

Primjena automatske meteorološke stanice u rasadničkoj proizvodnji šumskih sadnica

Škorić, Branimir

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Forestry and Wood Technology / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:108:672019>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-13**



Repository / Repozitorij:

[University of Zagreb Faculty of Forestry and Wood Technology](#)



**OSVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ŠUMARSTVA I DRVNE TEHNOLOGIJE
ŠUMARSKI ODSJEK**

**PREDDIPLOMSKI STUDIJ
ŠUMARSTVO**

BRANIMIR ŠKORIĆ

**Primjena automatske meteorološke stanice u rasadničkoj proizvodnji
šumskih sadnica**

ZAVRŠNI RAD

ZAGREB (RUJAN, 2023.)

PODACI O ZAVRŠNOM RADU

Zavod:	Zavod za ekologiju i uzgajanje šuma
Predmet:	Osnivanje šuma
Mentor:	izv.prof.dr.sc. Damir Drvodelić
Student:	Branimir Škorić
JMBAG:	0068236014
Akad. godina:	2022./2023.
Mjesto, datum obrane:	Zagreb, 2023. godine
Sadržaj rada:	Slika: 20 Navoda literature: 12 Stranica: 27
Sažetak:	Cilj ovog završnog rada je predstaviti i opisati rad automatske meteorološke stanice, njen povijesni razvoj, dijelove od kojih se sastoji, obradu i očitavanje podataka. Primjena automatske meteorološke stanice u rasadničkoj proizvodnji šumskih sadnica i njene prednosti.

	IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI	OB FŠDT 05 07
		Revizija: 2
		Datum: 29.04.2023.

„Izjavljujem da je moj završni rad izvorni rezultat mojega rada te da se u izradi istoga nisam koristio drugim izvorima osim onih koji su u njemu navedeni“.

U Zagrebu, 2023. godine.

vlastoručni potpis

Branimir Škorić

ZAHVALA

S dubokim osjećajem zahvalnosti i poštovanja, želim se od srca zahvaliti svojoj obitelji koja mi je omogućila studij na fakultetu Šumarstva i drvne tehnologije sveučilišta u Zagrebu. Njihova vjera u mene bila je nepresušan izvor snage i inspiracije. Posebno sam zahvalan svom mentoru, izv. prof. dr. sc. Damiru Drvodeliću, koji je bio moj kompas tijekom ovog akademskog putovanja. Njegovi savjeti, smjernice i nepokolebljiva podrška bili su od neprocjenjive vrijednosti ne samo prilikom izrade ovog završnog rada, već kroz sve godine moga studiranja. Također se zahvaljujem prof. dr. sc. Milana Oršanića, čiji trud i stručnost značajno doprinose ovom radu. Posebno hvala od srca svim marljivim djelatnicima rasadnika „Lukavec“ koji su nesebično dijelili svoje znanje i iskustvo, pružajući mi podršku pri prikupljanju dragocjenih podataka. Na kraju, ali ništa manje važno, zahvaljujem se svojim prijateljima koji su me bodrili, motivirali i pružali podršku kroz sve uspone i padove tijekom ovog obrazovnog putovanja. Vaša vjera u mene bila je moj stalni podsjetnik da nastavim i da nikada ne odustanem. Hvala svima!

Branimir Škorić

U Zagrebu, 2023. godine.

Sadržaj:

1	UVOD	1
1.1	Uvod u rasadničku proizvodnju šumskih sadnica.....	1
1.2	Važnost meteoroloških uvjeta u rasadničkoj proizvodnji.....	3
2	PREGLED TEHNOLOGIJE AUTOMATSKE METEOROLOŠKE STANICE	4
2.1	Razvoj automatskih meteoroloških stanica kroz povijest	4
2.2	Općenito o automatskoj meteorološkoj stanici	5
2.3	Podjela automatskih meteoroloških stanica.....	6
2.4	Dijelovi automatske meteorološke stanice	7
2.4.1	Termometar (Temperaturni Senzor).....	8
2.4.2	Higrometar	9
2.4.3	Barometar (Tlakomjer).....	10
2.4.4	Anemometar	11
2.4.5	Kišomjer, pluviometar ili ombrometar	12
2.4.6	Piranometar	13
2.4.7	UV Senzor:.....	15
2.4.8	Hidrometar (senzor za vlažnost tla)	16
2.4.9	Termopar (senzor temperature tla)	16
2.4.10	Senzor za Kvalitetu Zraka	17
2.4.11	Senzor vlage lista.....	18
2.4.12	Zapisnik podataka (Data Logger).....	19
2.4.13	Komunikacijska tehnologija.....	20
2.4.14	Napajanje	21
2.4.15	Softverski sustav za analizu.....	22
3	Prednosti korištenja AMS-a u rasadničkoj proizvodnji	23
3.1	Kako automatska meteorološka stanica unapređuje kvalitetu šumskih sadnica	24
4	ZAKLJUČAK	26
5	LITERATURA	27

1 UVOD

1.1 Uvod u rasadničku proizvodnju šumskih sadnica

Pod rasadnikom se razumijeva posebno uređena površina zemljišta na kojoj se kroz sustav tehnološko-tehničkih postupaka proizvode sadnice za odgovarajuću privrednu granu (šumarstvo, hortikulturu, voćarstvo i dr.). Rasadnička proizvodnja šumskih sadnica integralni je dio šumarske industrije i ekoloških nastojanja diljem svijeta. Kako šumske površine igraju ključnu ulogu u očuvanju ekosustava, klimatske ravnoteže i pružanju resursa, pravilna rasadnička proizvodnja postaje od presudne važnosti. U samome početku bitno je objasniti zašto su rasadnici važni. Rasadnici su specijalizirane ustanove gdje se uzgajaju mlade biljke, uključujući šumske sadnice, prije nego što se presade na konačno odredište. U kontekstu šumarstva, rasadnici omogućuju: Kontrolirane Uvjete: Uzgajanje u rasadnicima omogućuje pružanje stabilnih i kontroliranih uvjeta koji osiguravaju optimalno klijanje i rast sadnica. Zaštitu od štetnika: mlade sadnice su često osjetljive na bolesti i štetnike. Rasadnici pružaju zaštitu od ovih prijetnji. Mogućnost selekcije i manipulacije genetike među vrstama. Rasadnici omogućuju selektivno uzgajanje odabranih genotipova kako bi se osigurala bolja adaptabilnost, brži rast ili otpornost na bolesti. U Ključne elemente rasadničke proizvodnje spadaju:

1. **Priprema Tla:** Tlo mora biti dobro drenirano, bogato hranjivima i pogodno za odabranu vrstu.
2. **Sjetva:** Ovisno o vrsti, sjeme može zahtijevati predtretmane poput stratifikacije ili skarifikacije prije sjetve
3. **Navodnjavanje i Gnojidba:** Pravilna voda i hranjivi sastojci ključni su za rast sadnica
4. **Zaštita:** Ovo uključuje zaštitu od štetnika, bolesti, te ekstremnih vremenskih uvjeta
5. **Prijelaz na Teren:** nakon što sadnice dostignu određenu zrelost, pripremaju se za presađivanje na krajnje odredište, bilo da se radi o obnovi šumskih površina, pošumljavanju ili drugim šumarskim projektima.

Rasadnička proizvodnja šumskih sadnica ne samo da pruža osnovu za obnovu i širenje šumskih površina, već i pomaže u očuvanju bioraznolikosti, borbi protiv klimatskih promjena i pružanju održivih resursa za buduće generacije. Pravilna njega, stručnost i pažnja prema detaljima ključni su za uspjeh u ovom vitalnom sektoru šumarstva. Ovaj proces obuhvaća uzgoj i pripremu mladih biljaka za kasniju presadnju u prirodno stanište ili komercijalne svrhe. Visoka kvaliteta i vitalnost šumskih sadnica igraju ključnu ulogu u uspješnom obnovljivom gospodarenju šuma, ekosustavnoj obnovi i zaštiti biološke raznolikosti. Kako bi se postigao optimalan uspjeh u rasadničkoj proizvodnji šumskih sadnica, neophodno je razumjeti i upravljati biotskim i abiotskim uvjetima koji direktno i indirektno utječu na njihovu vitalnost.



Slika 1 Rasadnik šumskih sadnica

1.2 Važnost meteoroloških uvjeta u rasadničkoj proizvodnji

Meteorološki uvjeti imaju ključnu ulogu u rasadničkoj proizvodnji šumskih sadnica jer direktno utječu na rast, razvoj, kvalitetu i preživljavanje mladih biljaka. Razumijevanje i upravljanje ovim uvjetima su od suštinskog značaja za postizanje uspješne proizvodnje visokokvalitetnih sadnica te dugoročno očuvanje i unapređenje šumskih ekosustava. Neki od ključnih razloga za važnost meteoroloških uvjeta u rasadničkoj proizvodnji su: Temperatura zraka, vlažnost tla i zraka, oborine, sunčeva svjetlost i insolacija, vjetar, mraz i smrzavanje, optimalni rast i sprječavanje bolesti i štetnika. Uzgoj šumskih sadnica predstavlja dugoročnu investiciju u buduće šumske ekosustave. Pravilno upravljanje meteorološkim uvjetima osigurava visoku kvalitetu sadnica, povećava stopu preživljavanja nakon presađivanja, smanjuje stres biljaka i unaprjeđuje održivost šumskih resursa. Korištenje automatskih meteoroloških stanica olakšava praćenje ovih uvjeta i omogućava pravovremeno reagiranje kako bi se postigla najbolja moguća proizvodnja šumskih sadnica.

2 PREGLED TEHNOLOGIJE AUTOMATSKE METEOROLOŠKE STANICE

2.1 Razvoj automatskih meteoroloških stanica kroz povijest

Meteorologija je znanost o proučavanju atmosfere i vremenskih uvjeta, postoji već tisućama godina. Međutim, moderna tehnologija i razvoj automatskih meteoroloških stanica u posljednjih nekoliko desetljeća drastično su promijenili način na koji prikupljamo i interpretiramo meteorološke podatke.

Počeci: Prve meteorološke stanice bile su ručne, što znači da su ljudi morali izravno zabilježiti podatke kao što su temperatura, tlak i vlažnost. Ovo je bilo vremenski zahtjevno i podložno ljudskim pogreškama.

Sredina 20. stoljeća: S dolaskom elektronike i računalne tehnologije, meteorologija je počela koristiti automatizirane uređaje. Početne automatske stanice bile su jednostavne, obično su mjerile samo osnovne parametre kao što su temperatura i tlak.

Kraj 20. stoljeća: Tehnološki napredak omogućio je razvoj sofisticiranijih automatskih meteoroloških stanica koje su mogle mjeriti širok spektar parametara, uključujući brzinu i smjer vjetra, UV indeks, količinu oborina i mnoge druge. Ove stanice bile su također sposobne automatski prenositi podatke na centralne lokacije putem satelitskih ili žičnih veza.

21. stoljeće: Danas, automatske meteorološke stanice koriste najnaprednije tehnologije, uključujući bežičnu komunikaciju, solarne panele za napajanje i integraciju s internetom. Ovo omogućuje gotovo trenutčan prijenos podataka, što je posebno korisno za praćenje ekstremnih vremenskih uvjeta i davanje upozorenja.

Prednosti automatizacije:

- Smanjena potreba za ručnim radom i smanjenje ljudske pogreške.
- Mogućnost kontinuiranog praćenja i bilježenja podataka.
- Brža analiza i distribucija podataka.
- Preciznija predviđanja vremenskih uvjeta.

Unatoč svim prednostima, važno je napomenuti da automatske meteorološke stanice i dalje zahtijevaju redovito održavanje i kalibraciju kako bi bile precizne. Također, treba imati na umu da i najsofisticiranija tehnologija može doživjeti tehničke poteškoće.

2.2 Općenito o automatskoj meteorološkoj stanici

Automatska meteorološka stanica (AMS) se definira kao uređaj koji se koristi za kontinuirano prikupljanje i snimanje meteoroloških podataka iz okoliša u stvarnom vremenu. Prikupljeni podaci se koriste za praćenje klimatskih uvjeta u rasadniku i za prilagođavanje uvjeta uzgoja tako da se sadnicama osiguraju optimalni uvjeti za rast i razvoj. Ove stanice su opremljene raznim senzorima koji mjere različite parametre atmosferskih uvjeta i omogućuju precizno praćenje promjena u vremenskim uvjetima. Od izuzetne važnosti u različitim sektorima kao što su šumarstvo, poljoprivreda, hidrologija, znanstvena istraživanja, meteorologija i ekologija. Primjena automatskih meteoroloških stanica je izuzetno raznovrsna:

- a) **Šumarstvo:** Praćenje uvjeta za optimalni rast šumskih sadnica, prevencija širenja šumskih požara, praćenje ekoloških uvjeta u šumskim ekosustavima.
- b) **Poljoprivreda:** Pomaganje u donošenju odluka o zalijevanju, gnojidbi i zaštiti usjeva na temelju stvarnih vremenskih uvjeta.
- c) **Meteorologija i klimatologija:** Prikupljanje podataka za praćenje klimatskih promjena i pravovremeno upozoravanje na vremenske ekstreme.
- d) **Hidrologija:** Praćenje oborina i količine snijega kako bi se bolje razumjelo vodno stanje i rizik od poplava.
- e) **Znanstvena istraživanja:** Omogućava prikupljanje podataka za različite znanstvene studije u područjima kao što su biologija, ekologija, geologija i drugi.



Slika 2. Automatska meteorološka stanica

2.3 Podjela automatskih meteoroloških stanica

Automatske meteorološke stanice se mogu podijeliti na više vrsta, ovisno o nekoliko kriterija, kao što su:

a) Prema sposobnostima mjerenja:

- a. **Osnovne stanice:** Mjere temeljne meteorološke parametre poput temperature, tlaka i vlažnosti.
- b. **Proširene stanice:** Osim osnovnih parametara, mogu mjeriti i UV indeks, solarnu radijaciju, brzinu i smjer vjetra te druge specifične parametre.
- c. **Specijalizirane stanice:** Dizajnirane su za praćenje specifičnih uvjeta ili fenomena, kao što su snježne stanice (za praćenje snijega i ledene pokrivenosti) ili stanice za praćenje kvalitete zraka.

b) Prema izvoru napajanja:

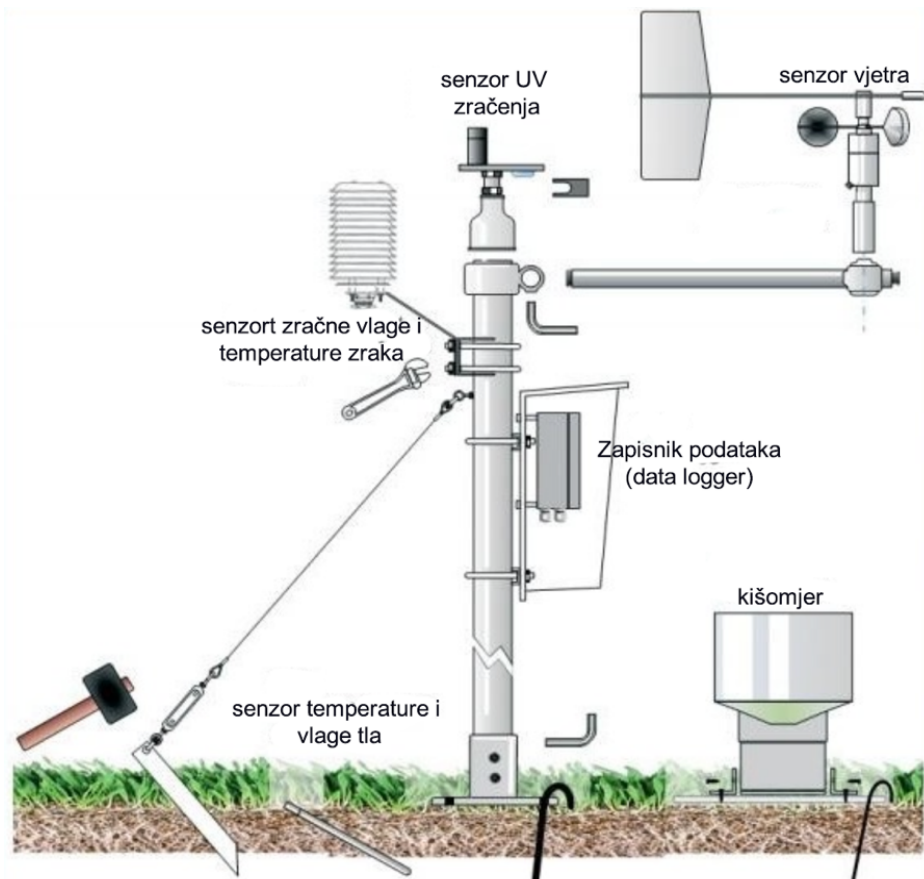
- a. **Stanice na mrežnom napajanju:** Ovisne o stalnom izvoru električne energije iz mreže.
- b. **Solarne stanice:** Koriste solarni panel kao izvor energije, što ih čini idealnima za udaljena ili teško dostupna mjesta.
- c. **Baterijske stanice:** Pogone se pomoću baterija, što može biti korisno na mjestima gdje je napajanje nestabilno ili nepostojeće.

c) Prema mogućnostima komunikacije:

- a. **Žičane stanice:** Podaci se prenose putem fiksnih telefonskih ili mrežnih veza.
- b. **Bežične stanice:** Koriste radio valove, satelitsku komunikaciju ili GSM/4G/5G mreže za prenošenje podataka ili se direktno povezuju s internetom, omogućavaju trenutni prijenos i pristup podacima putem internet sučelja.

2.4 Dijelovi automatske meteorološke stanice

Automatska meteorološka stanica se sastoji od nekoliko komponenti a to su: Senzori, Zapisnici podataka (data logger), Komunikacijske tehnologije, napajanje i softverski sustav za analizu podataka. Automatske meteorološke stanice opremljene su raznim sensorima, a neki od mogućih senzora su:



Slika 3 Automatska meteorološka stanica sa osnovnim sensorima za mjerenje

2.4.1 Termometar (Temperaturni Senzor)

Mjeri temperaturu zraka. Mjerna jedinica : (°C)

Ovaj uređaj mjeri temperaturu zraka, koja je ključna komponenta u predviđanju i razumijevanju vremenskih uvjeta.

Električni termometar: Koristi se električni otpor materijala (često platina) kako bi se izmjerila temperatura. Ovaj tip termometra postaje sve popularniji zbog svoje preciznosti i mogućnosti digitalnog očitavanja.

Potrebno je pravilno postaviti senzor termometra da bi se dobila točna mjerenja temperature, termometar u AMS-u mora biti postavljen na odgovarajućoj visini iznad tla, obično u specijaliziranoj bijeloj kućici poznatoj kao meteorološka kućica, Ova skloništa štite termometar od direktne sunčeve svjetlosti, ali omogućuju cirkulaciju zraka, osiguravajući točna očitavanja temperature zraka.



Slika 4 senzor temperature i vlage zraka

2.4.2 Higrometar

Mjeri relativnu vlažnost zraka. Mjerna jedinica:(%)

pruža informacije o relativnoj vlažnosti zraka, koja je postotak trenutne količine vodene pare u zraku u odnosu na maksimalnu količinu koju zrak može držati pri određenoj temperaturi. Vlažnost zraka može utjecati na mnoge aspekte vremenskih uvjeta, uključujući formiranje oborina, toplinski indeks i točku rosišta.

Vrste higrometra koje postoje u AMS:

- **Električni ili kapacitivni higrometri:** Koriste ploče koje formiraju kondenzator. Promjena kapaciteta ovih ploča kao rezultat promjene vlažnosti omogućuje mjerenje vlažnosti zraka. Ovi higrometri su postali popularni u modernim AMS zbog svoje preciznosti i trajnosti.
- **Psihrometri:** Sastoji se od dva termometra - suhog i mokrog. Mjerenjem razlike u temperaturama između ova dva termometra može se izračunati relativna vlažnost.

Kako bi se osigurala točnost mjerenja, higrometar u AMS-u često se postavlja unutar posebnog skloništa koje omogućuje cirkulaciju zraka, ali ga štiti od izravnog sunčevog svjetla i oborina. To osigurava da uređaj mjeri stvarnu vlažnost zraka, a ne vlažnost koja može biti iskrivljena zbog izravnog izlaganja atmosferi i mogućem utjecaju drugih elemenata.



Slika 5 higrometar sa zaštitom

2.4.3 Barometar (Tlakomjer)

Mjeri atmosferski tlak (hPa ili mmHg)

Barometar je instrument koji mjeri atmosferski tlak, ključan parametar koji pomaže u predviđanju vremenskih promjena. Atmosferski tlak je težina zračnog stupca iznad određene točke na površini Zemlje. Promjene u atmosferskom tlaku mogu upućivati na dolazak fronti, oluja ili jasnog vremena. Na primjer, brzo padanje tlaka često ukazuje na približavanje oluje.

Vrste Barometara:

- Živin barometar: Ovo je tradicionalni instrument koji koristi stupac žive u staklenoj cijevi kako bi mjerio atmosferski tlak. Promjena visine žive ukazuje na promjene u tlaku. Ne koristi se zbog žive.
- Aneroidni barometar: Ovo je najčešći tip barometra u mnogim AMS-ima. Sastoji se od zatvorene, vakuumirane metalne komore. Kako se atmosferski tlak mijenja, komora se širi ili skuplja, pokrećući pokazivač preko skale.
- Digitalni barometri: Moderni AMS-ovi često koriste digitalne barometre koji koriste elektronske senzore za mjerenje tlaka i pružaju očitavanja putem digitalnog zaslona ili se šalju izravno putem softvera.

Barometri unutar AMS-a trebaju biti zaštićeni od izravnih utjecaja poput sunčeve svjetlosti, vjetra ili oborina. U pravilu se smještaju unutar centralne jedinice stanice.



Slika 6 Barometar senzor (model: BPA 14980)

2.4.4 Anemometar

Mjeri brzinu i smjer vjetra (m/s)

Anemometar je uređaj za određivanje brzine i smjera vjetra. Njegova svrha je analizirati različite komponente vektora vjetra. Optimalni anemometar trebao bi biti osjetljiv na slab povjetarac, ali i na ekstremne vjetrove poput uragana, uz linearni izlaz i brzu reakciju na promjene. Međutim, stvarni anemometri često ne mogu detektirati vrlo slabe vjetrove niti izdržati vrlo snažne.

Vrste Anemometara u AMS:

Lopatasti anemometar: Ovo je najčešće korištena vrsta anemometra koja koristi seriju rotirajućih lopatica. Brzina vjetra određuje se prema brzini s kojom se lopatice vrte.



Slika 7. Robinsonov anemometar (lopatasti)

Ultrazvučni (Sonic anemometar): Koristi ultrazvučne valove kako bi izračunao brzinu vjetra. Budući da nema pokretnih dijelova, ovaj tip anemometra često je precizniji i zahtijeva manje održavanja.



Slika 8 ultrazvučni anemometar

Vane (smjerni) anemometar: Koristi se za određivanje smjera vjetra, obično u kombinaciji s lopatastim anemometrom. To je obično pokazivač, poput zastavice ili pera, koji se usmjerava prema smjeru iz kojeg vjetar puše.



Slika 9 lijevo Vane i desno lopatasti anemometar

2.4.5 Kišomjer, pluviometar ili ombrometar

Mjeri količinu oborina. (mm)

Sastoji se od tri glavna dijela: vanjske cilindrične posude s precizno definiranim otvorom na vrhu (obično 200 cm²), lijevka i unutrašnje skupljačke posude. Oborina prikupljena unutra se prelijeva i kvantificira kroz menzuru koja je podijeljena na milimetarske segmente. Ako se radi o snijegu, potrebno ga je prvo otopiti prije mjerenja. Standardna praksa na meteorološkim postajama je provoditi mjerenja svakodnevno u 7 sati ujutro, ali i svakih 6 sati. Na teže dostupnim lokacijama, poput planina ili nenaseljenih mjesta, postavljaju se totalizatori. To su veći kišomjeri koji prikupljaju oborine tijekom dužeg perioda (do 6 mjeseci ili čak godine) i uključuju kemikalije koje sprječavaju isparavanje. Za kontinuirano praćenje oborina koriste se pluviografi ili ombrografi. Ovi uređaji bilježe oborine na valjku koji pokreće satni mehanizam, omogućujući analizu vremena i intenziteta oborina

Skupljači s kapanjem (tip-olovka): Ovi pluviometri koriste lijevak za usmjeravanje kiše u mjerilo, obično sastavljeno od staklene cijevi s oznakama koje pokazuju količinu padalina.

Težinski pluviometri: Koriste se za mjerenje težine padalina, a ne volumena. Težina padalina zatim se pretvara u volumen.

Elektronički ili digitalni pluviometri: Moderni AMS-ovi često koriste digitalne pluviometre koji koriste senzore za mjerenje količine padalina i automatski prenose podatke.



Slika 10. Kišomjer automatske meteorološke stanice

2.4.6 Piranometar

Mjeri intenzitet solarnog zračenja ili sunčeve svjetlosti. (W/m^2)

Piranometar je mjerni instrument specijaliziran za mjerenje globalnog solarnog zračenja (direktno i difuzno) na horizontalnoj površini. Piranometar mjeri širu spektralnu zračenje, obično u rasponu od 300 do 2800 nm. Njegov osnovni cilj je kvantificiranje ukupne količine solarnog zračenja koja dolazi iz svih smjerova. Instrument se sastoji od termopile s crnim premazom koja apsorbira sunčevo zračenje i konvertira ga u električni signal. Ovaj signal je proporcionalan intenzitetu solarnog zračenja. Zaštita od radijacije i okolišnih utjecaja osigurana je staklenom kupolom koja prekriva termopilu. Piranometar u rasadnicima šumskih sadnica igra ključnu ulogu u osiguranju optimalnih uvjeta rasta. Sunčeva svjetlost, esencijalna za proces fotosinteze, određuje kako će se biljke razvijati. Ako biljke primaju prekomjernu količinu direktnog sunčevog zračenja, mogu doživjeti stres koji može rezultirati oštećenjima ili čak ugibanjem biljke. Zato rasadničari koriste piranometar kako bi pravovremeno reagirali na promjene u intenzitetu sunčevog zračenja i zaštitili mlade biljke od potencijalnih štetnih učinaka. Osim toga, intenzitet sunčevog zračenja direktno utječe na brzinu isparavanja vode iz tla. Imajući precizne informacije o solarnom zračenju, rasadničari mogu prilagoditi i optimizirati režim zalijevanja. Nekim biljkama može trebati više svjetlosti, dok druge preferiraju sjenovite uvjete. Piranometar omogućuje rasadničarima da razmještaju sadnice prema njihovim specifičnim potrebama za svjetlom.

S vremenom, ako biljke ne primaju odgovarajuću količinu svjetlosti, mogu pokazati određene simptome, poput blijedog lišća. Zahvaljujući informacijama koje piranometar pruža, rasadničari mogu prepoznati i riješiti ovakve probleme, garantirajući vitalnost i kvalitetu sadnica.



Slika 11 Piranometar

2.4.7 UV Senzor:

Mjeri intenzitet ultraljubičastog zračenja (UV indeks)

UV senzori su dizajnirani da mjere solarno UV zračenje u određenim valnim duljinama. Postoje različiti tipovi UV zračenja, uključujući UVA, UVB i UVC. Dok UVC zračenje uglavnom apsorbira ozonski sloj, UVA i UVB zračenja dosežu površinu Zemlje i mogu imati štetne učinke. Senzori obično mjere u određenim spektralnim rasponima kako bi odredili rizik od izloženosti. UV zračenje ima bitan utjecaj na rast i razvoj šumskih sadnica u rasadnicima. UV senzori, stoga, igraju ključnu ulogu u praćenju i regulaciji ovog zračenja. Dok male doze UV-a mogu poticati rast biljaka, prekomjerna izloženost može uzrokovati oštećenje DNK i smanjenje fotosinteze. Uz pomoć senzora, uzgajivači mogu točno pratiti razine UV zračenja unutar rasadnika i, prema potrebi, prilagoditi uvjete. Na primjer, u slučaju visokih razina zračenja, sadnice se mogu štititi sjenilima. Osim toga, razumijevanje utjecaja UV-a omogućava uzgajivačima selekciju ili uzgoj varijanti koje su bolje prilagođene određenim svjetlosnim uvjetima.

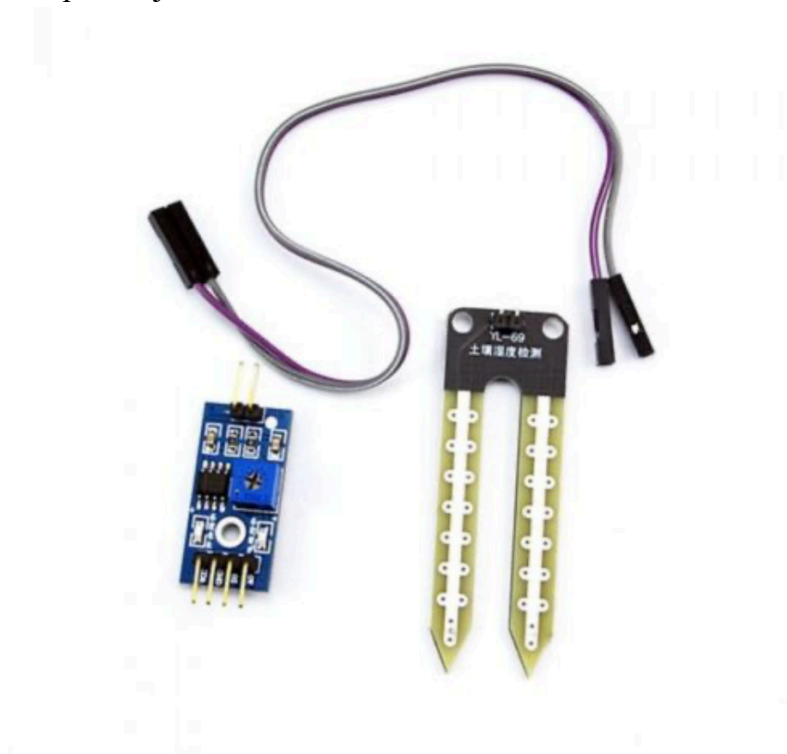


Slika 12 UV senzor

2.4.8 Hidrometar (senzor za vlažnost tla)

Mjeri vlažnost tla u (%)

Hidrometri su uređaji koji mjere vlažnost tla, esencijalni alat u svijetu poljoprivrede, posebno u rasadničkoj proizvodnji šumskih sadnica. Ova jednostavna, ali sofisticirana tehnologija omogućava uzgajivačima precizno praćenje vodenih uvjeta unutar tla, što je od presudne važnosti za zdrav rast i razvoj sadnica. Voda je osnovna komponenta fotosinteze i stoga ključna za svaku biljku. Međutim, previše ili premalo vode može biti štetno. Prekomjerna vlažnost može uzrokovati truljenje korijena i pridonijeti razvoju patogena, dok nedostatak vode može dovesti do dehidracije i smanjenja rasta. Hidrometar pomaže u održavanju optimalne ravnoteže, dajući uzgajivačima točne informacije o vlažnosti tla i omogućujući im da pravovremeno reagiraju. Senzor se postavlja u tlo.



Slika 13 Hidrometar sa senzorom

2.4.9 Termopar (senzor temperature tla)

Mjeri temperaturu tla. (°C)

Termopar kao senzor za mjerenje temperature tla postao je ključno sredstvo u poljoprivrednoj praksi, osobito u rasadničkoj proizvodnji šumskih sadnica. Temeljeći se na načelu da različiti metali, kada su spojeni, proizvode električni napon proporcionalan razlici temperature, termopar omogućava precizno i kontinuirano praćenje temperature tla. temperatura tla ima ulogu u rastu i razvoju sadnica. Korijeni biljaka su posebno osjetljivi na ekstremne temperature; previše hladno tlo može usporiti rast korijena i apsorpciju hranjivih tvari, dok previše toplo tlo može oštetiti korijenje i smanjiti ukupnu produktivnost biljke. Ova mogućnost praćenja i

reagiranja na promjene temperature tla može biti ključna za osiguravanje zdravog rasta sadnica. Osim toga, uzgajivači mogu koristiti podatke dobivene putem termopara kako bi prilagodili svoje tehnike navodnjavanja i gnojidbe, s obzirom na to da temperatura tla može utjecati na apsorpciju vode i hranjivih tvari.



Slika 14. Termopar (SONDE)-13 0

2.4.10 Senzor za kvalitetu zraka

Mjeri različite komponente zraka, uključujući ozon, dušikov dioksid, sumporov dioksid
mjerna jedinica: ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Senzori za kvalitetu zraka postali su sveprisutni alati u suvremenom svijetu, gdje je praćenje i očuvanje kvalitete okoliša od ključne važnosti. Ovi senzori omogućavaju precizno mjerenje različitih parametara zraka, uključujući koncentracije plinova poput ugljikovog dioksida (CO_2), ozona (O_3), dušikovih oksida (NO_x) te čestica suspendiranih u zraku. Senzori za kvalitetu zraka omogućavaju uzgajivačima da kontinuirano prate i prilagođavaju uvjete u svojim rasadnicima. Ako senzor detektira ne optimalne uvjete ili razine štetnih plinova, uzgajivač može poduzeti potrebne mjere kako bi osigurao optimalne uvjete za rast sadnica, bilo kroz ventilaciju, filtraciju ili prilagodbu sustava upravljanja klimom ako je to moguće.

2.4.11 Senzor vlage lista

Senzor vlage lista je napravljen tako da oponaša termalnu masu i zračenje pravog lista. Način na koji radi je vrlo jednostavan, ako je biljka vlažna i senzor je vlažan, ako je biljka suha i senzor je suh. Senzor vlage lista mjeri dielektričnu konstantu na gornjem dijelu senzora. Dielektrična konstanta vode (80), a leda (5) je veća od dielektrične konstante zraka (1), pa tako senzor može utvrditi prisutnost ili odsutnost vlage koristeći ovu metodu. Mjerenja se iščitavaju u zadanim intervalima, te se tako određuje trajanje vlažnosti lista. Za razliku od sličnih senzora nema potrebe za bojanjem ili kalibriranjem. Postavlja se u krošnju na granu



Slika 15 senzor vlage lista

Točna mjerne jedinice mogu varirati ovisno o specifikacijama i proizvođaču senzora. Ovi senzori omogućuju automatskim meteorološkim stanicama da pruže širok spektar informacija koje se mogu koristiti za različite svrhe, od dnevnog praćenja vremena do istraživačkih i specijaliziranih djelatnosti kao što je rasadnička proizvodnja šumskih sadnica.

2.4.12 Zapisnik podataka (Data Logger)

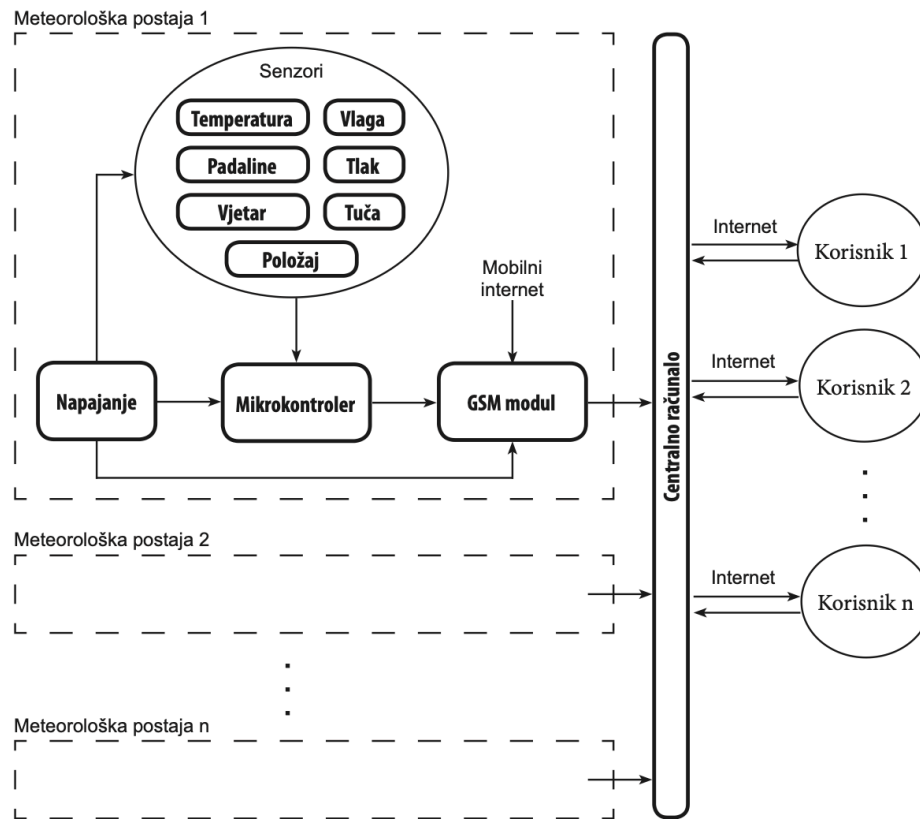
Zapisnici podataka su srce meteorološke stanice. Uzima podatke iz svih senzora, zapisuje ih i često ih priprema za prijenos. Opremljeni su memorijom za pohranu podataka i satom kako bi se zabilježilo kada su podaci prikupljeni.



Slika 16 Zapisnik podataka (data logger)

2.4.13 Komunikacijska tehnologija

Većina automatskih meteoroloških stanica je povezana s komunikacijskom tehnologijom (npr. Wi-Fi, GSM, GPRS) koja omogućava prijenos podataka u stvarnom vremenu. To omogućava korisnicima da prate trenutne uvjete i da reagiraju na promjene.



Slika 17. Shema sustava automatske meteorološke stanice (Viktor Mandić; automatska meteorološka mjerna postaja 2013.)

2.4.14 Napajanje

Stanice se napajaju putem baterija ili solarnih panela, osiguravajući neprekidno prikupljanje podataka čak i u udaljenim ili teško dostupnim područjima bez dostupnosti elektroničke mreže.



Slika 18. Baterija izvor električne energije



Slika 19. solarni panel (izvor el.energije)

2.4.15 Softverski sustav za analizu

Automatske meteorološke stanice opremljene su sofisticiranim softverskim rješenjima koja omogućavaju detaljnu analizu i interpretaciju akumuliranih meteoroloških podataka. Sustavi kao što su (Pinova-Mobile i Pinova-Soft) koje koristi rasadnik "Lukavec uprave šuma podružnice Zagreb" pod okriljem Hrvatskih šuma, omogućavaju vizualizaciju podataka putem grafikona, tablica te generiranje sveobuhvatnih izvještaja. S posebnom pažnjom na prilagodljivost i pristupačnost, ovakvi sustavi dopuštaju korisnicima nadzor stanica putem osobnih računala ili mobilnih uređaja, neovisno o vremenu i mjestu. Pored kontinuiranog bilježenja meteoroloških podataka, ovi sustavi pružaju korisnicima upozorenja o potencijalnim meteorološkim neprilikama, obavijesti o mogućem nastanku bolesti te integriranu bazu podataka. Ova baza ne samo da čuva povijest prikupljenih informacija, već omogućava korisnicima dubinsku analizu i usporedbu trenutnih podataka s povijesnim, dodatno obogaćujući proces donošenja odluka.



Slika 20. mobilna aplikacija (pinova mobile) automatske meteorološke stanice rasadnika „Lukavec UŠP Zagreb“

3 Prednosti korištenja AMS-a u rasadničkoj proizvodnji

Rasadnička proizvodnja zahtijeva precizno upravljanje i pažljivo praćenje različitih faktora okoliša kako bi se osigurala optimalna kvaliteta i produktivnost sadnica. Uvođenje Automatske Meteorološke Stanice (AMS) u rasadnički sustav donosi niz prednosti:

1. **Točno praćenje vremenskih uvjeta:** pruža realno vrijeme ažuriranja o trenutačnim vremenskim uvjetima, što omogućava brže reagiranje na promjene i bolje planiranje aktivnosti u rasadniku.
2. **Optimizacija navodnjavanja:** Praćenjem padalina, vlažnosti tla i temperature, AMS omogućava prilagodbu režima navodnjavanja kako bi se osigurala optimalna vlažnost tla, čime se štedi voda i energija.
3. **Sprječavanje bolesti i štetnika:** Mnoge bolesti i štetnici postaju aktivni ili se brže razvijaju pri određenim vlažnostima ili temperaturama. AMS može pomoći u predviđanju takvih uvjeta i omogućiti preventivne mjere prije nego što se problemi pojave.
4. **Ušteda resursa:** S točnim podacima o vremenskim uvjetima, rasadnici mogu bolje upravljati resursima poput vode, gnojiva i pesticida, čime se smanjuju troškovi i ekološki otisak.
5. **Bolja predviđanja:** Uz pomoć AMS-a, rasadničari mogu bolje predvidjeti optimalno vrijeme za sjetvu i presađivanje, što dovodi do veće produktivnosti.
6. **Digitalna integracija:** Mnoge moderne AMS jedinice omogućuju povezivanje s drugim digitalnim sustavima ili aplikacijama. To omogućava automatsku regulaciju sustava, kao što su sustavi za navodnjavanje, ovisno o prikupljenim meteorološkim podacima.
7. **Smanjenje rizika od ekstremnih vremenskih uvjeta:** Automatske meteorološke stanice mogu pomoći u predviđanju ekstremnih uvjeta poput mraza, oluja ili suše, omogućujući rasadnicima da poduzmu preventivne mjere i zaštite svoje biljke.
8. **Edukacija i istraživanje:** AMS pruža priliku za edukaciju osoblja o važnosti vremenskih uvjeta u rasadničkoj proizvodnji. Također, podaci prikupljeni od AMS-a mogu se koristiti za istraživačke svrhe, unaprjeđujući prakse i tehnike uzgoja.

3.1 Kako automatska meteorološka stanica unapređuje kvalitetu šumskih sadnica

Automatska Meteorološka Stanica (AMS) može znatno unaprijediti kvalitetu šumskih sadnica kroz pažljivo praćenje i analizu vremenskih uvjeta i klime. Ovo je posebno važno u rasadničkoj proizvodnji šumskih sadnica gdje male varijacije u uvjetima okoliša mogu imati velik utjecaj na konačnu kvalitetu sadnice. Praćenjem vitalnih parametara u rasadničkoj proizvodnji, poput temperature tla, vlažnosti i solarnog zračenja, od ključnog je značaja za osiguravanje optimalnog rasta i vitaliteta sadnica. Evo zašto su ovi parametri toliko važni i kako njihovo praćenje može unaprijediti proizvodnju:

1. Temperatura Tla:

Značaj: Temperatura tla ima direktan utjecaj na klijanje sjemena, rast korijena i aktivnost mikroorganizama u tlu. Previsoka ili preniska temperatura može inhibirati klijanje i rast, a može i povećati rizik od bolesti.

Primjena: Praćenje temperature tla omogućuje rasadničarima da prilagode prakse navodnjavanja, malčiranja i gnojidbe kako bi održali optimalne temperaturne uvjete.

2. Vlažnost Tla:

Značaj: Vlažnost tla utječe na dostupnost vode korijenima biljaka, što je ključno za njihovu hidrataciju i prehranu. Prekomjerna vlažnost može dovesti do truljenja korijena, dok premala vlažnost može uzrokovati stres zbog nedostatka vode.

Primjena: Praćenjem vlažnosti tla, rasadnici mogu precizno odrediti kada i koliko navodnjavati, osiguravajući optimalnu vlažnost za svaku fazu rasta sadnica.

3. Solarno Zračenje:

Značaj: Solarno zračenje odnosi se na količinu sunčeve svjetlosti koja dopire do površine Zemlje. Ovo je ključni faktor za fotosintezu, proces kojim biljke proizvode hranjive tvari. Međutim, prekomjerno zračenje može oštetiti mlade sadnice i uzrokovati opekline.

Primjena: Praćenje solarnog zračenja omogućuje rasadničarima da prilagode postavke sjene ili zaštitnih mreža kako bi osigurali optimalnu količinu svjetlosti za sadnice. Također, informacije o solarnom zračenju mogu pomoći u odlučivanju o optimalnom vremenu za sjetvu ili presađivanje.

4. Vlažnost Zraka:

Značaj: Vlažnost zraka može utjecati na transpiraciju, rast i razvoj biljaka. Previsoka vlažnost može potaknuti razvoj gljivičnih bolesti, dok niska vlažnost može izazvati stres kod biljaka.

Primjena: Praćenjem vlažnosti zraka, rasadničari mogu prilagoditi sustave za navodnjavanje, ventilaciju i zaštitu od isparavanja kako bi održali optimalne uvjete.

5. Brzina i Smjer Vjetra:

Značaj: Vjetar može utjecati na isparavanje i transpiraciju biljaka, kao i na distribuciju štetnika i bolesti. Jak vjetar može oštetiti mlade sadnice.

Primjena: Znajući smjer i brzinu vjetra, rasadnici mogu postaviti zaštitne barijere, prilagoditi postavke sustava za navodnjavanje i planirati tretmane protiv štetnika.

6. Kvaliteta Zraka:

Značaj: Onečišćenje zraka može negativno utjecati na vitalitet biljaka. Štetni plinovi ili čestice u zraku mogu ometati proces fotosinteze i uzrokovati različite poremećaje.

Primjena: Praćenjem kvalitete zraka, rasadnici mogu detektirati potencijalne probleme i poduzeti korake da zaštite svoje biljke, bilo promjenom praksi ili korištenjem filtera.

7. PH Vrijednost Tla:

Značaj: pH tla igra ključnu ulogu u dostupnosti hranjivih tvari biljkama. Ako je tlo previše kiselo ili lužnato, neki esencijalni nutrijenti postaju nedostupni biljkama.

Primjena: Redovitim mjerenjem pH vrijednosti tla, rasadničari mogu prilagoditi prakse gnojidbe i navodnjavanja kako bi osigurali optimalne uvjete za rast.

8. Električna Provodljivost Tla:

Značaj: Ovaj parametar ukazuje na količinu soli u tlu, što može utjecati na sposobnost biljaka da apsorbiraju vodu.

Primjena: Praćenje električne provodljivosti može pomoći u detekciji problema sa salinizacijom i omogućiti pravodobne intervencije.

4 ZAKLJUČAK

Automatska meteorološka stanica u području rasadničke proizvodnje šumskih sadnica zauzima ključnu ulogu, ističući se kao revolucionarni tehnološki pomak koji uzgajivačima nudi mogućnost uvida u detaljne meteorološke podatke. Ne samo da ovi uređaji omogućuju kontinuirano i precizno praćenje esencijalnih parametara kao što su temperatura i vlažnost zraka, oborine i vjetar, već također otvaraju vrata za naprednu analitičku interpretaciju prikupljenih informacija. Kroz integraciju naprednih softverskih rješenja s ovim stanicama, rasadnička proizvodnja dobiva sofisticirane alate za dubinsku analizu podataka. To uključuje mogućnost generiranja kompleksnih grafikona i izvještaja, koji omogućavaju bolje razumijevanje mikroklimatskih uvjeta unutar rasadnika, kao i pravovremeno reagiranje na promjene ili potencijalne rizike, kao što su bolesti ili štetnici. Dodatna prednost je i mogućnost (real-time) monitoringa, što uzgajivačima omogućuje ne samo trenutačnu reakciju, već i dugoročno planiranje zasnovano na povijesnim podacima. Ova sveobuhvatna baza podataka postaje ključna u procesu odlučivanja, omogućujući usporedbu trenutačnih uvjeta s onima iz prošlosti, i time pružajući dragocjeni kontekst. Stoga, implementacija automatskih meteoroloških stanica u rasadničkoj proizvodnji šumskih sadnica više nije samo puka preporuka, već se izdiže kao neophodan element u modernizaciji i održivosti šumarskih praksi. U obzir uzimajući sve prednosti koje ove stanice pružaju, jasno je da su one ključne za unaprjeđenje efikasnosti i produktivnosti u proizvodnji šumskih sadnica, te zaslužuju biti integralni dio svake napredne i održive šumarske strategije.

5 LITERATURA

Milan Oršanić ; „Općenito o šumskim rasadnicima“ (prezentacija)

Viktor Mandić; „Automatska mjerna meteorološka postaja“ Zagreb 2013.

<https://pinova.hr/pinova-meteo/> (2.6.2023.)

https://pinova-meteo.com/hr_HR/proizvodi/pinova-meteo/senzori (5.7.2023)

https://thecarpathian.com/G12_Weather_Stations.html (9.7.2023.)

<https://store.ncd.io/product/iot-temperature-humidity-sensor/> (12.7.2023.)

<https://hr.wikipedia.org/wiki/Barometar> (22.8.2023.)

<https://www.youngusa.com> (2.9.2023.)

<https://hr.wikipedia.org/wiki/Piranometar> (8.9.2023.)

<https://www.renkeer.com/weather-station-choose/> (8.9.2023.)

<https://www.andivi.eu/modbus-meteoroloska-stanica/> (12.9.2023.)

<https://www.deltaohm.com> (14.9.2023.)