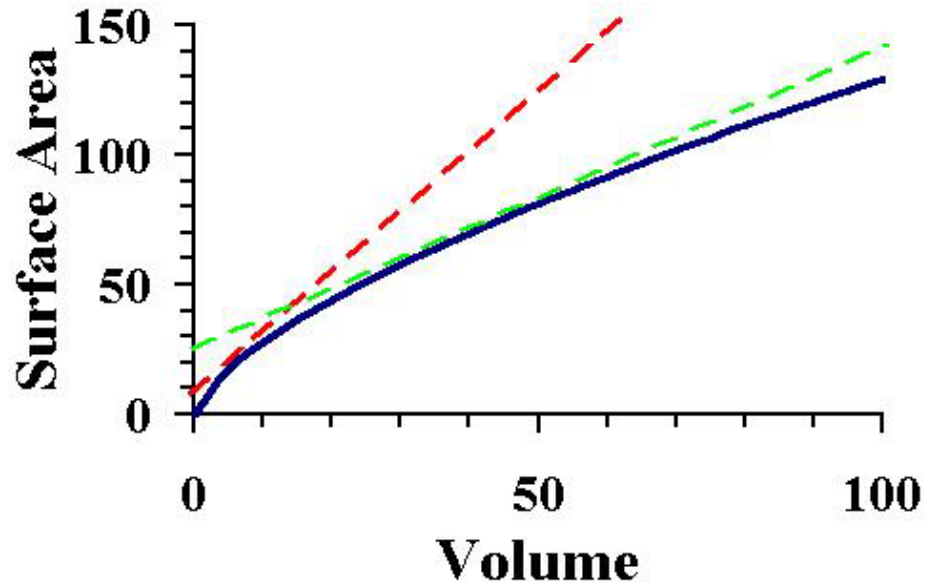
- Klimatska pravila:
 - 1. Bergmanovo pravilo
 - 2. Alenovo pravilo
 - 3. Glogerovo pravilo

Bergmanovo pravilo

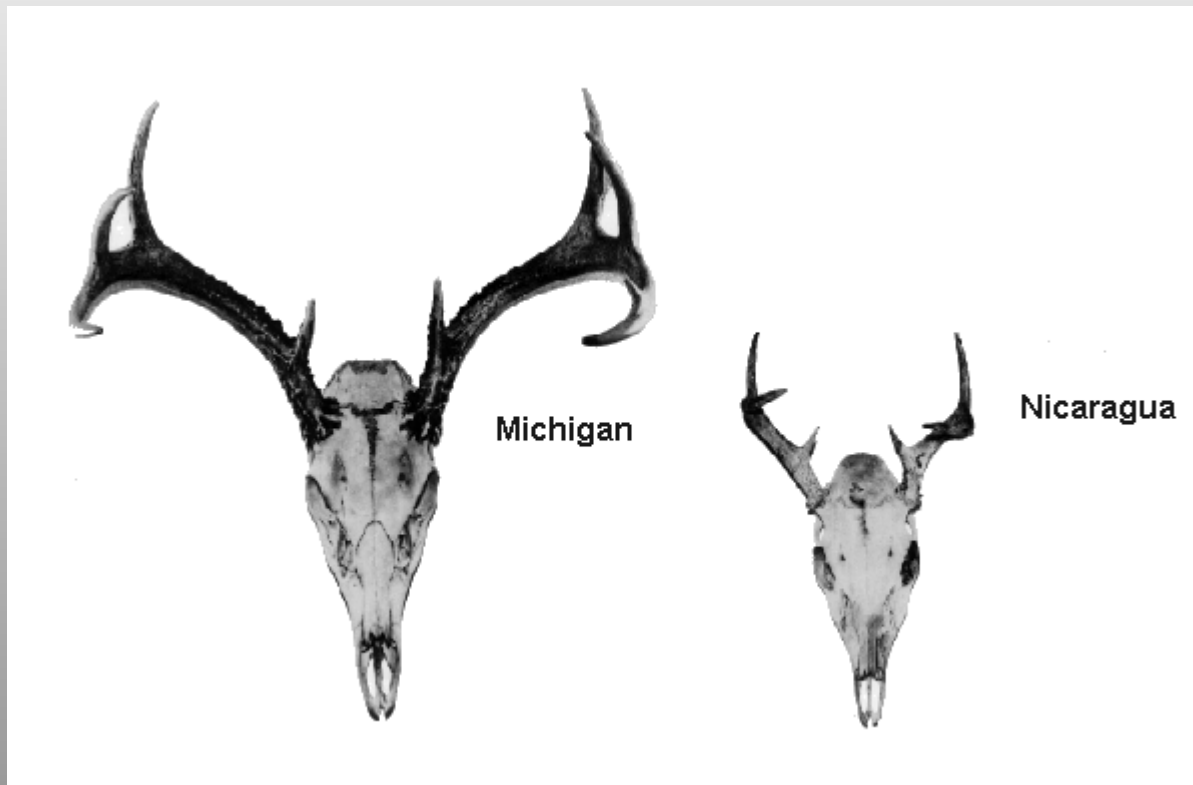


Predstavnici iste vrste endoterma koji žive u hladnijim krajevima su u pravilu krupniji, tj. površina tijela im je relativno manja u odnosu na masu

S povećanjem volumena tijela opada omjer između površine i volumena. Drugim riječima, krupnije životinje imaju relativno manju površinu tijela



Veličina jelena kao funkcija geografske širine

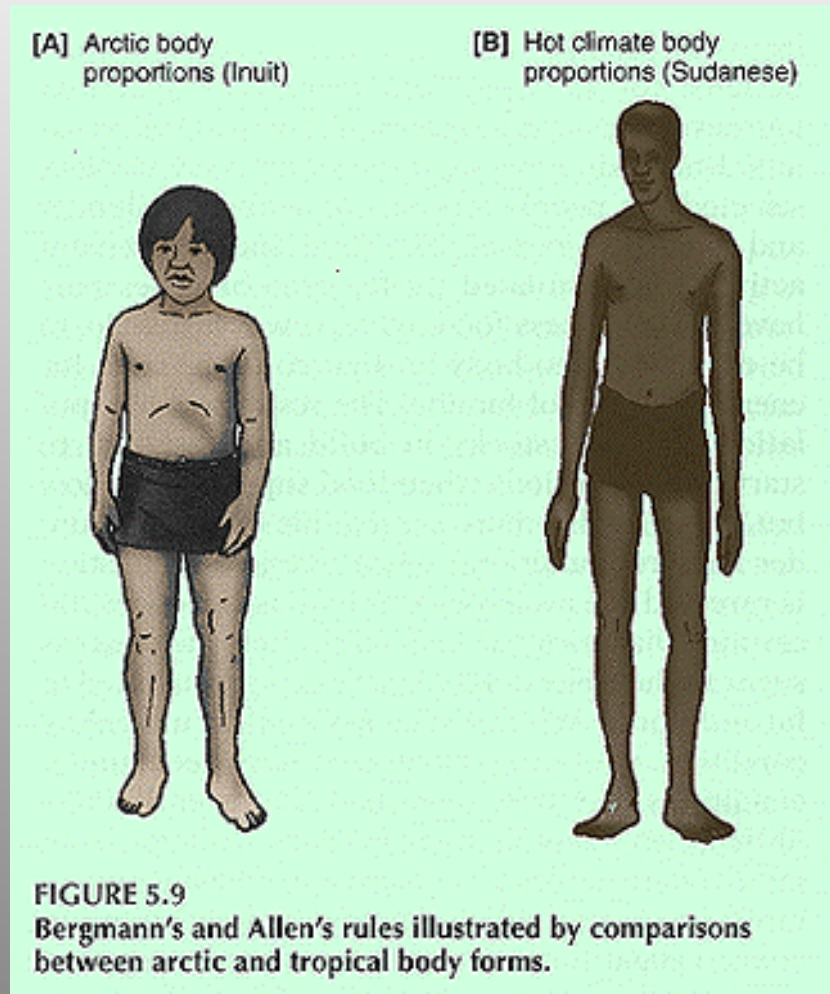


Jelen iz hladnijeg područja je krupniji od jelena iz toplijeg područja

Alenovo pravilo

Sisavci koji žive u hladnijim krajevima pokazuju tendenciju smanjivanja tijelesnih nastavaka, osobito ušiju i repa, ali isto tako vrata i udova





Primjena
Bergmanovog i
Alenovog pravila na
tjelesnoj strukturi
eskima i afrikanca

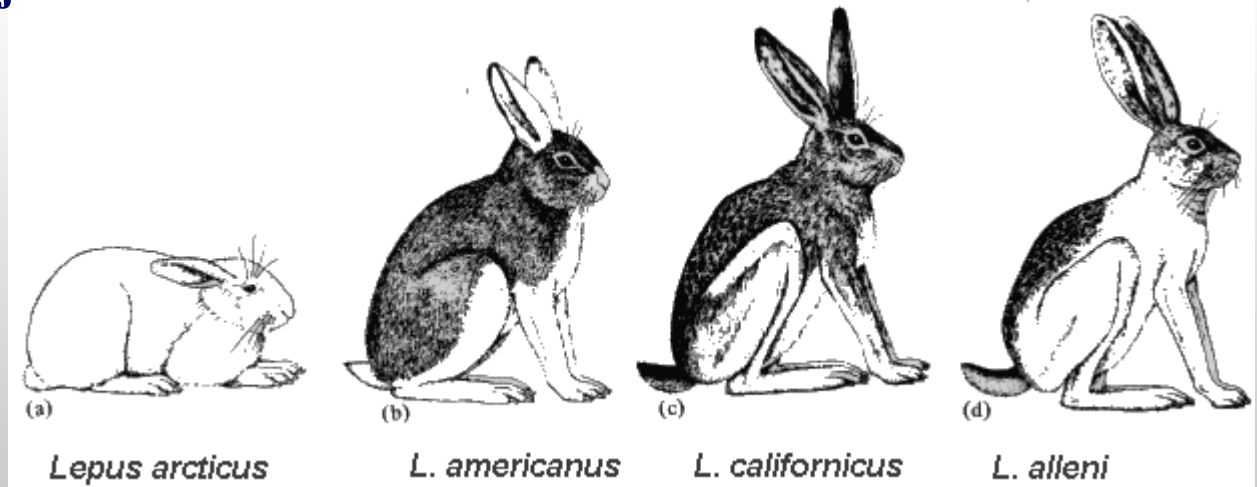
Polarna lisica



Pustinjska lisica



Polarnu lisicu karakterizira zbijenije tijelo s kraćim nogama i ušima, dok pustinjsku lisicu karakteriziraju duge noge i uši



Od arktičkog prema tropskom području mijenja se građa tijela zeca



Pustinjski zec



Polarni zec

Glogerovo pravilo

Intenzitet pigmentacije kod endoterma raste s porastom temperature i vlažnosti, a opada s smanjenjem temperature, te u ekstremnim slučajevima (polarna područja) pigmentacija potpuno isčezava (dominira bijela boja krzna ili perja)



Topla i vlažna područja – **smeđa boja**

Topla i sušna područja – **crvenkasta** ili **žuto-smeđa boja** (“pustinjske boje”)

Hladnija i sušna područja (stepe) – **siva** i **sivo-smeđa boja**

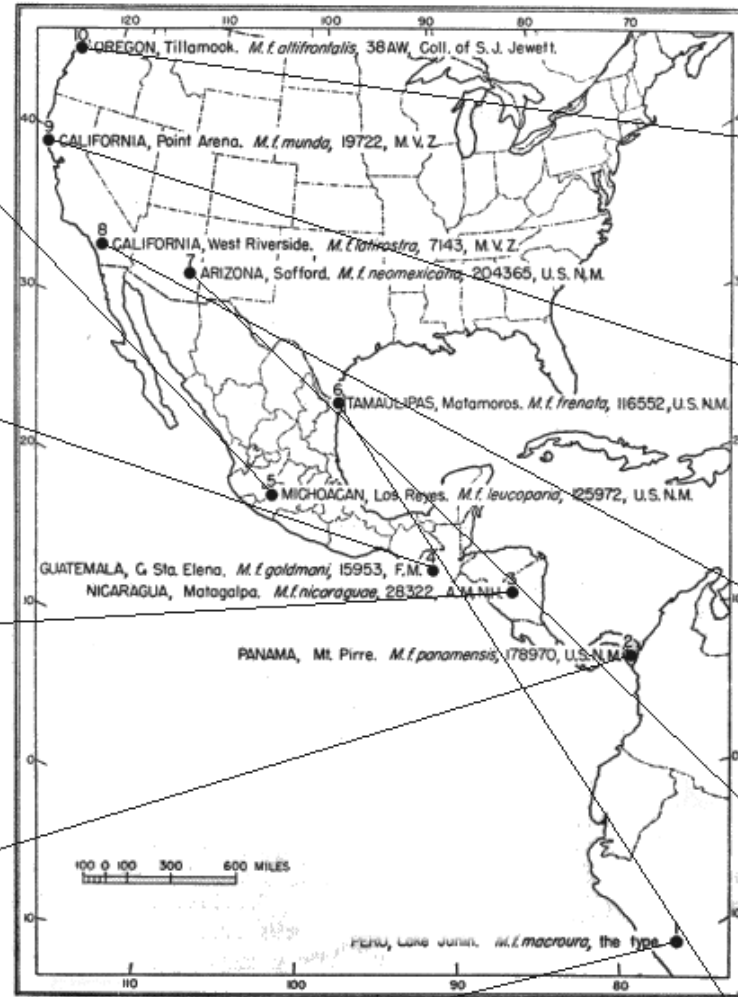
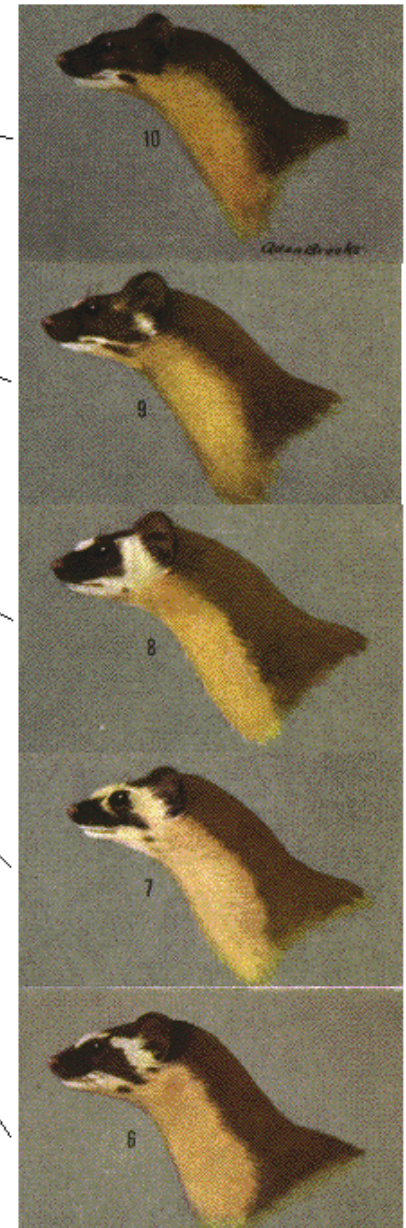


FIG. 1. Map showing localities of capture of specimens depicted in plate 1.
PLATE 1. Coloration of head and foreparts in ten subspecies of long-tailed weasel, *Mustela frenata*. All figures are of males, approximately $\times \frac{1}{2}$.

Obojenost nekoliko vrsta lasica iz
različitih geografskih područja



Hladnije



Toplije i vlažnije



Obojenost vrabaca duž gradijenta hladnije – toplije i vlažnije



Zašto endotermi održavaju temperaturu tijela značajno iznad temperature okoliša (svega 5-6°C ispod letalne temperature), a ne na primjer na prosječnoj temperaturi okoliša?

- Visoka temperatura tijela omogućava veću razinu aktivnosti
- Povećana temperatura tijela smanjuje potrebu za čestim evaporativnim hlađenjem čime se štedi voda (ušteta vode opravdava energetska cijenu povećane temperature)
- Veliki temperaturni gradijent između tijela i okoliša omogućava brže i preciznije podešavanje temperature tijela

Extremne temperature

- Mnogi organizmi preživljavaju ekstremne temperature na način da ulaze u stanje mirovanja:
 - **NEAKTIVNOST** – Sklanjanje u mikrostaništa za vrijeme nepovoljnih temperatura
 - **SMANJENJE METABOLIZMA**
 - **1. TORPOR** – Stanje sniženog metabolizma i tjelesne temperature, koje traje kraće vrijeme (npr. tijekom noći)
 - **2. HIBERNACIJA** – Stanje sniženog metabolizma koje traje tijekom zimskih mjeseci (“antifrizi”, “superhlađenje”)
 - **3. ESTIVACIJA** - Stanje sniženog metabolizma koje traje tijekom ljetnih mjeseci
 - **4. DIJAPAUZA** – stanje mirovanja kod kukaca bilo zimi (reduciraju vodu iz tijela kako bi izbjegli smrzavanje, bilo ljeti (tijelo se potpuno isuši, ili izlučuju čahuru koja sprječava isušivanje)

Nectar availability and broad-tailed hummingbirds' use of torpor.

Day

The amount of nectar available to a broad-tailed hummingbird determines whether it goes into torpor during the night.



If nectar is scarce,
torpor

Night



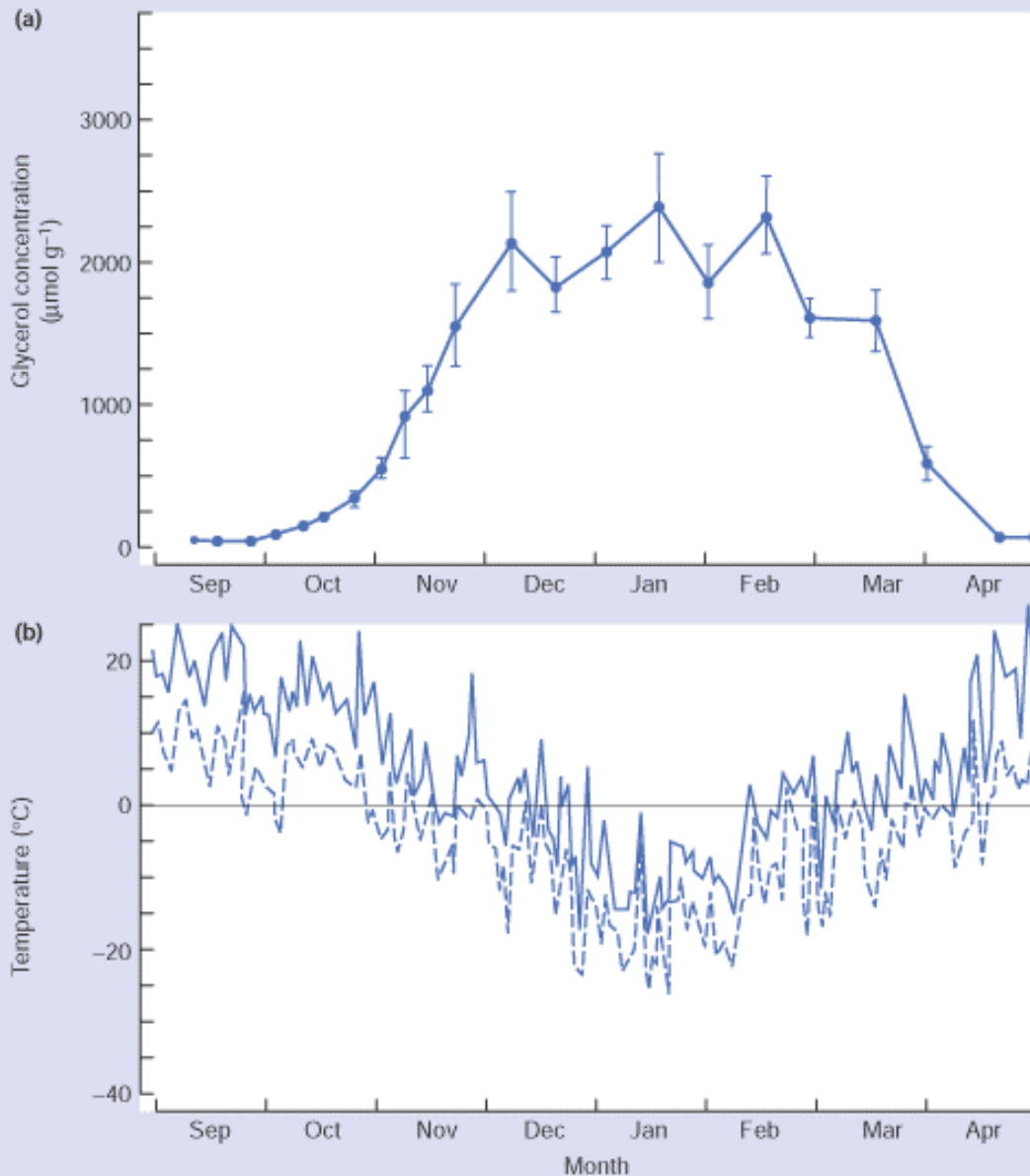
A hummingbird in torpor has a low metabolic rate and so uses little energy.

If nectar is adequate,
no torpor



To meet its energy demands, a hummingbird that does not go into torpor must consume large quantities of nectar just before roosting.

O količini nektara kojeg kolibri sakupi tijekom dana ovisi da li će tijekom noći ući u torpor ili ne



Superhlađenje

- (a) Promjene koncentracije glicerola (koji djeluje kao antifriz) u tjelesnim tekućinama kod ličinki jedne vrste moljca, kao funkcija temperature u okolišu
- (b) Pregled dnevnih maksimalnih i minimalnih temperatura

Čak i u kipućoj vodi vrućeg izvora u Yellowstonskom nacionalnom parku žive termofilne bakterije



Termalna satelitska slika

Warmest
Coolest

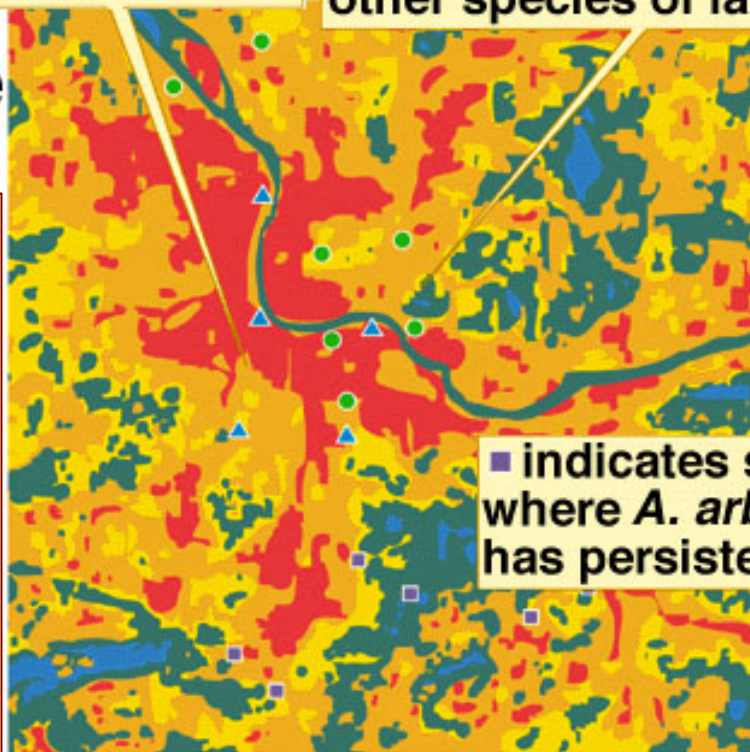
▲ indicates the sites where urbanized *A. arbustorum* and other snail species have gone extinct.

A. arbustorum has gone extinct in warm areas near Basel, Switzerland, while surviving in cool areas.

● indicates sites where *A. arbustorum* has gone extinct but that still support other species of land snails.

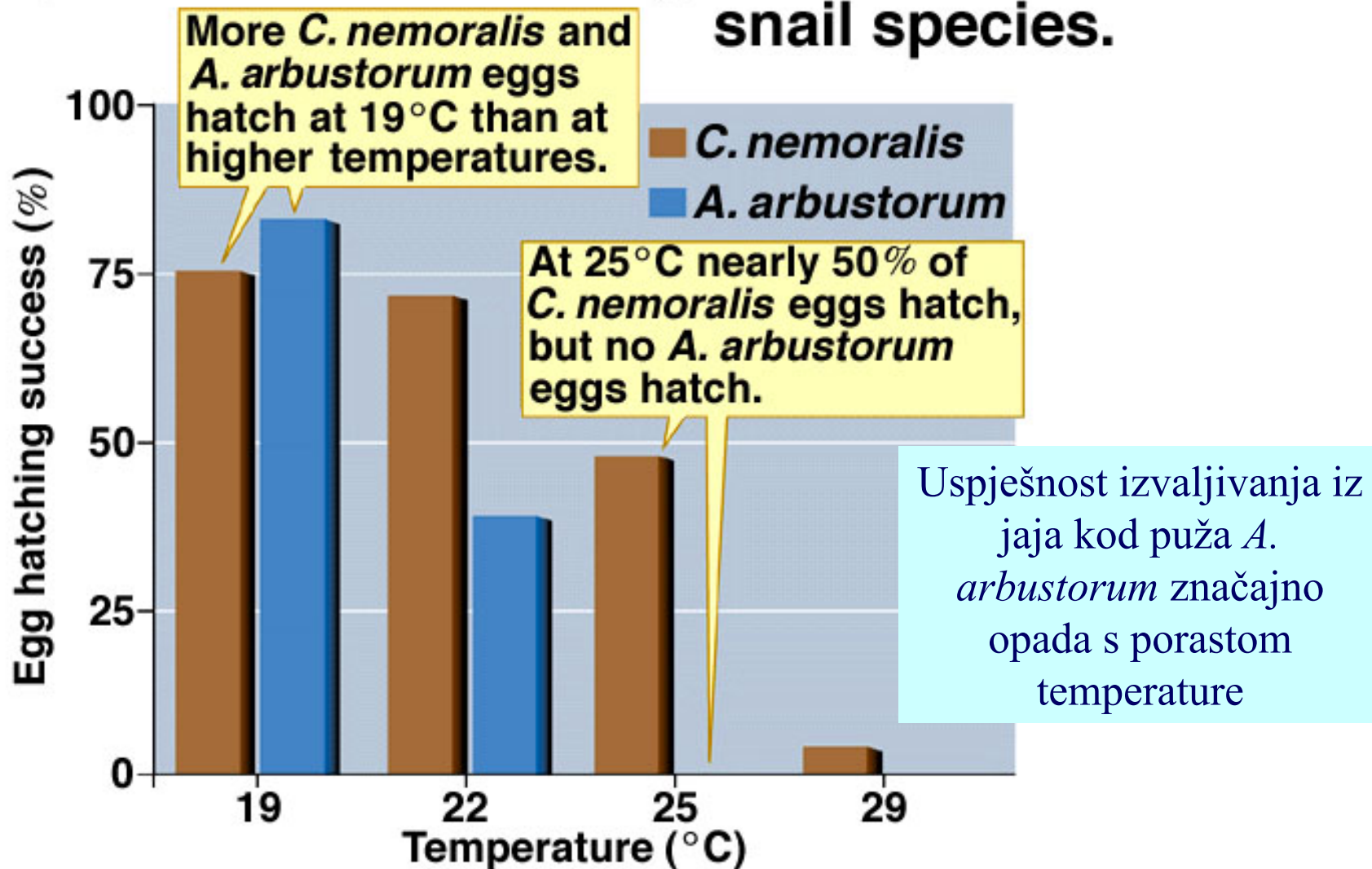
Relative surface temperatures

Povišenje temperature u okolini Bazela zbog urbanizacije i sječe šuma rezultiralo je nestankom puža *Arianta arbustorum* sa mnogih lokaliteta. Zadržao se tamo gdje je temperatura ostala niža

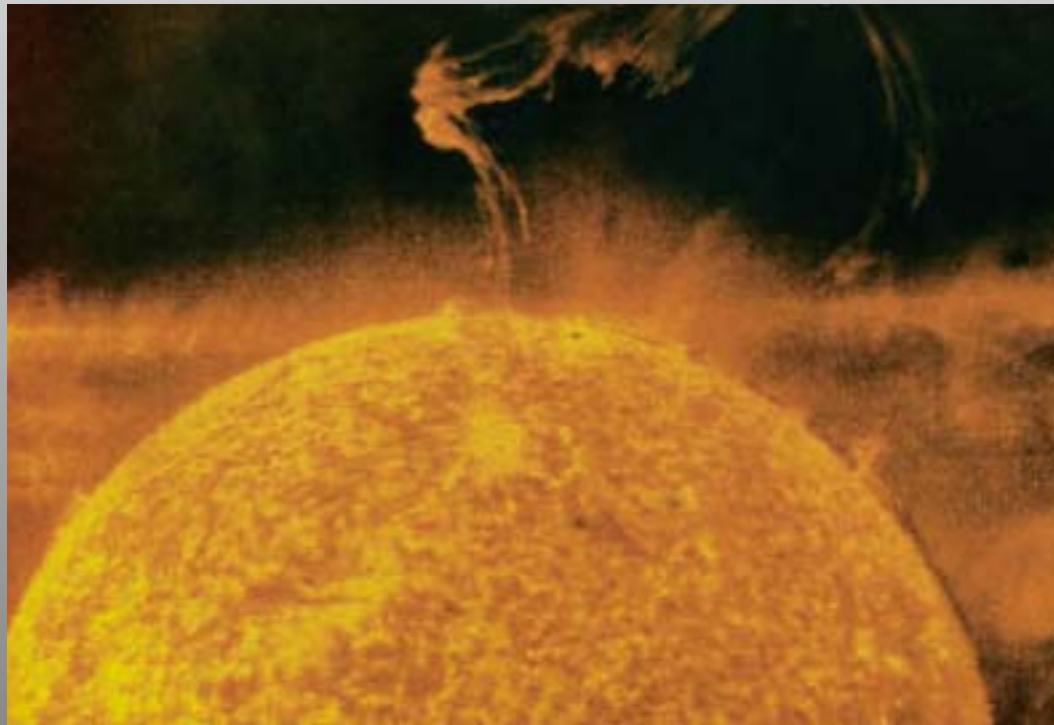


■ indicates sites where *A. arbustorum* has persisted.

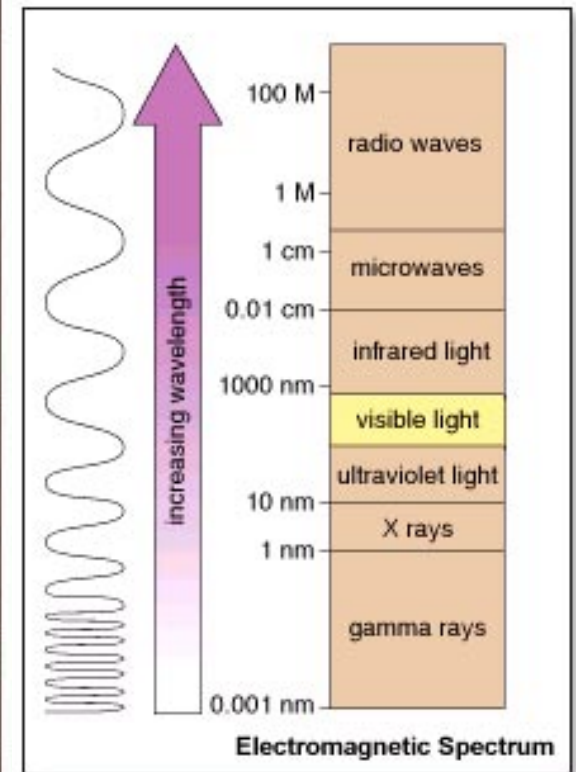
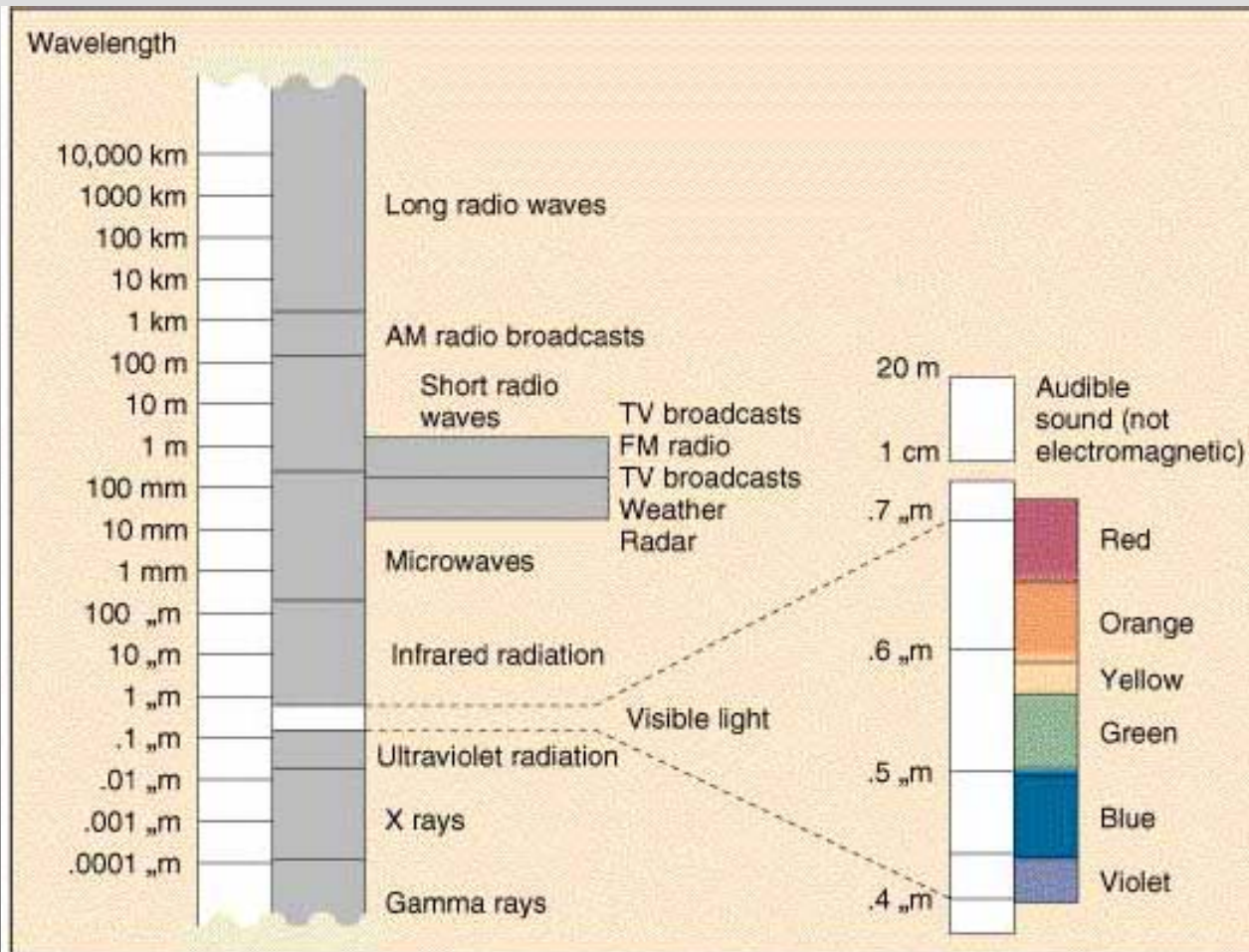
Temperature and hatching success of two snail species.



ENERGIJA



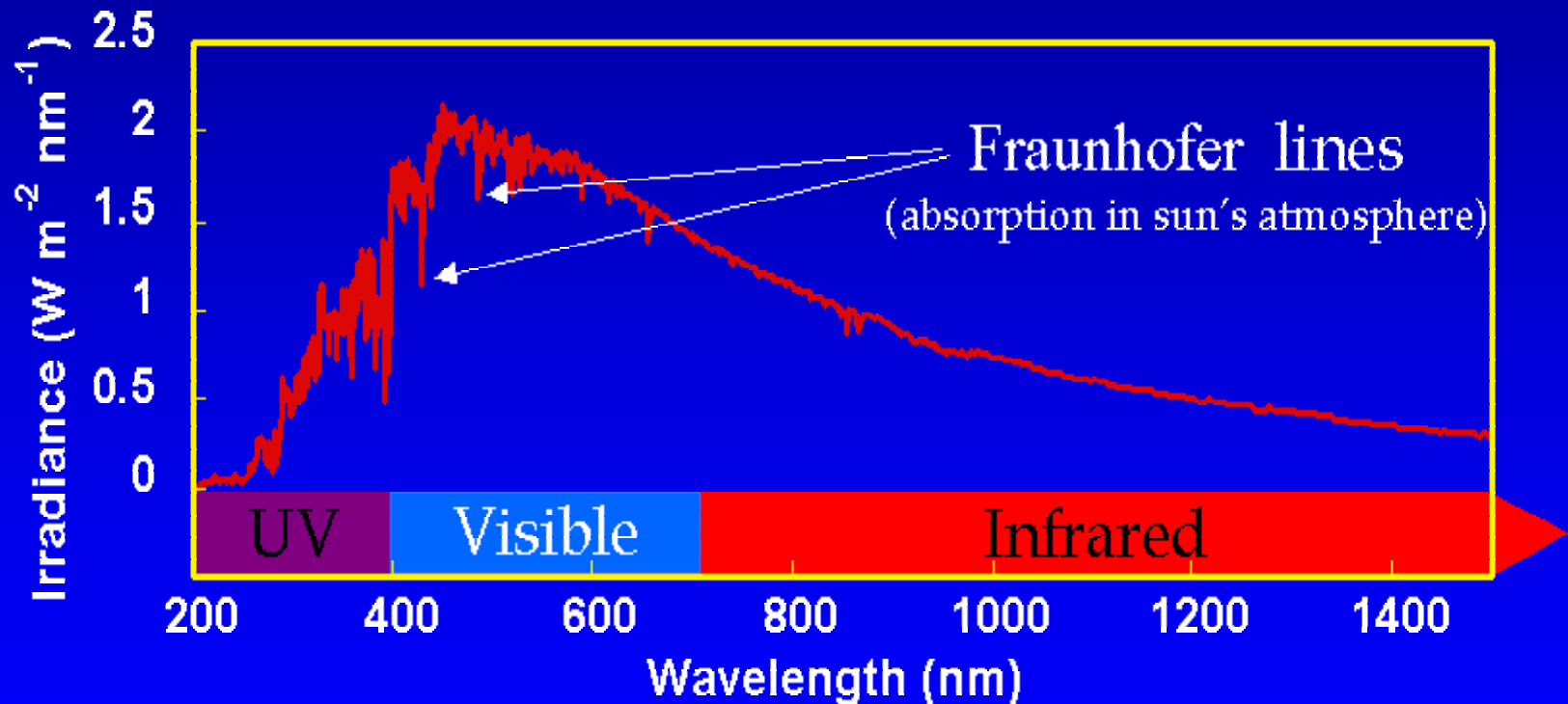
Raspon elektromagnetskog zračenja Sunca



Solarna konstanta

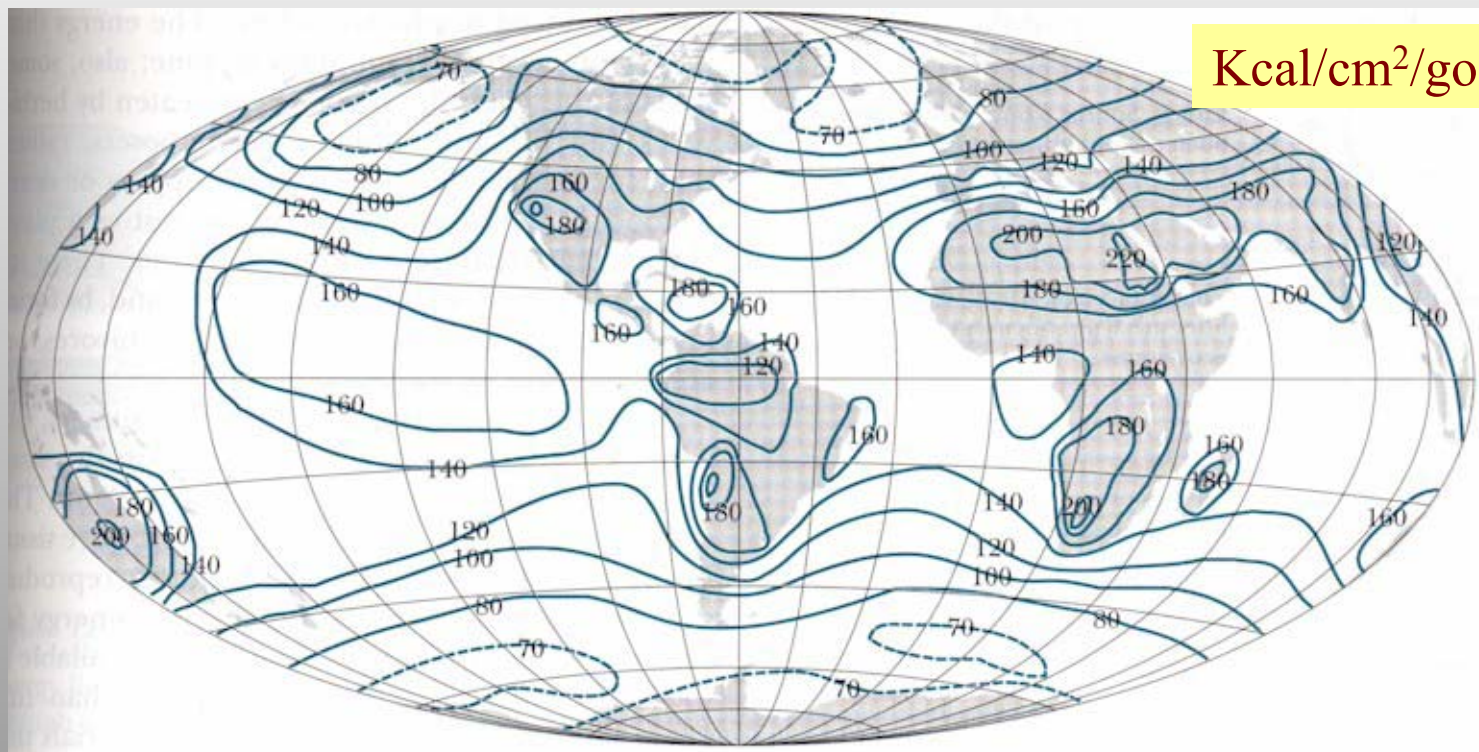
- **The Solar Constant is 1366.1 W m^{-2} .**

It is defined as the amount of solar radiation on a surface perpendicular to the solar beam, at the outer limit of earth's atmosphere, at the mean sun-earth distance.



- This is at the top of the atmosphere it still has to go through the atmosphere before it reaches the surface.

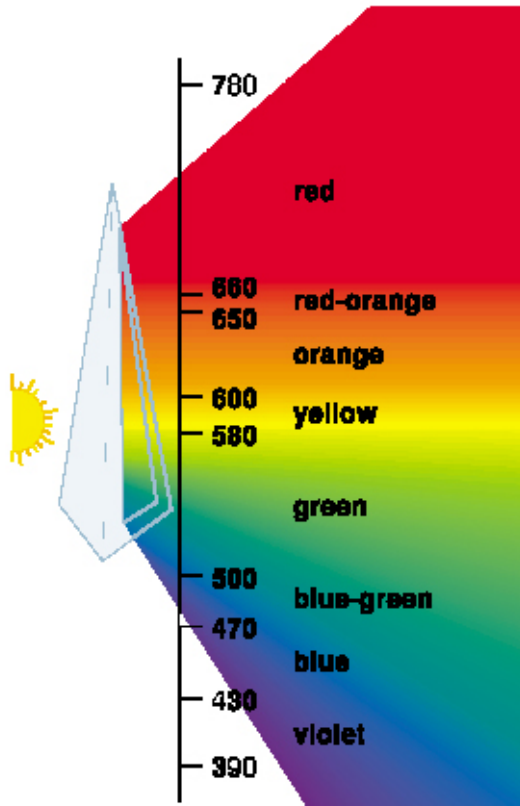
Raspodjela solarne energije na Zemlji



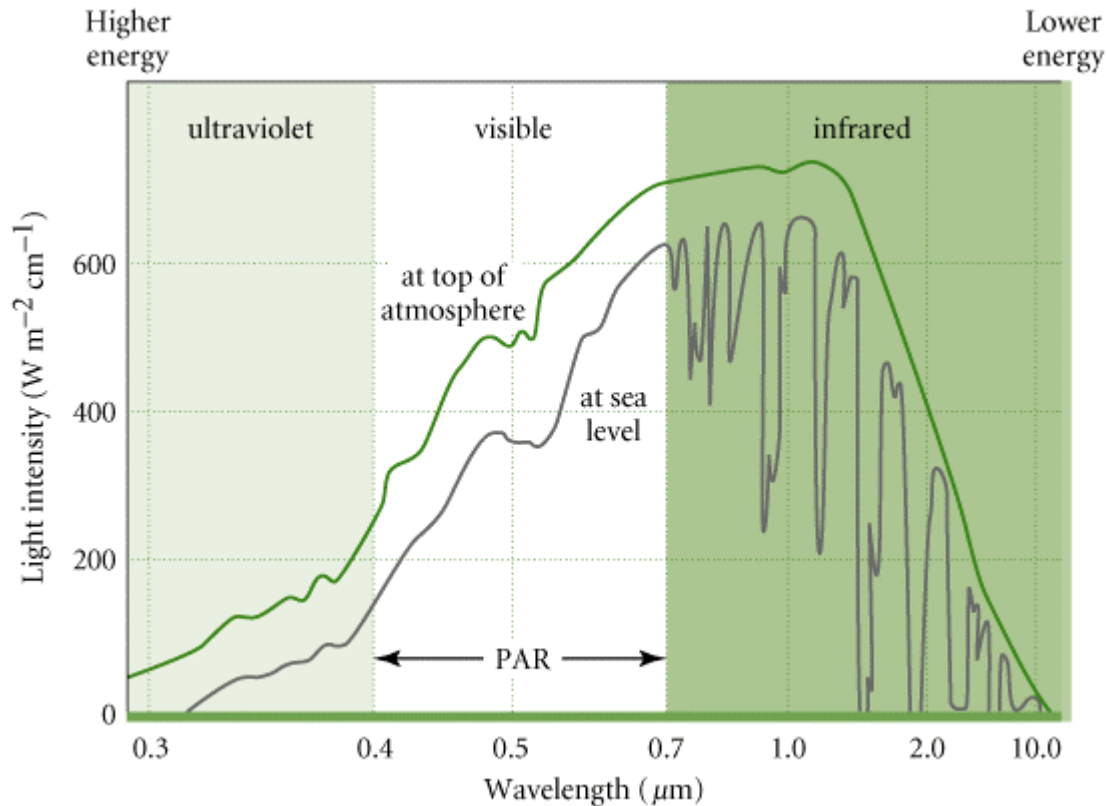
Sunčeva radijacija je primarni izvor energije za ekosisteme

Intezitet radijacije i njegove sezonske varijacije ovise o geografskoj širini (na nižim geografskim širinama su manje sezonske, a veće dnevne varijacije)

Sunčevo svjetlo se sastoji od spektra valnih dužina



Sunčevo svjetlo se sastoji od spektra valnih dužina

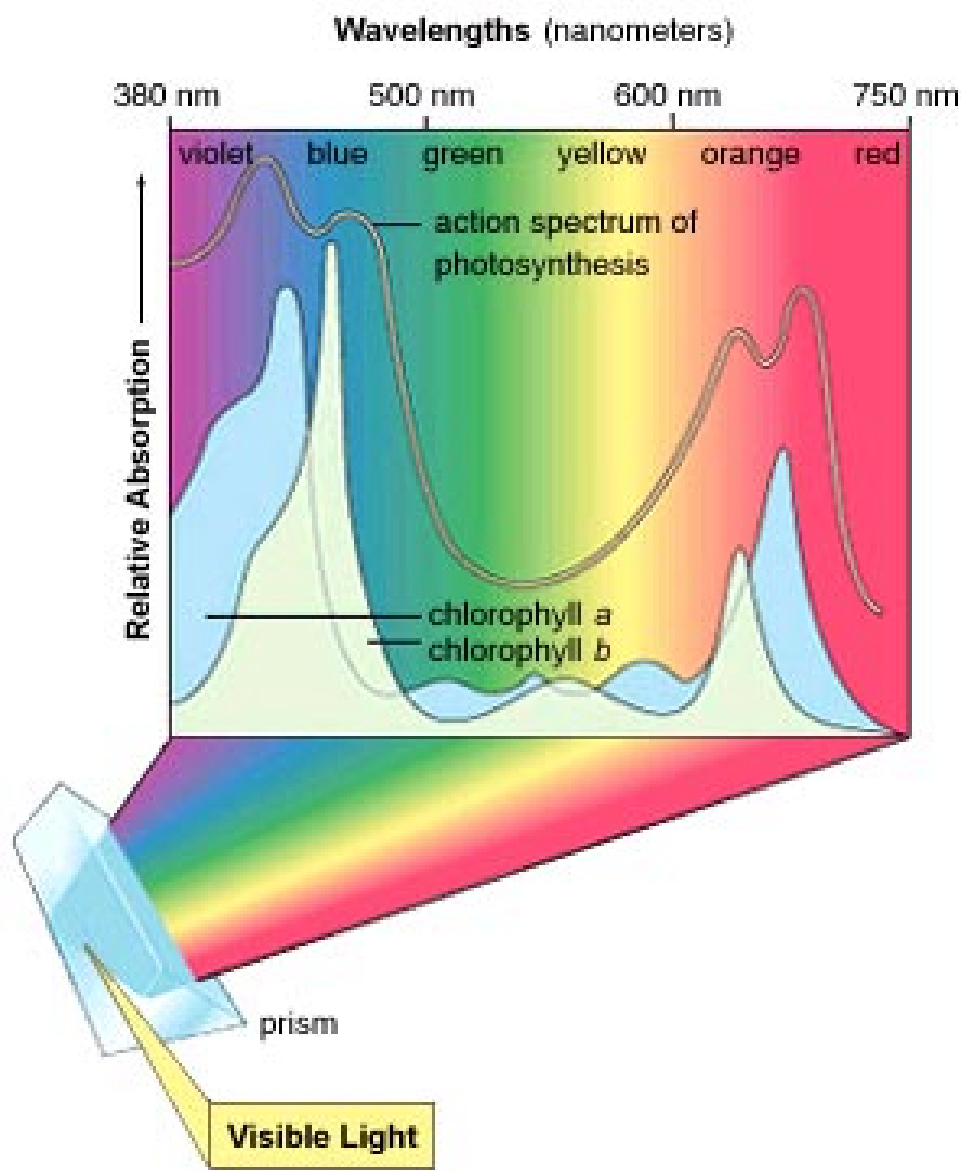


Većina se UV zračenja apsorbira u atmosferi (ozon)

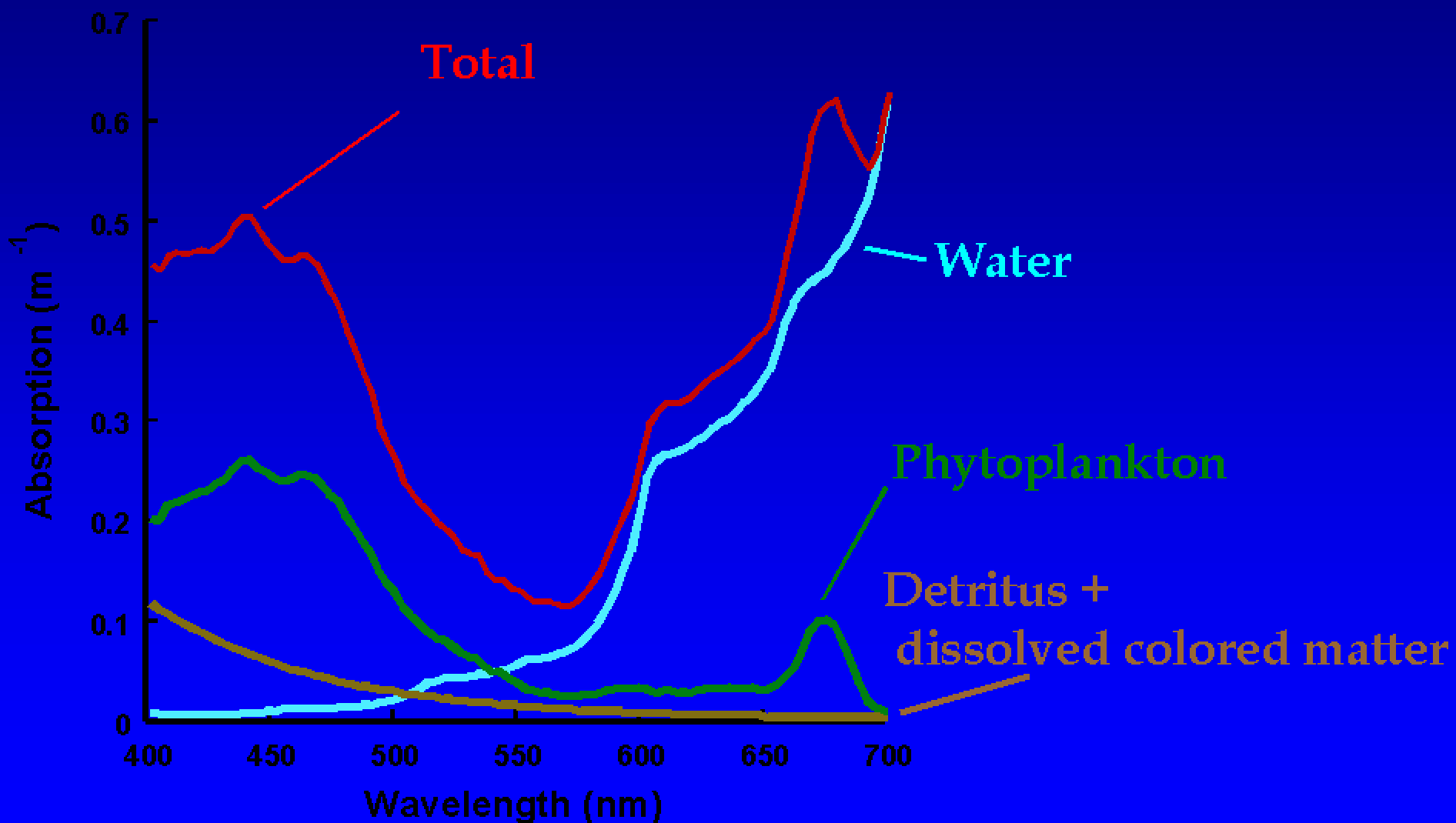
Infracrveno zračenje ima premalo energije

Za fotosintezu je najvažniji vidljivi dio spektra (400-700 nm)

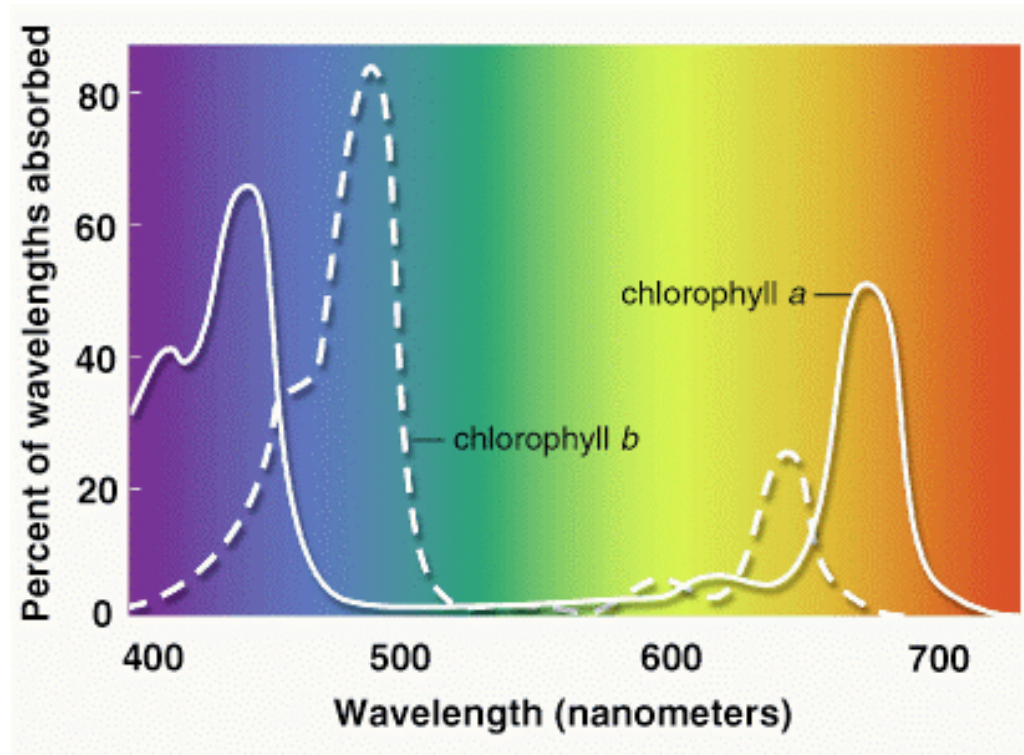
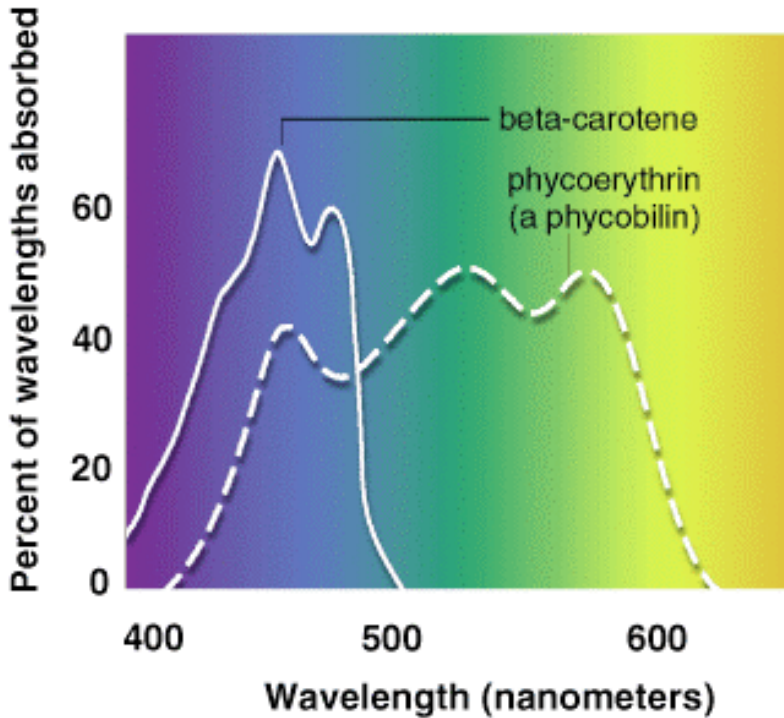
Za fotosintezu je najvažniji vidljivi dio spektra



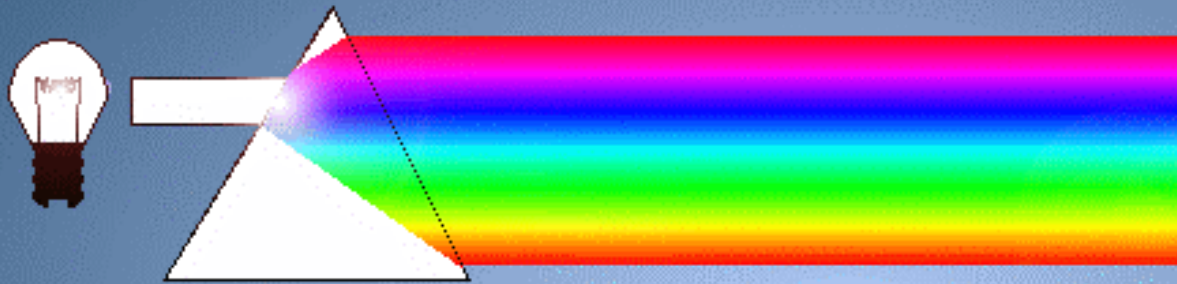
Absorption in the ocean



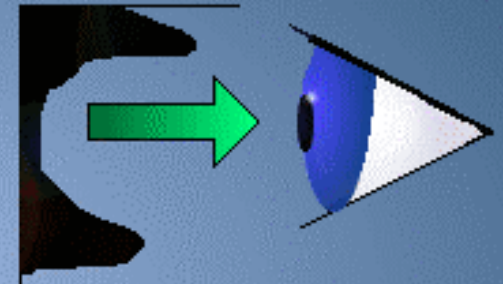
Različiti pigmenti
apsorbiraju različite
valne dužine svjetla



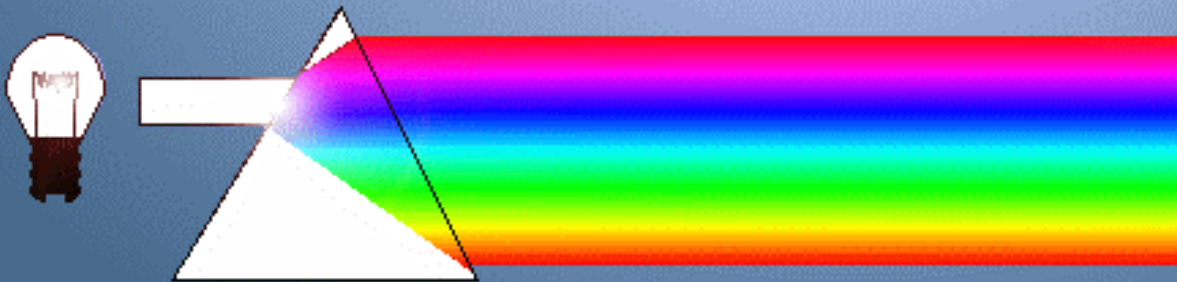
chlorophyll



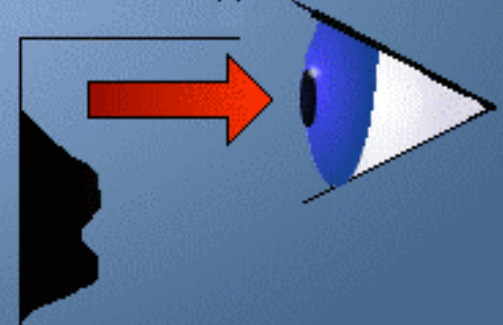
absorbing effect

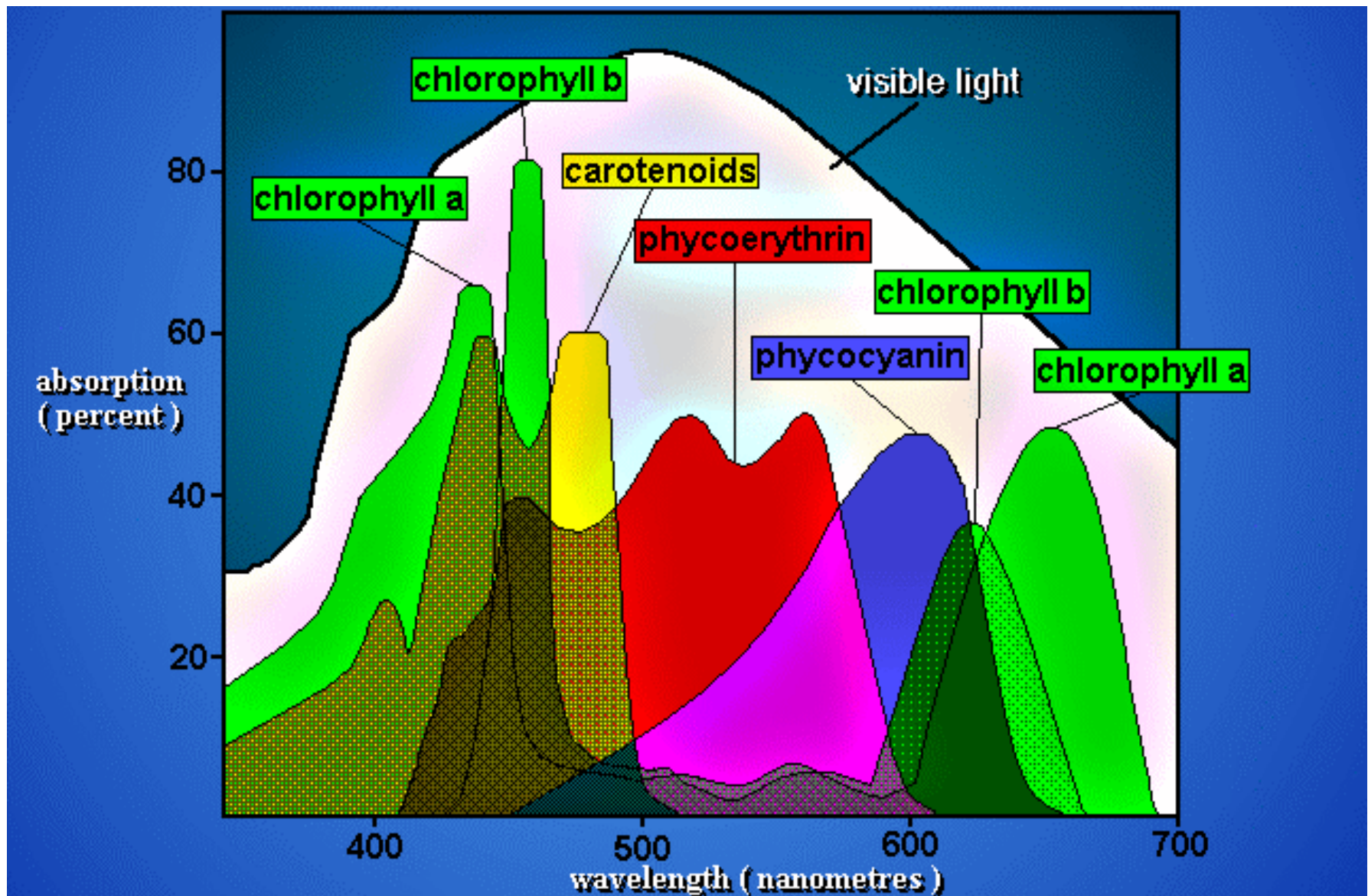


phycoerythrin

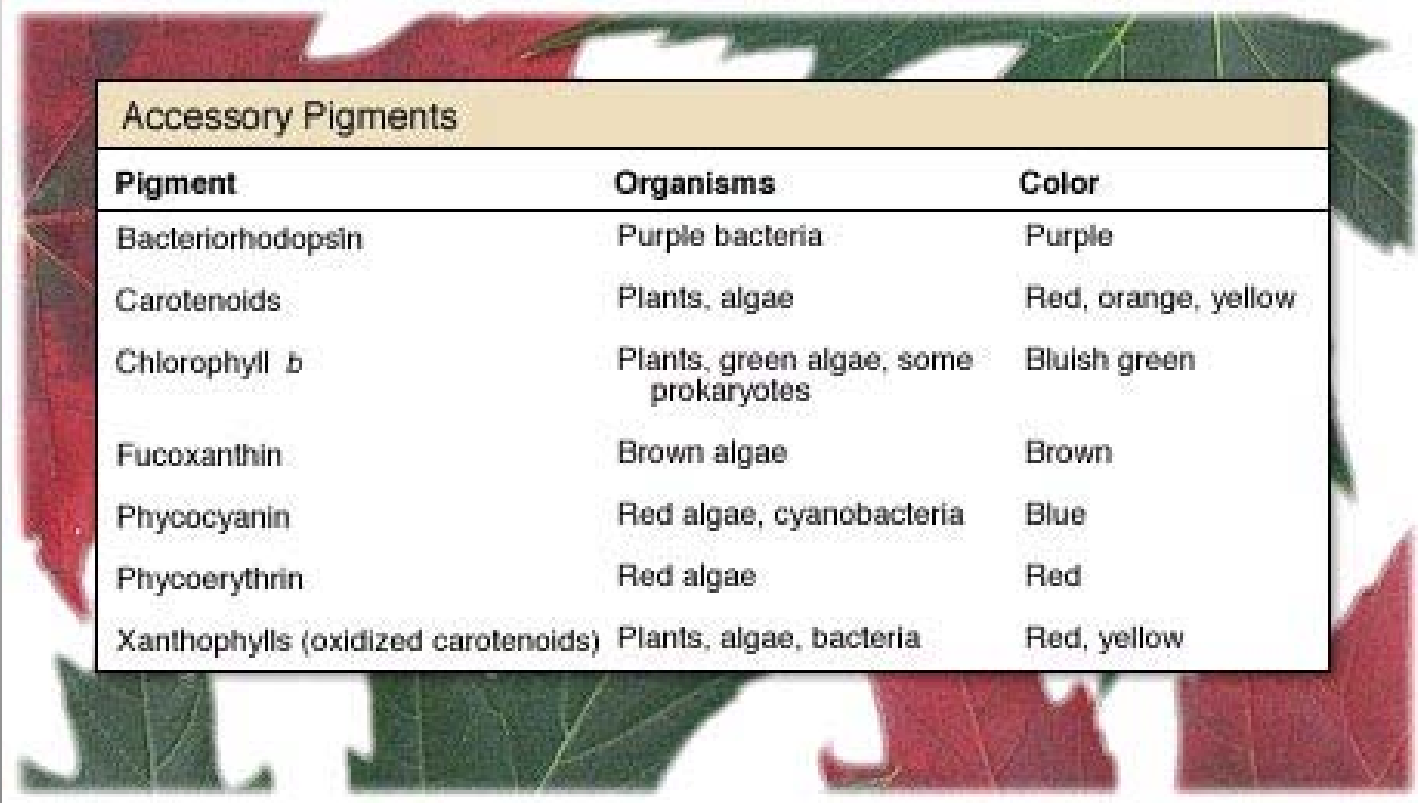


absorbing effect





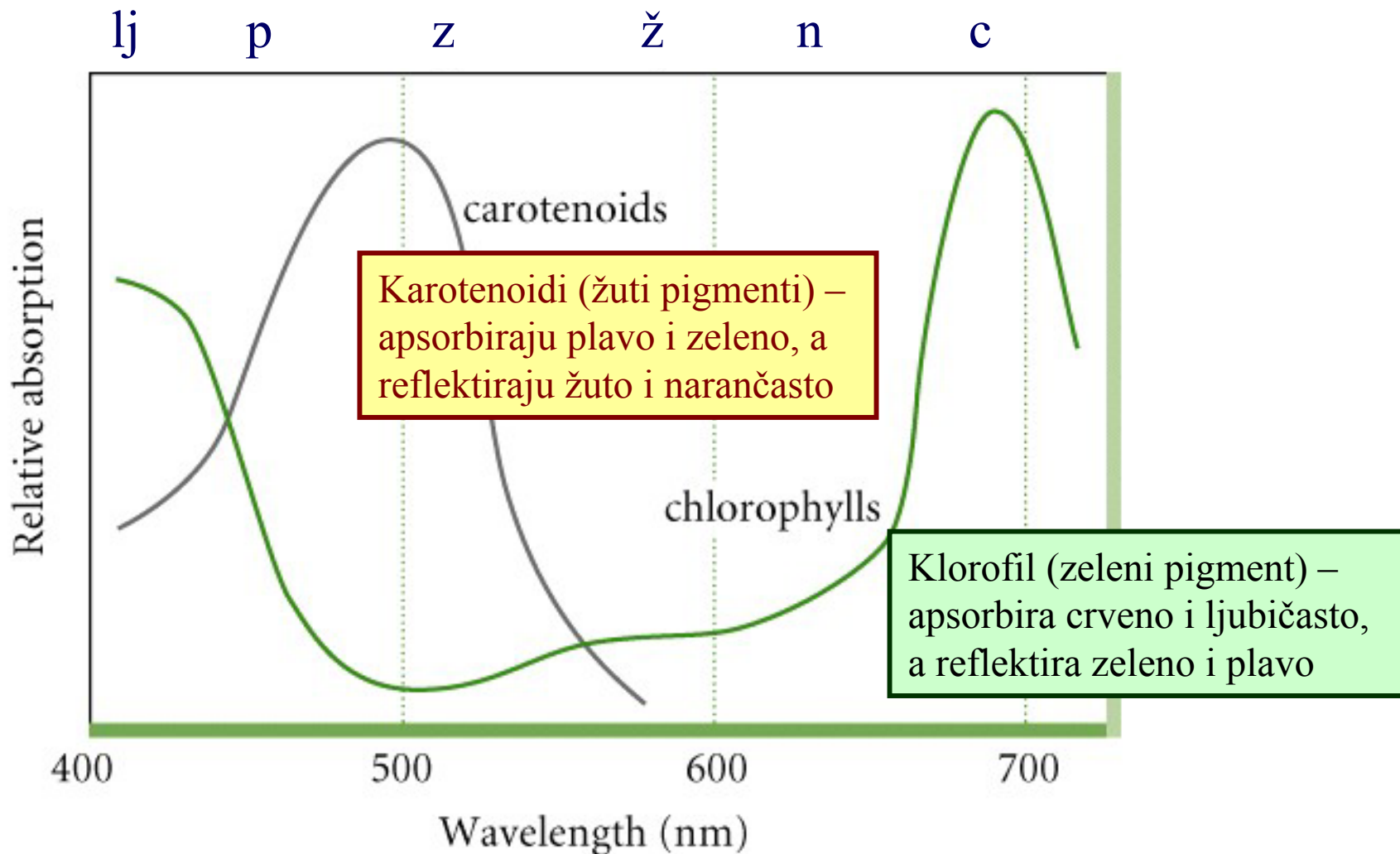
Boja pigmenta komplementarna je boji valne dužine svjetla koju pigment apsorbira. Ta se pojava naziva **komplementarna kromatska adaptacija**



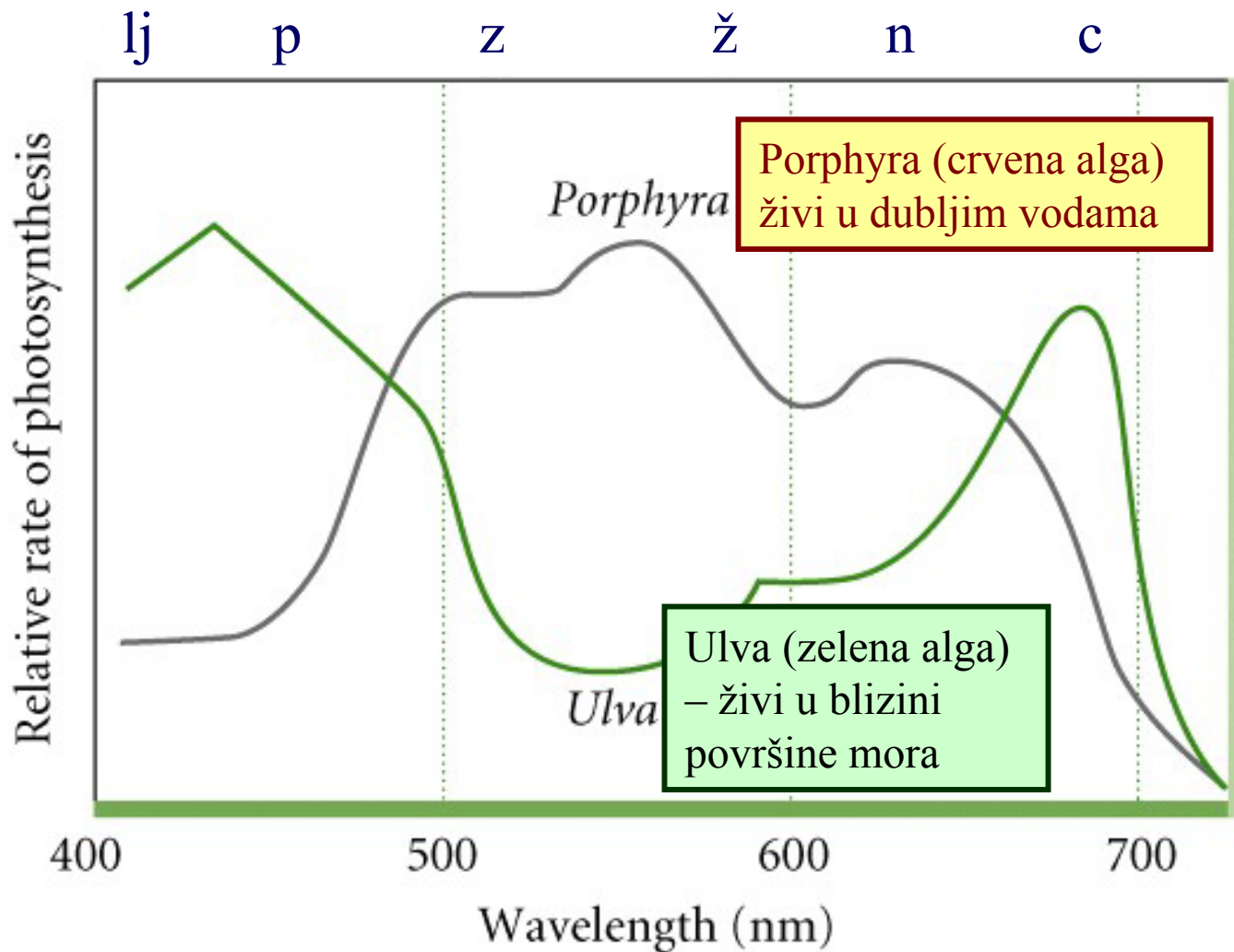
Accessory Pigments		
Pigment	Organisms	Color
Bacteriorhodopsin	Purple bacteria	Purple
Carotenoids	Plants, algae	Red, orange, yellow
Chlorophyll <i>b</i>	Plants, green algae, some prokaryotes	Bluish green
Fucoxanthin	Brown algae	Brown
Phycocyanin	Red algae, cyanobacteria	Blue
Phycoerythrin	Red algae	Red
Xanthophylls (oxidized carotenoids)	Plants, algae, bacteria	Red, yellow

M. Šolić: Osnove ekologije

Biljke pomoću pigmenata koji su jaki apsorbenti svjetla apsorbiraju određene valne dužine, te vrše fotokemijsku konverziju energije svjetla u kemijsku energiju



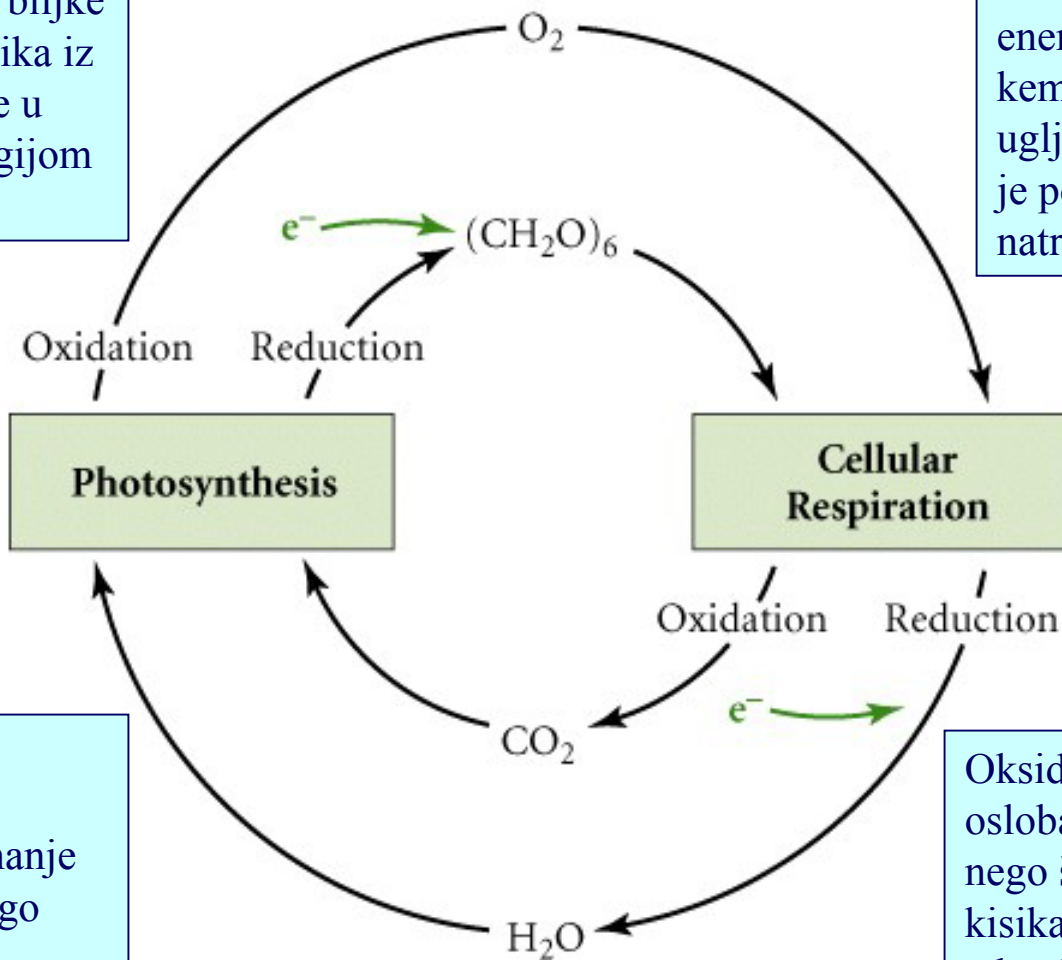
Fotosintetski pigmenti biljaka adaptirani su na uvjete u kojima biljke žive



Većina energetske transformacije u biološkim sustavima temelji se na kemiji ugljika i kisika

Tijekom fotosinteze biljke reduciraju atom ugljika iz CO_2 koji se ugrađuje u spojeve bogate energijom (ugljikohidrate)

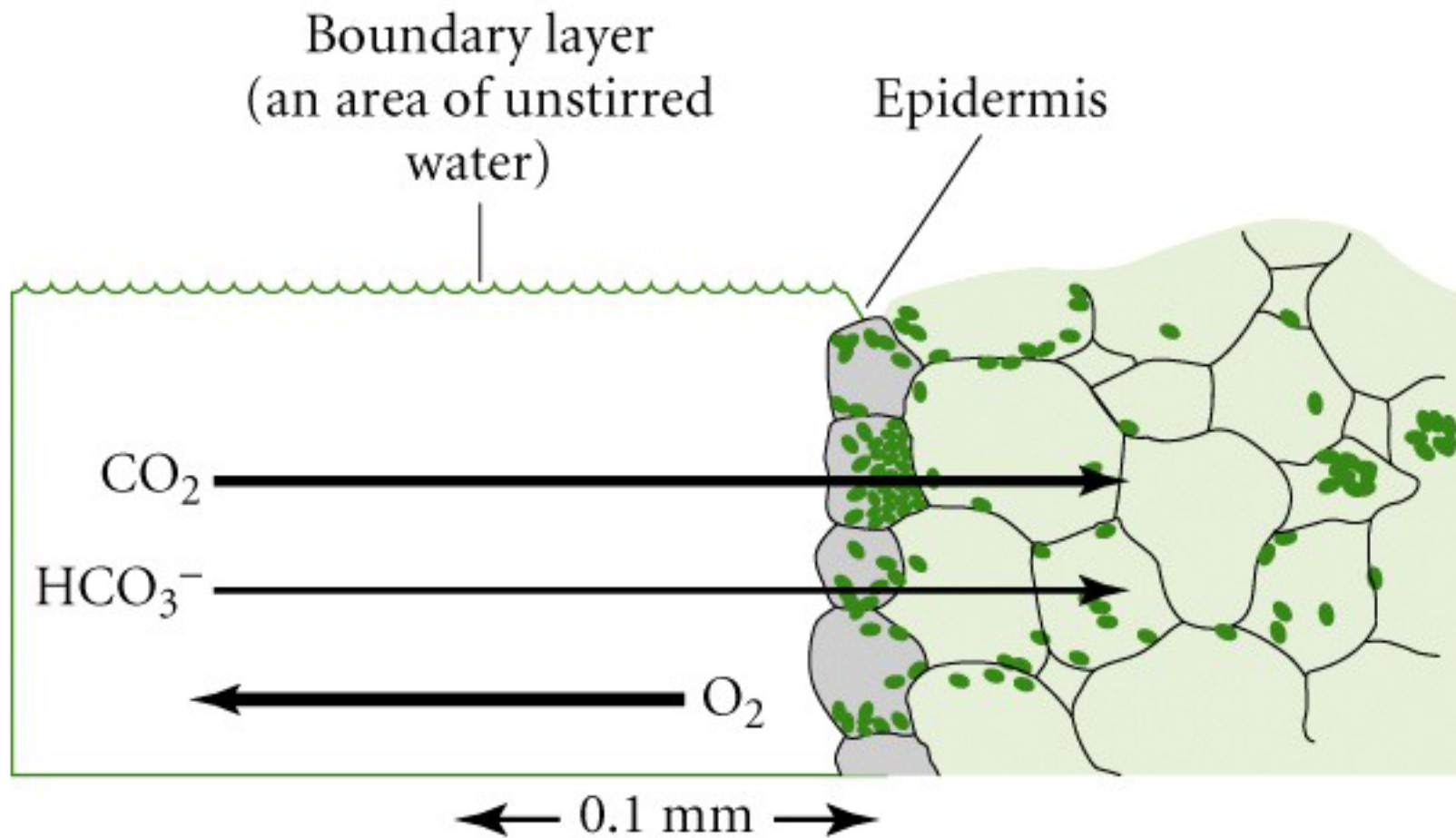
Da bi se oslobodila energija pohranjena u kemijskim vezama u ugljikohidratima, ugljik je potrebno oksidirati natrag u CO_2



Redukcija kisika je termodinamički favorizirana (traži manje ulaganje energije nego redukcija ugljika)

Oksidacija ugljika oslobađa više energije nego što je redukcija kisika traži (zato je kisik tako dobar oksidans)

Dok ekstremno niska koncentracija CO_2 u zraku stvara kopnenim biljkama probleme u čuvanju vode, CO_2 predstavlja daleko manji problem za vodene biljke



Opskrba kisikom može biti kritična kod životinja u vodenim okolišima

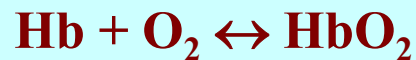
- Raspoloživost kisika u okolišu može ograničiti metaboličku aktivnost
- To se pogotovo odnosi na vodene okoliše zbog niske topljivosti i spore difuzije kisika
- Organizmi koriste različite metode opskrbe kisikom

Mehanizmi opskrbe kisikom

PROBLEM	RJEŠENJE	ORGANIZMI
Kod malih ili neaktivnih organizama nema problema	Kisik se dobiva putem difuzije kroz stanicu	Praživotinje, spužve, žarnjaci
Difuzijska udaljenost od površine do središta tijela je prevelika (veliki org.)	Cirkulacijski sustav pumpa tekućinu od površine prema središtu	Široko rasprostranjeno: - otvoreni krvotok - zatvoreni krvotok
Topljivost kisika u vodi ograničava njegov transport putem cirkulacijskih tekućina	Ugradnja proteina koji vezuju kisik u krvi (npr. hemoglobin)	Hemoglobin je široko rasprostranjen kod kralježnjaka. Kod beskralježnjaka drugi pigmenti
Visoka koncentracija proteina povećava osmotsku vrijednost krvi	Respiratorni proteini su čvrsto pakovani u crvenim krvnim stanicama (eritrociti)	Svi kralježnjaci, neki mekušci i bodljikaši

Kapacitet hemoglobina za vezivanjem kisika uravnotežuje raspoloživost i potrebe za kisikom

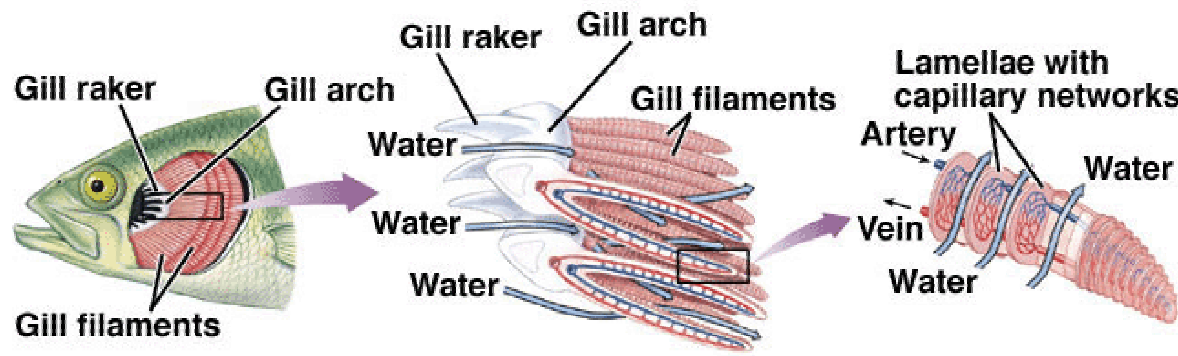
- Respiratorni pigmenti moraju lako vezati kisik na respiratornim površinama, zatim ga čvrsto držati, te ga lako osloboditi u tkivima
- Kompromis između funkcija vezivanja i oslobađanja kisika najbolje je izražen preko krivulje disocijacije kisika koja prikazuje količinu kisika vezanog za hemoglobin (izraženo kao % od maksimalno moguće) kao funkciju koncentracije kisika u krvnoj plazmi
- Postotak vezanog i nevezanog kisika dostiže ravnotežu koja je opisana jednačinom:



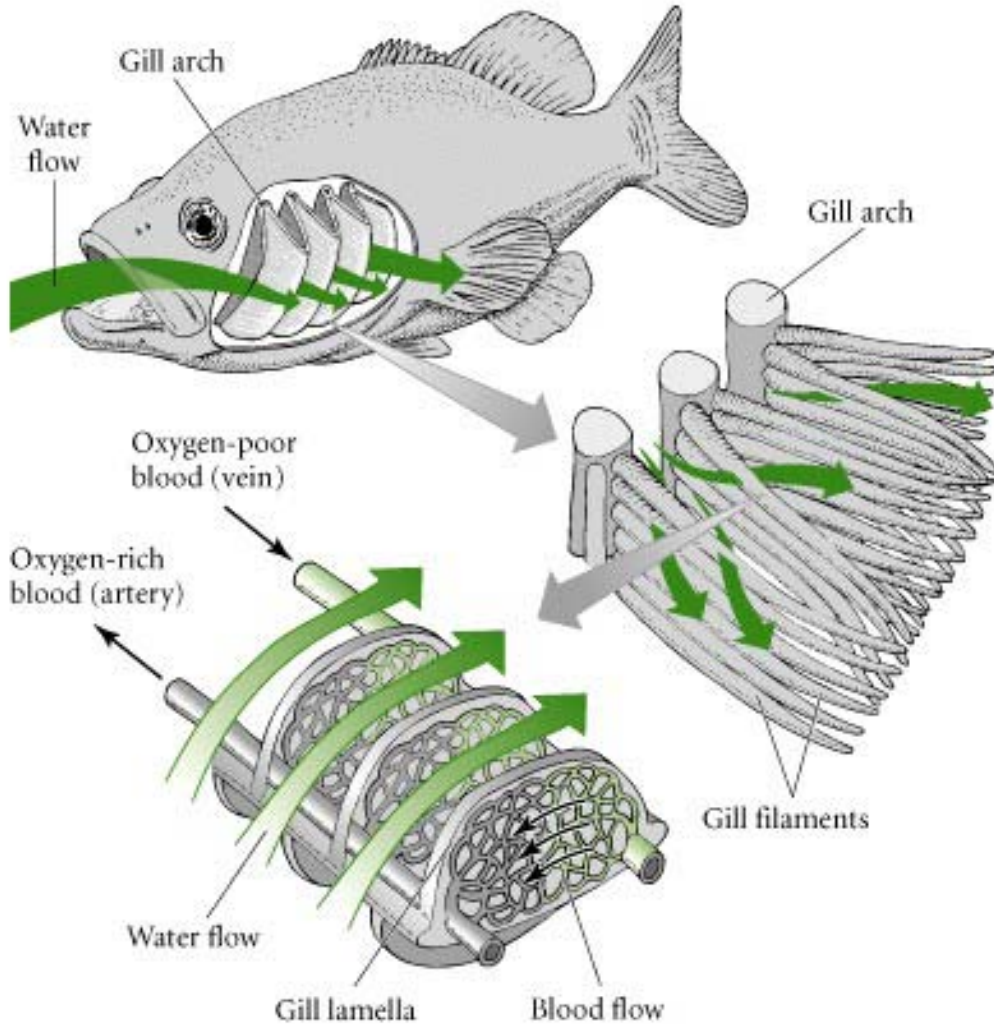
- Kako kisik difundira u krv ravnoteža se pomiće prema desno; kako tkiva troše kisik iz krvi tako se ravnoteža pomiće prema lijevo i kisik se oslobađa iz oksihemoglobinskog kompleksa

Prilagodbe organizama za opskrbu kisikom ovisno o koncentraciji kisika u okolišu kao i o njihovim potrebama za kisikom

- Male životinje imaju velike potrebe za kisikom pa je kod njih krivulja disocijacije pomaknuta u desno
- Kod embrija sisavca je krivulja disocijacije pomaknuta u desno u odnosu na njihove majke
- Količina hemoglobina u krvi se može podesiti:
 - Aktivna riba poput skuše ima ukupni kapacitet vezivanja kisika 16% u odnosu na 5% kod neaktivnih slabo pokretnih organizama
 - Nakon nekoliko tjedana provedenih na visini od 5000 m nosivi kapacitet kisika u krvi čovjeka se poveća s 21 vol% na 25 vol%, dok kod lokalnog stanovništva iznosi 30%
- Važne prilagodbe su također: veličina pluća, brzina i volumen udisaja, veličina srca, brzina i volumen protoka krvi, gustoća kapilara

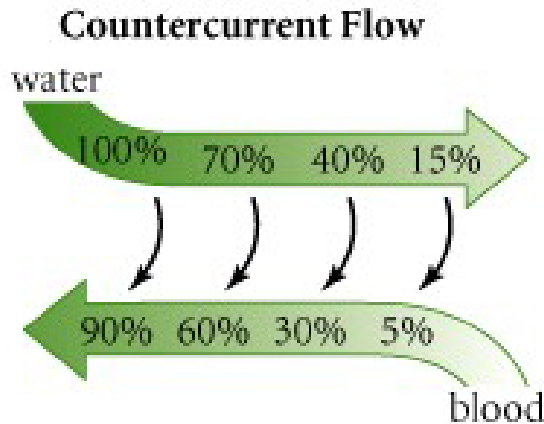


Struktura škrga kod riba

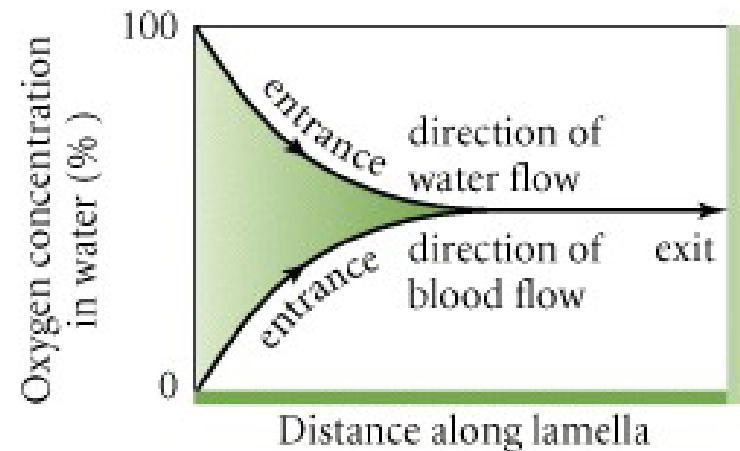
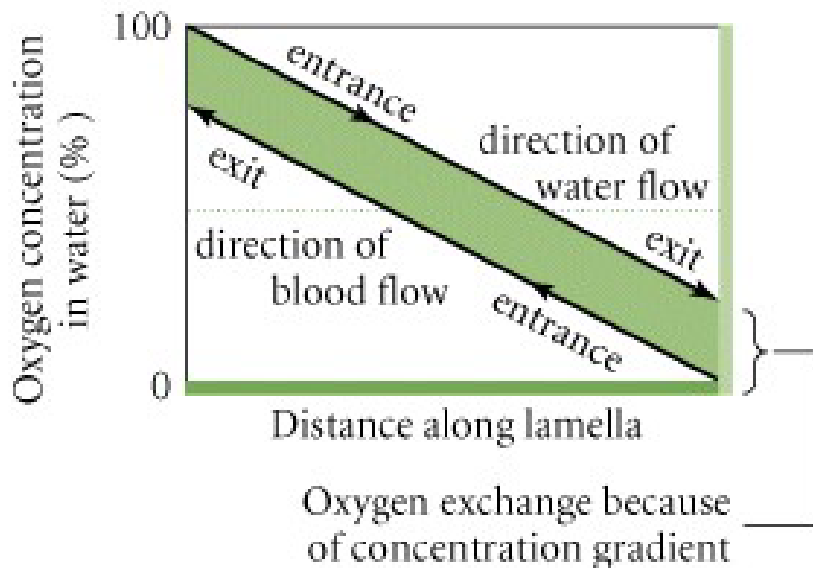
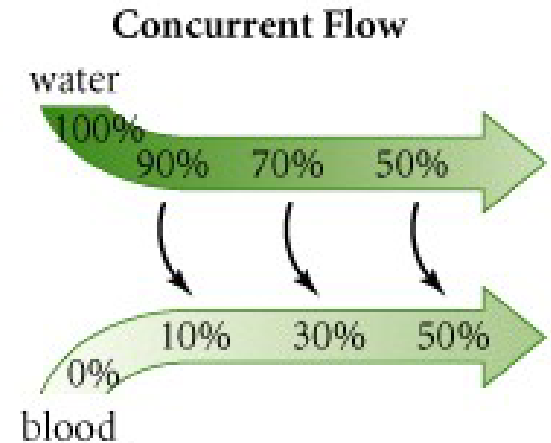


Protustrujna cirkulacija kod riba omogućava bolju opskrbu kisikom

Protustrujna cirkulacija

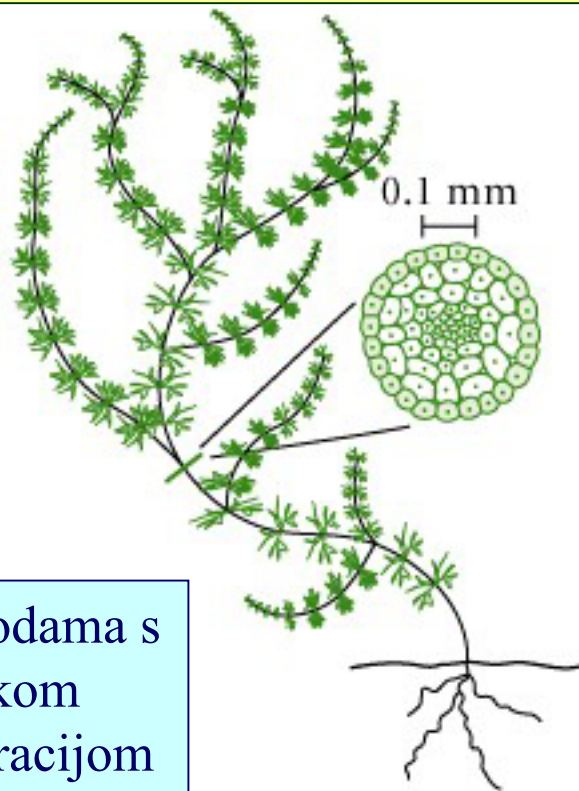


Protustrujna cirkulacija osigurava stalni gradijent kisika (difuziju kisika iz vode u krv)

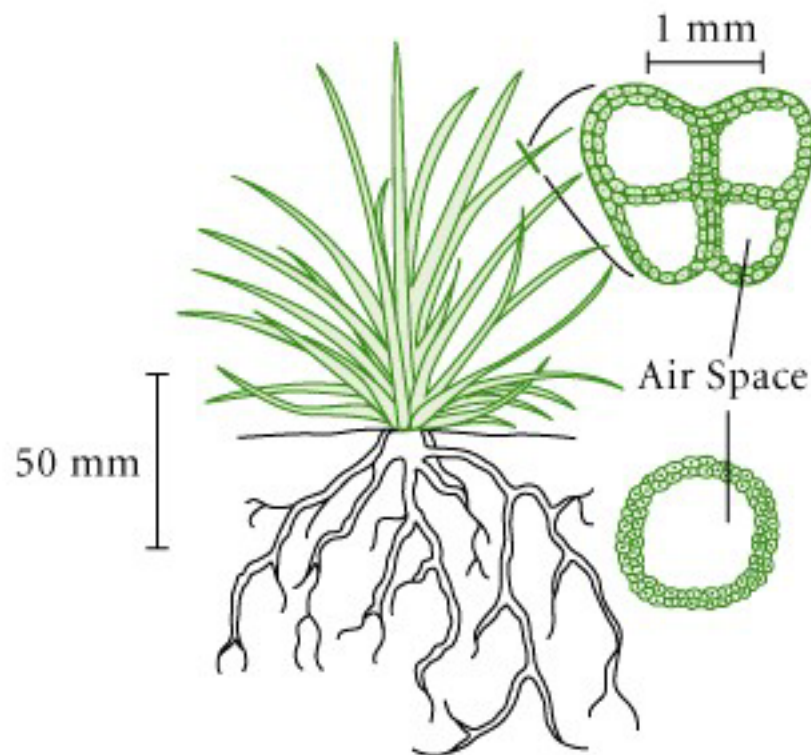


Opskrba korjenja kisikom kod dviju biljaka čije je korjenje uronjeno u vodu

(Promjer zračnih komorica koje zrakom opskrbljuju korjenje veći je kod biljaka koje žive u vodama s niskom koncentracijom hranjiva)



Živi u vodama s visokom koncentracijom hranjiva



Živi u vodama s niskom koncentracijom hranjiva (korjenov sustav je razvijeniji)