

UNIVERZA V LJUBLJANI
PEDAGOŠKA FAKULTETA

TEA ŽMAVČIČ

PRIPRAVA EKSPERIMENTA ZA PONAŽORITEV
EVAPOTRANSPIRACIJE PRI PREDMETU
NARAVOSLOVJE V 6. RAZREDU OSNOVNE ŠOLE

DIPLOMSKO DELO

LJUBLJANA, 2016

UNIVERZA V LJUBLJANI
PEDAGOŠKA FAKULTETA
DVOPREDMETNI UČITELJ BIOLOGIJA IN GOSPODINJSTVO

TEA ŽMAVČIČ

Mentor: izr. prof. GREGOR TORKAR

Somentor: mag. LUKA PRAPROTNIK

PRIPRAVA EKSPERIMENTA ZA PONAŽORITEV
EVAPOTRANSPIRACIJE PRI PREDMETU NARAVOSLOVJE V
6. RAZREDU OSNOVNE ŠOLE

DIPLOMSKO DELO

LJUBLJANA, 2016

Zahvala

Iskreno se zahvaljujem mentorju, izr. prof. Gregorju Torkarju, za prijaznost, spodbudo, vse nasvete in pomoč pri pisanju diplomske naloge. Zahvaljujem se tudi somentorju, mag. Luki Praprotniku, ki mi je pomagal pri izvedbi eksperimenta ter mi dajal napotke pri moji diplomski nalogi.

Zahvala gre moji družini, ki me je spodbujala in mi stala ob strani tako moralno kot finančno.

Zahvala gre prav tako mojim prijateljem, ki so me spodbujali in mi svetovali pri diplomski nalogi.

Prav tako se zahvaljujem svojemu fantu Matjažu, ki mi je stal ob strani ter me podpiral pri pisanju diplomske naloge.

IZJAVA

Podpisana Tea Žmavčič, rojena 14. 08. 1992, študentka Pedagoške fakultete Univerze v Ljubljani, smer Dvopredmetni učitelj, izjavljam, da je diplomsko delo z naslovom **Priprava eksperimenta za ponazoritev evapotranspiracije pri predmetu Naravoslovje v 6. razredu osnovne šole** pri mentorjuizr. prof. dr. Gregorju Torkarju avtorsko delo. Uporabljeni viri in literatura so konkretno navedeni, teksti niso prepisani brez navedbe avtorjev.

Ljubljana, september 2016

POVZETEK

Uporaba praktičnega dela je pri poučevanju naravoslovja ključna, še posebej pri pojasnjevanju naravoslovnih procesov in pojmov. Eden izmed zahtevnejših procesov, ki se ga obravnava pri Naravoslovju, predstavlja evapotranspiracija, ki je sestavljena iz dveh procesov: evaporacije ter transpiracije in je pomemben del vodnega cikla. Razumevanje evapotranspiracije je za učence težavno, saj gre za zahteven in kompleksen proces, ki ga ne vidijo in pogosto tudi ne razumejo. Problem se pojavi že pri samem razumevanju procesov evaporacije ter transpiracije, saj ju je časovno težko ločiti. Za poučevanje kompleksnih procesov in pojmov se učiteljem priporoča uporaba aktivnih metod dela.

V diplomski nalogi smo želeli predstaviti eksperiment, ki bi služil za boljše razumevanje procesa evapotranspiracije. Prav tako pa smo pripravili didaktično gradivo za učitelje in učence za eksperimentalno delo na temo transpiracije in evapotranspiracije.

S pomočjo uporabe računalnika ter različnih pripomočkov smo zastavili eksperiment, ki smo ga razdelili na dva dela.

V prvem delu eksperimenta smo merili vpliv pri različnih sestojih oziroma matricah na stopnjo evapotranspiracije, medtem ko smo v drugem delu merili vpliv vetra na stopnjo evapotranspiracije.

Rezultati, ki smo jih pridobili s pomočjo tehtanja ter merilnega sistema Vernier LabQuest 2, so pokazali, da poraščenost tal in različni sestoji vplivajo na stopnjo evapotranspiracije. Prav tako smo ugotovili, da je veter eden izmed pomembnih dejavnikov, ki pospešijo proces evapotranspiracije.

Ugotovili smo, da bi bil eksperiment, ki je bil uporabljen v empiričnem delu diplomske naloge, primeren za ponazoritev procesa evapotranspiracije pri predmetu Naravoslovje v 6. razredu osnovne šole.

Ključne besede: kroženje vode, evapotranspiracija, transpiracija, metode IKT, eksperimentalno delo pri Naravoslovju.

ABSTRACT

Practical work represents an essential part in Science courses in Elementary schools. It is used especially when explaining natural processes and concepts. One of the most challenging concepts to grasp for students in Science courses, is the process of evapotranspiration. Evapotranspiration consist of two processes: evaporation and transpiration and it represents an important part in Earth's hydrological cycle. Understanding evapotranspiration is difficult for students because it cannot be seen, which leads to incomprehension and false beliefs. Students also have a problem with understanding the process of evaporation and transpiration, because they occur simultaneously and it's hard to sepearate them. For explaining and illustrating complexed processes as evapotranspiration, it is recommended for teachers to use active methods of work.

In our thesis, we wanted to present an experiment, that would serve for better understanding of the process of evapotranspiration. We also prepared a didactic material for teacher and students on the subject of transpiration and evapotranspiration.

The experiment was divided into two parts.

In the first part of our experiment, we measured the impact of different types of landscape patterns, a.k.a. matrices, on the rate of evapotranspiration. In the second part of our experiment, we measured the impact of wind on the rate of evapotranspiration. The results, which we obtained by weighing and measuring with Vernier measuring system LabQuest 2, have shown us that various landscape patterns affect the rate of evapotranspiration. We also proved that the wind is one of the more important factors that accelerates the process of evapotranspiration.

We think that our experiment, which was done in empirical part of the diploma thesis, is suitable to illustrate the proces of evapotranspiration in the course Science in the 6th grade of Elementary school.

Key words: water cycle, evapotranspiration, transpiration, experimental work in Science courses, ICT methods.

Kazalo vsebine

1 UVOD	1
2 TEORETIČNI DEL.....	3
2.1 Kroženje vode.....	3
2.1.1 Pomen vode za rastline	4
2.1.2 Vodni potencial	5
2.2 Sprejem vode v rastlino	8
2.2.1 Radialni transport	8
2.2.2 Aksialni transport	9
2.3 Oddajanje vode iz rastline	12
2.3.1 Transpiracija.....	12
2.3.2 Evaporacija.....	13
2.3.3 Evapotranspiracija	13
2.4. Praktično delo pri pouku naravoslovja.....	18
2.4.1 Eksperimentalno delo pri naravoslovju	18
2.5 Razumevanje transpiracije, evaporacije ter evapotranspiracije pri učencih.....	20
3 EMPIRIČNI DEL.....	22
3.1. METODOLOGIJA	22
3.1.1 NAMEN IN CILJI DIPLOMSKE NALOGE.....	22
3.1.2 HIPOTEZE	22
3.1.3 RAZISKOVALNA METODA.....	23
4 REZULTATI.....	27
4.1 Stopnja evapotranspiracije pri različnih vzorcih brez ventilatorja	27
4.1.1 Stopnja evapotranspiracije pri vzorcu brez sadik	27
4.1.2 Stopnja evapotranspiracije pri vzorcu polovica strnjeno, polovica sama zemlja	29
4.1.3 Stopnja evapotranspiracije pri vzorcu mozaično (šahovnica)	31
4.1.4 Stopnja evapotranspiracije pri vzorcu strnjeno	33
4.2 Stopnja evapotranspiracije pri različnih vzorcih z dodatnim vplivom vetra (z ventilatorjem) ...	36
4.2.1 Stopnja evapotranspiracije pri vzorcu zemlja brez sadik	36
4.2.2 Stopnja evapotranspiracije pri vzorcu strnjeno	38
5 SKLEP	40
6 LITERATURA.....	43
7 PRILOGA.....	48

Kazalo slik

Slika 1: Prikaz kroženja vode s procesi (NASA, The Water Cycle).....	4
Slika 2: Faktorji vpliva na evapotranspiracijo (Allen in sodelavci, 1998).....	16
Slika 3: Merilni sistem Vernier LabQuest 2.....	20
Slika 4: Slika komore, na kateri so na merilni sistem Vernier LabQuest priklopljeni merilniki za merjenje relativne vlažnosti zraka, vlažnosti tal, svetlobe (osvetljenosti) ter temperature.....	23
Slika 5: Razporeditev lončkov pri vzorcu zemlja brez sadik.....	27
Slika 6: Razporeditev lončkov pri vzorcu polovica strnjeno, polovica sama zemlja.....	29
Slika 7: Razporeditev lončkov pri vzorcu mozaično (šahovnica).....	31
Slika 8: Razporeditev lončkov pri vzorcu strnjeno.....	33
Slika 9: Razporeditev lončkov pri vzorcu zemlja brez sadik z dodatnim vplivom vetra (ventilator).....	36
Slika 10: Razporeditev lončkov pri vzorcu strnjeno z dodatnim vplivom vetra (ventilator).....	38
Slika 11: Postavitev merilnikov v komori.....	49
Slika 12: Priklopljeni merilniki na Vernier LabQuest 2.....	50

Kazalo preglednic

Preglednica 1: Vrednost povprečnih koeficientov izhlapevanja pri posamezni skupini rastlin glede na referenčno potencialno izhlapevanje za obdobje 1971–2000, povzeto po Water Balance Elements.....	17
Preglednica 3: Kriteriji za ocenjevanje eksperimentalnega dela, povzeto po Jaka Banko in Samo Božič.....	59
Preglednica 2: Število točk in pripradajoča ocena, povzeto po Jaka Branko in Samo Božič.....	59

Kazalo grafov

Graf 1: Pogoji, v katerih je bila merjena stopnja evapotranspiracije.....	25
Graf 2: Pogoji, v katerih je bila merjena stopnja evapotranspiracije pod vplivom vetra.....	26
Graf 3: Prikaz izgubljanja mase lončkov s samo zemljo (tehtanje).....	27
Graf 4: Prikaz vlažnosti zemlje v odvisnosti od časa pri vzorcu sama zemlja.....	28
Graf 5: Prikaz izgubljanja mase lončkov pri vzorcu polovica strnjeno in polovica brez rastlin (tehtanje).....	29
Graf 6: Prikaz vlažnosti zemlje v odvisnosti od časa pri vzorcu polovica strnjeno in polovica brez rastlin.	30
Graf 7: Prikaz izgubljanja mase lončkov pri vzorcu mozaično (šahovnica) (tehtanje).....	31
Graf 8: Prikaz vlažnosti zemlje v odvisnosti od časa pri vzorcu mozaično (šahovnica).....	32
Graf 9: Prikaz izgubljanja mase lončkov pri vzorcu strnjeno (tehtanje).....	33
Graf 10: Prikaz padanja vlažnosti zemlje v odvisnosti od časa pri vzorcu strnjeno.....	34
Graf 11: Prikaz izgubljanja mase lončkov pri vzorcu sama zemlja z ventilatorjem (tehtanje).....	36
Graf 12: Prikaz vlažnosti zemlje v odvisnosti od časa pri vzorcu sama zemlja z ventilatorjem.....	37
Graf 13: Prikaz izgubljanja mase lončkov pri vzorcu strnjeno z ventilatorjem (tehtanje).....	38
Graf 14: Prikaz vlažnosti zemlje v odvisnosti od časa pri vzorcu strnjeno z ventilatorjem.....	39

1 UVOD

Pri pouku naravoslovja se učenci srečajo z različnimi naravoslovnimi pojmi in procesi, ki predstavljajo podlago za razumevanje naravnih pojavov in zakonitosti ter povezanosti med živo in neživo naravo (Učni načrt za Naravoslovje za 6. in 7. razred, 2011). Pouk naravoslovja pogosto temelji na frontalni obliki podajanja znanja, kjer so učenci zgolj v vlogi poslušalca. Pri pouku naravoslovja je pomembno tudi praktično, eksperimentalno delo, preko katerega učenci pridobijo praktična znanja o naravoslovnih procesih, ki jih je težko razložiti zgolj z besedami. V poglavju Didaktična priporočila v učnem načrtu predmeta je izpostavljeno, da je potrebno učne cilje uresničevati predvsem z neposrednim opazovanjem, eksperimentalnim in terenskim delom.

Eksperimentalno delo je oblika aktivnega učenja, ki učencu omogoča boljše razumevanje snovi. Eksperiment lahko pri pouku služi kot vizualizacijsko sredstvo, ki pripomore k boljšemu razumevanju abstraktnih pojmov in naravoslovnih procesov, ki jih učenci obravnavajo pri pouku (Šorgo, 2014). Hkrati pa učenci razvijajo občutek za delo v skupini in sodelovanje. Prvovrstna izkušnja, ki jo učenci pri takšni obliki aktivnega učenja doživijo, nudi bolj trajno znanje, saj so pri izvajanju eksperimenta bolj dejavni (Tomažič, 2014).

Učenci se s pojmom transpiracija ter evaporacija prvič srečajo v 6. razredu osnovne šole pri pouku Naravoslovja pri vsebinskem sklopu Živa narava (Učni načrt za Naravoslovje za 6. in 7. razred, 2011). Transpiracija skupaj s pojmom evaporacija predstavlja evapotranspiracijo, ki opisuje skupno izhlapevanje vode iz rastlin in tal. Učenci spoznajo, da sta transpiracija ter evaporacija dva ključna dejavnika vodnega kroga, ki ga poganja sončna energija.

Tako transpiracija kot evaporacija sta za učence abstraktna procesa in pojma, saj ju je težko prikazati. V raziskavi, ki je bila opravljena leta 1998, je bilo kar 22 % učencev, ki so se že srečali s transpiracijo, mnenja, da se voda absorbira skozi liste. Skoraj dve petini učencev pa meni, da rastlina v sebi zadrži vso vodo, ki jo dobi iz korenin (Baker, 1998). Prav tako predstavlja razumevanje evaporacije učencem izziv, saj so nekateri učenci mnenja, da poteka le ob vrelišču (Coştu in Ayas, 2005).

Razumevanje evapotranspiracije je za učence 6. razreda osnovne šole pri predmetu Naravoslovje ključno, saj lahko le tako v celoti razumejo vodni krog, ki ga poganja sončna energija. Eden izmed načinov, kako lahko prikažemo proces evapotranspiracije, je eksperimentalno delo, saj razvija sposobnost reševanja problemov v znanih in neznanih

situacijah ter služi kot sredstvo za vizualizacijo. S pomočjo uporabe IKT lahko učencem in učiteljem približamo uporabnost računalnika kot merilnega sistema.

V diplomski nalogi smo zasnovali eksperiment, ki bi učencem nazorno prikazal proces evapotranspiracije pri različnih vzorcih poraščenosti tal s pomočjo merilnega sistema Vernier.

2 TEORETIČNI DEL

2.1 Kroženje vode

Voda je bistvenega pomena za naš planet. Voda v naravi neprestano kroži v vseh oblikah med biosfero, atmosfero, litosfero in hidrosfero (Trimble in Ward, 2004). Nima začetne točke, saj so procesi med seboj povezani, poganja ga sončna energija. Voda se nahaja in zbira v zbiralnikih. Zbiralniki vode so predvsem morja, jezera, podtalnica in ozračje. Voda se transportira iz enega zbiralnika v drugega s pomočjo procesov evapotranspiracije, transpiracije, evaporacije, taljenja snega, padavin, podzemnih tokov, sublimacije ter kondenzacije (Pidwirny, 2006).

Fizikalni procesi, ki so vključeni v cikel kroženja vode:

Infiltracija: Je fizikalni proces, kjer vodna para v obliki padavin (dež, toča, žled ali sneg) pade iz atmosfere na tla in se tam absorbira. Absorpcija padavin je odvisna od poroznosti in prepustnosti tal. V kolikor je količina padavin višja od zmožnosti absorpcije vode zemlje, se voda nabira na površju v obliki luž ali se shranjuje v obliki podtalnice (Hillel, 2004).

Kondenzacija: Je obraten proces evaporacije. Vodna para kondenzira v manjše delce pri določeni temperaturi (rosišče). Tvorijo se megla ali oblaki. O kondenzaciji govorimo takrat, ko se zrak ohlaja ali ko se poveča količina vodne pare v zraku do točke nasičenja (100 % vlaga v zraku). Ko se vodna para kondenzira nazaj v tekoče stanje, se sprosti v okolje enaka količina toplote, ki je bila potrebna za evaporacijo.

Evaporacija: je prehod vode iz tekočega stanja v plinasto stanje. Vibracije in trki med molekulami povzročijo, da molekule pridobijo dovolj kinetične energije za premagovanje medmolekulskih sil v tekočem stanju in pretvorbo v plinasto stanje. Povprečna kinetična energija molekul v tekoči fazi je linearno sorazmerna s temperaturo preko Boltzmannove konstante. Torej, višja kot je temperatura tekočine, večje bo izhlapevanje (Katul, 2012). Izhlapevanje vode iz oceanov predstavlja večino vodne pare, ki se nahaja v atmosferi. 91 % vode, ki izhlapi v ozračje, se vrne s padavinami nazaj v oceane, ostalih 9 % pa se vrne v obliki kopenskih padavin. Nastalo neravnovesje med padavinami in izhlapevanjem na kopnem in oceani se uravna s taljenjem snega in ledenikov ter tokom rek in podtalnice proti oceanom. Razmerje med količino padavin in odtekanjem vode na eni strani ter izhlapevanjem vode na drugi imenujemo vodna bilanca.

Transpiracija: Del vode, ki pade na tla v obliki padavin, prestrežejo rastline. Transpiracija je izgubljanje vode iz rastline v obliki vodne pare, ki poteka skozi listne reže, kutikulo, lenticеле in periderm (Lah, 2002). Gre za fiziološki proces, pri katerem rastlina s koreninskim sistemom črpa vodo iz zemlje, jo uporabi v metaboličnem procesu in jo nato skozi listne reže izpusti v atmosfero (Brilly in Šraj, 2000).

Evapotranspiracija: Transpiracija sestavlja skupaj s procesom izhlapevanja vode (evaporacijo) evapotranspiracijo (Trimble in Ward, 2004).

Sublimacija: Majhen delež kroženja vode predstavlja sublimacija. Pomembna je v polarnih območjih. Je proces spreminjanja vode iz trdega agregatnega stanja (ledeniki, snežena polja) neposredno v plinasto agregatno stanje.



Slika 1: Prikaz kroženja vode s procesi (prirejeno po <https://pmm.nasa.gov/education/water-cycle> (Vir: <https://pmm.nasa.gov/education/water-cycle>, 29. 6. 2016).

2.1.1 Pomen vode za rastline

Voda je ključna za rast in razvoj rastline. Je majhna polarna molekula z vodikovimi vezmi, kar ji daje lastnost odličnega topila. Ima veliko površinsko napetost. Pomanjkanje vode je eden izmed najpogostejših vzrokov omejene primarne produkcije v naravnih kopenskih

ekosistemih, prav tako zmanjša tudi pridelke rastlin v agroekosistemih. Voda v rastlini sodeluje pri različnih procesih: služi kot transportni medij, lahko je reaktant in produkt v različnih kemijskih reakcijah. V celicah rastline se s pomočjo vode vzpostavi pozitiven hidrostatski tlak, turgor.

Voda se v rastlini giblje na dva načina. Prvi način je difuzija, kjer je gradient v koncentraciji gonilna sila. Je oblika transporta, ki je najbolj učinkovita na kratke razdalje in je še posebej pomembna na celičnem nivoju rastline. Difuzijo molekul topila (vode) skozi polprepustno membrano (plazmalemo) imenujemo osmoza. Difuzijski transport je za rastlino pomemben pri transpiraciji, saj takrat poteka difuzija molekul vode iz zračnih prostorov lista skozi reže v ozadje. Drugi način transporta vode pa je snovni tok, kjer je gonilna sila gradient tlaka. Takšno gibanje vode je značilno v celičnih stenah rastlinskih celic, za transport tekočine v prevodnih delih ksilema in floema ter za transport vode v tleh (Vodnik, 2012).

2.1.2 Vodni potencial

Razpoložljivost vode v nekem sistemu imenujemo vodni potencial (Ψ). Izražen je v pascalih [Pa]. Je relativna količina, ki opisuje mehanizme, ki vplivajo na pretok vode. V rastlini je razpoložljivost vode opredeljena s koncentracijo topljencev, tlakom, gravitacijo ter včasih tudi z matričnim potencialom. Voda prehaja iz sistema z večjim vodnim potencialom (Ψ_w) proti sistemu z manjšim vodnim potencialom (Ψ_w), dokler se potenciala ne izenačita. Na takšen način lahko prikažemo transport vode, tako na celičnem kot na višjih nivojih. Da bi voda tekla po ksilemu navzgor, mora biti vodni potencial v listih nižji kot v koreninah. Vodni potencial rastline se v dnevnem ciklu spreminja in odraža razmerje med sprejemanjem in oddajanjem vode (Monson in Baldocchi, 2014).

Vodni potencial (Ψ_w) izračunamo po enačbi:

$$\Psi_w = \Psi_s + \Psi_p + \Psi_g + (\Psi_m),$$

kjer je:

Ψ_s ... osmotski potencial (potencial raztopine), enota: [Pa]

Ψ_p ... potencial tlaka, enota: [Pa]

Ψ_g ... gravitacijski potencial, enota: [Pa]

Ψ_m ... matrični potencial, enota: [Pa]

Dejavniki, ki vplivajo na vrednost vodnega potenciala rastline (Vodnik, 2012), so:

1. Osmotski potencial (Ψ_s) predstavlja koncentracijo oziroma potencial raztopine. Osmotski potencial določa spremembe v vodnem potencialu sistema, ki so posledica raztopljenih snovi. Raztopljene molekule znižujejo vodni potencial, ki je vedno negativen ($\Psi_s < 0$). Osmotski potencial se s sprejemom vode v celico dviga zaradi razredčitve celičnega soka. Osmotski potencial izračunamo s pomočjo Van't Hoffove enačbe:

$$\Psi_s = - RTc_s,$$

kjer je:

R ... plinska konstanta, vrednost: [8.31 J mol⁻¹ K⁻¹ m⁻³]

T ... absolutna temperatura, enota: [K]

c_s ... osmolarnost raztopine, enota: [mol kg⁻¹]

2. Potencial tlaka (Ψ_p): Pozitivni tlak povečuje vodni potencial, medtem ko ga negativni zmanjšuje. Potencial tlaka v celicah imenujemo turgor (< 0). Turgor je v celici rastlin osnova različnih fizioloških procesov, kot je celična rast in vgradnja mineralnih hranil. Pri rastlinah, ki nimajo olesenelih tkiv, je ključen za ohranjanje mehanske stabilnosti. Ψ_p je v celicah ksilema v celičnih stenah negativen zaradi napetosti (tenzije). Potencial tlaka izračunamo kot razliko med absolutnim tlakom vodnega sistema (p_w) in atmosferskim tlakom (Monson in Baldocchi, 2014).

Turgor in osmotski potencial poenostavljeno sestavljata skupaj vodni potencial tkiva (enačba spodaj). Ko v rastlini pade vodni potencial, lahko povečanje osmotskega tlaka vzdržuje turgor. To se dogaja predvsem ob ekstremnih razmerah, kot so suša, slanost ali pa mraz.

$$\Psi_{w \text{ tkiva}} = \Psi_p + \Psi_s,$$

kjer je:

Ψ_p ... potencial tlaka, enota: [Pa]

Ψ_s ... osmotski potencial, enota: [Pa]

3. Gravitacijski potencial (Ψ_g) je vrednost potenciala, ki ga ima voda na večji višini v primerjavi z vodo na referenčni višini (Vodnik, 2012).

Referenčna višina : 10 m \rightarrow 0 mPa

$$\Psi_g = \rho_w gh,$$

kjer je:

ρ_w ... gostota vode, enota: [kg m⁻³]

g ... težni pospešek, vrednost: [9.81 m s⁻²]

h ... višina od tal, enota: [m]

4. Matrični potencial (Ψ_m) opisuje interakcije vodnih molekul s površino (m). Matrična komponenta se razlikuje glede na teksturo tal ter vsebnost vode v tleh. Pri izračunu vodnega potenciala rastline dodamo vrednost matričnega potenciala takrat, ko prihaja zaradi fizikalnih lastnosti vode (adhezija, površinska napetost) do močnih reakcij molekul vode s površino (Vodnik, 2012).

$$\Psi_m = -2T/r,$$

kjer je:

T... površinska napetost, vrednost: [7.28 x 10⁻⁸ MPa m]

Matrični potencial (Ψ_m) in osmotski potencial (Ψ_s) predstavljata osmotski potencial tal.

$$\Psi_{w \text{ tal}} = \Psi_m + \Psi_s$$

2.2 Sprejem vode v rastlino

2.2.1 Radialni transport

Ključno vlogo pri sprejemanju vode v rastlino imajo korenine. Za vodno bilanco rastline je pomembno razmerje med listno površino ter površino korenin. V tistih okoljih, kjer je razpoložljivost vode majhna, je razmerje pomaknjeno v korist korenin. To so rastline, ki so prilagojene na sušne razmere.

Sprejemanje vode v rastline definira razlika v vodnem potencialu tal ter vodnem potencialu korenin. Najbolj učinkovit sprejem vode se odvija v absorpcijski coni končnih (terminalnih) delov korenin, kjer je prevodnost za vodo največja, stik s substratom pa je dober. Sprejem vode preko korenin se odvija v rizosferi – mesto na območju tal tik ob površini korenin. Rastlina v rizosferi zmanjšuje vodni potencial, kar povzroči ustvarjanje gradienta vodnega potenciala med rizosfero ter bolj odmaknjenimi deli tal, iz katerih se voda transportira do korenine s snovnim tokom (Vodnik, 2012).

Voda se na takšen način pri radialnem transportu premika po treh poteh:

- po apoplastni poti (apoplastno prevajanje), kjer se voda transportira od rizoderma po sistemu celičnih sten (apoplast) primarne koreninske skorje, intercelularjev do endoderma. Voda prehaja po medceličnem prostoru. Vnaprejšnji transport preprečita lignin ter hidrofobni suberin, ki se nahaja v celičnih stenah endoderma (Casparijev trak) (Vodnik, 2012).

- po simplastni poti (simplastno prevajanje), kjer voda prehaja skozi celične membrane celic na nivoju rizoderma (koreninske povrhnjice). Simplast predstavlja sistem v rastlini, ki ga tvorijo s plazmodezmami neprekinjeno povezani protoplasti (Botanični terminološki slovar, 2011). Protoplast je celoten živi del celice, ki vključuje citoplazmo, organele, membranske strukture brez celične stene ter elastičnih tvorb (Botanični terminološki slovar, 2011). Voda se iz celice v celico transportira skozi plazmodezme vse do ksilema. Plazmodezme so protoplazemske povezave, ki potekajo skozi celično steno in na tak način povezujejo sosednje celice. Omogoča direktni medcelični transport snovi in s tem komunikacijo med celicami.

- po transcelični poti, kjer voda prehaja iz ene celice v drugo v radialni smeri tako, da prehaja preko celičnih sten in membran. Voda lahko vstopi v celico koreninskega laska skozi membrano in skozi membrano izstopi v sosednjo celico. Ta proces se potem ponavlja do ksilema (Vodnik, 2012).

2.2.2 Aksialni transport

Aksialni transport opisuje transport vode po ksilemu v nadzemne dele rastline. Aksialni transport je mogoč zaradi cevastih ksilemskih celic, traheid in trahej, ki so mehansko stabilne in imajo veliko hidravlično prevodnost. Transport tako poteka na daljše razdalje, opišemo pa ga lahko kot snovni (masni) tok, poganja pa ga tlačna energija. Hitrost snovnega toka opišemo z Poiseuillovim zakonom:

$$J_V = \frac{\pi r^4}{8\eta} \times \frac{\Delta\Psi_p}{\Delta x},$$

kjer je:

J_V ... snovni tok, enota: [$\text{m}^3 \text{s}^{-1}$]

r ... polmer prevodnika, enota: [m]

η ... viskoznost tekočine, enota: [$\text{kg m}^{-1} \text{s}^{-1}$]

$\frac{(\Delta\Psi_p)}{\Delta x}$... gradient tlaka, enota: [Pa m^{-1}]

Hidravlična prevodnost je posledica primanjkljaja protoplasta (celoten živi del celice), saj so celice v ksilemu mrtve. Krajše traheje povezane v niz tvorijo cev, medtem ko so traheide daljše in vretenaste celice ter so značilne za golosemenke. Prevodnost med eno celico in drugo pri njih zagotavljajo piknje. Piknje so mesta, kjer dve sosednji celici nimata naložene sekundarne celične stene, ki je značilnost trahej in traheid. Namenjene so transportu vode med sosednjimi nizi celic.

Transport vode po ksilemu opisuje kohezijsko-tenzijska teorija, ki pravi, da je gonilna sila za tok vode po ksilemu podtlak oziroma tenzija v listih, ki nastaja zaradi izhlapevanja vode iz površine celičnih mezofilnih celic. Voda iz celičnih sten mezofilnih celic prehaja v plinasto fazo, kar povzroči v celičnih stenah negativen matrični potencial. Tak transport omogočajo, če tenzija ni prehuda, tudi dovolj močne kohezijske sile med molekulami vode. Osnova za ksilemski transport po kohezijsko-tenzijski teoriji je oddajanje vode iz rastline oziroma transpiracija.

V primeru, ko je transpiracija zaradi zaprtih rež omejena, lahko rastlina s sprejemanjem mineralnih hranil v korenine v centralnem cilindru vzpostavi manjši negativni osmotski potencial. Tako voda zaradi razlike v vodnem potencialu prehaja iz primarne skorje v centralni cilinder, kjer se na račun bolj negativnega osmotskega potenciala v centralnem cilindru poveča potencial tlaka. Poteka aktivna osmotska absorpcija vode. Nastalemu pozitivnemu hidrostatskemu tlaku pravimo koreninski tlak, ki je lahko v razmerah, ko je transpiracija omejena, gonilna sila ksilemskega transporta (Vodnik, 2012).

2.2.3.1 Listne reže in njihova zgradba

Listne reže (stomate) predstavljajo odprtine na spodnji (listopadno drevje) ali zgornji (plavajoči listi) strani lista rastline, skozi katere je omogočen prenos plinov in vode. Če so vse listne reže odprte, znaša njihova skupna površina 1–2 % listne površine. Število listnih rež na enoto lista je odvisno od okolja, v katerem je rastlina rasla (Grant in Vatnick, 2004). Poglavitna naloga listnih rež je izmenjava plinov med okolico in notranjostjo listov. Skozi listne reže iz okolice rastlina pridobi CO₂, ki je potreben za proces fotosinteze. Kisik kot produkt fotosinteze pa iz lista izstopa. Listne reže prav tako uravnavajo transpiracijo (izhlapevanje vode).

Aktivni del listne reže predstavljata dve celici zapiralki, ki sta fižolaste oblike, med katerima je odprtina (listna reža). Ta odprtina predstavlja povezavo med zunanjim okoljem in notranjostjo gobastega tkiva lista. Celici zapiralki lahko spremlja ena ali več celic spremljevalk, lahko pa sta obdani tudi z običajnimi celicami povrhnjice. Celice zapiralke ob spremembi koncentracije osmotsko aktivnih snovi uravnavajo vsebnost vode, ki se kaže v njihovem volumnu ter turgorju (znotrajceličnem tlaku, potencialu pritiska). Ko se turgor poveča, povzroči radialna struktura v celični steni razmaknitev celic zapiralk in oblikovanje odprtine med celicama (Vodnik, 2012).

2.2.3.2 Prevodnost listnih rež

Listne reže se lahko odzivajo na notranje (endogene) signale in zunanje (eksogene, okoljske), zato je potreben sistem regulacije odprtosti listnih rež. Rastline oddajajo vodo skozi listne reže, vendar lahko regulirajo prevodnost listnih rež. Dominantni dejavnik, ki določa prevodnost listnih rež, je vodni potencial rastline z enačbo:

$$\Psi_w = \Psi_s + \Psi_p + \Psi_g + (\Psi_m)$$

Glavni dejavniki, ki vplivajo na prevodnost listnih rež (Vodnik, 2012), so:

- Razpoložljivost vode: Ko rastlini primanjkuje vode, se zmanjša vodni potencial rastline oz. lista, kar vodi do zapiranja rež. Odziv je lahko hidropasiven ali hidroaktiven. Hidropasiven odziv pomeni zapiranje listnih rež zaradi zmanjšane turgorja v celicah, ki je posledica zmanjšanja razpoložljivosti vode v listni povrhnjici. Hidroaktivni odziv pa pomeni zapiranje listnih rež zaradi dehidriranosti celotne rastline. Rastlina je odvisna predvsem od metabolizma prevodnih celic. Je reakcija zaradi transporta osmotsko aktivnih ionov iz ali v celice zapiralke ob spremstvu premikov vode. Pri hidroaktivni regulaciji ima pomembno vlogo abscizinska kislina (ABA), ki se ob zmanjšanem vodnem potencialu poveča zaradi sproščanja iz organelov v celicah lista ali pa zaradi sinteze v koreninah. Listne reže zaznajo povečano koncentracijo ABA v listu z receptorji. Vezava ABA na receptor povzroči iztok osmotikov iz zapiralk in zmanjšanje prevodnosti listnih rež (Taiz in Zeiger, 2006).

- Koncentracija CO₂ v mezofilu: Zmanjšanje koncentracije CO₂ v intracelularjih mezofila v procesu fotosinteze povzroči odpiranje listnih rež, medtem ko povečanje koncentracije CO₂ inducira zapiranje listnih rež (Vodnik, 2012).

- Vpliv svetlobe: Prevodnost listnih rež je večja ob močnejši svetlobi, kar lahko povežemo s fotosintezo in z večjo porabo CO₂.

- Temperatura: Ob nespremenjenih ostalih okoljskih vplivih rastline pri višjih temperaturah odpirajo listne reže in se na tak način s transpiracijo hladijo.

Uravnavanje prevodnosti listnih rež mora biti kontrolirano, prav tako pa mora ohraniti pozitivno vodno bilanco (razmerje med sprejeto in oddano vodo). Rastlina mora s primernimi omejitvami transpiracije in s fotosintezno vezavo atmosferskega ogljika doseči učinkovito izrabo vode (ang. water use efficiency). Večina rastlin tekom dneva s transpiracijo izgublja vodo, saj so listne reže odprte, da lahko rastlina pridobi CO₂ za vršenje fotosinteze. Razpoložljivost vode se zato zmanjša in doseže minimum opoldne, kar odraža predvsem močno znižan vodni potencial. Vodni potencial začne spet naraščati, ko se ponoči transpiracijsko oddajanje vode zmanjša z zaprtjem rež. Ponoči rastlina s sprejemanjem vode vzpostavi pozitivno vodno bilanco (Vodnik, 2012).

2.3 Oddajanje vode iz rastline

2.3.1 Transpiracija

Kot smo že prej opisali, imenujemo proces oddajanja vode iz rastline transpiracija (E). Transpiracija je proces izgubljanja vode iz rastline v obliki vodne pare, ki poteka skozi listne reže, kutikulo, lenticle in periderm (Lah, 2002). Gre za fiziološki proces, pri katerem rastlina s koreninskim sistemom črpa vodo iz zemlje, jo uporabi v metaboličnem procesu in jo nato skozi listne reže izpusti v atmosfero. Proces, kjer se poleg vodne pare skozi listne reže (stomate) izločajo tudi plini, imenujemo stomatalna transpiracija. Izhlepevanje vode skozi kutikule imenujemo kutikularna transpiracija, ki predstavlja neposreden prehod vode iz celic skozi kutikulo v atmosfero (Tyree, 2000). Kutikularna transpiracija je najbolj intenzivna pri mlajših rastlinah, prav tako pa prispeva le 10 % celotne transpiracije. Transpiracija skozi lenticle (lenticelarna transpiracija) poteka pri drevesnih vrstah. Skozi proces transpiracije se rastline ohlajajo in pridobijo nutiente, prav tako pa rastline oskrbi z ogljikovim dioksidom (Vodnik, 2012). Transpiracijo, ki je enaka hitrosti oddajanja vode, opišemo z enačbo:

$$E = c_{wl} - c_{wz} / r_b - r_s ,$$

kjer je:

E ... transpiracija, enota: $[\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}]$

c_{wl} ... koncentracija vodne pare v listu, enota: $[\text{mol m}^{-3}]$

c_{wz} ... koncentracija vodne pare v zraku, enota: $[\text{mol m}^{-3}]$

r_s ... upornost listnih rež, enota: $[\text{s m}^{-1}]$

r_b ... upornost mejne plasti zraka, enota $[\text{s m}^{-1}]$

Namesto koncentracij lahko v števcu uporabimo tudi tlak vodne pare (P_{list} , P_{zrak}), ki pa je izražen v kPa. Razliko v tlakih imenujemo deficit tlaka vodne pare. Upornost lahko nadomestimo tudi z recipročnim parametrom t. i. prevodnost $g_{\text{H}_2\text{O}}$ (Vodnik, 2012). Spremenjena enačba za transpiracijo zglada tako:

$$E = g_{\text{H}_2\text{O}} \times (P_{\text{zrak}} - P_{\text{list}}) \quad [\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}]$$

kjer je:

$g_{\text{H}_2\text{O}}$... prevodnost $g_{\text{H}_2\text{O}}$, enota: [$\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$]

P_{zrak} ... tlak vodne pare (zrak), enota: [kPa]

P_{list} ... tlak vodne pare (list), enota: [kPa]

Intenzivnost transpiracije je odvisna od življenjske dobe rastline in okoljskih dejavnikov, kot so: deficit tlaka vodne pare, sončno sevanje, temperatura tal in zraka ter volumenska vsebnost vode v tleh (Raspor, 2007).

2.3.2 Evaporacija

Evaporacija predstavlja izhlapevanje vode iz proste vodne površine, iz površine zemlje ter iz površine rastlin (Ward in Trimble, 2004). Na evaporacijo vplivajo predvsem vlažnost zraka, temperatura ter jakost vetra. Višja kot je temperatura in jakost vetra, večja bo evaporacija. Prav tako je evaporacija večja pri manjši vlažnosti zraka.

2.3.3 Evapotranspiracija

Transpiracija sestavlja skupaj s procesom izhlapevanja vode (evaporacijo) evapotranspiracijo. Tako transpiracija kot evaporacija sodelujeta pri prehodu vode iz zemeljske površine v atmosfero, zato ju je težko ločiti (Cesar in Šraj, 2012). Pod pojmom evapotranspiracija v hidrološkem pomenu razumemo celoten proces prehoda vode s površine Zemlje v atmosfero. Izhlapevanje vode je eden izmed ključnih procesov energijskega ravnotežja našega planeta. Kar 50 % absorbiranega sončnega sevanja se uporabi za ohlajevanje Zemlje preko procesa evapotranspiracije ter za segrevanje ozračja s sprostitevijo latentne toplote. Latentna toplota predstavlja ključni element pri segrevanju atmosfere, saj razporedi toploto od nižjih nadmorskih višin do višjih. Vodna para kot prevladujoči toplogredni plin prispeva k ohlajevanju površine Zemlje in segrevanju našega ozračja s povprečjem okoli 80 W m^{-2} . Je pasivna komponenta v troposferi, saj je njeno delovanje pogojeno s temperaturo (Bengtsson, 2010).

2.3.3.1 Koncepti evapotranspiracije

2.3.3.1.1 Potencialna evapotranspiracija

Prvič je pojem potencialna evapotranspiracija (ET_p) uporabil Penman (1963) in ga definiral kot količino vode, ki v določenem času izhlapi iz nizkih zelenih rastlin, ki popolnoma osenčijo tla, z enakomerno višino ter primerno oskrbo z vodo. Ker je bila definicija potencialne evapotranspiracije premalo natančna, je prišlo do zmede, saj je takih rastlin, ki ustrezajo zgoraj opisanim pogojem, veliko. Da bi bila definicija lažje razumljiva, so v poznih sedemdesetih in zgodnjih osemdesetih letih prejšnjega stoletja sprejeli pojem referenčne evapotranspiracije, označeno z ET_0 (Irmak in Haman, 2003).

Potencialno evapotranspiracijo so Mikoš in sodelavci (2002) opredelili kot največjo količino vode na določenem območju, ki lahko glede na lastnosti atmosfere ter količine razpoložljive energije z izhlapevanjem in transpiracijo preide v atmosfero z neprekinjenega območja, ki je v celoti poraslo z rastjem in dobro oskrbljeno z vodo (Cesar in Šraj, 2002).

2.3.3.1.2 Referenčna evapotranspiracija

Kadar navežemo evapotranspiracijo na točno določeno okolje, jo imenujemo referenčna evapotranspiracija. Omogoča nam izračun in primerjavo evapotranspiracije v vseh letnih časih ter evapotranspiracijo različnih rastlin. Referenčna evapotranspiracija (ET_0) je količina vode, ki je izhlapela iz referenčne rastline in tal. Referenčna površina predstavlja rastočo travo, ki popolnoma prekriva tla ter je zadostno preskrbljena z vodo, ima višino 12 cm, površinsko upornost 70 s/m in albedo 0.23 (Agencija Republike Slovenije za okolje, 2000). Razlika med referenčno evapotranspiracijo ter potencialno evapotranspiracijo je, da so pri referenčni evapotranspiraciji natančno definirani vremenski podatki (Cesar in Šraj, 2012). Referenčna evapotranspiracija ni odvisna od značilnosti rastline in podlage, pač pa od podnebja, še posebej obsevanja, hitrosti vetra, temperature ter vlažnosti. Za določanje ET_0 se uporablja FAO Penman-Monteith enačba, izražena v mm dan⁻¹ (Allen in sod., 1998).

Penman-Monteith enačba:

$$ET_0 = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34u_2)},$$

kjer je:

ET_0 ... referenčna evapotranspiracija, enota: [mm dan⁻¹]

R_n ... skupno sevanje na površju (razlika med sprejeto in odbito radiacijo), enota: [$\text{MJ m}^{-2} \text{ dan}^{-1}$]

G ... segrevanje tal, enota: [$\text{MJ m}^{-2} \text{ dan}^{-1}$]

T ... dnevna temperatura zraka na višini dveh metrov, enota: [$^{\circ}\text{C}$]

u_2 ... hitrost vetra na višini dveh metrov, enota: [m s^{-1}]

$(e_s - e_a)$... deficit zračnega parnega tlaka, enota: [kPa]

Δ ... naklon krivulje nasičenega parnega tlaka pri temperaturi T , enota: [$\text{kPa}^{\circ} \text{C}^{-1}$]

γ ... psihometrična konstanta, enota: [$\text{kPa}^{\circ} \text{C}^{-1}$]

2.3.3.1.3 Evapotranspiracija rastline pri standardnih pogojih

Evapotranspiracija rastline pri standardnih pogojih (ET_c) opisuje evapotranspiracijo za točno določeno rastlino (Allen in sod., 1998). Opazovana rastlina mora biti zdrava, dobro gojena, z zadostno količino vode glede na podnebne pogoje in mora uspevati na večjih območjih (Cesar in Šraj, 2012). Na razliko med ET_c in ET_0 vpliva faktor oz. koeficient rastline (k_c). Koeficient rastline definira značilnosti rastline, kot so: struktura listov, značilnosti por ter aerodinamične lastnosti rastline. Koeficient rastline določi, kolikšen je popravek referenčne vrednosti evapotranspiracije, ki za razliko od evapotranspiracije rastline pri standardnih pogojih ne upošteva značilnosti rastline (Cesar in Šraj, 2012). Evapotranspiracijo pri standardnih pogojih izračunamo po enačbi:

$$ET_c = ET_0 \times k_c,$$

kjer je

ET_c ... evaporacija rastline pri standardnih pogojih, enota: [mm dan^{-1}]

ET_0 ... referenčna evapotranspiracija, enota [mm dan^{-1}]

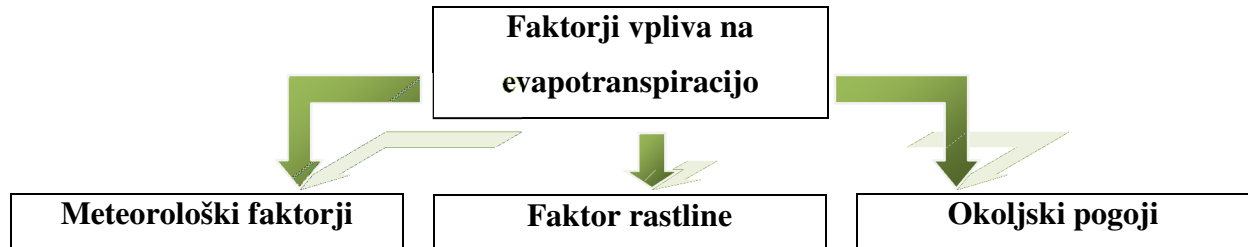
k_c ... koeficient rastline, brez enote

2.3.3.1.4. Dejanska evapotranspiracija

Dejanska evapotranspiracija (ET) opiše količino izhlapele vode iz tal pri dejanski količini vlage v tleh (Mikoš in sod., 2002). Definirana je kot z evapotranspiracijo dejansko izhlapela količina vode (Geografsko terminološki slovar, 2005).

2.3.3.2 Faktorji vpliva na evapotranspiracijo

Na evapotranspiracijo vplivajo različni faktorji. Delijo se na meteorološke faktorje, faktorje rastline ter okoljske pogoje (Allen in sod., 1998).



Slika 2: Faktorji vpliva na evapotranspiracijo, prirejeno po Allen in sodelavci, 1998.

2.3.3.2.1 Meteorološki dejavniki

Med meteorološke faktorje sodijo sončno sevanje, temperatura zraka, vlaga v zraku in hitrost vetra. Meteorološki faktorji odstranjujejo vodno paro s površine ter proizvajajo energijo za izhlapevanje.

Za izhlapevanje vode potrebujemo sončno energijo, saj spreminja agregatno stanje vode. Sama količina energije, ki je potrebna za evapotranspiracijo, je odvisna od zemljepisne lege ter letnega časa. Večina sončne energije pri rastlini se porabi za transpiracijo, nekaj pa za fotosintezo (Tyree, 2000).

Osnovni vir toplote predstavlja sončno sevanje, ki potuje v obliki dolgovalovnega sevanja preko atmosfere do površja Zemlje. Sevanje se odbije od tal v obliki kratkovalovnega sevanja, kar povzroči segrevanje ozračja. V splošnem velja, da je stopnja evapotranspiracije pri višjih temperaturah višja kot pri nižjih (Young, Dooge in Rodda, 1994).

Večja kot je vlaga v zraku, manjše je izhlapevanje, saj je zrak z vlažnih območjih že dovolj zasičen, kar vpliva na nižjo stopnjo evapotranspiracije. V suhih območjih je izhlapevanje odvisno predvsem od količine padavin (Prohaska, 2003).

Evapotranspiracija je prav tako odvisna od vetra. Zrak pri izhlapevanju nad površino postane zasičen. Vloga vetra je ta, da nadomesti zasičen zrak z bolj suhim zrakom tako, da se evapotranspiracija nadaljuje. V nasprotnem primeru je stopnja transpiracije manjša. Na

pospeševanje evapotranspiracije ima rahel veter večji vpliv kot pa vihar, prav tako pa ima večji vpliv na višje rastoče rastline (Liuzzo, Viola in Noto, 2016).

2.3.3.2.2 Faktor rastline (k_c)

Na faktor rastline (k_c) vplivajo podnebni dejavniki, izhlapevanje iz prsti ter sama vrsta rastline. Faktor rastline je spremenljiv glede na vrsto rastline ter njeno fazo rasti (Allen in sod., 1998).

Večje vrednosti faktorja rastline pomenijo višjo stopnjo evapotranspiracije, kar se pojavlja predvsem v suhih in aridnih območjih z veliko vetra. Ob pomanjkanju vode in v primeru suhe prsti se sam faktor rastline izjemno zniža in lahko pade tudi pod 0,1. Stopnja evapotranspiracije je odvisna tudi od faze rasti določene rastline. Tekom rasti se pri rastlini spreminja pokrovnost tal, število rež in tudi odpornost rastline. Odpornost rastline predstavlja število rež, zmožnost kontrole zapiranja in odpiranja listnih rež, starost listov itd. (Irmak, 2009).

2.3.3.2.3 Okoljski pogoji

Med okoljske pogoje, ki vplivajo na stopnjo evapotranspiracije, štejemo slanost tal, rodovitnost prsti in gnojenje, bolezni rastlin, slabo upravljanje s prstjo in vodo. Prav tako pa je potrebno upoštevati še druge dejavnike, kot so: vsebnost talne vode, gostota poraščenosti ter pokrovnost tal. Razlike v stopnji evapotranspiracije so pri pokrovnosti in različnih tipih tal velike. Največjo vrednost koeficienta izhlapevanja glede na dnevne vrednosti potencialnega izhlapevanja po Penman-Monteithovi metodi (Allen, 1998) ima mešani gozd, najmanjšo pa vodne površine.

Rastlina oz. pokrovnost	Koeficient za posamezen sloj pokrovnosti glede na potencialno izhlapevanje tekom celega leta
mešani gozd	1.10
kmetijske rastline	0.82
vodne površine	0.60
urbano območje	1.00

Preglednica 1: Vrednost povprečnih koeficientov izhlapevanja pri posamezni skupini rastlin glede na referenčno potencialno izhlapevanje za obdobje 1971–2000, povzeto po Water Balance Elements.

2.4. Praktično delo pri pouku naravoslovja

Pouk naravoslovja naj bi temeljil pretežno na odkrivanju in raziskovanju naravnih pojavov in zakonitosti. Zato je potrebno del frontalne oblike dela nadomestiti in dopolnjevati s praktičnim delom, iskanjem podatkov z uporabo IKT itd. Učenci pri predmetu Naravoslovje tako spoznavajo in razvijajo razumevanje naravoslovnih pojmov in zakonitosti, ki so ključne za razumevanje naravnih pojavov ter povezanosti med živo in neživo naravo. Prav tako pa razvijajo pozitiven odnos in stališča do sebe ter okolja in narave. Del predmeta Naravoslovje predstavlja tudi praktično delo, ki mora vsebovati najmanj 40 ur zasnovanih na aktivnih metodah dela, kot je npr. eksperimentalno/raziskovalno delo v razredu ali na terenu (Program osnovna šola, Učni načrt Naravoslovje za 6. in 7. razred, 2011).

Učenci se s pomočjo raziskovalnega dela naučijo sistematično opazovati, primerjati, razvrščati, izvajati eksperimentalne tehnike, načrtovanja in izvajanja raziskav itd. (Tomažič, 2014). Ena izmed prednosti eksperimentalnega dela je tudi sposobnost reševanja problemov v znanih in neznanih situacijah, za kar pa je nujna ustvarjalnost. Ključni dejavnik tako kakovostnega poučevanja kot tudi razvijanja ustvarjalnosti je učitelj, ki z delom, ki je osredotočeno na učenca, spodbuja pri učencu razvoj idej in rešitev, ki so inovativne, smiselne in uporabne. Učitelji Naravoslovja se aktivnih metod dela izogibajo, saj zahtevajo od njih veliko priprave in časa, prav tako pa je vložek v pripravo eksperimenta lahko večji, kot je končno znanje učencev. Aktivne metode pri pouku Naravoslovja večinoma nimajo tako velikega efekta na učence, kot jih imajo npr. pri pouku kemije (Moore, 2003). Učitelji zato raje izberejo tradicionalni način poučevanja, ki pa pogosto temelji le na eni komponenti elementov učenja: pridobivanju znanja preko učiteljeve razlage. Zato je praktično delo pri pouku naravoslovja bistvenega pomena, saj pripomore k vsem trem komponentam učenja: pridobivanju znanja, stališč in spretnosti (Tomažič, 2014).

2.4.1 Eksperimentalno delo pri naravoslovju

Eksperimentalno delo je oblika aktivnega učenja in omogoča učencu boljše razumevanje snovi. Je vir podatkov, na podlagi katerih lahko prepoznamo vzorce in na tak način potrdimo teoretične hipoteze (Škvarč, 2014). Pri pouku pa lahko eksperiment služi tudi kot vizualizacijsko sredstvo, ki pripomore k boljšemu razumevanju abstraktnih pojmov, ki se jih obravnava na teoretičnem nivoju. Splošne cilje, ki so zapisani v učnih načrtih za Naravoslovje

v osnovni šoli, ni mogoče doseči brez eksperimentalno-raziskovalnega dela, saj le-ta temelji na problemskem pristopu (Šorgo, 2014). Nobena druga učna metoda ne omogoča realizacije tolikšnih ciljev in s tem razvijanja znanj. Prav tako pa pri učencih spodbuja radovednost in služi kot sredstvo za motivacijo. Vključevanje učencev v tak način dela ponuja več kinestetičnih aktivnosti kot opazovanje (Strmčnik, 2001). Laboratorijsko-eksperimentalna metoda spodbuja učence k razvijanju vedoželjnosti, sodelovanja med ljudmi in kulture dela (Tomić, 1997). Prvovrstna izkušnja nudi učencem bolj trajno znanje, saj so učenci pri takšni obliki dela bolj aktivni in uporabljajo več psihomotoričnih funkcij kot pri frontalnem podajanju snovi.

Nekateri učitelji so mnenja, da eksperimentalno delo pri Naravoslovju ne daje zadostnih rezultatov pri kasnejšem preverjanju znanja. Učenci imajo eksperimentalno delo radi, vendar ga ne dojemajo kot del učenja, saj ne vključuje sedenja v klopi in poslušanja. Zato je pomembno, da vpeljemo ustrezne pristope in načine izvedbe eksperimentalnega dela, ki bodo pri učencih spodbujali ustvarjalnost in sprožili miselne procese (Škvarč, 2014).

2.4.1.2 Uporaba računalnika in merilnih naprav pri eksperimentalnem delu

Pri pouku naravoslovja je eno izmed ključnih dejanj merjenje, uporaba računalnika kot merilne naprave pa je eden izmed ciljev pri pouku v osnovni šoli (Božič, 2014). Računalniški modeli imajo največjo vrednost pri ponazarjanju pojavov, ki jih ne moremo videti (Čepič, 2014). Za osnovne šole v Sloveniji bi lahko rekli, da s tovrstno opremo niso dovolj opremljene, saj krmilniki in merilni sistemi zahtevajo od šole določen finančni vložek (Božič, 2014).

2.4.1.2.1 Merilni sistem Vernier LabQuest

Merilni sistem Vernier LabQuest 2 je samostojen računalniški vmesnik, ki se uporablja za zbiranje podatkov preko že vgrajene aplikacije za izris in analizo grafov (slika 3). S pomočjo senzorjev, ki se jih priklopi na vmesnik, lahko pridobimo zelene podatke in meritve (Vernier, 2016). V osnovni šoli je njegova uporaba pri naravoslovnih predmetih koristna, saj lahko kot vizualizacijsko sredstvo pripomore k boljšemu razumevanju snovi (Šorgo, 2014). Prav tako pa je delo z LabQuest merilnim sistemom in z Vernierjevimi senzorji dokaj enostavno.



Slika 3: Merilni sistem Vernier LabQuest 2 (Vir: Žmavčič, 11. 5. 2016).

2.5 Razumevanje transpiracije, evaporacije ter evapotranspiracije pri učencih

Učenci se s pojmom transpiracija in evaporacija prvič srečajo v šestem razredu pri predmetu Naravoslovje (Program osnovna šola, Učni načrt Naravoslovje za 6. in 7. razred, 2011). Transpiracija je opisana v učbeniku Dotik okolja 6 kot »izmenjevanje plinov skozi listne reže na listni povrhnjici« (Devetak, Kovič, Torkar, 2012). Z evaporacijo pa se učenci prav tako srečajo v šestem razredu pri vsebinskem sklopu Energija. Evaporacija je opisana v učbeniku Dotik okolja 6 kot »proces izhlapevanja vode v obliki vodnih parov v atmosfero« (Devetak, Kovič, Torkar, 2012).

Učencem je proces transpiracije največkrat prikazan skozi praktično delo s pomočjo rastline, ki ima velike liste (ima veliko listno površino). Rastlino učenci obdajo s plastično prozorno vrečko, ki jo zavežejo na dnu s pomočjo plastične gumice. Po enem dnevu se na plastični vrečki pojavi vlaga, kar je dokaz, da rastlina oddaja vodo. Kljub temu pa je proces transpiracije za učence težko doumljiv. Učenci, ki so se s v šoli s transpiracijo že srečali, ne razumejo poteka kroženja vode v rastlini. Kar 22 % tistih, ki so se v osnovni šoli učili transpiracijo, je mnenja, da se voda absorbira v rastlino skozi liste (poleg absorpcije skozi korenine), 37 % teh učencev pa verjame, da rastlina zadrži v sebi vso vodo, ki jo dobi preko korenin (Baker, 1998).

Proces evaporacije je prav tako kot transpiracija učencem težje predstavljen. Učenci so mnenja, da evaporacija poteka le takrat, ko je temperatura okolice višja od temperature tekočine. Prav tako so nekateri učenci mnenja, da je izhlapevanje vode povezano z vreliščem. Torej, če voda doseže 100 °C, poteka evaporacija, drugače je ni. Takšna prepričanja so napačna, saj vemo, da poteka evaporacija pri vseh temperaturah (Coştu, in Ayas, 2005).

V učnem načrtu in v obravnavanem učbeniku nismo opazili nobenega praktičnega dela oziroma eksperimenta, ki bi učencem poskušal približati pojem evapotranspiracije. Razumevanje evapotranspiracije je za učence pomembno, saj je ključnega pomena za razumevanje njene vloge pri kroženju vode (Villegas in sod., 2010).

3 EMPIRIČNI DEL

3.1. METODOLOGIJA

3.1.1 NAMEN IN CILJI DIPLOMSKE NALOGE

Namen diplomske naloge je razviti poskus, ki bi ga bilo mogoče izvesti v osnovni šoli pri predmetu Naravoslovje. Laboratorijsko in eksperimentalno delo je za razumevanje procesov, kot je evapotranspiracija, pri pouku biologije in naravoslovja nenadomestljivo. Prav tako pa v učnem načrtu za Naravoslovje za 6. razred ni primera eksperimenta za ponazoritev evapotranspiracije, ki je ključen za razumevanje samega vodnega cikla ter vpliva pokritosti tal na količino evapotranspiracije.

- V diplomski nalogi želimo pripraviti didaktično gradivo za učitelje in učence za eksperimentalno delo na temo transpiracije in evapotranspiracije.
- Učiteljem in učencem predstaviti možnost uporabe računalniško podprtih merilnih naprav, kot je merilni sistem Vernier.
- Prikazati pomen in vlogo eksperimentalnega dela za učenčevo razumevanje in aktivno sodelovanje pri pouku biologije in naravoslovja.

Naš glavni cilj je bil zasnovati poskus, s katerim bi učencem v osnovni šoli pri predmetu Naravoslovje v šestem razredu skušali ponazoriti proces evapotranspiracije in jim na ta način pomagati pri razumevanju samega procesa. Prav tako pa želimo učiteljem predstaviti uporabo merilnega sistema Vernier, s katerim lahko izvedejo zastavljen eksperiment.

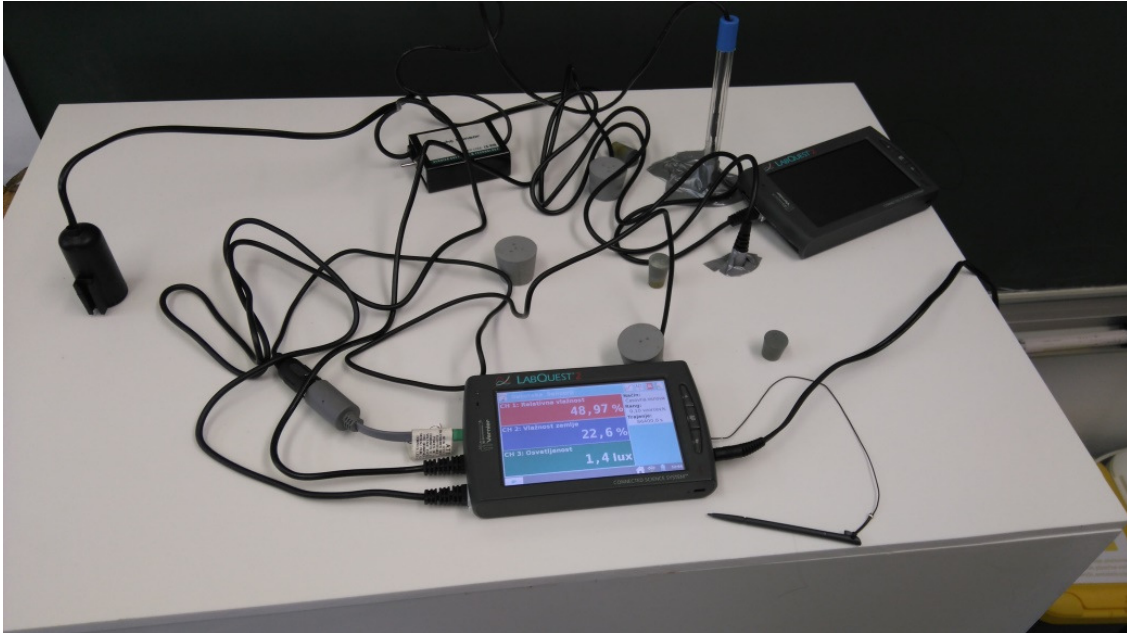
3.1.2 HIPOTEZE

Pri pisanju in snovanju eksperimenta smo postavili naslednje hipoteze:

- S poskusom lahko prikažemo razlike v vlažnosti tal pri različnih posaditvah sestojev.
- Poskus je načrtovan tako, da lahko prikažemo vpliv vetra na spremembo vlažnosti tal.
- S poskusom lahko pokažemo značilnosti evapotranspiracije v skladu z učnim načrtom predmeta Naravoslovje v 6. in 7. razredu osnovne šole.

3.1.3 RAZISKOVALNA METODA

Raziskovalna metoda je eksperiment, ki je potekal v posebni komori, ki je bila izdelana za namen izvajanja poskusa. Izvedba poskusa je potekala v učilnici.



Slika 3: Slika komore, na kateri so na merilni sistem Vernier LabQuest priključeni merilniki za merjenje relativne vlažnosti zraka, vlažnosti tal, svetlobe (osvetljenosti) ter temperature. (Vir: Žmavčič, 11. 5. 2016)

3.1.3.1 Stopnja evapotranspiracije pri različnih vzorcih brez ventilatorja

3.1.3.1.1 Vzorec

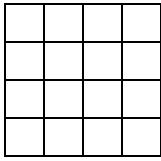
V eksperimentu so bile uporabljene sadike rastlin kodrolistnega peteršilja (*Petrosileum crispum*), razporejene v različne matrice oziroma sestoje.

3.1.3.1.2 Matrice

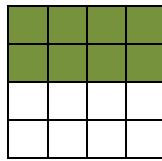
Za merjenje vpliva sestoja na stopnjo evapotranspiracije smo uporabili rastline, posajene v štirih različnih matrikah oziroma vzorcih:

1. Zemlja brez rastlin
2. Polovica strnjeno in polovica brez rastlin
3. Mozaično (šahovnica)
4. Zemlja s sadikami (strnjeno)

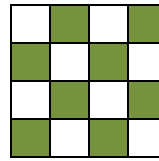
1.



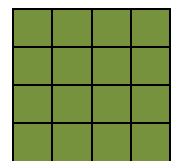
2.



3.



4.



3.1.3.1.3 Material:

1. Merilni sistem Vernier

2. Senzor za merjenje vlage tal

3. Senzor za merjenje relativne vlažnosti zraka

4. Komora

5. Rastline sadik kodrolistnega peteršilja (*Petrosileum crispum*)

6. Šotni lončki (16 lončkov)

7. Tehnica

8. Silikagel

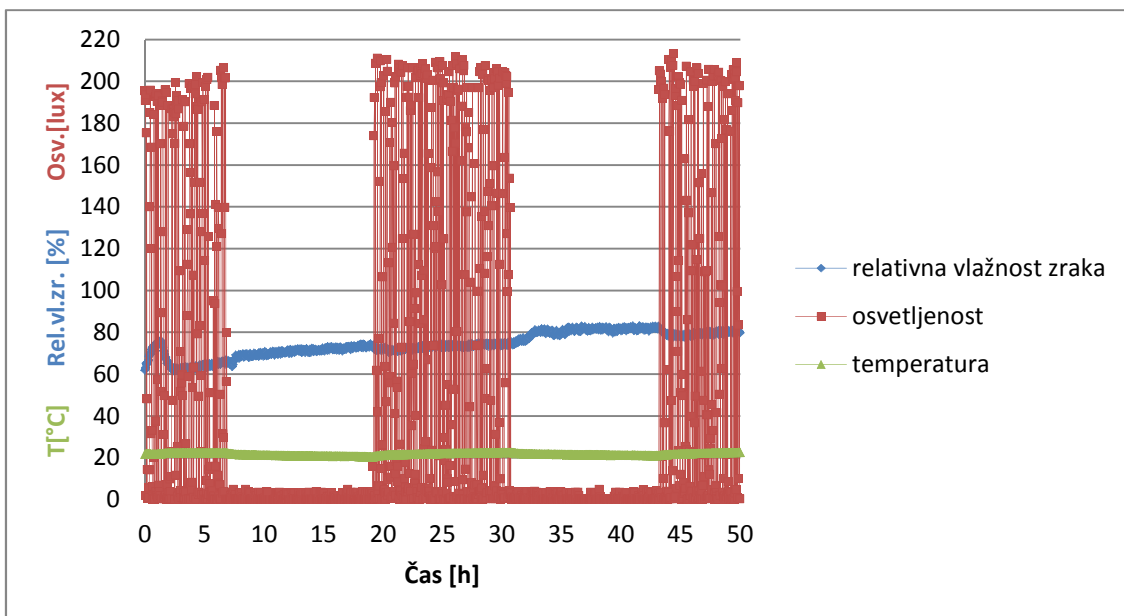
9. Ventilator

3.1.3.1.4 Postopek zbiranja podatkov

Sadike rastlin smo položili v komoro. Sadike smo razporedili v štiri različne matrice oziroma vzorce, ki so opisani zgoraj. Pri različno razporejenih vzorcih sadik smo merili vpliv sestoja na vlažnost tal s pomočjo senzorjev, ki so merili vlažnost tal in zraka v komori. Meritve so bile opravljene na vsaki 2 minuti, torej je bilo 30 meritev na uro. Z merjenjem vlažnosti tal in s tehtanjem podlage s sadikami smo lahko ugotovili, pri katerem vzorcu je evapotranspiracija najvišja in kako vplivajo različni sestoji rastlin na količino evapotranspiracije. Temperatura v komori je znašala med 21 in 22 °C pred začetkom vsakega cikla. Dnevni cikel smo v komori ustvarili s pomočjo lučke, ki je predstavljal svetlobo. Svetloba je bila merjena v luxih.

3.1.3.1.5 Obdelava podatkov

Zbrane podatke bomo vnesli in obdelali v programu Microsoft Excel. Podatki bodo obdelani na deskriptivni in inferenčni ravni.



Graf 1: Pogoji, v katerih je bila merjena stopnja evapotranspiracije.

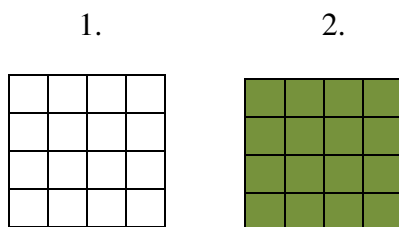
3.1.3.2 Stopnja evapotranspiracije pri različnih vzorcih z dodanim vplivom vetra (z ventilatorjem)

3.1.3.2.1 Vzorec

V drugem delu poskusa smo opazovali vpliv vetra na stopnjo evapotranspiracije s pomočjo ventilatorja. Tudi v drugem delu eksperimenta so bile uporabljene sadike rastlin kodrolistnega peteršilja (*Petrosileum crispum*). Pri merjenju vpliva vetra smo uporabili ventilator na dveh različnih matricah, in sicer strnjeno ter sama zemlja, ki sta prikazani spodaj:

3.1.3.2.2 Matrice:

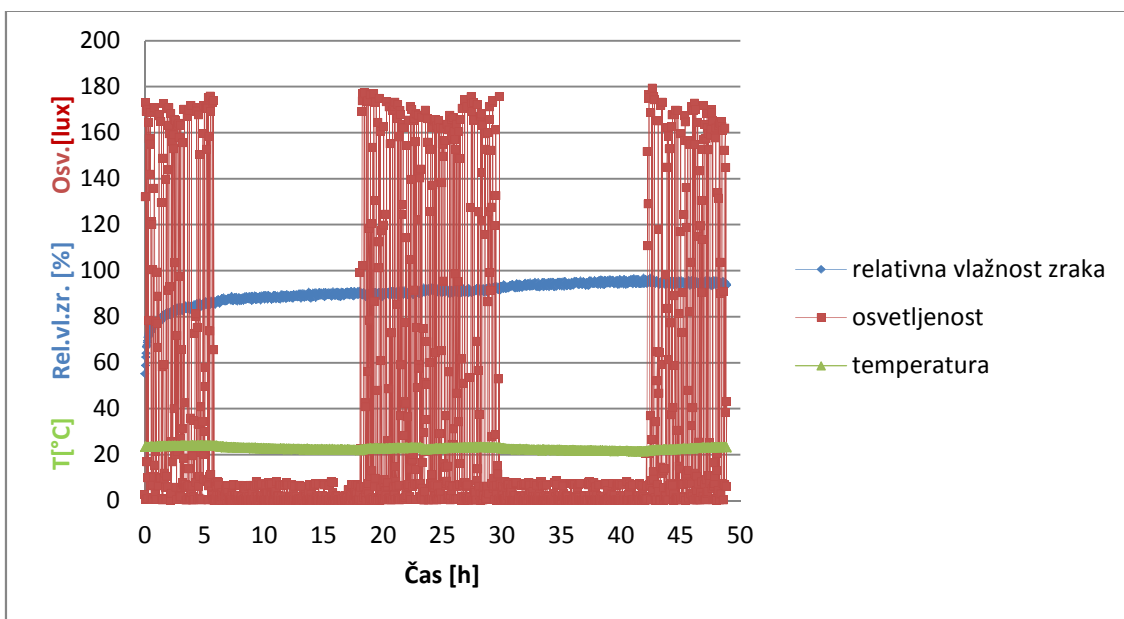
1. Zemlja brez rastlin
2. Zemlja s sadikami (strnjeno)



3.1.3.2.3 Postopek zbiranja podatkov

Sadike rastlin smo položili v komoro, v kateri je bil postavljen ventilator. Ventilator je bil od sadik oddaljen približno 5–10 cm. Sadike smo razporedili v dve različni matrici oziroma vzorca, ki sta opisana zgoraj. Pri različno razporejenih vzorcih sadik smo merili vpliv sestoj

na vlažnost tal s pomočjo senzorjev, ki so merili vlažnost tal in zraka v komori. Meritve so bile opravljene na vsaki 2 minuti, torej je bilo 30 meritev na uro. Z merjenjem vlažnosti tal in s tehtanjem podlage s sadikami smo lahko ugotovili, pri katerem vzorcu je evapotranspiracija najvišja ter vpliv vetra na stopnjo evapotranspiracije pri različnih matricah. Temperatura v komori je znašala med 21 in 22 °C pred začetkom vsakega cikla. Dnevni cikel smo v komori ustvarili s pomočjo lučke, ki je predstavljala svetlobo. Svetloba je bila merjena v luxih.



Graf 2: Pogoji, v katerih je bila merjena stopnja evapotranspiracije pod vplivom vetra.

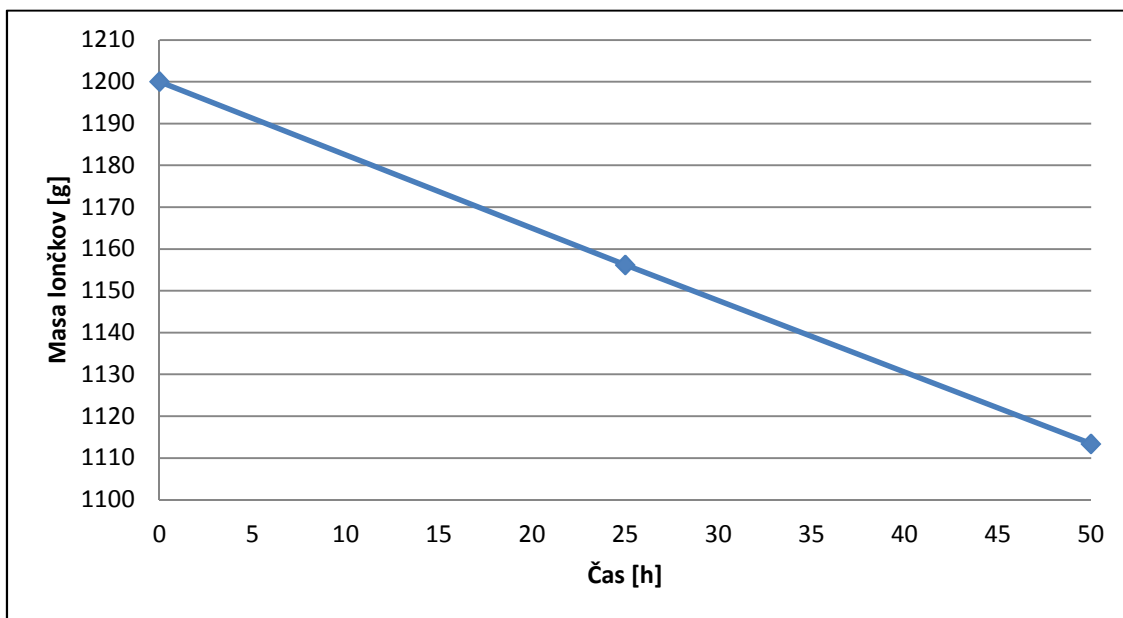
4 REZULTATI

4.1 Stopnja evapotranspiracije pri različnih vzorcih brez ventilatorja

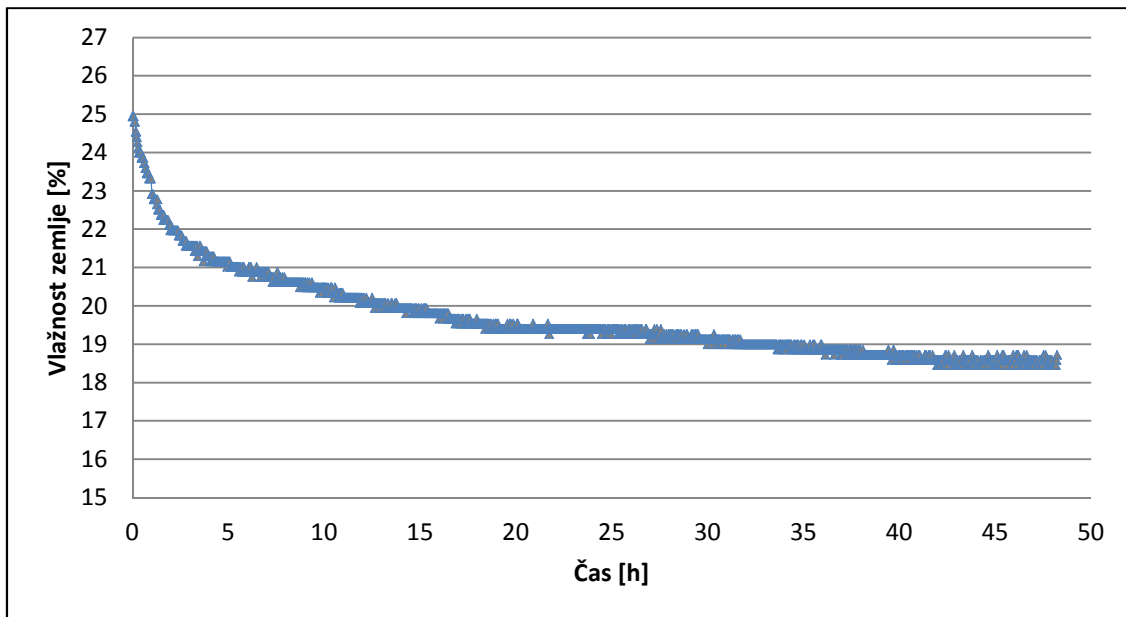
4.1.1 Stopnja evapotranspiracije pri vzorcu brez sadik



Slika 5: Razporeditev lončkov pri vzorcu zemlje brez sadik. (Vir: Žmavčič, 20. 5. 2016)



Graf 3: Prikaz izgubljanja mase lončkov pri vzorcu zemlje brez sadik (tehtanje).



Graf 4: Prikaz zmanjševanja vlažnosti zemlje v odvisnosti od časa pri vzorcu zemlje brez sadik. Meritve so opravljene z Vernierjem LabQuest 2.

Komentar

Rezultati pridobljeni s tehtanjem:

Začetna skupna masa lončkov brez sadik je znašala 1200,10 g. Končna skupna masa lončkov pa je znašala 1113,38 g. Skupna izgubljena masa lončkov je znašala 86,21 g. Iz grafa lahko opazimo, da je premica mase lončkov linearno strmo padala. Naklon premice mase lončkov je znašal 20° . Meritev je trajala nekaj manj kot 50 ur.

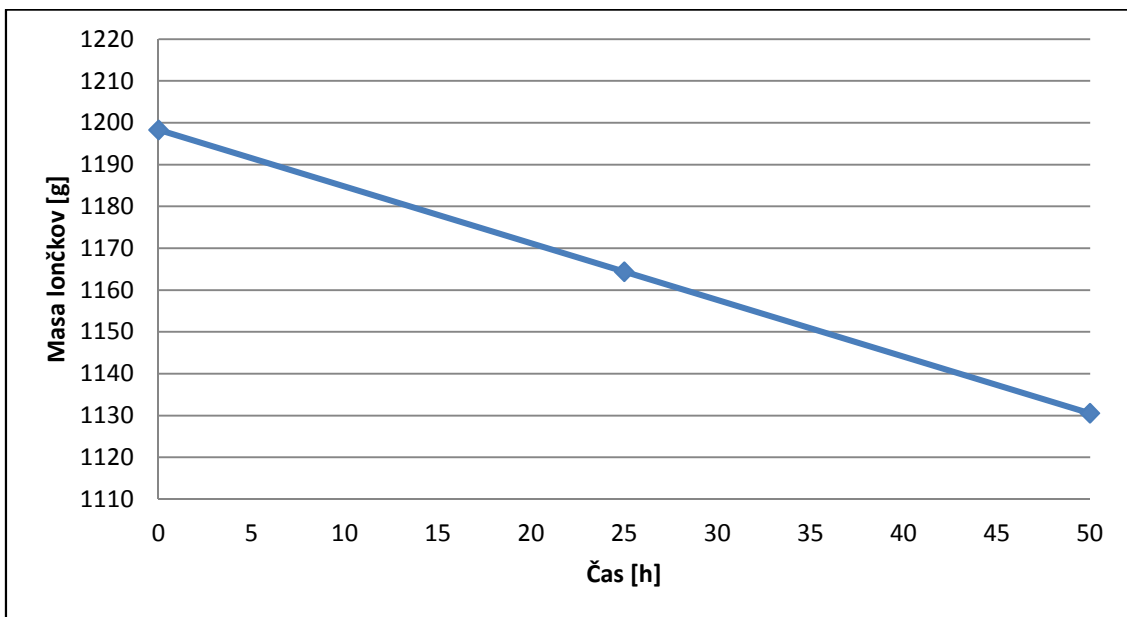
Rezultati pridobljeni z Vernierjem:

Začetna vrednost vlažnosti zemlje je znašala 25,3 %. Krivulja vlažnosti zemlje je nato sunkovito padala do vrednosti približno 21,6 %. Nato krivulja vlažnosti zemlje počasi pada vse do končne vrednosti okoli 18,5 %. Razlika v začetnem in končnem deležu vlage zemlje je znašala 6,80 %. Naklon krivulje se je sčasoma zmanjšal zaradi nasičenosti vlažnosti zraka. Torej, manjša kot je bila vlažnost zemlje, večja je bila vlažnost zraka. Prav tako pa je izhlapevanje iz proste površine zemlje višje, saj je v dnevnem ciklu konstantno izpostavljeno sončni svetlobi.

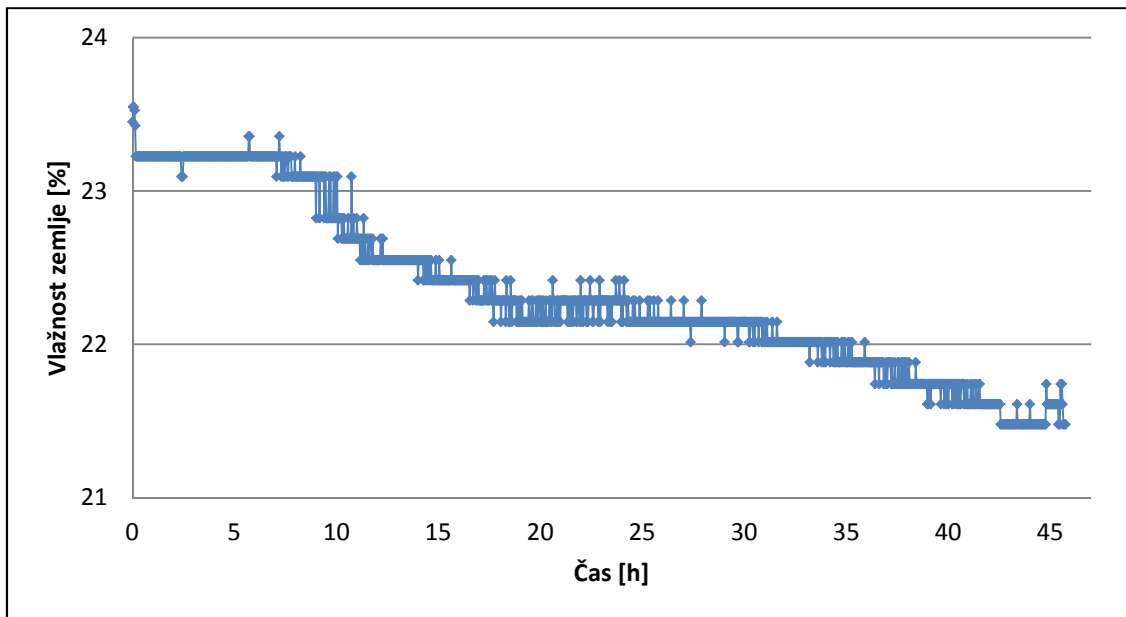
4.1.2 Stopnja evapotranspiracije pri vzorcu polovica strnjeno, polovica sama zemlja



Slika 6: Razporeditev lončkov pri vzorcu polovica strnjeno, polovica sama zemlja. (Vir: Žmavčič, 16. 5. 2016)



Graf 5: Prikaz izgubljanja mase lončkov pri vzorcu polovica strnjeno in polovica brez rastlin (tehtanje).



Graf 6: Prikaz vlažnosti zemlje v odvisnosti od časa pri vzorcu polovica strnjeno in polovica brez rastlin. Meritve so pridobljene z Vernierjem LabQuest 2.

Komentar

Rezultati pridobljeni s tehtanjem:

Izguba vode je bila 67,73 g, kar je manj kot pri vzorcu sama zemlja. To lahko pojasnimo s tem, da je bila pokrivnost tal pri vzorcu polovica strnjeno in polovica brez rastlin večja kot pri vzorcu sama zemlja. Posledica tega je bila manjša izguba skupne mase vode. Izguba mase v primerjavi z vzorcem strnjeno je veliko večja. Naklon grafa premice mase lončkov je znašal 17° , kar je manj kot pri vzorcu sama zemlja.

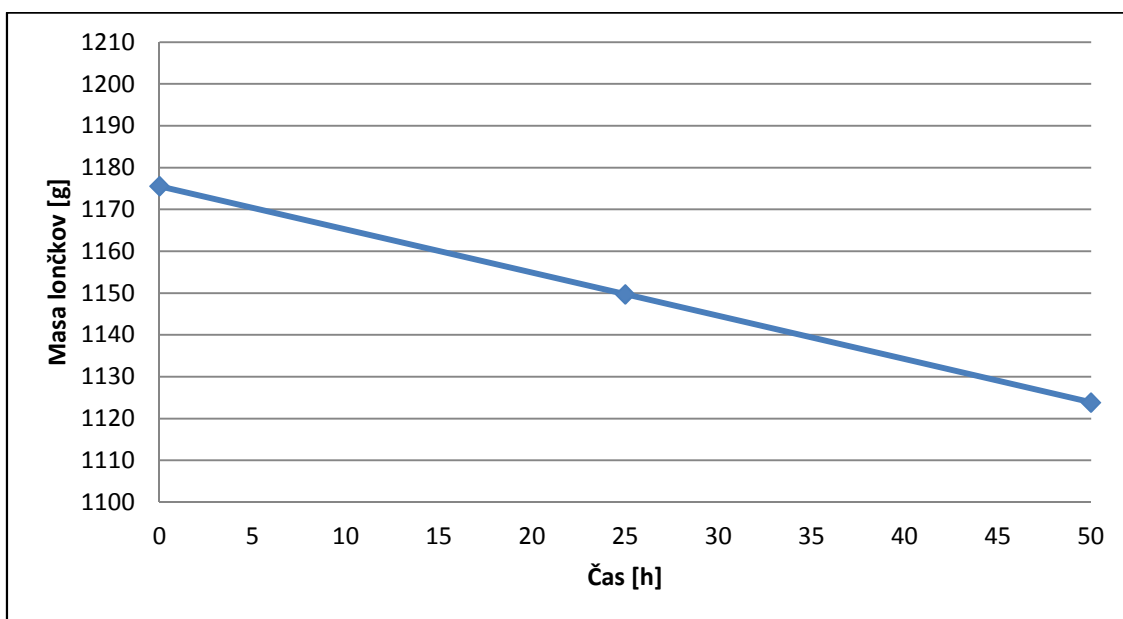
Rezultati pridobljeni z Vernierjem:

Merilnik vlažnosti zemlje je meril vlažnost zemlje pri enem izmed lončkov, v katerih je bila rastlina. Krivulja vlažnosti zemlje znaša na začetku 23,55 %. Nato pade v roku par minut na vrednost 23,22 %, kar lahko pripišemo stabilizaciji matrice lončkov. Krivulja se v začetnih urah izravna, nato pa počasi pada. Padec lahko pripišemo nočnemu ciklu, saj imajo rastline ponoči zaprte listne reže, kar privede do manjšega oddajanja vode. Nato se krivulja spet stabilizira. Končen delež izgubljene vlažnosti zemlje je znašal 2,08 %.

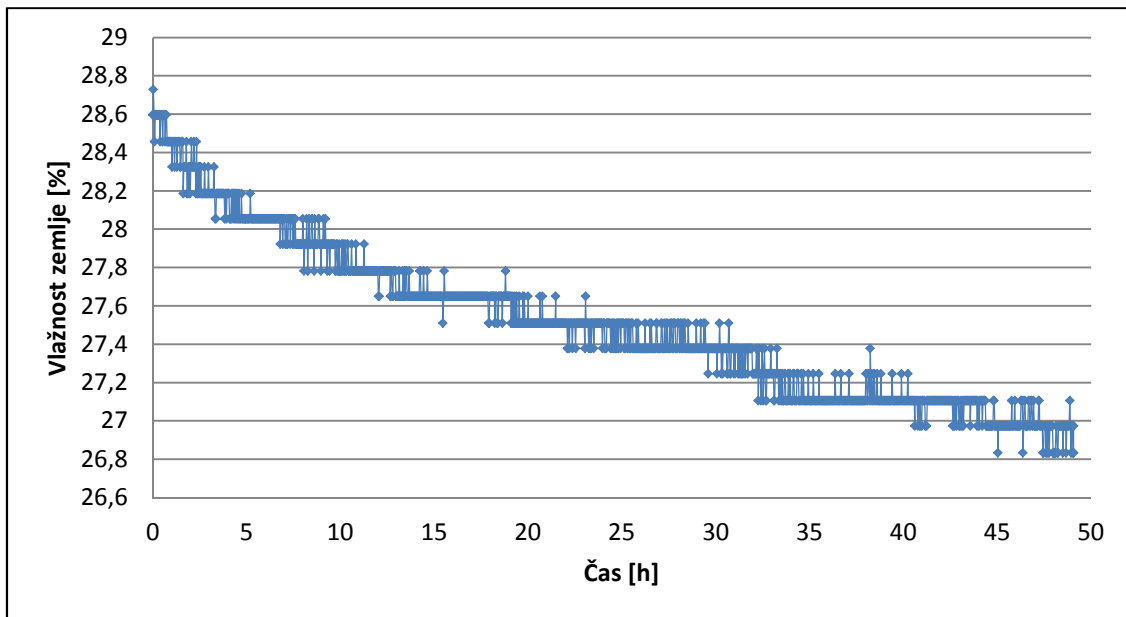
4.1.3 Stopnja evapotranspiracije pri vzorcu mozaično (šahovnica)



Slika 7: Razporeditev lončkov pri vzorcu mozaično (šahovnica) (Vir: Žmavčič, 18. 5. 2016).



Graf 7: Prikaz izgubljanja mase lončkov pri vzorcu mozaično (šahovnica) (tehtanje).



Graf 8: Prikaz vlažnosti zemlje v odvisnosti od časa pri vzorcu mozaično (šahovnica). Meritve so pridobljene z Vernierjem LabQuest 2.

Komentar

Rezultati pridobljeni s tehtanjem:

Začetna skupna masa lončkov pri vzorcu šahovnica je znašala 1175,54 g, končna skupna masa pa je znašala 1123,87 g. Skupna izgubljena masa lončkov je znašala 51,67 g, kar je več kot pri vzorcu polovica strnjeno in polovica sama zemlja. Pri vzorcu mozaično (šahovnica) je bila pokritost tal zaradi košatosti rastlin večja kot pri vzorcu polovica strnjeno in polovica sama zemlja. Pri vzorcu mozaično so rastline prekrile lončke, v katerih je bila sama zemlja, s senco, kar je vplivalo tudi na manjšo stopnjo evaporacije iz zemlje. Naklon grafa premice pri vzorcu mozaično je znašal 13° , kar je manj kot pri vzorcu polovica strnjeno in polovica sama zemlja.

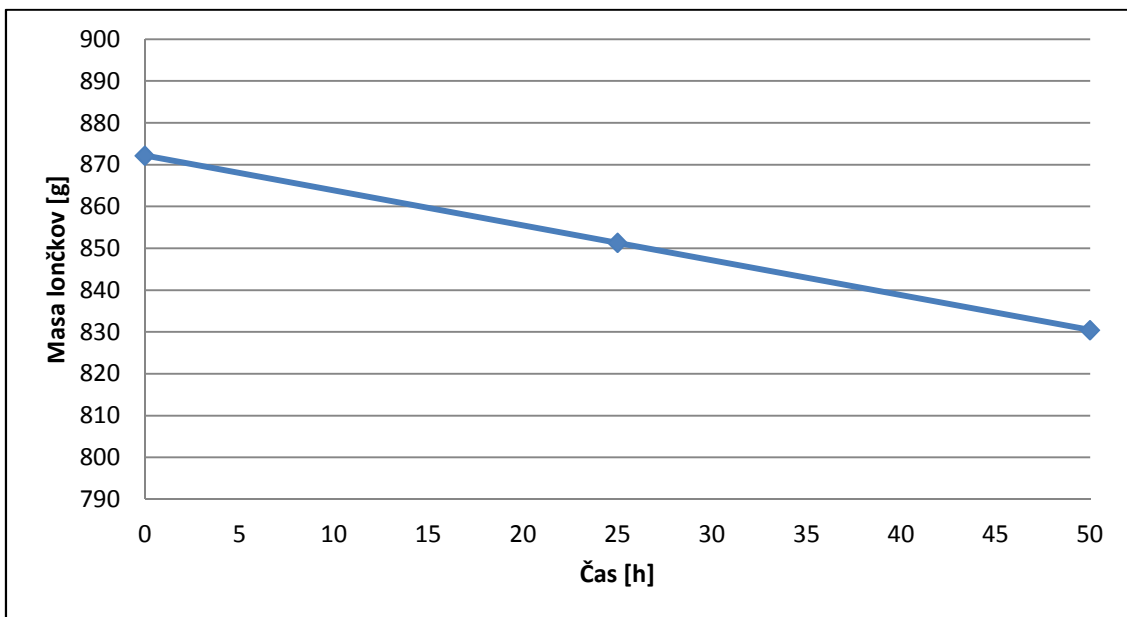
Rezultati pridobljeni z Vernierjem:

Merilnik vlažnosti zemlje je meril vlažnost zemlje pri enem izmed lončkov, v katerih je bila rastlina. Začetna vlažnost zemlje je znašala 28,72 %. Nato je krivulja počasi padala do končnega deleža vlažnosti zemlje, ki je znašal 26,83 %. Razlika v začetni vlažnosti zemlje in končni je znašala 1,89 %, kar je manj kot pri vzorcu polovica strnjeno in polovica sama zemlja. Prav tako pa je krivulja bolj položna za razliko od vzorca polovica sama zemlja in polovica strnjeno ter vzorca sama zemlja.

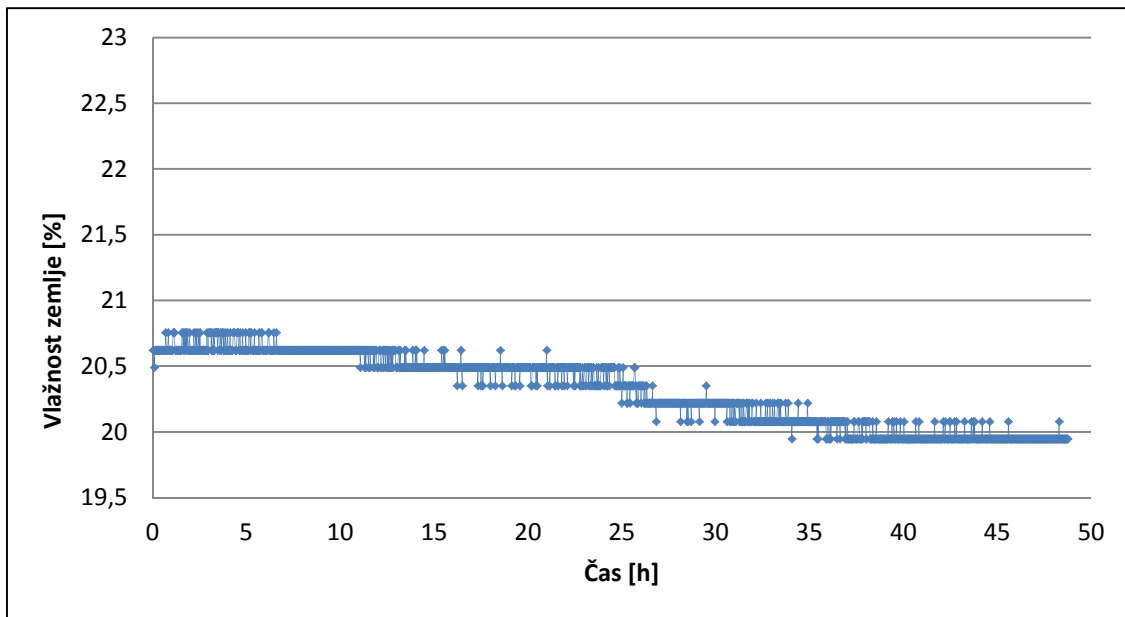
4.1.4 Stopnja evapotranspiracije pri vzorcu strnjeno



Slika 8: Razporeditev lončkov pri vzorcu strnjeno (Vir: Žmavčič, 11. 5. 2016).



Graf 9: Prikaz izgubljanja mase lončkov pri vzorcu strnjeno (tehtanje).



Graf 10: Prikaz vlažnosti zemlje v odvisnosti od časa pri vzorcu strnjeno. Meritve so pridobljene z Vernierjem LabQuest 2.

Komentar

Rezultati pridobljeni s tehtanjem:

Začetna skupna masa lončkov pri vzorcu strnjeno je znašala 872,17 g. Končna skupna masa lončkov pa je znašala 830,47 g. Razlika med začetno in končno skupno maso lončkov pri vzorcu strnjeno je znašala 41,7 g, kar predstavlja najmanjšo izgubljeno skupno maso lončkov pri vseh vzorcih (vzorec sama zemlja, vzorec polovica strnjeno in polovica sama zemlja in vzorec mozaično (šahovnica)). Zaradi košatosti rastlin je bila površina tal v celoti pokrita, kar je vplivalo na manjšo stopnjo evapotranspiracije. Prav tako je naklon grafa premice vzorca strnjeno znašal $10,5^\circ$, kar je manj kot pri ostalih vzorcih.

Rezultati pridobljeni z Vernierjem:

Iz grafa lahko po prvih nekaj minutah meritev razberemo, da je delež vlažnosti zemlje narastel iz 20,2 % na 20,75 %. To lahko pripišemo prilagajanju rastlin na komoro. Vlaga zemlje je padala do 19,94 %. Razlika med začetnim in končnim deležem vlažnosti zemlje je znašala 0,81 %, kar predstavlja najmanjši padec deleža vlažnosti zemlje pri vseh vzorcih. Prav tako pa je krivulja, ki smo jo pridobili s pomočjo Vernierja, skoraj ravna in za razliko od ostalih zelo počasi pada. Površina tal, ki smo jo opazovali, je bila prekrita z rastlinami, kar pomeni, da ni bila direktno izpostavljena svetlobi. Prav tako je relativna vlažnost zraka zaradi transpiracije

naraščala in dosegla najvišjo vrednost pri 75 %, kar pa je vplivalo tudi na manjše izhlapevanje iz tal (evaporacijo).

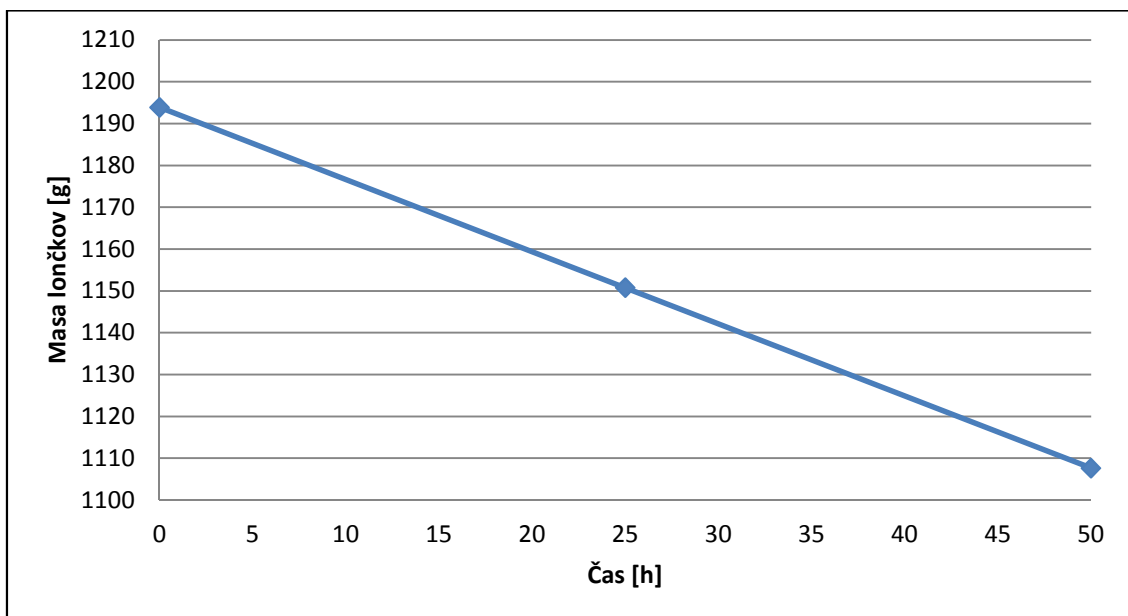
Učno gradivo za učence ter navodila za učitelje smo priložili v prilogo.

4.2 Stopnja evapotranspiracije pri različnih vzorcih z dodatnim vplivom vetra (z ventilatorjem)

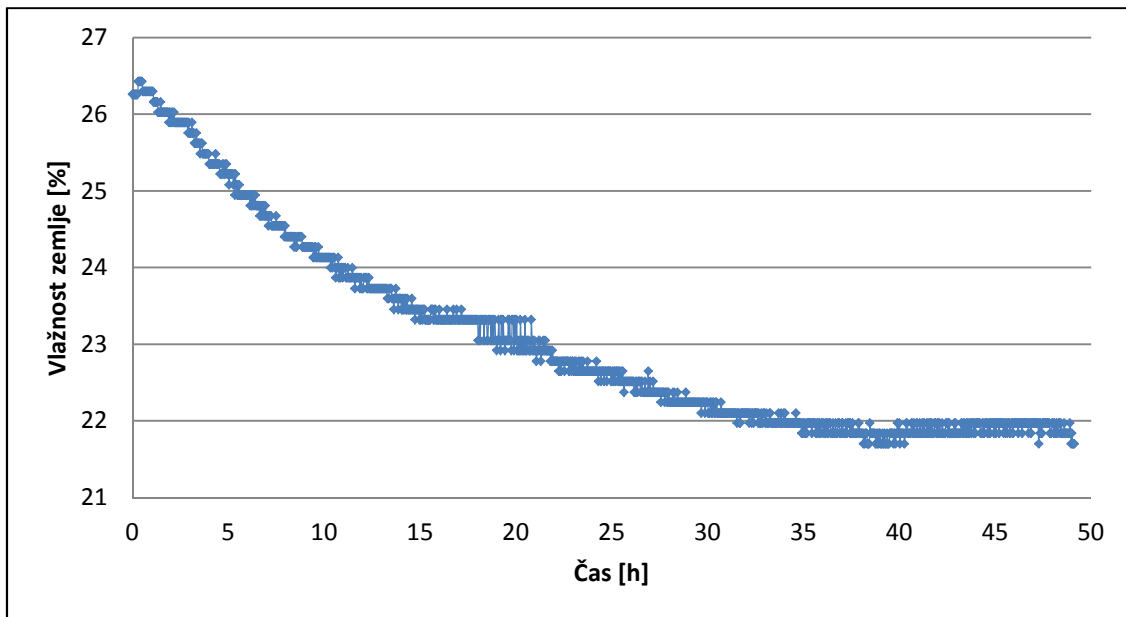
4.2.1 Stopnja evapotranspiracije pri vzorcu zemlja brez sadik



Slika 9: Razporeditev lončkov pri vzorcu zemlja brez sadik z dodatnim vplivom vetra (ventilator) (Vir: Žmavčič, 25. 5. 2016).



Graf 11: Prikaz izgubljanja mase lončkov pri vzorcu sama zemlja z ventilatorjem (tehtanje).



Graf 12: Prikaz vlažnosti zemlje v odvisnosti od časa pri vzorcu sama zemlja z ventilatorjem. Meritve so pridobljene z Vernierjem LabQuest 2.

Komentar

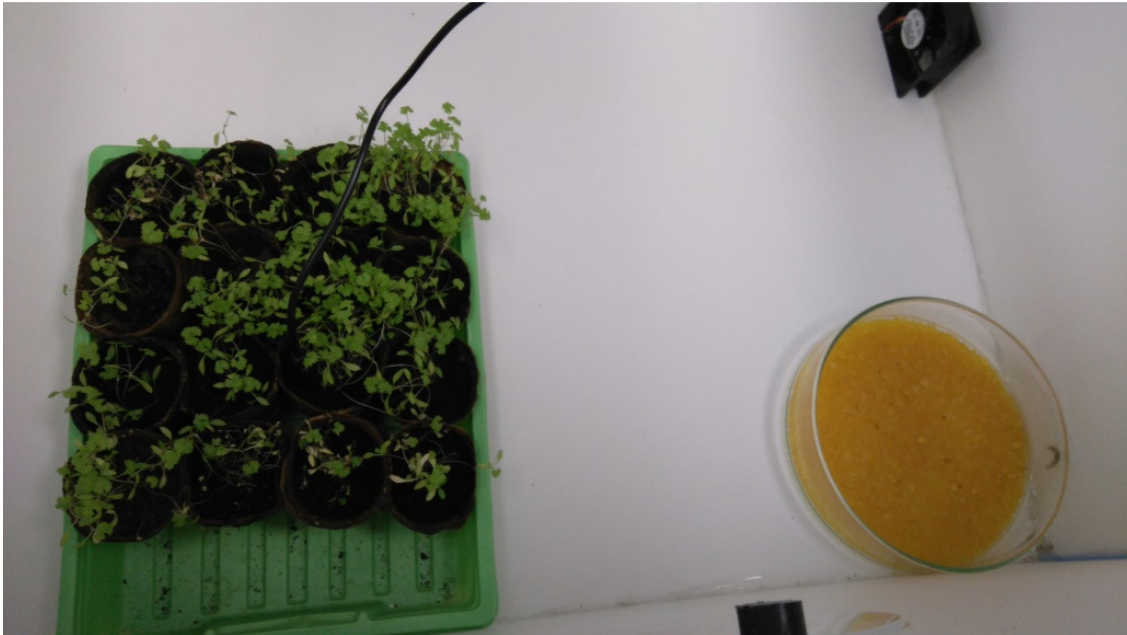
Rezultati pridobljeni s tehtanjem:

Začetna skupna masa lončkov pri vzorcu sama zemlja z ventilatorjem je znašala 1193,86 g. Končna skupna masa lončkov pri vzorcu sama zemlja z ventilatorjem pa je znašala 1107,63 g. Razlika v izgubljeni skupni masi lončkov je znašala 86,23 g in predstavlja največjo skupno izgubljeno maso lončkov pri vseh vzorcih. Če primerjamo rezultate z vzorcem brez sadik in brez ventilatorja, lahko opazimo, da je izgubljena skupna masa lončkov pri vzorcu brez ventilatorja manjša. Zaradi vetra se je proces evaporacije pri vzorcu pospešil, kar se je pokazalo v skupni masi izhlapele vode. Naklon premice grafa je znašal 22° .

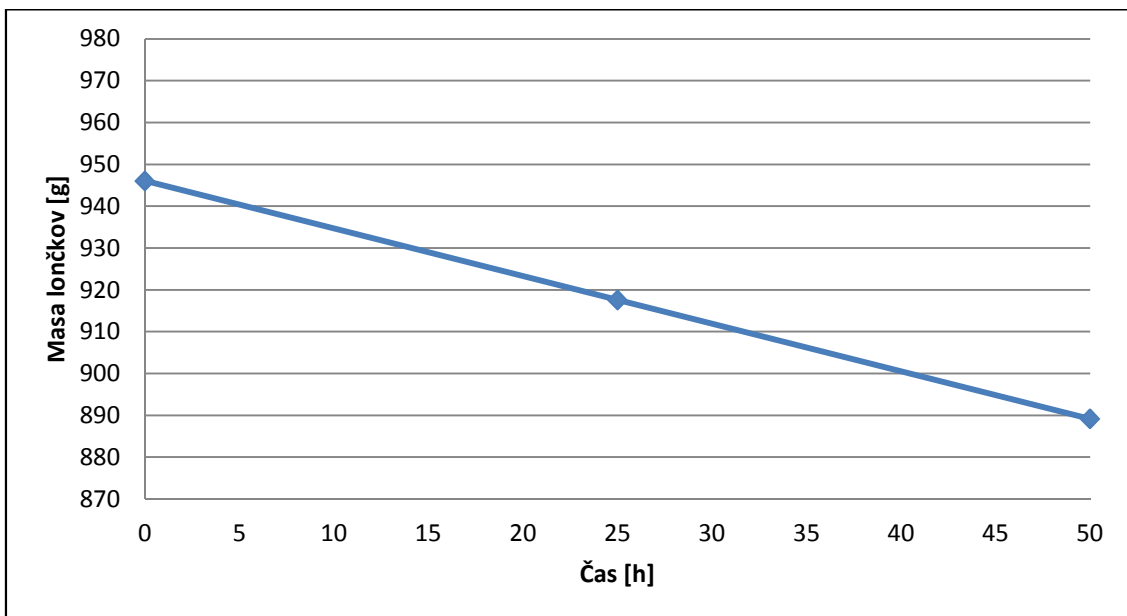
Rezultati pridobljeni z Vernierjem:

Začetna vrednost krivulje vlažnosti zemlje, ki je prikazana na grafu 10, je znašala 26,43 %. Krivulja vlažnosti zemlje je strmo padala vse do končne vrednosti 21,70 %. Če padec krivulje primerjamo z padcem krivulje pri vzorcu sama zemlja brez sadik in brez ventilatorja, lahko opazimo, da krivulja pri vzorcu, ki je bil pod vplivom vetra, bolj strmo pada in se ne stabilizira po nekaj urah. Prisotnost vetra je proces evapotranspiracije izjemno pospešila, saj je bila razlika v začetni in končni vlažnosti zemlje 6,67 %.

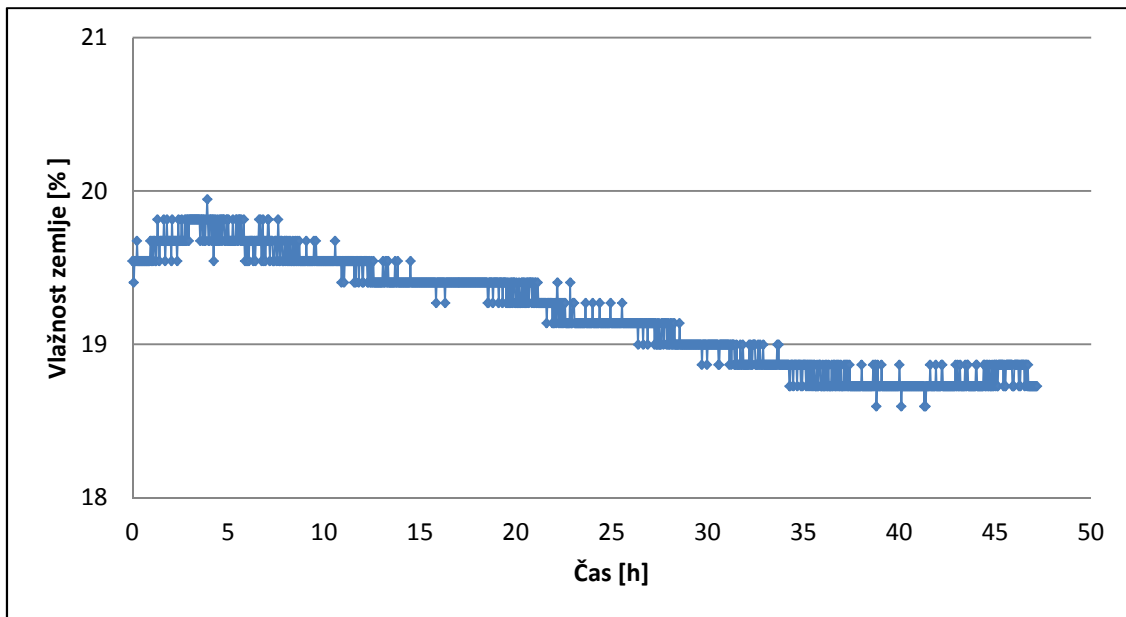
4.2.2 Stopnja evapotranspiracije pri vzorcu strnjeno



Slika 10: Razporeditev lončkov pri vzorcu strnjeno z dodatnim vplivom vetra (ventilator). (Vir: Žmavčič, 23. 5. 2016)



Graf 13: Prikaz izgubljanja mase lončkov pri vzorcu strnjeno z ventilatorjem (tehtanje).



Graf 14: Prikaz vlažnosti zemlje v odvisnosti od časa pri vzorcu strnjeno z ventilatorjem. Meritve so pridobljene z Vernierjem LabQuest 2.

Komentar

Rezultati pridobljeni s tehtanjem:

Začetna skupna masa lončkov pri vzorcu strnjeno z ventilatorjem je znašala 946,04 g, končna masa lončkov pa je znašala 889,15 g. Razlika med začetno in končno skupno maso lončkov je znašala 56,89 g, kar je manj kot pri vzorcu sama zemlja z ventilatorjem. Naklon premice je znašal 14° . Skupna izgubljena masa lončkov je bila 56,89 g, kar je več kot pri vzorcu strnjeno brez vetra. Prav tako je krivulja relativne vlažnosti bolj linearna pod vplivom vetra. Sam naklon grafa mase lončkov (graf 11) je znašal 20° , kar je več kot pri istem vzorcu brez vpliva vetra.

Rezultati pridobljeni z Vernierjem:

Krivulja, ki prikazuje spreminjanje vlažnosti zemlje, je na začetku imela vrednost 19,54 %. Ko so se rastline v komori prilagodile na razmere, je bila vlažnost zemlje 19,81 %. Krivulja je nato padala do končne vrednosti vlažnosti zemlje, ki je znašala 18,72 %. Razlika v vlažnosti zemlje med začetno in končno vrednostjo je bila 1,09 %. Če rezultate primerjamo z vzorcem strnjeno brez ventilatorja, lahko opazimo, da je krivulja pri vzorcu strnjeno z ventilatorjem bolj strma. Prav tako pa je razlika v vlažnosti zemlje med začetno in končno vrednostjo znašala 0,81 %, kar je manj kot pri vzorcu strnjeno z ventilatorjem.

5 SKLEP

Hipoteze, ki smo si jih pri pisanju in snovanju eksperimenta zastavili, so bile:

1. S poskusom lahko prikažemo razlike v vlažnosti tal pri različnih posaditvah sestojev.
2. Poskus je načrtovan tako, da lahko prikažemo vpliv vetra na spremembo vlažnosti tal.
3. S poskusom lahko pokažemo značilnosti evapotranspiracije v skladu z učnim načrtom predmeta Naravoslovje v 6. in 7. razredu osnovne šole.

S pomočjo tehtanja smo dokazali, da je bila največja izgubljena masa vode pri vzorcu sama zemlja, saj je bila tam stopnja evaporacije najvišja. Najmanjša izguba vode je bila pri vzorcu strnjeno, saj zemlja ni bila direktno izpostavljena sevanju luči zaradi prekrivanja z rastlinami. Pri vzorcih polovica sama zemlja in polovica strnjeno ter mozaično je bila izguba vode večja kot pri vzorcu strnjeno. Prav tako je bil naklon premice večji.

S pomočjo Vernierjevega LabQuesta smo pridobili podatke o vlažnosti zemlje in o vlažnosti zraka pri različnih sestojih. Na podlagi teh podatkov, ki smo jih kasneje izrisali v Microsoft Excelu, smo dokazali, da je zmanjševanje vlažnosti zemlje povezano z različnimi sestoji. Največji padec krivulje smo opazili pri vzorcu sama zemlja. Zaradi primanjkljaja rastlin je evaporacija hitrejša, saj tla absorbirajo vso toploto in sevanje, kar povzroči hitrejše izsuševanje tal in izhlapevanje vode. Pri vzorcu polovica sama zemlja in polovica strnjeno je bil padec krivulje nekoliko manjši zaradi prisotnosti rastlin. Še manjša izguba vlažnosti zemlje se je zgodila pri vzorcu šahovnica, saj je bila zemlja zaradi razporeditve rastlin v vzorcu manj izpostavljena sevanju, prav tako pa so rastline s procesom transpiracije povečale vrednost vlažnosti zraka, kar je vplivalo tudi na manjšo evapotranspiracijo. Najmanjša stopnja evapotranspiracije je bila pri vzorcu strnjeno. Krivulja grafa je počasi padala, prav tako pa je bila zaradi nasičenosti zraka z vodno paro, ki je posledica transpiracije, manjša evaporacija. Razlike se kažejo tudi v naklonih premic grafov tehtanja. Največji naklon premice, ki smo jih pridobili s pomočjo tehtanja, je predstavljal naklon premice pri vzorcu sama zemlja. Na podlagi tega lahko rečemo, da lahko s poskusom prikažemo razlike v vlažnosti tal pri različnih posaditvah sestojev in tako potrdimo prvo hipotezo.

Pri vplivu vetra smo dokazali, da rahel veter vpliva na večje izhlapevanje vode iz tal in rastlin, torej na večjo količino evapotranspiracije. To smo dokazali s tehtanjem lončkov ter s podatki,

ki so bili pridobljeni z Vernier LabQuest 2. Tako smo potrdili našo drugo hipotezo, in sicer: poskus je bil načrtovan tako, da smo lahko prikazali vpliv vetra na spremembo vlažnosti tal. Če primerjamo vzorec strnjeno brez vetra (ventilatorja) ter vzorec strnjeno z vetrom (ventilatorjem), opazimo razliko med skupno maso izhlapele vode in med samim naklonom premice, ki je pri vzorcu strnjeno z ventilatorjem večji. Prav tako pa je skupna izgubljena masa pri vzorcu strnjeno z ventilatorjem večja. Ob procesu izhlapevanja vode postane zrak nad površino lončkov zasičen. S pomočjo vetra se zasičen zrak nad površino nadomesti z bolj suhim zrakom, kar povzroči nadaljevanje in povečanje evapotranspiracije. Pri vzorcu same zemlje brez sadik ne opazimo tako velike razlike pri izgubljeni skupni masi lončkov. To lahko pripišemo napakam pri tehtanju, namočenosti lončkov, odpiranju oken v učilnici, delovanju ventilatorja ipd.

Podatki, ki smo jih pridobili z Vernierjem, prav tako potrjujejo to dejstvo. Krivulja, ki smo jo izrisali, je pri vzorcu strnjeno brez ventilatorja padala bolj enakomerno in počasi. Razlika med začetno vlažnostjo zemlje in končno je bila le 0,68 %. Pri vzorcu strnjeno z ventilatorjem pa je bila razlika v vlažnosti zemlje 1,09 %, kar potrjuje, da veter vpliva na večje izhlapevanje vode oz. na evapotranspiracijo. Pri vzorcu sama zemlja brez sadik z ventilatorjem ni bilo tako očitne spremembe v krivulji v primerjavi z vzorcem sama zemlja brez sadik in brez ventilatorja. To lahko pripišemo napakam pri merjenju, odpiranju oken, delovanju ventilatorja ipd.

Poskus, ki smo ga izvedli, bi lahko umestili v učni načrt predmeta Naravoslovje za 6. in 7. razred. Še posebej bi koristil učencem v 6. razredu, saj se takrat prvič podrobneje srečajo z vodnim krogom in z vsemi procesi v njem. Izvedeni poskus bi bil primerna dejavnost tudi pri izbirnem predmetu Organizmi v naravnem in umetnem okolju. Učenci bi skozi eksperiment lahko spoznali, od česa je odvisna stopnja evapotranspiracije in bi ga lahko izvedli sami v skupinah pod nadzorom učitelja ali demonstracijsko. Prav tako bi lahko preko sistema LabQuest 2 spremljali spreminjanje vlažnosti zemlje in relativne vlažnosti zraka, kjer bi na podlagi rezultatov lahko sklepali o dejavnikih evapotranspiracije. Na tem mestu lahko potrdimo še tretjo hipotezo, in sicer: s poskusom lahko pokažemo značilnosti evapotranspiracije v skladu z učnim načrtom predmeta Naravoslovje v 6. in 7. razredu osnovne šole.

Menimo, da bi bil eksperiment dober za prikaz značilnosti evapotranspiracije v skladu z učnim načrtom predmeta Naravoslovje v 6. in 7. razredu osnovne šole, ampak se zavedamo,

da veliko osnovnih šol ni dovolj tehnično opremljenih z merilnimi vmesniki ter senzorji za merjenje ter da je še veliko učiteljev, ki nimajo dovolj tehničnega znanja in volje za pripravo in izvedbo eksperimenta.

Eksperiment, ki smo ga izvedli, bi bil prav tako zanimiv za krajinsko ekologijo. Krajinska ekologija je znanstvena veda, ki skuša izboljšati odnose med ekološkimi procesi v okolju ter različnimi ekosistemi. Eden izmed dejavnikov, ki ga preučuje krajinska ekologija, je tudi vloga človeka pri soustvarjanju krajinskih vzorcev in procesov (Farina, 2007). Človek s svojimi posegi v naravo spreminja, degradira ter drobi naravne ekosisteme. Primer degradacije krajine v Sloveniji predstavlja Kras, ki je zaradi prekomernega izsekavanja naravnega gozda, ki mu je sledilo intenzivno pašništvo, postal gol in suh (Torkar, Čarni, Dešnik, Burnet, Ribeiro, 2012). Ekološka vloga gozda je varovanje kmetijske površine pred vetrom, izsuševanjem, pozebo, hkrati pa blaži skrajne vremenske pojave. Izsekavanje gozdov je le eden izmed mnogih posegov človeka v naravne ekosisteme, ki lahko privedejo do spreminjanja klime v širšem območju ter zmanjšanja biodiverzitete.

Poskus je dober primer za ponazoritev vpliva različnih oblik rabe tal na naše podnebje. Vsak izmed vzorcev predstavlja del ekosistema, ki ga je možno najti v naravi (npr. vzorec strnjeno predstavlja gozd, vzorec sama zemlja predstavlja polje itd.). Učenci bi lahko naredili projektno delo, kjer bi opazovali vpliv različnih vzorcev krajine in vegetacije na klimo. Prav tako bi lahko z učenci imeli razpravo o degradaciji okolja, spreminjanju podnebja zaradi degradacije okolja, vlogi tropskih gozdov pri ustvarjanju podnebja ipd.

6 LITERATURA

Adamson, M., Beal, C.R., Espeleta, J.C., Gerst, K.L., Morrison, C.T., Villegas, J.C. (2010). Impact of an ecohydrology classroom activity on middle school students' understanding of evapotranspiration. *Journal of Natural Resources and Life Science Education*, 39(1), 150–156. Pridobljeno s:

https://www.researchgate.net/publication/233776474_Impact_of_an_Ecohydrology_Classroom_Activity_on_Middle_School_Students'_Understanding_of_Evapotranspiration.

Allen, R.G., Pereira, R.S., Raes, D., Smith M. (1998). Crop evapotranspiration- guidelines for computing crop water requirements, FAO Irrigation and drainage paper 56. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. Pridobljeno s: <http://www.fao.org/docrep/X0490E/X0490E00.htm>.

Baker, M. (1998). Understanding transpiration- more than meets the eye. *Journal of Biological Education*, 33(1), 17. Dostopno na: <http://eds.b.ebscohost.com.nukweb.nuk.uni-lj.si/eds/pdfviewer/pdfviewer?sid=a903ea38-f1ba-49a6-920e-73ab484465a9%40sessionmgr102&vid=4&hid=114>.

Brilly, M., Šraj, M. (2000). *Osnove hidrologije*. Univerzitetni učbenik. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.

Bengtsson, L. (2010). The global atmospheric water cycle. *Environmental Research letters*, 5(2), 1–8. Pridobljeno s: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/5/2/025202/pdf>.

Botanični terminološki slovar. (2011). Ljubljana: Založba ZRC. Pridobljeno s: <http://isjfr.zrc-sazu.si/sl/terminologisce/slovarji/botanicni/iskalnik?iztocnica=simplast#v>.

Burnet, J., Čarni, A., Dešnik, S., Ribeiro, D. in Torkar, G. (2012). Kulturna krajina in ohranjanje narave Prekmurja. V B. Žajdela (ur.), *Kulturna krajina ob reku Muri* (str. 33–35). Murska Sobota: Regionalna razvojna agencija Mura.

Cesar, P., Šraj, M. (2012). Evapotranspiracija: Pregled vplivnih dejavnikov in metod izračuna. *Geografski vestnik*, 84(2), 73–87.

Coştu, B., & Ayas, A. (2005). Evaporation in different liquids: secondary students' conceptions. *Research In Science & Technological Education*, 23(1), 75.

Čepič, M. (2014). Modeli v poučevanju naravoslovja. V M. Borstner, A. Žakelj (ur.), *Posodobitve pouka v osnovnošolski praksi Naravoslovje* (str. 31–37). Pridobljeno s: <http://www.zrssi.si/pdf/pos-pouka-os-naravoslovje.pdf>.

Dermastia, M. (2007). *Pogled v rastline*. Ljubljana: Nacionalni inštitut za biologijo.

Devetak, I., Kovič, M., Torkar, G. (2012). *Dotik narave 6*. Učbenik. Ljubljana: Založba Rokus Klett d. o. o.

Farina, A. (2006). *Principles and methods in landscape ecology: Toward a Science of Landscape*. The Netherlands: Springer.

Frantar, P., Kurnik, B., Ožura, V. (2008). *Vodna bilanca Slovenije 1971-2000*. Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje. Pridobljeno s: http://www.arso.gov.si/vode/poro%C4%8Dila%20in%20publikacije/vodna%20bilanca/01_Uvodni_del.pdf.

Grant, B. W., Vatnick, I. (2004). Environmental correlates of leaf stomata density. *Teaching Issues and Experiments in Ecology*, 1(1), 2-24. Dostopno preko: https://www.researchgate.net/publication/228491525_Environmental_correlates_of_leaf_stomata_density.

Hillel, D. (2004). *Introduction to Environmental Soil Physics, 1st Edition*. ZDA: Elsevier Academic Press.

Irmak, S. (2009). *Estimating crop evapotranspiration from reference evapotranspiration and crop coefficients*. Pridobljeno s: <http://extensionpublications.unl.edu/assets/pdf/g1994.pdf>.

Irmak, S., Haman, D.Z. (2003). Evapotranspiration: Potential or reference. Agricultural and Biological Engineering Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. Dostopno preko: <http://edis.ifas.ufl.edu/ae256>.

Katul, G. (2012). Evapotranspiration: A process driving mass transport and energy exchange in the soil-plant-atmosphere-climate system. *Reviews of Geophysics*, 50(3), 4–25 . Pridobljeno s: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2011RG000366/epdf>.

Lah, A. (2002). OKOLJSKI POJAVI IN POJMI, okoljsko izrazje v slovenskem in tujih jezikih z vsebinskimi pojasnili. V *Svet za varstvo okolja Republike Slovenije, Zbirka usklajeno in sonaravno štev.* 8/2002 (str. 187). Ljubljana: Svet za varstvo okolja Republike Slovenije. Dostopno preko:

<http://www.mkgp.gov.si/fileadmin/mkgp.gov.si/pageuploads/svo/knj08.pdf>.

Liuzzo, L., Viola, F., Noto, L. (2016). Wind speed and temperature trends impacts on reference evapotranspiration in Southern Italy. *Theoretical And Applied Climatology*, 123(1–2), 43–62. Pridobljeno s: <http://link.springer.com.nukweb.nuk.uni-lj.si/article/10.1007%2Fs00704-014-1342-5>.

Mikoš, M., Kranjc, A., Matičič, B., Muller, J., Rakovec, J., Roš, M., Brilly, M.(2002). Hidrološko izrazje - Terminology in hydrology. *Acta hydrotehnica* 20(32), (14, 96, 198). Ljubljana. Dostopno preko: ftp://ksh.fgg.uni-lj.si/acta/a32_1.pdf.

Monson, R., Baldocchi, D.(2014). *Terrestrial Biosphere-Atmosphere Fluxes*. USA: Cambridge University Press: Cambridge, MA. Dostopno preko: https://books.google.si/books?hl=sl&lr=&id=nXLgAgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR11&dq=Terrestrial+Biosphere-Atmosphere+Fluxes.&ots=le20n_PBmR&sig=6idIA1AA0b8BX_XyMd5OYHhNsKU&redir_esc=y#v=onepage&q=Terrestrial%20Biosphere-Atmosphere%20Fluxes.&f=false.

Moore, A. (2003). Breathing new life into the biology classroom. *EMBO Reports*, 4(8), 744–746.

Pidwirny, M. (2006). Evaporation and Transpiration. *Fundamentals of Physical Geography, 2nd Edition*. Pridobljeno s: <http://www.physicalgeography.net/fundamentals/8i.html>.

Program osnovna šola. Naravoslovje. Učni načrt. (2011). Ljubljana: Ministrstvo za šolstvo in šport: Zavod RS za šolstvo, 2011. Pridobljeno 20. 7. 2016, s http://www.mizs.gov.si/fileadmin/mizs.gov.si/pageuploads/podrocje/os/prenovljeni_UN/UN_naravoslovje.pdf.

Prohaska, S.J. (2003). *Hidrologija 1.dio (hidro-meteorologija, hidrometrija i vodni režim)*. Rudarsko-geološki fakultet. Republiški hidrometeorološki zavod Srbije: Institut za vodoprivredu Jaroslav Černi.

Raspor, K. (2007). *Meritve in analiza transpiracije listnatega gozda na povodju Dragonje* (Diplomsko delo, Univerza v Ljubljani Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo). Pridobljeno s: http://drugg.fgg.uni-lj.si/377/1/VKI_0084_Raspor.pdf.

Strmčnik, F. (2001). *Didaktika: Osrednje teoretične teme*. Zbirka Razprave Filozofske fakultete. Ljubljana: Znanstveni inštitut Filozofske fakultete.

Šorgo, A. (2014). Spodbujanje ustvarjalnosti in inovativnosti v pouku naravoslovnih predmetov. V M. Borstner, A. Žakelj (ur.), *Posodobitve pouka v osnovnošolski praksi Naravoslovje* (str. 15–19). Pridobljeno s: <http://www.zrss.si/pdf/pos-pouka-os-naravoslovje.pdf>.

Taiz, L., Zeiger E (2002). *Plant Physiology, 3th Edition*. Sunderland, Massachusetts: Sinauer Associates, Inc., Publishers. Pridobljeno s: <http://www.slideshare.net/LauraStuka/ebook-plant-physiology-taiz-lzeiger-e>.

Tomažič, I. (2014). Od opazovanja, do raziskovanja. V M. Borstner, A. Žakelj (ur.), *Posodobitve pouka v osnovnošolski praksi Naravoslovje* (str. 39–51). Pridobljeno s: <http://www.zrss.si/pdf/pos-pouka-os-naravoslovje.pdf>.

Tomić, A. (1997). *Izbrana poglavja iz DIDAKTIKE*. Ljubljana: Center za pedagoško izobraževanje Filozofske fakultete.

Trimble, S. W., Ward, D. A. (2004). *Environmental Hydrology, second edition*. Washington, D.C: Lewis publishers, CRC Press Company.

Torelli, M. (1998). *Daljinski transport vode v drevesu – vodni potencial*. Pridobljeno s: www.dlib.si/stream/URN:NBN:SI:DOC-YF0Y1F2A/1f3b8e18-cfc5-4367.../PDF.

Tyree, M.T. (2000). Water relation of plants. V Baird, A.J., Wilby, R.L., *Eco-hydrology: Plants and water in Terrestrial and aquatic Enviornments*, (str. 11–38). Dostopno preko: https://books.google.si/books?id=0I8695gt03MC&pg=PP1&lpg=PP1&dq=baird+wilby+ecohydrology&source=bl&ots=ghUINCdTXU&sig=zorhdeKDiAygDs-p_8UWlt6HaD8&hl=sl&sa=X&ved=0ahUKEwjFiZD5ht3OAhVFvRoKHfxKD2YQ6AEITzAH#v=onepage&q=baird%20wilby%20ecohydrology&f=false.

Vernier- LabQuest 2. Pridobljeno s: <http://www.vernier.com/products/interfaces/labq2/>.

Vodnik, D. (2012). *Osnove fiziologije rastline*. Ljubljana: Oddelek za agronomijo, Biotehniška fakulteta, 2012.

Young, G., Dooge C.I, J., Rodda, J.C. (1994). *Global Water Resource Issues*. MA: Cambridge University Press.

7 PRILOGA

UČNO GRADIVO ZA UČENCA

EVAPOTRANSPIRACIJA

Brez vode si našega življenja ne moremo predstavljati. Voda na našem planetu kroži v vseh oblikah med biosfero, atmosfero, litosfero ter hidrosfero. Kroženje vode imenujemo vodni cikel in ga poganja sončna energija. Vodni cikel je sestavljen iz več procesov, ki so med seboj povezani v sklenjen krog. Eden izmed procesov v vodnem ciklu predstavlja izhlapevanje vode iz rastlin (transpiracija) ter iz proste površine tal ali vodne površine (evaporacija).

Transpiracija pri rastlinah poteka preko listnih rež, ki jih najdemo na spodnji povrhnjici lista rastline. Listne reže so lahko odprte ali zaprte. Ko so listne reže odprte, rastline izmenjujejo pline ter oddajajo vodo. Zaradi izhlapevanja vode rastline skozi koreninske laske »srkajo« vodo, ki potuje po korenini, stebelu in listih do listnih rež, kjer izhlapi nazaj v atmosfero. Rastline se s procesom transpiracije hladijo, prav tako pa zaradi velike količine vodnih hlapov soustvarjajo naše podnebje.

Evaporacija ter transpiracija sestavljata skupen pojem evapotranspiracija, ki predstavlja izhlapevanje vode v obliki vodne pare iz tal ter iz rastlin. Ima pomembno vlogo pri kroženju vode na Zemlji, saj vzdržuje vodno bilanco Zemlje. Na evapotranspiracijo vplivajo tako notranji (endogeni) kot zunanji (eksogeni) dejavniki. Med endogene dejavnike uvrščamo lastnosti rastline, med eksogene pa okoljske ter meteorološke dejavnike.

NALOGA:

Po navodilih s pomočjo pripomočkov izmeri vpliv različnih sestojev na stopnjo evapotranspiracije. Bodi pozoren na spreminjanje vlažnosti zemlje ter relativne vlažnosti zraka. Prav tako bomo opazovali vpliv vetra na stopnjo evapotranspiracije s pomočjo ventilatorja. Po končani nalogi oblikuj poročilo, ki mora vsebovati vse.

Za merjenje vpliva sestoja na stopnjo evapotranspiracije bomo uporabili rastline, ki bodo posajene v štirih vzorcih:

1. Zemlja brez rastlin (16 lončkov z zemljo)
2. Polovica strnjeno in polovica brez rastlin (8 lončkov z rastlinami in 8 lončkov z zemljo)
3. Mozaično (šahovnica) (8 lončkov z rastlinami in 8 lončkov z zemljo)

4. Zemlja s sadikami (strnjeno) (16 lončkov z rastlinami)

PRIPOMOČKI

1. Merilni sistem Vernier
2. Senzor za merjenje vlage tal
3. Senzor za merjenje relativne vlažnosti zraka
4. Komora
5. 16 sadik poljubne košate rastline v šotnih lončkih
6. 16 šotnih lončkov z zemljo
7. Tehtnica
8. Silikagel
9. Ventilator

NAVODILA ZA DELO

1. NAVODILA ZA TEHTANJE LONČKOV:

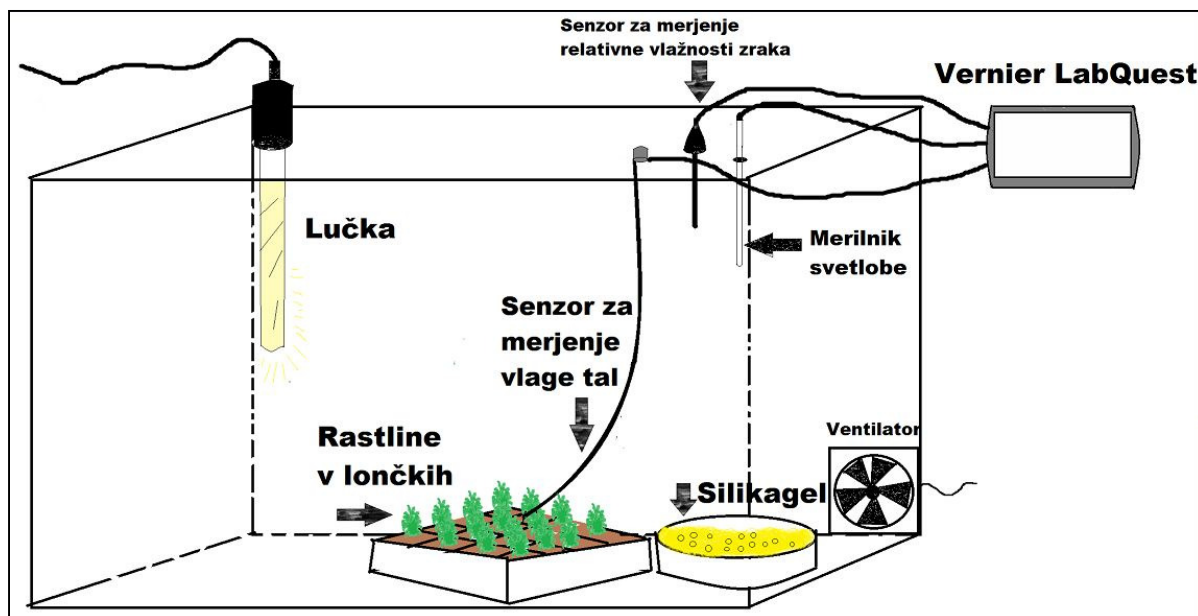
1. S pomočjo tehtnice stehtaj vsak lonček posebej ter si zapiši rezultate v tabelo spodaj:

Lonček 1:	Lonček 5:	Lonček 9:	Lonček 13:
Lonček 2:	Lonček 6:	Lonček 10:	Lonček 14:
Lonček 3:	Lonček 7:	Lonček 11:	Lonček 15:
Lonček 4:	Lonček 8:	Lonček 12:	Lonček 16:

Skupna masa lončkov: _____ g.

2. NAVODILA ZA DELO Z VERNIER LABQUEST 2:

1. Najprej namesti vse merilnike, lučko ter termometer v luknje v pokrov komore. Pomagaš si lahko si sliko 1.



Slika 11: Postavitev merilnikov v komori.

2. V desni kot daj v posodico nekaj silikagela.

3. V komoro položi 16 lončkov s sadikami (odvisno od vzorca, ki ga boš uporabil).

4. Merilnike nato priklopi na napravo Vernier LabQuest 2. Napravo prižgi in počakaj, da naprava prepozna merilnike.

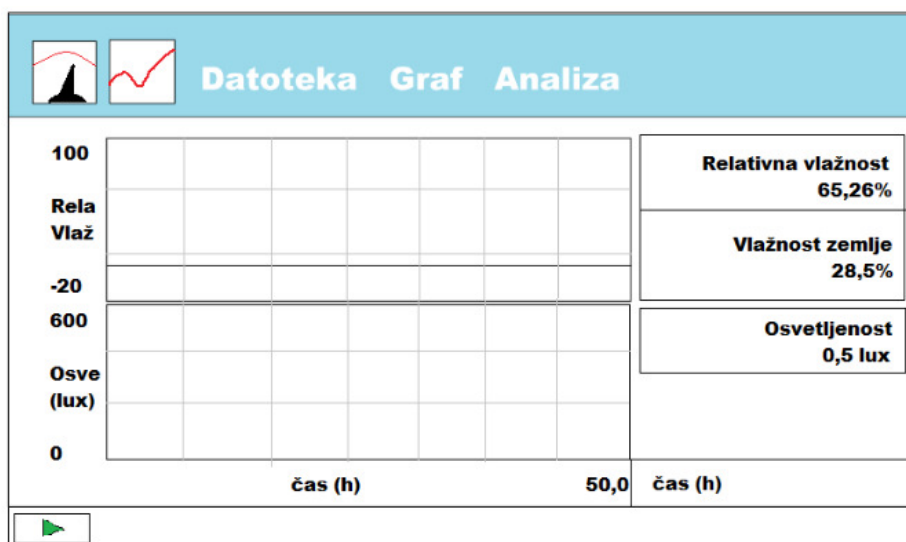
5. Na zaslonu v desnem kotu boš opazil ukaz »Datoteka« in izberi opcijo »Nastavitve«. S priloženim pisalom klikni nanj ter določi čas merjenja, ki naj bo:

vzorčenje: 30 vzorcev/h.

čas merjenja: 50 ur.

6. Senzor za vlažnost zemlje zapiči navpično v enega izmed lončkov. Pazi, da ne poškoduješ rastline.

7. Preveri, ali vsi senzori delajo (v desnem grafu se ti bodo pokazale vrednosti, ki se bodo spreminjale). Zaslona na Vernier LabQuest mora izgledati tako (Slika 2):



Slika 12: Priklopljeni merilniki na Vernier LabQuest 2.

8. Prižgi luč ter pritisni na zeleno ikono v levem kotu »Play«.

1. Po končani meritvi shrani datoteko in izklopi svetilko in ventilator. Komoro odpri, da se prezrači. Senzor za merjenje vlažnosti zemlje previdno vzemi ven iz lončka rastline.

2. Lončke z rastlinami ponovno stehtaj ter vrednosti napiši v tabelo spodaj:

Lonček 1:	Lonček 5:	Lonček 9:	Lonček 13:
Lonček 2:	Lonček 6:	Lonček 10:	Lonček 14:
Lonček 3:	Lonček 7:	Lonček 11:	Lonček 15:
Lonček 4:	Lonček 8:	Lonček 12:	Lonček 16:

Skupna masa lončkov: _____ g.

Dobljene meritve prenesi z merilne naprave LabQuest 2 na računalnik s pomočjo programa Logger Pro. Pridobljene podatke nato kopiraj v Microsoft Excel.

S pomočjo Microsoft Excela izriši grafe ter jih primerno poimenuj. Grafe nato natisni.

Grafi ti bodo služili za diskusijo.

REZULTATI IN ANALIZA

Dobljene rezultate in grafe komentiraj in izpiši pomembne ugotovitve. Grafe in svoje komentarje natisni in jih priloži h končnemu poročilu.

Prostor za rezultate z grafi in diskusijo

DISKUSIJA

Pri katerem vzorcu je izhlapelo največ vode? Napiši vrednost skupne izgubljene mase vode, ki si jo dobil s tehtanjem.

Kakšna je vloga vetra pri evapotranspiraciji?

V kakšnem razmerju sta relativna vlažnost zraka ter vlažnost zemlje?

Vzorec šahovnica ter vzorec polovica sama zemlja, polovica strnjeno sta imela oba enako število rastlin. Pri katerem je bila evaporacija večja? Obrazloži.

Kje je na svetu, po tvojem mnenju, stopnja evapotranspiracije najvišja?

NAVODILA ZA UČITELJA

1. Teoretično gradivo

Transpiracija je proces izgubljanja vode iz rastline v obliki vodne pare, ki poteka skozi listne reže, kutikulo, lenticele in periderm (Lah, 2002). Gre za fiziološki proces, pri katerem rastlina s koreninskim sistemom črpa vodo iz zemlje, jo uporabi v metaboličnem procesu in jo nato skozi listne reže izpusti v atmosfero. Skozi proces transpiracije se rastline ohlajajo in pridobijo nutriente, prav tako pa rastline oskrbi z ogljikovim dioksidom (Vodnik, 2012). Intenzivnost transpiracije je odvisna od življenjske dobe rastline in okoljskih dejavnikov (Raspor, 2007).

Evaporacija predstavlja izhlapevanje vode iz proste vodne površine, iz površine zemlje ter iz površine rastlin (Ward in Trimble, 2004). Na evaporacijo vplivajo predvsem vlažnost zraka, temperatura ter jakost vetra.

Transpiracija sestavlja skupaj s procesom izhlapevanja vode (evaporacijo) evapotranspiracijo.

Na evapotranspiracijo vplivajo različni faktorji. Delijo se na meteorološke faktorje, faktorje rastline ter okoljske pogoje (Allen in sod., 1998).

Med meteorološke faktorje sodijo sončno sevanje, temperatura zraka, vlaga v zraku in hitrost vetra. Večja kot je vlaga v zraku, manjše je izhlapevanje, saj je zrak z vlažnih območjih že dovolj zasičen, kar vpliva na nižjo stopnjo evapotranspiracije. Evapotranspiracija je prav tako odvisna od vetra. Zrak pri izhlapevanju nad površino postane zasičen. Vloga vetra je ta, da nadomesti zasičen zrak z bolj suhim zrakom tako, da se evapotranspiracija nadaljuje. V nasprotnem primeru je stopnja transpiracije manjša.

Pri stopnji evapotranspiracije je prav tako potrebno upoštevati še druge dejavnike, kot so: vsebnost talne vode, gostota poraščenosti ter pokrovnost tal.

2. Namen vaje

Namen eksperimenta je predstaviti učencem uporabo računalniško podprtega sistema Vernier LabQuest 2 ter praktično učenje procesa evapotranspiracije. Učenci lahko pod vodstvom učitelja sami zastavijo in izpeljejo eksperiment ter pri tem razvijajo različne spretnosti, ki so pomembne v življenju. Učitelj je v vlogi svetovalca in mentorja, ki učence usmerja.

DIDAKTIČNO GRADIVO	NARAVOSLOVJE Vsebinski sklop: ŽIVA NARAVA
Razred: 6. razred	Tema: EVAPOTRANSPIRACIJA
Št. ur: ____ .	Datum:
Učni cilji: a) Operativni:	Učenec: - <u>pozna pomen transpiracije in njeno vlogo za rastlino</u> - <u>pozna pomen evapotranspiracije ter njeno vlogo v vodnem krogu</u> - <u>pozna dejavnike, ki vplivajo na evapotranspiracijo ter jih opiše</u>
b) Vzgojni:	Učenec: - <u>razvija sposobnost reševanja problemov</u> - <u>razvija sposobnost opazovanja in zbiranja podatkov</u> - <u>razvija sposobnost samostojnega in timskega dela</u> - <u>razvija sposobnost organiziranja in načrtovanja dela</u> - <u>razvija sposobnosti prilagajanja novim situacijam</u>
c) Predmetno-specifični:	Učenec: - <u>razvija ročne spretnosti pri delu (delo s senzorji, rastlinami ...)</u> - <u>se navaja na uporabo računalnika in ostalih pripomočkov (Vernier, delo z LabQuest 2 ...).</u>
Didaktična(e) oblika(e):	<u>Delo v skupinah</u>
Didaktična (-e) metoda (-e):	<u>metoda projekcije, metoda opazovanja, metoda pridobivanja rezultatov, metoda diskusije, raziskovalna metoda z eksperimentalnim delom.</u>
Učna sredstva:	
Učila:	<u>Eksperiment.</u>
Učni pripomočki:	<u>Komora, merilni sistem Vernier, senzor za merjenje vlage tal, senzor za merjenje relativne vlažnosti zraka, sadike poljubne košate rastline, šotni lončki, zemlja, silikagel, tehničar in ventilator.</u>

IZVEDBENI NAČRT

- Učenci morajo pred izvajanjem eksperimenta poznati osnove o procesih evaporacije ter transpiracije. Pri razlagi uporabite slikovno gradivo in različne animacije v formatu GIF. Na tak način boste svojo razlago podkrepili.
- Preden učenci začnejo izvajati poskus, jim je potrebno predstaviti in pokazati vso opremo, s katero bodo delali.
- Učencem predstavite delo z merilnimi napravami s pomočjo kratkega poskusa, kjer bodo lahko videli, kako se rokuje z napravami ter kako se lahko povežejo z njimi na računalnik.
- Preden učenci začnejo izvajati eksperiment, jim razložite navodila za delo ter pravila varnosti pri delu in preverite njihovo znanje ali resnično razumejo.
- Učence skozi eksperiment le vodite in usmerjajte. Pustite jih, naj delajo sami, saj na takšen način razvijajo sposobnosti, ki so potrebne za zdrav razvoj.
- Učence med izvajanjem eksperimenta spremljajte ter jim, v kolikor je potrebno, nudite pomoč.
- Preden bodo učenci na LabQuestu 2 začeli beležiti podatke, preverite, ali so vsi senzorji in vsi pripomočki pravilno postavljeni in ali delujejo.
- Učence lahko povprašate o njihovih hipotezah in predvidevanjih. Zastavljajte vprašanja, ki bodo spodbudila k razmišljanju.

EVALVACIJA EKSPERIMENTALNEGA DELA

Učenec pri posamezni postavki dobi maksimalno število točk tri, če je njegovo znanje ustrezno. V kolikor je potrebno učenčev znanje še izpopolniti, dobi učenec dve točki. Če je bilo učenčev znanje, ki ga je pokazal, neustrezno, dobi eno točko. Z nič točkami ovrednotimo učenca, ki svojega znanja noče pokazati ali pa izkazanega znanja pri določeni postavki ni.

Točke, ki jih je učenec pridobil, zabeležimo v spodnji obrazec (Preglednica 3).

S pomočjo preglednice lahko ocenimo izvedbo eksperimenta ter analizo eksperimenta. Učenec lahko pri vsaki rubriki dobi maksimalno tri točke. Maksimalno število točk, ki jih lahko učenec doseže je trideset.

Točke	Rubrika
0	Manjka (ni)
1	Ni ustrezno
2	Potrebno še izpopolniti
3	Ustrezno

Preglednica 2: Število točk in pripradajoča ocena, povzeto po Jaka Branko in Samo Božič.

Ime in priimek	Izvedba eksperimenta					Analiza eksperimenta					Skupaj		
	Varnost	Spretnost	Natančnost	Samostojnost	Napoved izida	Skice, preglednice in diagrami	instrumentov	Odčitavanje z	Zapis vrednosti in rezultatov	Izračuni	Interpretacija in sklep	Točke (skupno 30)	Ocena

Preglednica 3: Kriteriji za ocenjevanje eksperimentalnega dela, povzeto po Jaka Banko in Samo Božič, Zavod RS za šolstvo. Pridobljeno s:

http://www.zrss.si/digitalnknjiznica/Posodobitve%20pouka%20v%20osnovno%C5%A1olski%20praksi%20FI ZIKA%20CD/vsebina/3_poglavje/3_01/ocenjevanjeeksperimentalnegadela.pdf