

**Кафедра географії та туризму
Földrajz és Turizmus Tanszék**

МЕТЕОРОЛОГІЧНІ ПРИЛАДИ / METEOROLÓGIAI MŰSZEREK

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ / MÓDSZERTANI ÚTMUTATÓ

до практичних (семінарських) занять / gyakorlati (szemináriumi) foglalkozásokhoz

Метеорологія і кліматологія / Meteorológia és éghajlat

(назва навчальної дисципліни / a tantárgy neve)

Перший (бакалаврський) / Alapképzés (BSc)

(ступінь вищої освіти / felsőoktatás szintje)

01 Освіта/Педагогіка / 01 Oktatás/Pedagógia

(галузь знань / képzési ág)

014 Середня освіта (Географія) / 014 Középiskolai oktatás (Földrajz)

(освітня програма / képzési program)



Берегове / Beregszász

2024 p. / 2024

Методичний посібник "Метеорологічні прилади" призначений для студентів денної та заочної форм навчання, які навчаються за освітньо-кваліфікаційним рівнем "бакалавр" за напрямом підготовки "Середня освіта (Географія)". Мета посібника – узагальнити та систематизувати знання, які повинні отримати студенти з дисципліни "Метеорологія та кліматологія", а також надати їм методичні рекомендації, необхідні для її вивчення. Студентам також допоможуть у розумінні та засвоєнні тем детальні пояснення роботи метеорологічних приладів, ілюстрації та рекомендована література.

Затверджено до використання у навчальному процесі
на засіданні кафедри географії та туризму ЗУІ ім. Ф.Ракоці II
(протокол № 6 від 27 червня 2024 року)

Розглянуто та рекомендовано Радою із забезпечення якості вищої освіти
Закарпатського угорського інституту імені Ференца Ракоці II
(протокол № 22 від 26 серпня 2024 року)

Рекомендовано до видання в електронній формі (PDF)
рішенням Вченої ради Закарпатського угорського інституту імені Ференца Ракоці II
(протокол № 7 від 27 серпня 2024 року)

Підготовлено до видання в електронній формі (PDF) кафедрою географії та туризму
спільно з Видавничим відділом Закарпатського угорського інституту імені Ференца Ракоці II

Розробник методичних вказівок:

Едіна ВАШ – асистент кафедри географії та туризму Закарпатського угорського інституту імені Ференца Ракоці II

Рецензенти:

Роберт МЕСАРОШ – доктор габілітований у галузі природничих наук за спеціальністю (спеціалізацією) «Науки про Землю (Метеорологія)», доцент, завідувач кафедри метеорології інституту географії та наук про землю факультету природничих наук Університету імені Лоранда Етвеша (м. Будапешт, Угорщина)

Шандор ГЕНЦІ – доктор філософії у галузі природничих наук за спеціальністю (спеціалізацією) «Науки про Землю (Загальна та регіональна геологія)», доцент кафедри географії та туризму Закарпатського угорського інституту імені Ференца Ракоці II

За зміст методичних вказівок відповідальність несуть розробник.

Відповідальні за випуск:

Йосип МОЛНАР – кандидат географічних наук, завідувач кафедри географії та туризму Закарпатського угорського інституту імені Ференца Ракоці II

Олександр ДОБОШ – начальник Видавничого відділу ЗУІ ім. Ф.Ракоці II

Видавництво: Закарпатський угорський інститут імені Ференца Ракоці II (адреса: пл. Кошута 6, м. Берегове, 90202. Електронна пошта: foiskola@kmf.uz.ua)

© Едіна Ваш, 2024

© Кафедра географії та туризму ЗУІ ім. Ф.Ракоці II, 2024

A «Meteorológiai műszerek» című módszertani útmutató az alapképzés (BSc) *Középiskolai oktatás (Földrajz)* című képzési programja szerint lett kidolgozva nappali és levelező tagozatos hallgatók részére. A módszertani segédlet célja összefoglalni és rendszerezni a hallgatók számára a *Meteorológia és éghajlat* című tantárgy keretein belül elsajátítandó ismereteket, továbbá ellátni őket az ezek tanulmányozásához szükséges módszertani útmutatásokkal. A hallgatókat a témakörök megértésében és elsajátításában a meteorológiai műszerek működésének részletes magyarázata, bemutatott képek és ajánlott irodalom is segítik.

Az oktatási folyamatban történő felhasználását jóváhagyta
a II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Főiskola Földrajz és Turizmus Tanszéke
(2024. június 27., 6. számú jegyzőkönyv).

Megjelentetésre javasolta a II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Főiskola
Felsőoktatási Minőségbiztosítási Tanácsa
(2024. augusztus 26., 22. számú jegyzőkönyv).

Elektronikus formában (PDF-fájlformátumban) történő kiadásra javasolta
a II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Főiskola Tudományos Tanácsa
(2024. augusztus 27., 7. számú jegyzőkönyv).

Kiadásra előkészítette a II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Főiskola
Földrajz és Turizmus Tanszéke, valamint Kiadói Részlege.

A módszertani útmutató kidolgozója:

VASS Edina – tanársegéd, II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Főiskola, Földrajz és Turizmus Tanszék

Szakmai lektorok:

Dr. habil. MÉSZÁROS Róbert – PhD, habilitált doktor, docens, az Eötvös Loránd Tudományegyetem Természettudományi Kar Földrajz- és Földtudományi Intézete Meteorológiai Tanszékének tanszékvezetője

Dr. GÖNCZY Sándor – PhD, a II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Főiskola Földrajz és Turizmus Tanszékének docense

A segédlet tartalmáért kizárólag a módszertani útmutató kidolgozója felel.

A kiadásért felelnek:

Dr. MOLNÁR József – PhD, a földrajztudományok kandidátusa, a II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Főiskola Földrajz és Turizmus Tanszékének tanszékvezetője

DOBOS Sándor – a II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Főiskola Kiadói Részlegének vezetője

Kiadó: a II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Főiskola (cím: 90 202, Beregszász, Kossuth tér 6. e-mail: foiskola@kmf.uz.ua)

© Vass Edina, 2024

© A II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Főiskola Földrajz és Turizmus Tanszéke, 2024

TARTALOM

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	6
RÖVID ISMERTETŐ.....	8
Meteorológiai megfigyelések	9
Meteorológiai állapothatározók	12
A műszerkert bemutatása	15
A légköri sugárzás jellemzői.....	23
Sugárzásmérő műszerek	23
A hőmérséklet mérése	25
A hőmérők csoportosítása	26
A légnyomás mérése	31
A barométerek csoportosítása	32
A szél megfigyelése	35
A szélesebséget mérő műszerek / anemométerek	36
A levegő nedvességtartalmának meghatározása	38
A levegő nedvességtartalmának mérésére szolgáló műszerek	39
A felhőzet megfigyelése	41
A felhőalap meghatározása.....	47
A csapadék megfigyelése. Csapadékfajták	48
A csapadék mérése	55
A hó mennyiségének mérése. A hóvastagság mérésére szolgáló eszközök	60
Mikrocsapadékok mérése.....	62
A párolgás meghatározása.....	64
A párolgás mérésére szolgáló eszközök	64
Automata állomások	66
Felhasznált irodalom	69
Ajánlott irodalom	70

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

Мета видання: допомогти студентам краще засвоїти знання з курсу “Метеорологія та кліматологія”. У практикумі подано опис, будову, та принципи роботи ряду метеорологічних приладів, що використовуються для вимірювання параметрів основних метеорологічних величин, таких як температури ґрунту та повітря, потоків сонячної радіації, атмосферного тиску, швидкості та напрямку вітру, атмосферних опадів, тощо. Наведено вимоги до метеорологічного майданчика і його облаштування, а також інформацію про дистанційні та автоматичні системи метеорологічних вимірювань.

У результаті вивчення кліматичних класифікацій студент повинен:

- **знати:** інформацію про основні прилади і методики вимірювань метеорологічних величин та спостережень за атмосферними явищами;
- **вміти:** ознайомитися з будовою та принципом дії приладів для вимірювання температури повітря і ґрунту, характеристик вітру, атмосферного тиску, вологості повітря, атмосферних опадів, вологості ґрунту та випаровування вологи з ґрунту; самостійно опрацювати фахову літературу та знаходити потрібну інформацію в Інтернеті.

Вивчення метеорологічних приладів сприяє розвитку передусім таких **програмних компетентностей**:

Інтегральна компетентність

Здатність розв’язувати складні спеціалізовані задачі у галузі середньої освіти, що передбачає застосування теоретичних знань і практичних умінь з географії, педагогіки, психології, теорії та методики навчання і характеризується комплексністю та невизначеністю умов організації освітнього процесу в закладах середньої освіти.

Загальні компетентності

ЗК 1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу, до застосування знань у практичних ситуаціях.

ЗК 2. Знання й розуміння предметної області та професійної діяльності.

ЗК 4. Здатність орієнтуватися в інформаційному просторі, здійснювати пошук, аналіз та обробку інформації з різних джерел, ефективно використовувати цифрові ресурси та технології в освітньому процесі.

Фахові компетентності

ФК 1. Здатність перенесення системи наукових знань у професійну діяльність та в площину навчального предмету.

ФК 4. Здатність формувати і розвивати в учнів ключові та предметні компетентності засобами навчального предмету та інтегрованого навчання; формувати в них ціннісне ставлення, розвивати критичне мислення.

Предметні компетентності

ПК 1. Здатність усвідомлювати сутність взаємозв'язків між природним середовищем і людиною, розуміти та пояснювати стратегію сталого розвитку людства.

ПК 2. Здатність доцільно і критично використовувати географічні поняття, концепції, парадигми, теорії, ідеї, принципи для пояснення письмовими, усними та візуальними засобами географічних явищ і процесів на різних просторових рівнях (глобальному, регіональному, державному, локальному).

ПК 3. Здатність застосовувати базові знання з природничих та суспільних наук у навчанні та професійній діяльності при вивченні Землі (світу), материків і океанів, України.

ПК 4. Здатність розуміти та пояснювати особливості природних компонентів і об'єктів у сферах географічної оболонки, взаємозв'язки в ландшафтах.

ПК 7. Здатність чітко й логічно відтворювати основні теорії та закони, оцінювати нові відомості й інтерпретації в контексті формування в учнів цілісної природничо-наукової картини світу відповідно до вимог Державного стандарту загальної середньої освіти з освітньої галузі «Природознавство» в школі.

RÖVID ISMERTETŐ

A módszertani útmutató a II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Főiskola első évfolyamos *014 Középiskolai oktatás (Földrajz)* szakos hallgatói számára készült, akik a tantervnek megfelelően a második félélvben előadásokon, valamint gyakorlati foglalkozások keretében tanulják a *Meteorológia és éghajlat* című tantárgyat.

A módszertani segédlet elkészítésének célja, hogy megkönnyítse a tantárgy elméleti előadásaira épülő gyakorlati foglalkozások menetét, segítse a hallgatókat eligazodni a különböző időjárási elemeket mérő műszerek között kiemelve azok működési elvét, használatuk elsajátítását; valamint megismertesse a diákokkal a hagyományos meteorológiai műszerkert és az automata állomások felépítését.

Ezek megismerése fontos részét képezi a jövőbeni geográfus és földrajztanár tudományos világnézetének, illetve szakmai kompetenciájának. A téma feldolgozását a szakkifejezések magyarázata, az összefüggések feltárása, valamint a műszerek és időjárási jelenségek képekkel való szemléltetése is segíti.

Meteorológiai megfigyelések

Az Időjárási Világszolgálat és a Globális Megfigyelő Rendszer

A Meteorológiai Világszervezet keretében, az Időjárási Világszolgálat (WWW) szervezésében a Föld egészére kiterjedő légköri megfigyelőrendszer működik. Ez a Globális Megfigyelőrendszer (GOS).

A méréseket azonos paraméterekkel rendelkező műszerekkel és azonos időben végzik. Az időegyeztetés érdekében a világon mindenütt az UTC-t (UTC – Coordinated Universal Time) használják. Az UTC a greenwichi középideje. Az egységesített mérésnek köszönhetően a világ különböző pontjain lévő mérőállomások adatai egymással összehasonlíthatók.

A méréseket a Megfigyelő Rendszer végzi, mely földbázisú és űrbázisú alrendszerből áll. A Földbázisú alrendszerhez tartoznak a felszínen (szárazföldön és a tengereken) található mérőhelyek és a légkörbe juttatott mérőeszközök (szondák, repülőgépek stb.) is. Az Űrbázisú alrendszer elemei a meteorológiai műholdak, melyek távméréseket végeznek.

Felszíni megfigyelések

A földbázisú megfigyelő rendszer alapjául a meteorológiai főállomások szolgálnak, melyeket szinoptikus állomásoknak is neveznek. A szinoptikus állomásokon a megfigyeléseket azonos időben végzik a szinoptikus főterminusokban: 00, 06, 12, 18 UTC-kor. Több állomáson a szinoptikus mellékterminusokban (03, 09, 15, 21 UTC-kor) is mérnek.

A szinoptikus állomásokon a meteorológiai elemek és időjárási jelenségek részletes mérését és megfigyelését végzik:

- időjárási helyzet az észlelés időpontjában;
- szélre vonatkozó adatok (szélsebesség, szélirány);
- felhőzet mértéke (borultság), felhőzet fajtái, felhőalap magassága, felhők haladási iránya;
- léghőmérséklet;
- minimum, maximum hőmérséklet;
- légnedvesség;
- légnyomás;
- csapadékösszeg;
- talajállapot;
- párolgás;
- időjárási jelenségek;
- légköri sugárzás.

A szárazföldi állomásokon kívül léteznek óceánon végrehajtott megfigyelések is. Az óceánokon végzett meteorológiai mérések eloszlása egyenletesebb, mint a szárazföldi állomásoké, de ritkábban vannak az észlelő bázisok. Itt is ugyanazokat az időjárási jelenségeket figyelik meg, mint a szárazföldön, de ezt kiegészítik a következőkkel: tengerfelszín hőmérséklete, a hullámok magassága, iránya és periódusideje, valamint a tengeri jégre vonatkozó adatok.

A tengerfelszínen a helyhez kötött és a sodródó bóják segítségével szintén végeznek méréseket. Egy kötött, lehorgonyozott bója változatos mérési programot végez.

Magaslégköri mérések

A légkör réteges szerkezetéről az ún. rádiószondás mérések adják a legpontosabb információt. E mérések során meteorológiai szenzorokkal felszerelt szondát erősítenek a ballonokra, s így engedik fel a légkörbe őket. A műszerek mérik a levegő hőmérsékletét, nyomását és nedvességét. A szél sebességét és irányát általában a ballon radarral (rádióteodolittal) történő követésével határozzák meg, vagy GPS segítségével.

A légkör vertikális szerkezetéről a polgári repülőgépek szintén szolgáltatnak meteorológiai információkat: a nyomásról, a hőmérsékletről és a szélről jelentik az adatokat a különböző repülési magasságról (kb. 10–11 ezer méteres magasságig).

Agrometeorológiai állomások

Az agrometeorológiai állomásokon speciális méréseket végeznek, melyek fontos adatokat szolgáltatnak a mezőgazdaság, erdészet stb. számára. Ilyenek például az alábbiak:

- hőmérséklet a felszín közeli légrétegben;
- talajhőmérséklet a talaj különböző mélységeiben;
- talajnedvesség a talaj különböző mélységeiben;
- felszín közeli turbulencia mérése;
- hidrometeorok megfigyelése, vízháztartás komponenseinek mérése (jég, harmat, dér, köd, a talaj és a vízfelszín evaporációja, a növényzet transzspirációja, csapadék intercepció, lefolyás stb.);
- a sugárzás- és energiaháztartás komponensei (globálsugárzás, sugárzási egyenleg stb.);
- a növényzet számára káros légköri hatások (pl. fagy, jég, szárazság, áradás, légszennyezettség stb.).

Agrometeorológiai állomások a mezőgazdasági kutatóintézetek, agráregyetemek keretein belül működnek.

Egyéb speciális állomások:

- időjárási radar állomás;
- villámdetektáló állomás;
- kutató-felderítő repülőgépes mérések;
- meteorológiai rakétaállomás;
- háttérszennyezettség mérő állomások;
- árapály állomások.

Műholdas mérések

Az 1960-as évek közepétől az űrtechnika gyors fejlődésnek indult, s ennek köszönhetően lehetővé vált a légkörben kialakuló folyamatok nyomon követése a világűrből. A műholdas megfigyelés lehetősége elősegítette a meteorológia fejlődését. Egyszerre nagy területet képesek megfigyelni, ezért jól nyomon követhetők a légköri folyamatok. A műholdakat keringési pályájuk alapján két csoportba soroljuk, ezek a geostacionárius és a kvázipoláris műholdak.

A geostacionárius műholdak (1. ábra) az Egyenlítő fölött 36 000 km-es magasságban találhatók, ahol keringési idejük megegyezik a Föld forgási idejével, ezért a Földhöz képest állni látszanak. A geostacionárius műholdak segítségével az egész Föld megfigyelhető, kivéve a pólusok környéke.

A kvázipoláris műholdak pályája mindkét pólus fölött áthalad, 800 – 1500 km közötti magasságban keringenek. Helyzetük a földfelszínhez képest folyamatosan változik, és meghatározott időközönként visszatérnek a felszín ugyanazon pontja fölé.



1. ábra: Geostacionárius műhold (<https://www.meteorologiaenred.com/wp-content/uploads/2017/10/satelites-geoestacionarios-768x550.jpg.webp>)

Meteorológiai állapothatározók

Olyan meteorológiai elemek, melyek a troposzféra állapotáról és a levegővel közvetlenül érintkező felszínről szolgáltatnak információt.

I. A légköri sugárzásforgalom jellemzői:

A sugárzási egyenleg komponenseit határozzák meg: a sugárzás erősségét, a napsütéses időszak hosszát (napfénytartamot), a sugárzás mennyiségét. A sugárzás erősségét 1 négyzetméterre jutó 1 Watt energia egységben (Wm^{-2}), a napfénytartamot pedig a napsütéses órák számában adják meg.

1. Globálsugárzás — a vízszintes síkra a felső féltérből érkező összes rövidhullámú sugárzás. A direkt és a diffúz sugárzások összege. A felszínen a 0,286 és 4 μm hullámhosszúságú sugárzást jelenti.

2. Diffúz sugárzás — szórt, vagy égboltsugárzás a vízszintes síkra a felső féltérből érkező összes rövidhullámú sugárzás, kivéve ami a Napkorong irányából érkezik.

3. Direkt sugárzás — közvetlen sugárzás, a Nap korongjából a Nap irányára merőlegesen álló felületre belépő rövidhullámú sugárzás.

4. Reflex sugárzás — visszavert sugárzás, a vízszintes síkra az alsó féltérből érkező rövidhullámú sugárzás.

5. Kisugárzás — a vízszintes síkra az alsó féltérből érkező összes hosszúhullámú sugárzás, ami 4 és 80 μm hullámhosszúságú.

6. Albedó — a felszín sugárzás-visszaverő képessége; a vízszintes síkról visszavert, illetve az oda beérkező rövidhullámú sugárzás hányadosa. Értéke 0 és 1 között változik, általában százalékban adják meg.

7. Napfénytartam — a lehetséges napfénytartam nagysága a napkelte és a napnyugta közötti idővel egyezik meg, aminek értéke a borultság függvényében csökken.

II. Termodinamikai állapothatározók:

1. Hőmérséklet — a testek hőállapotára jellemző fizikai állapotjelző. A meteorológiában a hőmérsékletet a következő területeken mérik: a felszín közeli légterben, a felszínen, a talajhőmérsékletet pedig a különböző mélységekben; valamint a tengerek, tavak felszíni rétegének hőmérsékletét szintén meghatározzák. A hőmérsékleti adatok alapvető információt jelentenek a hidrológiai állomások, a mezőgazdaság számára, segítik az éghajlat változékonyságának vizsgálatát, továbbá fontos tájékoztatást nyújtanak a mindennapi életben is.

2. Légnyomás — a levegő nyomása az az erő, amelyet az adott sűrűségű és hőmérsékletű levegő gyakorol a felszínre és a felszíni tárgyakra.

3. Légnedvesség — a levegő vízgőztartalmát jelenti; a hidroszféra részét képezi, csekély mennyiségű víz, de gyorsan megújul.

Nedvességi mérőszámok:

harmatpont vagy *harmatpont hőmérséklet* az a hőmérséklet ($^{\circ}\text{C}$), amelyre a levegőt állandó nyomás mellett lehűtve az telítetté válik;

abszolút nedvesség mutatja, hogy 1 m^3 levegőben hány g vízgőz van;

relatív nedvesség azt jelöli, hogy a lehetséges víztartalom hány százaléka van a levegőben, értékét százalékban adják meg.

III. A levegő mozgásállapotának jellemzői:

1. Szél iránya — a meteorológiában a szél irányának azt az égtájat tekintik, ahonnan az fúj.

2. Szél sebessége — a következő mérőszámokkal határozható meg:

— szélút — az a távolság, amelyet a széllel együtt mozgó tárgy időegység alatt megtenne (mértékegysége: m);

— közepes sebesség — bizonyos idő alatti átlagos szélesebesség (mértékegysége: m/s);

— maximális szélleökés — a szélesebesség vagy szélnyomás átmeneti csúcsértéke;

— szélnyomás — a szél által 1 m² felületre gyakorolt nyomóerő (mértékegysége: Pa).

A szélesebesség és a szélnyomás között felírható az alábbi összefüggés:

$$P_w = k V^2,$$

vagyis a szélnyomás a szélesebesség négyzetével arányos. Az egyenletben P_w a szélnyomás, k a szélnyomás meghatározására szolgáló felület alakjára vonatkozó érték, V pedig a szélesebesség.

IV. A légköri vízforgalom jellemzői:

1. Felhőzet

Legpontosabban vizuális észlelések során lehet meghatározni. A meteorológiai állomásokon az észlelőszemélyzet az alábbi megfigyeléseket teszi:

- felhőzet mennyisége;
- felhőzet fajtája;
- felhőzet magassága, vastagsága;
- felhőzet mozgása;
- látástávolság.

2. Csapadék — a vízpárát egy idő után a felhő nem bírja el, mert súlya megnövekszik. Ekkor folyékony vagy szilárd halmazállapotban a felszínre hullanak a csapadékelemek. A csapadék mérésének céljai:

- adott időtartamon belül (1 nap, 1 év stb.) a csapadék területi eloszlásának meghatározása;
- egy adott pontban a csapadék hullásának időbeli eloszlása.

3. Párolgás — a meteorológiai állomásokon az evaporációt, azon belül a vízfelszín párolgását állapítják meg. A párolgás mértéke a felszínről az időegység alatt egy területegységről a légkörbe jutó vízmennyiség. Az elpárolgó vízmennyiséget mm-ben adják meg. Fontos információt szolgáltat a mezőgazdaság és a hidrológia számára.

4. Evapotranspiráció — a növényzettel borított felszín párolgásának meghatározása.

V. A felszín állapotjelzői:

1. Talajhőmérséklet — a felső talajrétegben a napi hőingásról, mélyebb rétegekben a szezonális, valamint évközi változásokról szolgáltat információt. A standard mérési szintek: 5, 10, 20, 50 és 100 cm mélységben a felszín alatt (további szintek is lehetnek).

2. Talajnedvesség — a növények vízháztartásában játszik fontos szerepet. A talajnedvesség lehet:

— *abszolút talajnedvesség*, amely milliméterben mutatja, hogy adott tömegű talajmintában mennyi víz van (m³/ha vagy t/ha);

— *relatív talajnedvesség* — nedves talaj aránya az ugyanolyan tömegű száraz talajhoz viszonyítva százalékban megadva:

$$W_n = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \times 100$$

ahol: m_1 a nedves talaj tömege grammokban; m_2 pedig az abszolút száraz talaj tömege grammokban.

3. Hóvastagság — a talajon fekvő hórétteg felszíne és a talajfelszín közötti függőleges távolság, amelyet hófúvástól mentes terület több pontján végzett mérések középértékeként cm-ben adnak meg.

4. Hósűrűség — 1 cm-es vastagságú hótakaró kb. 1 mm-nyi csapadéknak felel meg. Ennek az lehet az oka, hogy a talajon kialakuló hótakaró laza szerkezetű, a hókristályok között levegő található. Emiatt a hótakaró igen jó hőszigetelő képességű. A frissen hullott, nem olvadó hórétteg átlagos sűrűsége 100 kg/m^3 körül van.

A műszerkert bemutatása

A meteorológiai megfigyelések többsége a meteorológiai műszerkertben (2. ábra) történik, ezért a terület megfelelő kiválasztása, az eszközök szabványos elrendezése és a helyszín karbantartása nagymértékben meghatározza az észlelések minőségét és eredményeit.



2. ábra: A hagyományos meteorológiai műszerkert (saját felvétel, Beregszász, 2024)

Ahhoz, hogy reprezentatív információkat kapjanak a mérések során, a műszerkertet feltétlenül nyílt terepen kell elhelyezni. A maximális távolság a meteorológiai állomás helyisége és a műszerkert között 300 méter.

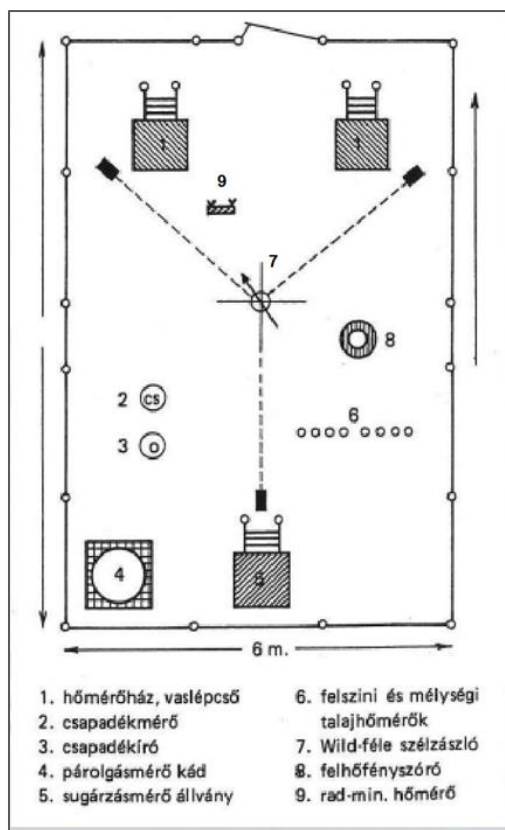
Egy szabványos műszerkert négyzet alakú, oldalai 26 méter hosszúak, délről észak felé tájolt (északon található bejárat). Kibővített megfigyelésekkel rendelkező műszerkert méretei 26×36 méter. Abban az esetben, ha a megfigyelések mennyisége a szabványosnál kisebb mértékű, a műszerkert méreteit 20×16 méterre lehet csökkenteni.

A műszerkert távolsága a nem magas épületektől és fáktól több kell, hogy legyen, mint azok magasságának a tízszerese, a beépített terület és az erdő esetén — húszszorosa. A szakadékoktól és szikláktól a műszerkertet több tíz méter távolságban kell elhelyezni, víztározótól és vízfolyástól nem kevesebb, mint 100 méterre.

Az állomás a legközelebbi településről kapja a nevét, amelyhez a további adatok társulnak:

- földrajzi hosszúság és szélesség (az állomásé);
- tengerszint feletti magasság (pl. a barométeré).

A műszerkertben állandó világítást kell biztosítani az éjjeli megfigyelések érdekében.



3. ábra: A hagyományos műszerkert berendezése (Czelnai, 1993)

A meteorológiai mérések egységessége érdekében a mérőműszerek a kertben szigorúan meghatározott sorrendben kerülnek elhelyezésre az égtájaknak megfelelően és a talaj felett bizonyos magasságban (3. ábra). A természetes növényzetet meg kell őrizni (a fű 3 centiméternél kisebbre legyen nyírva), út kialakítása csak a műszerek megközelítéséhez engedélyezett. A kerítést, minden segédeszközt (létra, állvány stb.) fehér színnel kell lefesteni ezzel is csökkentve a felmelegedésüket, ezáltal a mért értékekre való befolyásukat. A szolgálatot teljesítő meteorológusoknak folyamatosan figyelemmel kell kísérniük az időjárás-állomás állapotát és karban kell tartaniuk azt. Ehhez hozzátartozik:

- rendszeresen kaszálni és összegyűjteni a fűvet;
- a hőmérő házikó tetején és zsaluzott oldalain, a csapadékmérő szélgallérján stb. megtapadt havat a megfigyelések előtt le kell takarítani az állomáson tett körút során;
- a hótakarót viszont meg kell őrizni természetes állapotában a keletkezéséig az olvadásáig;
- a műszerek közelében kialakult hótorlaszokat el lehet távolítani, a havat a műszerkerten kívülre kell helyezni, s erről feljegyzést szükséges készíteni.

A hőmérők elhelyezése

A hőmérőket a Stevenson-féle hőmérőházikóban helyezik el (4. ábra) 2 m-es magasságban. Így a műszereket nem éri közvetlen napfény, valamint a mérendő közeggel kerülnek kölcsönhatásba. A házikó fehérre festett, dupla zsaluzású, melyen a Nap közvetlen sugarai ellen védelmet nyújtó árnyékolás is található. A zsaluzott falak az erős szél befolyását csökkentik, a légmozgásnak viszont nem állják útját. A hőmérőház ajtaja észak felé kell, hogy nézzen, így még a leolvasás időpontjában sem süt be közvetlenül a Nap. A leolvasást könnyíti a házikó ajtaja előtt elhelyezett kis létra, melyre

felállva a meteorológus szemmagasságba kerül a hőmérővel, s pontosan megállapíthatja az értékeket.



4. ábra: Stevenson-féle hőmérőház (saját felvétel, Beregszász, 2024)

Ma már gyakran használnak elektromos hőmérőket, melyek árnyékoló lapokkal vannak ellátva. A fehérre festett lapok védik a hőmérőt a külső hatásoktól (5. ábra). Közöttük rések találhatók, hogy a levegő áramlását is biztosítsák.



5. ábra: Elektromos hőmérő árnyékolására használt lapok (Mészáros, 2013)

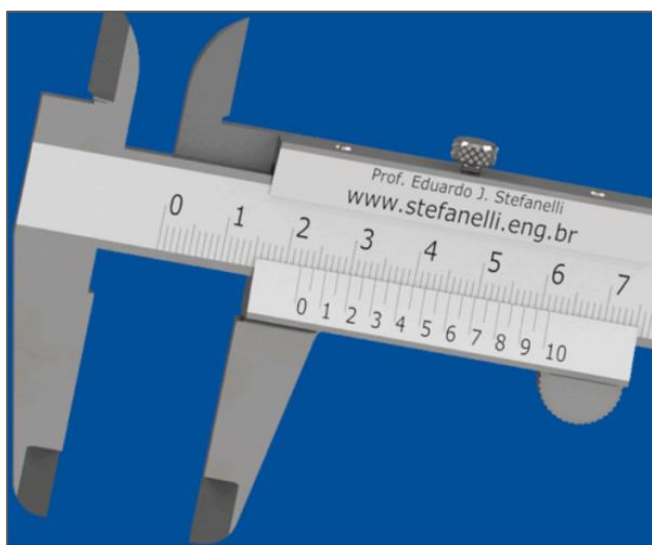
Higanyos barométer elhelyezése

A higanyos barométert (6. ábra) olyan helyiségben kell elhelyezni a falon, ahol a hőmérséklet közel állandó, de nem lehet fűtőtest közelében sem, hogy közvetlen sugárzás ne érje.



6. ábra: Higanyos barométer (Mészáros, 2013)

A nyers barométerállást úgy kapják meg, hogy a barométer hőmérőjét leolvassák tized fokos pontosságban. Ezután a skála mellett található nóniuszt kell beállítani, végül a higany szint leolvasható. A nóniuszt (7. ábra) a higany meniszkuszának tetejével kell egy szintre hozni. Ez mm-ben jelenti a főosztályzatot, a tizedmillimétert pedig a segédskálának az a rovátkája adja, amely éppen egybevág a főskála valamelyik értékével.



7. ábra: Nóniusz segédskála (<https://www.stefanelli.eng.br/wp-content/uploads/2016/05/paquimetro-vernier-caliper-calibre-1.png>)

A szélmérők elhelyezése

A szélmérőket nyílt terepen, 10 m magasságban kell elhelyezni (8. ábra), mivel a felszín közelében a súrlódás miatt a szél sebessége más értéket mutathat. Magas tereptárgyak közelében azért nem lehet telepíteni a műszert, mert azok befolyásolhatják a légáramlást. Az az elfogadott, ha a szélmérő és a legközelebbi tereptárgy közötti távolság minimum tízszerese az objektum (pl. épület, fa) magasságának. Előfordulhat, hogy minden adott a szélmérő telepítéséhez egy kiválasztott helyen, viszont a területet idővel körbe építik, vagy a növényzet is megnő. Ilyenkor magasabbra lehet helyezni a műszert, de ezt megfelelően dokumentálni kell.



8. ábra: A szélirány és szélesebségmérő egy 10 m magas oszlopon
(saját felvétel, Beregszász, 2023)

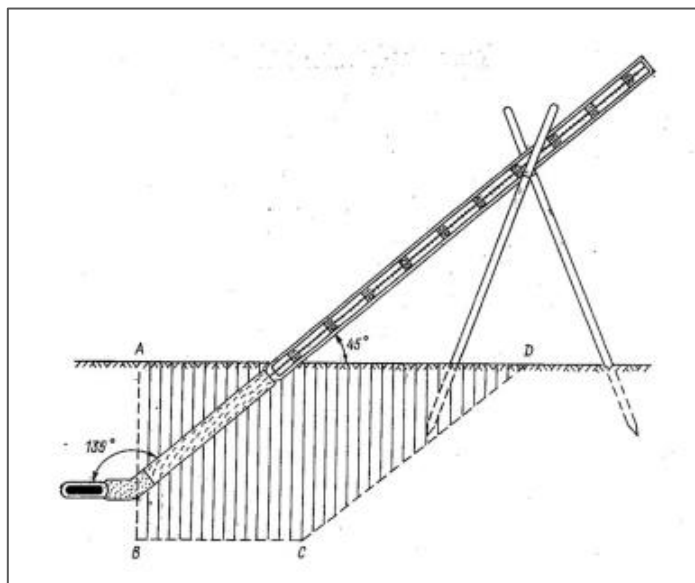
A talajhőmérők elhelyezése

A talajfelszín hőmérsékletének mérését egy 4×6 m méretű árnyékmentes területen végzik, amelyet a műszerkert déli oldalán alakítanak ki. A hőmérőket tartályokba helyezik egymástól 5 – 6 cm távolságban: északról az első az állomáshőmérő, majd a minimum és a maximum hőmérők következnek. Az állomás- és minimum hőmérőket vízszintesen, míg a maximum hőmérőt kissé megdöntve helyezik el. Nyáron a hőmérők tartálya és védőburkolata félig a talajban van elhelyezve, télen, ha van, a hótakaróban.

A talaj felső rétegének hőmérsékletét higanyos, görbített hőmérőkkel mérik. Ezeket 5, 10, 20 és 50 cm mélyre helyezik el közel a talajfelszín hőmérsékletét mérő hőmérőkhöz, egymástól kb. 10 cm távolságban úgy, hogy a tartályuk észak felé legyen, keletről nyugatra haladva mélység szerint. Skálájuk beosztása 0,5 °C. Ezen hőmérőknek az a sajátossága, hogy a henger alakú tartályaik meg vannak dőlve 135°-os szögben a kapillárishoz képest (9. ábra) a talajjal való maximális érintkezés érdekében. Kora tavasszal helyezik ki őket hóolvadás után.

A talaj mélyebb rétegeinek hőmérsékletét higanyos mélységi talajhőmérőkkel állapítják meg. Skálájának beosztása $0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$. A talajhőmérőt műanyag foglalatba helyezik, amely alul sárgaréz kupakban végződik. A foglalatot felül farúdhhoz rögzítik. A műanyag csövön keresztül engedik le a hőmérőt, melynek higanytartálya és a kupak közötti teret is rézforgács tölti ki. Mindez arra szolgál, hogy a hőmérőnek nagyobb legyen a hőtehetetlensége, és minél tovább (a leolvasásáig) megőrizze az észlelt adatot. Nagy higanyzsákkal rendelkezik, ami szintén lassítja a hőmérsékletre való reakcióját.

A mélységi talajhőmérőket egy $6\times 8\text{ m}$ méretű területen helyezik el a műszerkert délkeleti részén természetes növényzet alatt mélység szerinti növekvő sorrendben. Ezek a mélységi szintek a következők lehetnek: 0,8; 1,2; 1,5; 2; 3,2 méter.



9. ábra: Talajhőmérő (Vinicsuk, 2019)

A pszichrométer elhelyezése

A pszichrométert egy hőmérő házikóhoz hasonló házban helyezik el. A házikónak négy zsaluzott oldala van (az északra néző ajtóként nyílik), továbbá alja, mennyezete és teteje, s az egészet fából készült állványra rögzítik. A házat kívülről és belülről is fehérre festik, a zsalu fa lécekből készül, amelyek 45° -os szögben vannak megdőlvé. Ez biztosítja a házikó megfelelő szellőzését. A megfigyelés megkönnyítése érdekében az ajtaja előtt létra helyezkedik el. A házikó közepén vas állványon van rögzítve a pszichrométer két hőmérője (balra a száraz, jobbra a nedves) 2 méterrel a felszín fölötti magasságban (10. ábra). A nedves hőmérő tartályát muszlin anyag veszi körbe, ami desztillált vizet tartalmazó kis edénybe ereszkedik bele.

A pszichrométer házikóban vannak elhelyezve vízszintesen a minimum és a maximum hőmérők is, utóbbi kissé megdőntve a higanytartály felé.



10. ábra: A pszichrométer házika és műszerei – függőlegesen a száraz és a nedves hőmérők, közöttük az elektromos hőmérő, vízszintesen a maximum és minimum hőmérők (saját felvétel, Beregszász, 2024)

A csapadékmérő elhelyezése

A Hellmann-féle csapadékmérő elhelyezésénél az az elfogadott, ha annak felső pereme a felszíntől számított 1 m magasságban található, körülötte pedig minden irányban 45 fokos szögben szabad a terep.

Ezzel szemben a Tretyakov-féle csapadékmérő elhelyezésekor az ombrométer teteje a felszíntől 2 méter magasságba kerül. Az eszköz északi oldalán a csapadékmérő közelében egy létra van felszerelve a kényelmesebb megfigyelések érdekében.

A csapadékmérőt és a csapadékirót a műszerkert nyugati részében szokták elhelyezni.

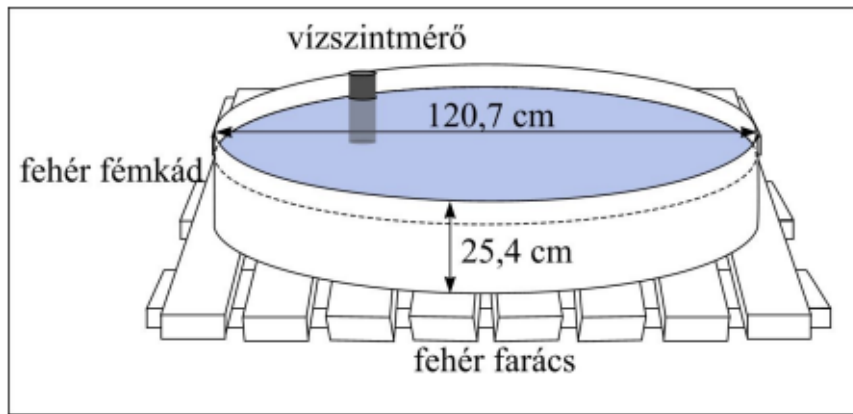
A sugárzás mérésére szolgáló műszerek elhelyezése

Piranométer: a készülék a műszerkert déli végében van, elhelyezésekor szükséges, hogy annak érzékelője 1,5 méter magasságban legyen a felszíntől, s ne érje árnyék; a felszín lejtése ne haladja meg a 2°-ot. Közvetlenül a Nap felé forduljon. A galvanométer a műszertől északra kerüljön.

Heliográf: a műszerkertben egy 2 méter magas állványra kell helyezni egyenletes felszínen; a műszer dőlésszöge meg kell egyezzen az adott hely földrajzi szélességével.

A párolgásmérő kád elhelyezése

A műszerkert déli részén található a párolgásmérő kád, mely fémből készül, és kívül-belül fehér színű. Ezt a kádat a talaj felszínén egy farácsra helyezik el (11. ábra).



11. ábra: Párolgásmérő kád (Mészáros, 2013)

A légköri sugárzás jellemzői

A Napból rövidhullámú sugárzás érkezik a földi légkörbe, ez a $4\text{ }\mu\text{m}$ alatti sugárzási spektrum a rövidhullámú tartomány. Az atmoszférán keresztülhaladva a rövidhullámú sugárzás egy részét a légkör alkotóelemei (légköri gázok, aeroszol részecskék) szórják vagy elnyelik. A sugárzási energiának 51% jut le a felszínig. Az ide leérkező sugárzás egy része visszaverődik, másik hányada a földfelszínt melegíti. Ez a felszín borítottságától, színétől függ. A világűr felé visszaverődő sugárzás a planetáris albedó, ami 30 %.

A látható tartomány 99 %-a 400 és 730 nm ($0,4$ és $0,73\text{ }\mu\text{m}$) között található.

Ultraibolya (ultraviolet – uv) sugárzás – 400 nm-nél kisebb hullámhosszúságú sugárzás.

Infravörös sugárzás – 800 nm-nél nagyobb hullámhosszú sugárzás.

A felmelegített földfelszín infravörös (hosszúhullámú) tartományban sugároz. Ennek a kisugárzásnak egy részét a légkörben lévő gázok és aeroszol részecskék valamennyire elnyelik, illetve visszasugározzák. A világűr felé a kisugárzás csak 5 %-a tud távozni.

Sugárzásmérő műszerek

A sugárzást annak hatásai alapján határozzák meg. Ez úgy történik, hogy a sugárzást érzékelő műszerek elnyelik az elektromágneses hullámokat, és az így létrejövő hatások arányosak az elnyelt energia mennyiségével.

Az alapvető sugárzásmérő műszerek a következők:

- pirheliométer (direkt sugárzás);
- piranométer (globál sugárzás);
- netto pirradiométer (nettó sugárzás);
- pirgeométer (hosszúhullámú sugárzás);
- heliográf (napfénytartam).

1. Pirheliométer: a Napból érkező közvetlen (direkt) sugárzás mérésére szolgáló műszer. A Napkorong irányából érkező sugárzási áramsűrűséget méri (W m^{-2}). Egy szerkezet segítségével fordítják mindig a Nap korongjának irányába (12. ábra).



12. ábra: Pirheliométer (<http://gyoresz.web.elte.hu/metgyak/muszer.pdf>)

A műszerben általában két hőstabil, többnyire réz alapú ötvözetből készült lemez van egymás mellett, amiket felváltva árnyékolnak. Az árnyékolt lemezt csak a diffúz (szórt) sugarak érik,

hőmérséklete alacsonyabb lesz, mint a nem árnyékoltnak. A nem árnyékoltnak a direkt sugaraknak is ki van téve. Az árnyékoltnak melegíteni kell, hogy a hőmérséklet különbséget kiegyenlítsék. Az ehhez szükséges áramerősséget műszerrel mérik, és megkapják a direkt sugárzás intenzitását. A pirheliométer abszolút műszer, hitelesítésre használják.

2. Piranométer: a rövidhullámú sugárzás mérésére szolgáló műszer, a globálisugárzás intenzitását (W/m^2) méri. A műszeren egy üvegbúra található, ami összegyűjti a sugarakat az érzékelőre, egyben védi azt a szennyeződésektől, nedvességtől (13. ábra), valamint kiszűri a hosszuhullámú sugarakat. Ezáltal az érzékelőre csak a rövidhullámú sugárzás jut. A meteorológiai mérések során leggyakrabban alkalmazott termoelektromos piranométerben a sugárzás hatására hőmérséklet-különbség alakul ki a műszertest, az érzékelő lemez és az üvegbúra között. Elektromos áram keletkezik, melynek intenzitása a sugárzás intenzitásától függ.

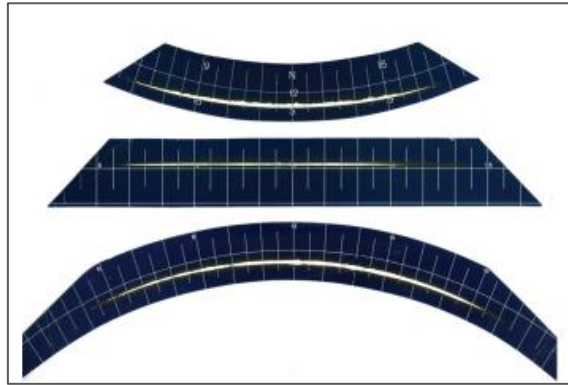
Lefelé fordítva a reflex (visszavert rövidhullámú) sugárzás mérhető. Az albedó is megállapítható két piranométer együttes alkalmazásával. Ilyenkor az egyiket felfelé, a másikat lefelé fordítják, hogy a globál és reflex sugárzás együttesen mérhető legyen.

A piranométerrel szórt sugárzás akkor mérhető, ha a műszer érzékelője elől a Napot kitakarják a Nap mozgását követő eszköz segítségével.



13. ábra: Piranométer (Ablonczy, 2018)

3. Campbell–Stokes-féle napfénytartam mérő: a napfénytartam időhosszának meghatározására szolgáló műszer. Ez egy 96 mm átmérőjű, 1,52 törésmutatójú, finoman csiszolt üveggömb, ami a Nap sugarait összefókuszálja, így kiégeti a gömb mögé helyezett papírszalagot (14. ábra). A heliográf (15. ábra) dél felé kell, hogy nézzen. Az adott hely földrajzi szélessége szerint szükséges megdönteni. Különböző hosszúságú papírszalagot használnak a nyári, téli és az átmeneti évszakokban, a napsütéses órák számának megfelelően. Leolvasása óránként történik, amiből megállapítható, hogy hány tizedórát sütött a Nap. A műszer akár egy órát is tévedhet a nap folyamán, melynek okai a következők: reggel a gyengébb erősségű sugárzás nem képes kiégetni a papírszalagot; gyakran váltják egymást a felhős és napos időszakok, s ezt a műszer nem tudja követni, így előfordul, hogy egy perc alatt kiégeti a papírt, de a beosztás miatt ötöt olvasnak le.



14. ábra: Napfényszalagok (Tóth, 2014)



15. ábra: Campbell–Stokes-féle heliográf (saját felvétel, Beregszász, 2024)

A hőmérséklet mérése

Hőmérsékleti skálák

A hőmérséklet meghatározásához különböző skálák adottak, de ezek közül széles körben csak néhány terjedt el.

A meteorológiai mérések során általában Celsius-fokban mérik a hőmérsékletet. A Celsius-skálát Anders Celsius (1701–1744) svéd csillagász dolgozta ki 1742-ben. A skála két alappontja az olvadó jég ($0\text{ }^{\circ}\text{C}$) illetve a forrásban lévő víz ($100\text{ }^{\circ}\text{C}$) hőmérséklete normál légköri állapot esetén.

A Kelvin-skála az abszolút hőmérsékleti skála, Lord Kelvinről (Lord Kelvin of Largs, szül. William Thomson) kapta a nevét; a hőmérséklet SI-mértékegységként használják. Egysége megegyezik a Celsius által bevezetett hőmérsékleti egységgel, azonban nullpontja az abszolút nulla fok: $-273,16\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Az abszolút hőmérsékleti skála és a Celsius skála közötti kapcsolat:

$$^{\circ}\text{C} = \text{K} - 273,16,$$

$$\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273,16.$$

Egyes országokban (elsősorban az USA-ban) a Daniel Gabriel Fahrenheit (1686–1736) német fizikus által 1714-ben megalkotott Fahrenheit-skálát alkalmazzák. A skála szerint a víz fagyáspontja 32 °F, míg forráspontja normál légköri körülmények között 212 °F.

Az átszámítás a Celsius- és Fahrenheit-skálák között az alábbi módon történik:

$$^{\circ}\text{C} = 5/9 (^{\circ}\text{F} - 32),$$

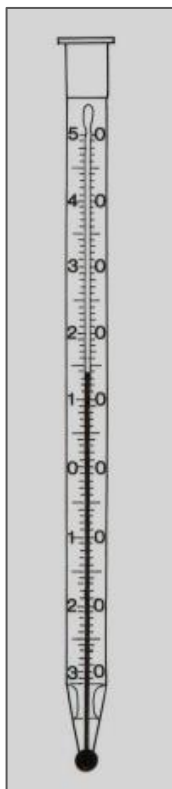
$$^{\circ}\text{F} = (9/5 ^{\circ}\text{C}) + 32$$

A hőmérők csoportosítása

I. A folyadékhőmérők. Az ilyen típusú hőmérők egy nagyobb tartályból és a hozzá kapcsolódó vékony csőből állnak. A működésük azon alapszik, hogy a hőmérséklet hatására a folyadék kiterjedése megváltozik, és a tartályból csak a csőben tud mozogni. A cső mellett számozott beosztás található, amit leolvasva megállapítható a hőmérséklet. A higany azért alkalmas folyadék, mert viszonylag egyenletes a hőtágulási együtthatója, nem nedvesíti az üveget, kicsi a párolgása. Forráspontja magas (357 °C), viszont –38,3 °C-nál megdermed, ezért csak ebben a hőmérsékleti tartományban használható. Az alkohol inkább magas hőmérsékleten nem alkalmazható, mivel párolog, átgőzölög a cső falára, így a folyadékoszlop megrövidül.

1. Higanyos hőmérők.

a.) Állomási hőmérő: Celsius beosztású, ami –30 és +50 °C közötti tartományban mér (16. ábra). Alul van a higannyal teli gömb, felette a vékony, légüres üvegcső. A kapilláris cső mögött 0,2 °C-os beosztás található, de a leolvasás 0,1 °C-ként történik.



16. ábra: Állomási hőmérő

(http://www2.sci.u-szeged.hu/eghajlattan/pdf/met_muszerek_A_I.pdf)

b.) Fuess-féle maximum hőmérő: a tartályának aljára egy vékony üvegpálcika van forrasztva, mely benyúlik a kapillárisba. A higany sűrűlődését ez a szűkítés növeli. Fokozza a sűrűlődést az is, hogy a

mérőtestből kivezető cső kétszer meg van hajlítva. Ha emelkedik a hőmérséklet, a higany átpréselődik az akadályokon. Lehűléskor viszont nem tud visszafolyni a tartályba, így a kapillárisban marad. Egy adott időszakban a maximum hőmérsékletet a higanyszál vége jelzi. A hőmérőt egyszerűen lerázva az az alapállapotba kerül vissza. Annak érdekében, hogy lehűléskor ne csússzon a higanyszál magasabbra, a hőmérőt a vízszinteshez képest 2 fokban megdöntik úgy, hogy a higanygömb felőli rész legyen alacsonyabban (17. ábra). A maximum hőmérő fél fokos beosztású. Leolvasása naponta kétszer történik.



17. ábra: Fuess-féle maximum és minimum hőmérő (saját felvétel, Beregszász, 2024)

c.) Talajhőmérő: a felszíni talajhőmérők 5, 10, 20, 50 cm mélységben mérnek (18. ábra). Ezek görbített nyakú, higanyal töltött hőmérők, a skála és a higany tartály közötti részük hosszabbra van nyújtva. A talajba kerülő rész függőlegesen áll, a hőmérő skálája 60 fokban meg van döntve, hogy könnyebb legyen a leolvasás. A napi hőingást lehet velük megállapítani.

A mélységi talajhőmérők általában 80, 120, 150, 200 cm mélyen vannak elhelyezve egy tokban, csak az érzékelő részük érintkezik a talajjal. Megnövelt higanytartállyal rendelkeznek, hogy nagyobb legyen a hőtehetetlenségük. Felhúzás után először a tized fokokat, majd az egészeket kell leolvasni. A hőmérséklet szezonális változásait lehet velük vizsgálni.



18. ábra: Talajhőmérők (saját felvétel, Beregszász, 2024)

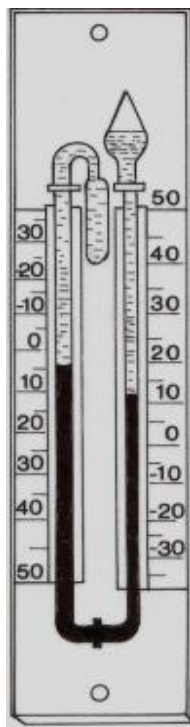
2. Szerves folyadékos hőmérők

a.) Fuess-féle minimum hőmérő: a minimum hőmérőbe alkoholt töltenek. A hőmérőtest villás formájú is lehet, hogy minél nagyobb felületen érintkezzen a környezettel, ezáltal gyorsabban kövesse

a hőmérsékletváltozást. Az alkoholban szabadon mozog egy sötét színű üvegpálcika (17. ábra), mely nem lép túl a folyadék felületén. Lehűléskor a pálcikát lefelé mozgatja az alkohol, a hőmérséklet emelkedésekor viszont körülölelve azt. A pálcika jobb oldali vége jelzi a minimum hőmérsékletet. Az alkohol meniszkusza az éppen aktuális hőmérsékletet mutatja. A minimum hőmérő 0,5 fokos beosztású, és naponta kétszer olvassák le.

b.) Six-rendszerű maximum-minimum hőmérő: bizonyos idő alatt bekövetkező minimum és maximum hőmérsékletet mér (19. ábra). A hőmérőben higany (közvetítő folyadék) és alkohol (mérőfolyadék) is van.

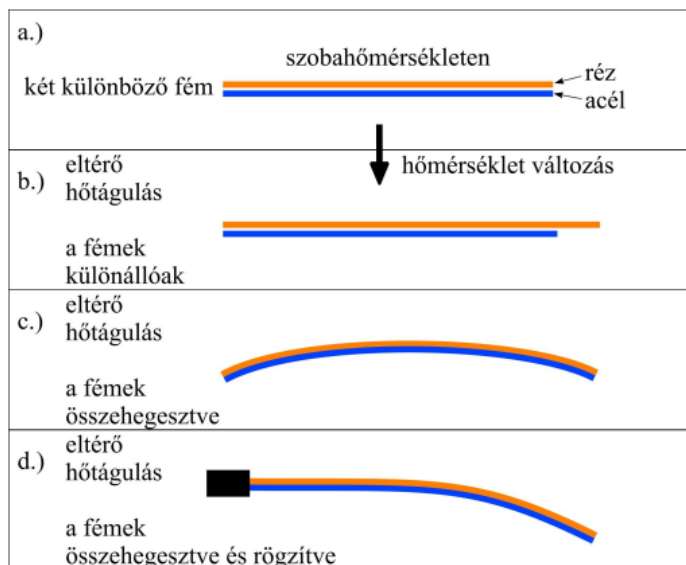
A hőmérő egy U alakú üvegcsőből áll, aminek bal oldala (minimum ága) újból kiszélesedik és visszahajlik egy tartályba. Ezt az oldalt az alkohol teljesen kitölti. A másik ágban szintén alkohol van, de felette egy kisebb tartályban gáz is található. A higanyoszlopok felett mindkét oldalon az alkoholban egy-egy színes acélpálcika van. Ha a hőmérséklet emelkedik, a minimumágban kiterjedő alkohol nyomása áttolja a higany egy részét a maximum ágba. Ott a higany maga előtt tolja a pálcikát a maximum hőmérséklet eléréséig. Eközben a tartályban levő gáz összenyomódik. Amikor a hőmérséklet csökken, a mérőfolyadék összehúzódik, a gáz nyomása a higanyoszlopát is nyomja visszafelé, így az a baloldali részen tolja felfelé a pálcikát a minimum hőmérsékletig. Közben a maximum ágban a pálcika a helyén marad. Újabb felmelegedésre a minimum ágban levő pálcika marad a helyén. A hőmérő tehát egyszerre mutatja a minimum, maximum és aktuális hőmérsékletet. A két oldal beosztása ellentétes irányú. Akkor működik megfelelően a hőmérő, ha mindkét ágban azonos aktuális hőmérsékletet mutat.



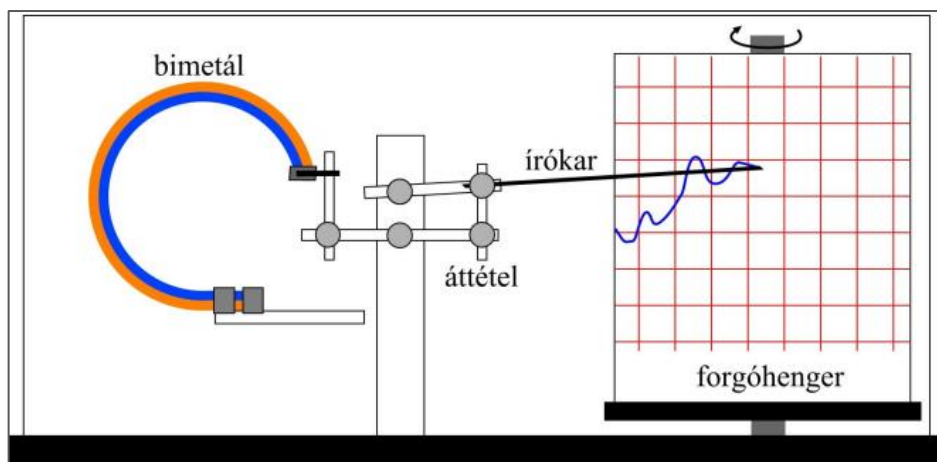
19. ábra: Six-rendszerű maximum-minimum hőmérő (http://www2.sci.u-szeged.hu/eghajlattan/pdf/met_muszerek_A_I.pdf)

II. Fémhőmérők. Két különböző fémeket hegesztenek össze, melyeknek eltérő a hőtágulása (20. ábra). Ez a bimetál hőmérő. Érzékelője a bimetál lemez. A kettős fémszalag a hőmérséklet változásakor meggyöngyösödik. Alkalmas hőmérsékletiró készítésére is (21. ábra). A termográf működése: a fémszalag

deformációja egy áttétel segítségével az írókart mozgatja, ami folyamatosan regisztrálja a hőmérséklet változását egy forgóhengerre rögzített szalagra.



20. ábra: Két eltérő hőtágulási együtthatójú fém deformációja hőmérsékletváltozás hatására (Mészáros, 2013)

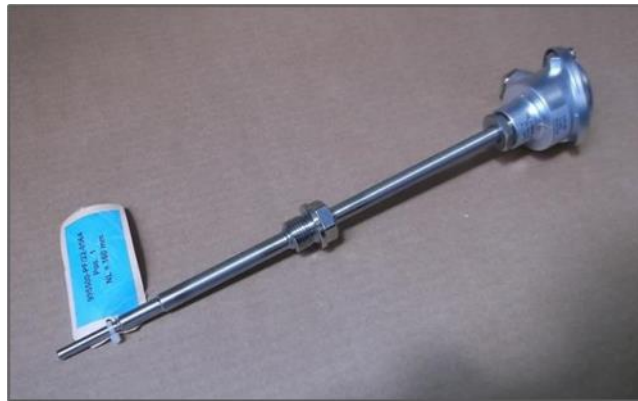


21. ábra: Bimetál termográf elvi felépítése (Mészáros, 2013)

III. Elektromos hőmérők. A hőmérsékletváltozást elektromos tulajdonság megváltozása alapján érzékelik.

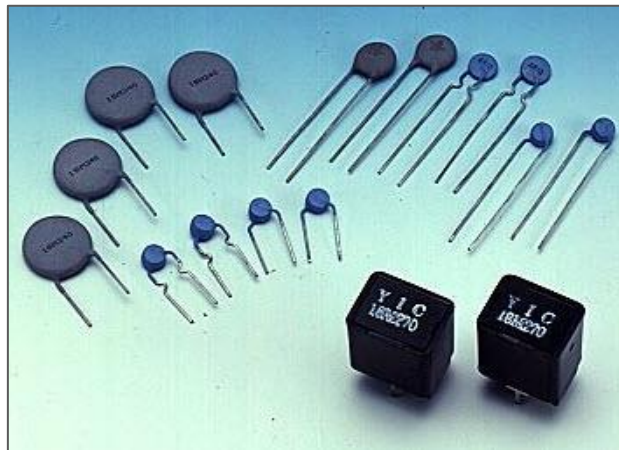
1). Ellenállás hőmérő: működési elve azon alapszik, hogy a tiszta fémek elektromos ellenállása a vezető hőmérsékletével arányosan változik. Ellenállás hőmérőket leggyakrabban platina, nikkel és volfrám fémekből szerkesztenek. Ezekből spirális huzalt készítenek, ami az érzékelő szerepét tölti be. Gyorsan reagál a hőmérséklet változására, de sérülékeny műszer. A meteorológiai mérések során az érzékelő ellenálláson áthaladó áram mennyiségét határozzák meg (22. ábra).

2). Termisztor: a félvezetők, más néven termisztorok (23. ábra) ellenállása is változik a hőmérséklet hatására. A termisztor hőmérők előnye, hogy a nagyobb ellenállás változás miatt pontosabb mérés végezhető velük, főként alacsony hőmérsékleten. Gyorsan reagálnak a hőmérséklet változására. A hőmérő hátránya az, hogy a mérés során a hőmérséklet és az ellenállás között nem lineáris a kapcsolat.



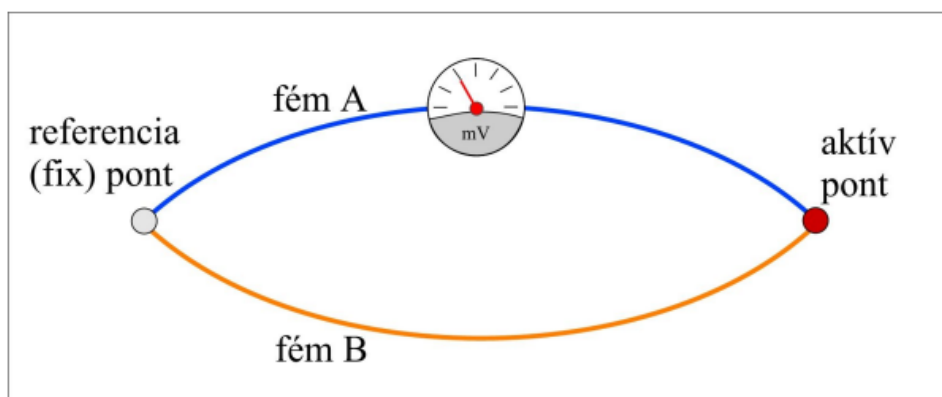
22. ábra: Ellenállás hőmérő

(<https://jovalolcsobb.hu/img/8901/JELAD0009/JELAD0009.jpg>)



23. ábra: Termisztorok (<https://farbitis.ru/hu/interesting-geography/thermistor-plot-temperature-measurement-with-ntc-thermistor/>)

3). Termoelemes hőmérő működési elve: két különböző fémszálat végpontjaiknál összeforrasztva az egyik pont hőmérsékletének változása gyenge termo-feszültséget hoz létre. A leggyakrabban alkalmazott fém-kombinációk a következők: réz-konstantán, ezüst-konstantán, platina-platina irídium ötvözet, volfrám-molibdén, réz-nikkel. A rendszer egyik pontját állandó hőmérsékleten kell tartani, ami a termoelem fix pontja. A másik az aktív pont, s ez érzékeli a hőmérséklet változását (24. ábra). A termoelem előnye, hogy az aktív pont kis helyet foglal el, ezért kutatási feladatoknál eredményesen alkalmazzák. Hátránya, hogy a fix pontot állandó hőmérsékleten kell tartani, ami nehezen megvalósítható.



24. ábra: A termoelem működési elve (Mészáros, 2013)

IV. Infra hőmérők. Minden anyag bocsát ki infravörös sugárzást, ha hőmérséklete az abszolút 0 fok fölött (-273 C) van. Természetesen a sugárzás mértéke egyenesen arányosan függ a test hőmérsékletétől. Az infra hőmérő a test hőmérsékletéből fakadó infravörös sugárzást képes mérni. Tehát a készülék megméri a sugárzást, abból ki tudja számítani az adott tárgy felületi hőmérsékletét. Ezen az elven működnek az infrakamerák (25. ábra) is. Általában 8 – 14 μm hullámhossz tartományban mérnek. A meteorológiában felszínek, tengerfelszín, felhőalap hőmérsékletének meghatározása használják.



25. ábra: Infrakamera (saját felvétel, Beregszász, 2024)

A légnyomás mérése

A légnyomás a levegőnek a vízszintes felszínre ható nyomása, ami annak a légoszlopnak a súlyával egyenlő, amely a földfelszíntől a légkör külső határáig terjed.

A légnyomás mértékegységei

A légnyomás mértékegysége a Pascal (Pa):

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$$

A meteorológiai gyakorlatban elfogadott a hektopascal (hPa) használata is:

$$1 \text{ hPa} = 100 \text{ Pa.}$$

A légnyomás felírható az alábbi egyenlettel:

$$p = \rho g h,$$

ahol ρ a sűrűség, g a nehézségi gyorsulás, h pedig a magasság. Toricelli higanykádás kísérlete alapján a higany sűrűségét, a légnyomással egyensúlyt tartó higanyoszlop átlagos magasságát, valamint a nehézségi gyorsulást tengerszintre, 45° földrajzi szélességre és 0 °C-ra vonatkoztatva a következőt kapjuk:

$$p = 1,3596 \cdot 10^4 \text{ kg m}^{-3} \cdot 9.806 \text{ m s}^{-2} \cdot 0,76 \text{ m} = 101325 \text{ N m}^{-2},$$

amit standard légköri nyomásnak hívunk.

Egyéb légnyomás mértékegységek a következők:

$$1 \text{ bar} = 100\,000 \text{ Pa};$$

$$1 \text{ mbar} = 100 \text{ Pa} = 1 \text{ hPa};$$

$$1 \text{ mmHg} = 133 \text{ Pa};$$

$$1 \text{ torr} = 133 \text{ Pa};$$

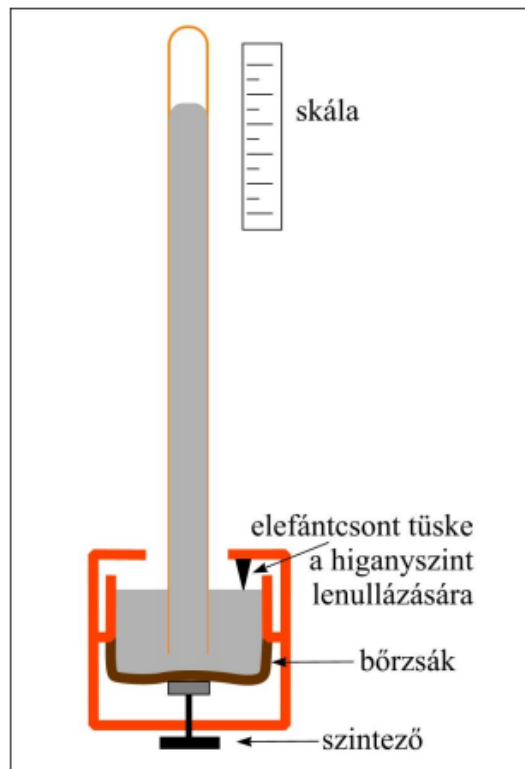
$$1 \text{ atm} = 101325 \text{ Pa.}$$

A légnyomás mérése barométerrel történik.

Barométerek csoportosítása

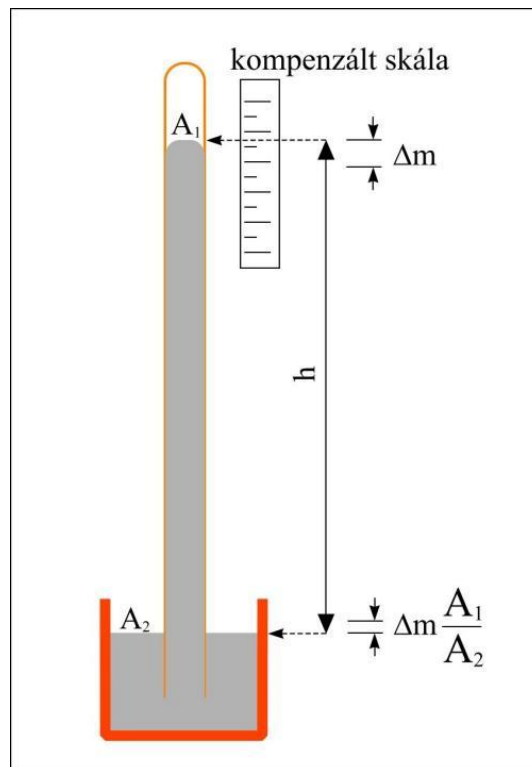
I. Folyadékbarométer / higanyos barométer: egy felül zárt, alul nyitott csőből álló szerkezet, amely egy higanyal töltött tálba merül. A csőben levő higany abban a magasságban állapodik meg, amennyivel a légnyomás is egyenlő.

Ilyen a **Fortin-féle barométer**, mellyel igen pontos mérés végezhető (26. ábra). A higany egy csavarral állítható bőrzsákban van. A leolvasás előtt a bőrzsák szintjét addig kell változtatni, míg az edény felső részéből lelógó elefántcsont túske a higany szintjét eléri. Ez jelenti a higanyszint nullára állítását. Ezután a felső higany szint a skálán leolvasható. Hogy megkapjuk a légnyomás értékét, segédskálát, vagyis nóniuszt kell alkalmazni. A nóniuszt a higany meniszkuszának tetejével kell egy szintre hozni. Ez adja a főosztályzatot (mm). A tizedmillimétert a nóniusznak az a beosztása adja, amely éppen egybevág a főskála valamelyik értékével. Az így leolvasott érték adja a nyers barométerállást.



26. ábra: Fortin-féle barométer (Mészáros, 2013)

Az állomási (kompenzált) barométer készítésekor pontosan lemérik a barométer üvegcsövében és a higany tartályban elhelyezkedő higany keresztmetszetét, hogy egy kompenzált skálát szerkesszenek. Ez már figyelembe veszi az alsó higany szint változásait (27. ábra), s csak egy értéket kell leolvasni.



27. ábra: Állomási (kompenzált) barométer (Mészáros, 2013)

A nyers barométerállás korrekciói:

1.) Műszer korrekció: a barométert törzsbarométerrel kell összehasonlítani, ezáltal létrejön a műszerkorrekció. Ezt a barométerszekrényben kell kifüggeszteni.

2.) Hőmérsékleti korrekció: a higanyszint magassága a hőmérséklet hatására is változik. Ezt hőmérsékleti korrekcióval küszöbölik ki (ez esetben 0 °C-ra redukálunk):

$$\Delta p = - \frac{t}{10} \cdot \frac{p}{614},$$

ahol t a léghőmérséklet Celsiusban, p pedig a 1.) pont szerint már korrigált légnyomásérték. A gyakorlatban a hőmérsékleti korrekciót táblázat alapján végzik.

3.) Nehézségi korrekció: a nehézségi erő a földrajzi szélességgel, illetve a magassággal változik, ezért a barométerállást 45° tengersizintre, és 9,80665 m s⁻²-ra redukálják. Ezt a szélesség és magasság szerint kettős korrekciót általában állomásonként egyesítve alkalmazzák. Ezután a kapott értéket átszámítják hPa-ba.

4.) Műszerszínti és tengersizinti légnyomás kiszámítása: az előzőekben kapott érték a műszerszínti légnyomás. A tengersizintre redukált értéket úgy kapják, hogy a műszerszínti értékhez hozzáadják azt a mennyiséget, amit a barométer alatt a tenger szintjén mérnének, ha a teret levegő töltene ki.

II. Elektromos barométer: mérőegységből és tápegységből áll. A mérő szoftveres és hardveres eszközei biztosítják annak stabil működését az áramellátás zavara esetén is. A műszer a mért mennyiséget valamilyen nyomás-függő elektromos paraméterre alakítja át (28. ábra). A pontosság növelése érdekében általában több érzékelőt is használnak a műszeren belül. Az elektromos légnyomásmérők eltérő elven működhetnek. Egyik típusa a szilikon szenzoros elektromos barométer. Az érzékelőt ebben az esetben szilikonnal vonják be, melynek a vastagsága a nyomás változására ingadozik, ami mérhető. A készüléket hagyományos és automata állomásokon is használják.



28. ábra: Elektromos barométer (Mészáros, 2013)

III. Aneroid barométer: alapjául a rugalmas falú vidi dobozok szolgálnak, melyek belsejéből kiszívják a levegőt, a külső légnyomást pedig egy rugóval kompenzálják. A dobozok fala a magasabb nyomás felől benyomódik. Ennek mértéke arányos a levegő nyomásával (29. ábra). Folyamatos mérésre is alkalmazhatók, ez a légnyomásíró, vagyis a barográf (30. ábra). A vidi dobozok egy mutatóval vannak összekötve. Ez mozgatja az írókart, ami egy óraszerkezettel ellátott forgódobra csatlakozik; a körbefordulás során az éppen érzékelhető légnyomást regisztrálja a dobon lévő papírra tintapatronos íróhegy segítségével.



29. ábra: Aneroid barométer (<https://www.meteorologiaenred.com/wp-content/uploads/2019/04/Bar%C3%B3metro-aneloide.jpg>)



30. ábra: Barográf — légnyomásíró (saját felvétel, Beregszász, 2024)

A szél megfigyelése

A szél a levegő vízszintes mozgása a földfelszínhez viszonyítva, amelynek irányát, sebességét és lökésességét lehet megmérni.

A szél iránya

A meteorológiában a szél iránya az az égtáj, ahonnan a szél fúj. Megkülönböztetünk fő-, másod- és harmadrendű égtájakat. A szél iránya 10 fokra kerekítve adható meg.

A szélirány meghatározása

A szélirányt szélzászlókkal (31. ábra) határozzák meg. Ennek fő részei egy függőleges tengely, valamint az e körül szabadon forgó nem szimmetrikus alumínium testek. Egyik vége a vitorla, mely viszonylag nagy akadályt képez a szél útjában. Az eszköz ezután befordul az aktuális szélirányba. Lehetnek teljesen mechanikus szerkezetek, vagy a mechanikai változást elektromos jellé alakítók.



31. ábra: Vaisala típusú szélzászló (Ablonczy, 2018)

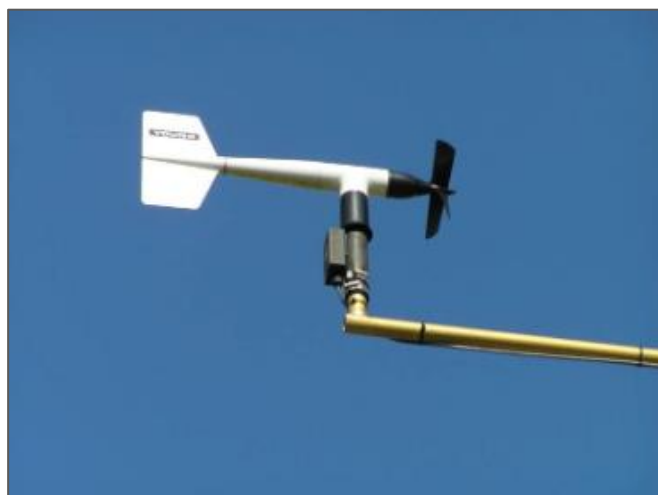
A szélesebséget mérő műszerek / anemométerek

1). Forgókanalas szélmérő: a műszer kónuszos alakú három kanalat tartalmazó szerkezet. Eleinte négy félgömb formájú kanalat alkalmaztak, azonban idővel rájöttek, hogy előnyösebb a három kanalas szerkezet. A gyakorlatban leginkább alkalmazott Vaisala típusú forgókanalas szélmérő (32. ábra) indulási küszöbe 0,4 m/s. A szél sebességét a szélkanalak tengelyének forgása által keltett elektromos impulzusokból határozzák meg.



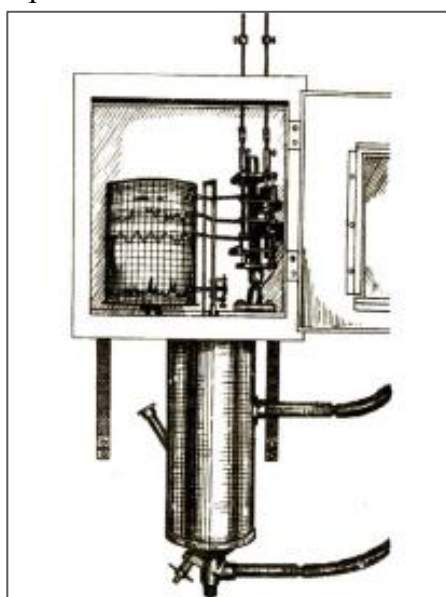
32. ábra: Forgókanalas szélmérő (Ablonczy, 2018)

2). Rotációs szélesség mérő: propelleres, vízszintes tengelyű műszer, mely szélutatót mér (33. ábra). Pontos, de szélirányfüggő; egybeépítik a széliránymérővel. Indulási küszöbe az a legkisebb szélesség, ahol a propeller (vagy kanál) éppen el kezd forogni. Ebben a sebességtartományban azonban a műszer még nem hiteles, a valódi szélességnél kevesebbet jelez. A gyors változásokat a kanalas, propelleres szélmérők bizonyos késéssel követik. Hibája a túlmérés, vagyis változókéony szélben a kanalas műszerek magasabb értékeket mérnek, mivel a pozitív gyorsulásra a kanál jobban reagál.



33. ábra: Rotációs szélesség mérő
(<https://docplayer.hu/109915571-Altalanos-meteorologia-2.html>)

3). Fuess-féle egyetemes szélíró: bonyolult, de pontos szerkezet, mely az elektromos eszközök elterjedése előtt a meteorológiai állomásokon a szél irányának, sebességének és lökésességének egyidejű meghatározására szolgált. A műszer egy rúdból, forgókanalakból, szélzászlókból, aerodinamikus szélesség-mérőből és írszerkezetből áll (34. ábra). A szélirány mérése szélzászlóval történik, ennek változásait egy merev rúd közvetíti az írókarra. A szélességet a forgókanalak mérik, a széllokkést pedig egy nyomócsöves anemométer. A műszerrel folyamatos mérés végezhető, a regisztráló szalagot naponta kell cserélni.



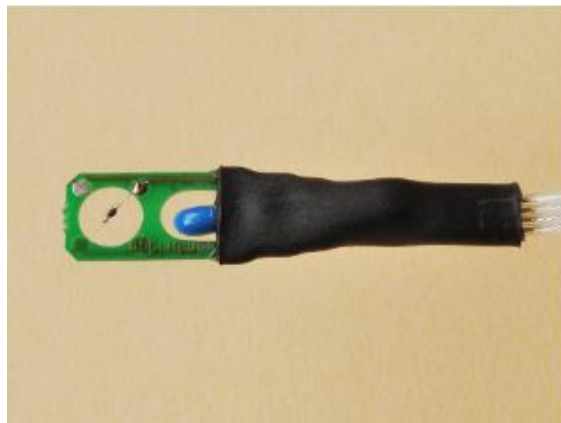
34. ábra: Fuess-féle egyetemes szélíró (Ablonczy, 2018)

4). Szónikus anemométer: a hangterjedés elvét használja a szélsébség mérésére. Ez a műszer ultrahangos hangimpulzusokat bocsát ki, amelyeket a levegőben lévő részecskék visszavernek. A hang különböző irányú terjedéséhez szükséges idő mérésével meghatározható a szél sebessége. Hosszú távon megbízható műszer. A 2D szónikus anemométerek a horizontális szélmező pontos meghatározására képesek. A 3D szónikus anemométereket elsősorban a felszínközeli turbulens áramok meghatározását teszik lehetővé a kutatóállomásokon (35. ábra). Az adatok feldolgozása során különböző korrekciókat kell alkalmazni, mert a mérést a hőmérséklet és a légnedvesség is befolyásolja.



35. ábra: Szónikus anemométer (Tóth, 2021)

5). Hődrótos anemométer: a műszerben egy vékony platina vagy volfrámszál az érzékelő, amit a szél áramlása hűt, ezért fűteni kell, hogy hőmérséklete állandó maradjon (36. ábra). Ennek hatására a fémszál ellenállása megváltozik. A szél sebességét az ellenállás és az áramlási sebesség közötti összefüggés alapján számolják ki. Érzékeny, pontos műszer, melynek kis mérete és gyors válaszüzeje van.



36. ábra: Hődrótos anemométer

(<https://docplayer.hu/109915571-Altalanos-meteorologia-2.html>)

A levegő nedvességtartalmának meghatározása

Nedvességi mérőszámok

A különböző nedvességi mérőszámok a légkör víztartalmát fejezik ki.

Harmatpont vagy harmatpont hőmérséklet az a hőmérséklet °C-ban megadva, amelyre a levegőt állandó nyomás mellett lehűtve az telítetté válik.

Abszolút nedvesség megadja, hogy 1 m³ levegőben hány g vízgőz van.

Relatív nedvesség azt mutatja, hogy a lehetséges víztartalom hány százaléka van a levegőben. A levegő akkor telített, ha a relatív nedvessége 100%.

Gőznyomás — egységnyi térfogatban a vízgőz részleges (parciális) nyomása, mértékegysége Pa.

Telítési gőznyomás a vízgőz nyomása telített állapotban (Pa).

Gőzsűrűség — egységnyi térfogatban levő vízgőz tömege (kg vízgőz / m³ levegő).

A levegő nedvességtartalmának mérésére szolgáló műszerek

1. Abszorpciós nedvességmérő — a műszerrel a levegő abszolút nedvessége mérhető. Bizonyos anyagok nedvszívó képességét használja ki. Meghatározott térfogatú levegőt valamilyen nedvszívó anyagon (abszorbensen) lassan keresztül áramoltatnak, melyek lehetnek foszfor-pentoxid, vagy magnézium-perklorát. Az anyag a levegő nedvességét magába szívja, ezáltal a súlya gyarapodik. Ekkor tömegváltozást mérnek, amiből következtetnek a levegő nedvességtartalmára. Ez egy abszolút műszer. Legpontosabban ez határozza meg a levegő abszolút nedvességét. Szabad területen azonban nem alkalmazható, csak laboratóriumi méréseknél használják.

2. Pszichrométer — a műszer két higanyos hőmérőből áll, mert a nedvességmérést a hőmérséklet meghatározására vezetik vissza. A nedves hőmérő tartályát muszlin anyaggal burkolják be, mely desztillált vízbe van áztatva. Ez a hőmérő a víz párolgása miatt (ami hőt von el) alacsonyabb értéket fog mutatni, mint a száraz hőmérő. Annál nagyobb lesz a hőmérők értékei közötti különbség, minél kevesebb vízgőzt tartalmaz a levegő. A száraz, illetve a nedves hőmérséklet közötti különbség (pszichrométeres hiány) alapján egy képlet segítségével kiszámolható a légnedvesség:

$$e = E' - AP(t - t')$$

E — telítési gőznyomás;

A — egy állandó, mely a konstrukciótól is függ;

P — légnyomás;

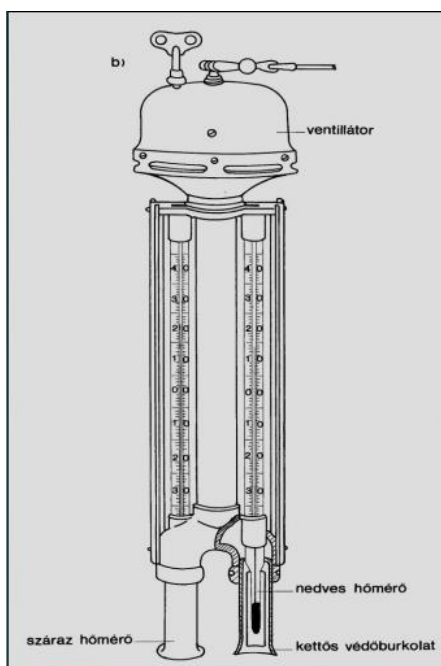
t — a száraz hőmérő értéke;

t' — a nedves hőmérő értéke.

Problémát jelent, hogy a víz 0 °C-on megfagy, így ennél alacsonyabb hőmérsékleten nem használható.

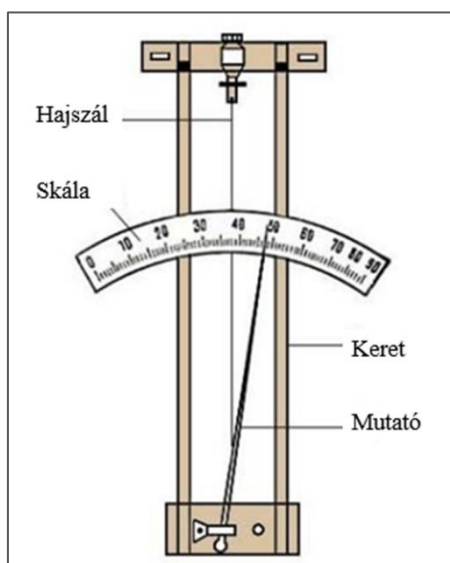
Assmann-féle pszichrométer — vagy szellőztetett pszichrométer, melyben felül egy ventilátor helyezkedik el, és csöveken egyenletes sebességgel szívja fel a levegőt. Árnyékolt, fémborítású műszer. Két hőmérőből áll, melyek egy fényesre csiszolt, nikkelezett, kettős falú fémcsőben vannak elhelyezve, ami a sugárzástól védi őket. A műszerhez a levegő áramlását biztosító aspirátor is tartozik (37. ábra). Az egyik hőmérő higanygömbje muszlinburkolatban van, ami állandóan vízbe lóg bele. Mivel a párolgáshoz hő használandó el, a nedves hőmérő alacsonyabb hőmérsékletet mutat.

Tehát: a száraz-nedves hőmérők segítségével határozható meg a száraz (normál) és a nedves hőmérséklet, s ezek különbsége alapján a pszichrometrikus különbség is.



37. ábra: Assmann-féle pszichrométer (http://www2.sci.u-szeged.hu/eghajlattan/pdf/met_muszerek_A_I.pdf)

3. Hajszálas higrométer — a levegő relatív nedvességének meghatározására szolgáló műszer (38. ábra). A páratartalom mérés az egyes testek azon képességén alapszik, hogy felveszik a levegőből a vízgőzt. Emiatt a testek deformálódnak, megváltoznak tulajdonságaik. A műszerben emberi hajszál alkalmaznak, mely a nedvesség hatására megnyúlik. A hajszál megfelelően elő kell készíteni (etiléterben zsírtalanítani, desztillált vízben jól kiöblíteni). A hajszál megnyúlása a relatív nedvesség hatására nem jelentős változást mutat (ha a relatív nedvesség 0-ról 100%-ra nő, a hajszál csak 2,5%-kal nyúlik meg). Problémát jelent, hogy hőtágulás hatására is megnyúlik a hajszál, de a hőmérsékleti korrekciót nem szokás figyelembe venni; illetve szennyeződhet. Előnye, hogy egyaránt használható pozitív és negatív hőmérsékleten.



38. ábra: Hajszálas higrométer
(<https://sovet-ingenera.com/vent/oborud/izmeritel-vlazhnosti-vozduha-svoimi-rukami.html>)

Hajszálas higrográf (39. ábra) — a nedvességíróban hajszálköteget alkalmaznak kifesztve, ami megnyúlik a levegő relatív nedvességtartalmának függvényében, és egy írókart mozgat. Ez a kar a forgóhengeren elhelyezett papírlapra rögzíti a légnedvesség változását.



39. ábra: Hajszálas higrográf (saját felvétel, Beregszász, 2024)

A felhőzet megfigyelése

A felhő diszperz rendszer, vagyis egy légnemű közegben szilárd és cseppfolyós halmazállapotú részek keveredése. A felhő belsejében a levegő túltelített állapotba kerül, így annak vízgőz tartalma kicsapódik vagy kikristályosodik.

Felhőzet mennyisége

A felhőzet mennyisége azt jelenti, hogy milyen mértékben borítja az eget az adott felhő, vagy az égen egy időben található összes együttesen. A felhőborítottságot egy tízes skálán adják meg. Ha az égboltot teljesen beborítják a felhők, akkor a felhőborítottságot 10 pontra becsülik.

Felhőalap magassága

A felhőalap magassága az a legalacsonyabb szint, ahol az adott felhő megjelenik. A felhőalap magasságát méterben adják meg.

Felhőosztályok:

- I. Magasszintű felhők — alapmagasságuk 6000 méter fölött van.
- II. Középszintű felhők — 2000 és 6000 méter közötti a felhőalap.
- III. Alacsonyszintű felhők — 2000 méter alatt található az alapmagasságuk.
- IV. Függőleges kiterjedésű felhők — nagy a vertikális kiterjedésük, a felhőalap 2000 méter alatt, a felhőtető 5000 méter fölött helyezkedik el.

Felhőtípusok:

- I. a). Cirrus (Ci) — pehelyfelhő (40. ábra). Apró jégkristályokból áll, melyek szétszórtan helyezkednek el, ez adja átlátszó jellegüket; így legfeljebb szűrni tudják a napsütést, de eltakarni nem. Szerkezetük rostos, fonalas. A Cirrus-ból nem hull csapadék.



40. ábra: Cirrus, vagy pelyhelyfelhő
(https://www.metnet.hu/felho_atlasz)

b). Cirrocumulus (Cc) — magasszintű gomolyfelhő (41. ábra), vagy más néven bárányfelhő. Jégkristályokból áll. Vékony, fehér, önálló árnyék nélküli felhőlepel vagy felhőréteg, amely fodroszerű elemekből áll. A Cirrocumulus-ból nem hull csapadék.

c) Cirrostratus (Cs) — magasszintű rétegfelhő (42. ábra), vagy fátyolfelhő. Túlnyomórészt kis méretű jégkristályok alkotják. A felhő nem sűrű, és nem is vastag. Szűri a napsütést, részben, vagy egészben eltakarja az eget. Nem figyelhetők meg rajta szabályos elrendeződésű elemek, szerkezete rostos, színe fehéres, áttetsző. A Cirrostratus-ból nem hull csapadék.



41. ábra: Cirrocumulus, magasszintű gomolyfelhő
(<https://www.metkep.hu/felhoatlasz-2/>)



42. ábra: Cirrostratus, magasszintű rétegfelhő
(<https://www.metkep.hu/felhoatlasz-2/>)

II. a). Altostratus (As) — középszintű rétegfelhő, vagy lepelfelhő (43. ábra). Függőleges kiterjedése több ezer méter, felső része jégkristályokból áll. Középső részén jégkristályok, hópelyhek, túlűlt vízcseppek találhatók. Alsó fele túlűlt vízcseppekből, esetleg nagyobb vízcseppekből áll. Nem minden esetben van jelen mindhárom réteg. Szürkés vagy kékes felhőlepel. Egészben is beboríthatja az eget; a Napot vagy a Holdat elhomályosíthatja. Csapadék származik belőle, ami általában folytonos eső, hó, dara.

b). Altocumulus (Ac) — középszintű gomolyfelhő (44. ábra), vagy pánafele. Ezek a felhők általában apró vízcseppekből állnak. Fehér és szürke színű felhőtakarók vagy felhőrétegek. Kinézetét tekintve lehet párnás, hengeres, látszatra tépett. Az Altocumulus-ból nem hull csapadék.



43. ábra: Altostratus, középszintű rétegfelhő
vagy lepelfelhő (https://www.metnet.hu/felho_atlasz)



44. ábra: Altostratus, vagy középszintű gomolyfelhő
(<https://www.metkep.hu/felhoatlasz-2/>)

III. a). Stratus (St) — rétegfelhő (45. ábra). Általában kis vízcseppek alkotják, de alacsony hőmérsékleten apró jégreszecskek is megjelennek a felhőben. Színe leginkább szürkés, felhőalapja egyenletes, de előfordulhat szakadozott jellegű elrendeződése is. Egyes esetekben elvékonyodhat, amikor a Nap is átlátszik rajta. Vastagabb és sűrűbb stratus rétegekből hullhat szitálás, szemcsés hó, nagyon alacsony hőmérsékleten jégtű.



45. ábra: Stratus — rétegfelhő (https://www.metnet.hu/felho_atlasz)

b). Stratocumulus (Sc) — réteges gomolyfelhő (46. ábra). Szürke, vagy fehérés árnyalatú felhőtakaró vagy felhőréteg, melyben mindig tapasztalható sötétebb szín. Általában vízcseppekből áll, melyekhez hódara, ritkábban jégkristályok, hópelyhek társulnak. Elemei gyakran rendeződnek sorokba, csoportokba. A felhőelemek elkülönülten jelentkeznek, helyenként lyuggatott réteget képeznek. Csapadék hullhat belőle, ami eső, hó esetleg dara.



46. ábra: Stratocumulus, réteges gomolyfelhő
(https://www.metnet.hu/felho_atlasz)

c). Nimbostratus (Ns) — réteges esőfelhő (47. ábra), melynek nagy a vertikális kiterjedése, s ennek köszönhetően vegyes halmazállapotú. Tartalmazhat vízcseppeket, túlhűlt cseppeket, jégkristályokat, hópelyheket. Szürke, gyakran sötét felhőréteg, folyamatosan hulló esőt vagy havazást eredményez. A felhő olyan vastag, hogy teljesen eltünteti a Napot.



47. ábra: Nimbostratus, réteges esőfelhő
(https://www.metnet.hu/felho_atlasz)

IV. a). Cumulus (Cu) — gomolyfelhő (48. ábra), mely főként vízcseppekből áll. A felhők különálló részekként jelentkeznek, általában sűrűk és éles körvonalúak, tornyosulnak. Napsütötte felső részük ragyogóan fehér, míg alapjuk viszonylag sötét színű. Záporszerű csapadékot ad. Akár zivatarfelhővé is alakulhatnak.



48. ábra: Cumulus, gomolyfelhő
(https://www.metnet.hu/felho_atlasz)

b). Cumulonimbus (Cb) — zivatarfelhő (49. ábra). Főként vízcseppekből áll, de magasabb részein jégkristályok alkotják. Tartalmazhat még nagyobb jég szemeket is. Vastag, sűrű, nagy függőleges kiterjedésű felhő. Feltornyosult alakú, melynek alapja rendszerint sötét. A felhőalapból jól megfigyelhető csapadéksáv ereszkedik alá. Villámlás, dörgés és jégeső csak ebben a típusú felhőben alakul ki. Záporszerű intenzív csapadék hullhat belőle.



49. ábra: Cumulonimbus, vagy zivatarfelhő
(<https://www.metkep.hu/felhoatlasz-2/>)

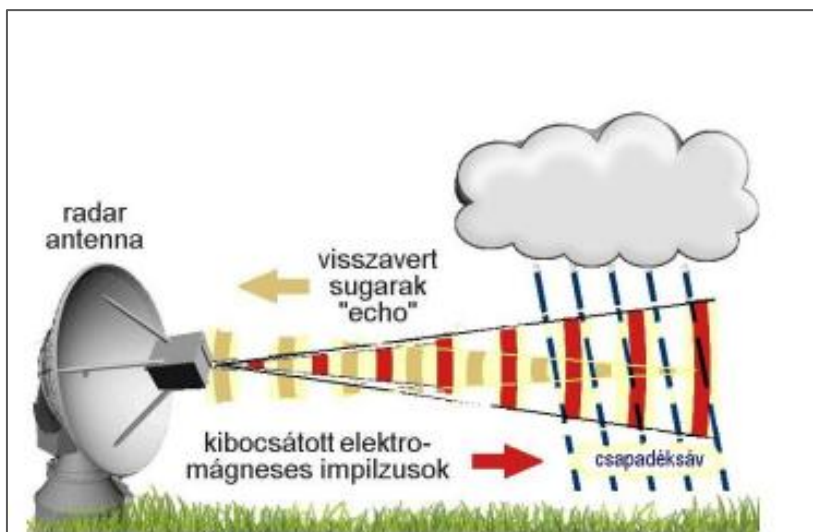
A felhőalap meghatározása

1. Lézer ceilométer — a felhőalap automatikus mérésére szolgáló műszer (50. ábra). Működése során meghatározott időnként egy rövid ideig tartó lézer impulzust bocsát ki függőleges, vagy közel függőleges irányba. Ez a lézernyaláb a levegőben lévő pára, köd, por, csapadék és felhőelem részecskéken elnyelődik, illetve szóródik. A kibocsátott és a visszaérkező jel időkülönbségéből a felhő távolsága könnyen kiszámolható. A műszer 15 km-es magasságig képes feltérképezni a légkör szerkezetét, így információt tud szolgáltatni a felhőalap és felhőtető magasságáról. A magasabban lévő felhőkről is képes tájékoztatni, amikor azok az összefüggő alacsony felhőzet miatt lentről nem láthatók. Az ég felé néző szenzor védőburkolatára hulló hó, szennyeződések módosíthatják a mérést, ezért rendszeresen tisztítani kell.



50. ábra: Lézer ceilométer
(<https://www.flickr.com/photos/armgov/4660744116>)

2. Felhőradar — aktív távérzékelési eszköz. Mágneses impulzust (elektromágneses hullám) bocsát ki 1°-os sugárnyalámban (51. ábra). A nyaláb útjába kerülő tárgyak, pl. felhők szórják azt. A radarantenna felé szórt, késéssel érkező, visszavert sugárzást a radar nagyérzékenységgű vevője detektálja. A késési időből megállapítható a visszaverő cél-objektum távolsága.



51. ábra: Felhőradar (Ablonczy, 2018)

A csapadék megfigyelése. Csapadékfajták

Csapadéknak nevezzük a levegőben jelenlévő vízpára kiválásának végeredményét, mely lehet szilárd, folyékony és vegyes halmazállapotú. A csapadéknak a minőségét és a mennyiségét is meg lehet határozni. Minőségének vagy fajtájának a megállapítása szemmel történik. Két nagy típust különböztetnek meg: a hulló (felhőkből származó) és a talajmenti (mikro) csapadékfajtákat.

I. Hulló részecskék

A felhőkből származó csapadékot hulló csapadéknak nevezzük. A felhők megjelenése már utalhat a várható csapadék jellegére. Megkülönböztetnek folyékony, szilárd és vegyes halmazállapotú hulló csapadékot.

Folyékony halmazállapotú csapadékfajták

1. Szitálás: 0,5 mm-nél kisebb vízcseppekből álló csapadék. Egyenletesen hull, jelentéktelen mennyiségű csapadékot ad. Zárt rétegfelhőzetből (Stratus, Altostratus) érkezik. Megkülönböztethető:

- *gyenge szitálás* – ruházaton kevés észrevehető nyomot hagy; a betonjárda alig, az aszfalton jobban észrevehető;

- *közepes szitálás* – már érezhető a bőrön és a ruházaton is; a betonjárda elveszíti világos színét; az aszfalt egyértelműen nedves lesz;

- *erős szitálás* – rövid idő alatt a ruházat is átnedvesedhet; minden típusú felületen jól látható a szitáló cseppek nyoma; a szitálást az esőtől a csapadékelemek mérete különbözteti meg.

Gyakran előfordul, hogy a felhőből távozó vízcseppek elpárolognak, mielőtt a talajt elérnék. Ez a jelenség a virga (52. ábra).



52. ábra: Virga (<https://www.metoffice.gov.uk/weather/learn-about/weather/types-of-weather/clouds/other-clouds/virga>)

2. Eső: 0,5 mm-nél nagyobb vízcseppekből álló csapadék. Gyakran réteges esőfelhőből (Nimbostratus-ból) hullik. A csapadék hosszú időn keresztül egyenletes, ám intenzitása változó, értéke 1–4 mm/h között van.

Gyenge intenzitás – a szemerkélő eső apró cseppekből áll, mely kevés mennyiségű csapadékot ad. A látástávolság nem változik; a szilárd burkolatú felületek nedvessé válnak, de vízfolyás nem keletkezik rajtuk.

Közepes intenzitás – a szilárd burkolatú felületeken a lejtés irányába kis átfolyások keletkeznek; a fűfelszín és a talaj viszont képes elnyelni a csapadékot.

Erős intenzitás – a víz hömpölyög a felszínen, a mélyedésekben és az aljnövényzet között megáll. A látástávolságot jelentősen rontja, akár 1 km alá is csökkenhet.

3. Zápor: olyan csapadék, mely gomolyos szerkezetű Cumulus felhőkből vagy zivatarfelhőkből (Cumulonimbus) érkezik; váltakozó intenzitású, általában rövid ideig tart, heves csapadékhullás jellemzi. Halmazállapot szerint megkülönböztetünk vízcseppekből vagy hókristályokból álló záport. Az esőcseppek mérete elérheti az elméletileg lehetséges legnagyobbat, 6–8 mm-t. Ez azzal magyarázható, hogy ezekben a felhőtípusokban a levegő feláramlási sebessége nagy, ami kedvez a nagyobb cseppméret létrejöttének. A záporos csapadék intenzitása nem csak időben, hanem térben is erősen változhat. Zivatarfelhőből rövid idő alatt akár 20–30 mm eső hullhat, de mérték már ennél nagyobb értéket is.

4. Ónos eső: a lefelé hulló szilárd halmazállapotú csapadék magasabb hőmérsékleti tartományba érkezik, ahol megolvad. A hőmérséklet még alacsonyabb szinten újra csökken, de a vízcseppek nem tudnak azonnal megfagyni, csak túlhűlnek. A túlhűlt vízcseppek a talajhoz vagy a felszíni tereptárgyakhoz leérve azonnal megfagynak, és vékony jégréteget képeznek rajtuk (53. ábra). Altostratus, Nimbostratus, vagy Stratocumulus felhőből származnak. Melegfront esetén előforduló csapadék.



53. ábra: Az ónos eső által keltett jégbevonat (<https://www.agroinform.hu/gazdaelet/onos-eso-jeg-agrometeorologia-csapadek-52844-001>)

Szilárd halmazállapotú csapadékfajták

5. Havazás: a szilárd halmazállapotú csapadék a Nimbostratus, az Altostratus és a Stratocumulus típusú felhőzetből hullik. A kialakulásuktól függően a csapadékrészecskék formája igen változatos képet mutat. Alacsonyabb hőmérsékleten, amikor a jégkristályok nem ütköznek vízcseppekkel, megőrzik a kialakulásukkor felvett szabályos hatszögletű formájukat (54. ábra). Magasabb hőmérsékleten az erős zúzmarásodás következtében a szabályos kristályszerkezet már nehezebben ismerhető fel.



54. ábra: Hókristályok (<https://ng.24.hu/tudomany/2021/12/30>)

6. Hódara: ha erősen zúzmarásodott jégkristályok ütköznek egymással, akkor hódara alakul ki. Ez a csapadék fehér színű, nem átlátszó a jégkristályok közötti levegőbuborékok miatt (55. ábra). A csapadékelemek nagysága 2 és 5 mm között van, alakjuk lehet gömb vagy kúp. A hódara a téli félévben jelentkező csapadék, mivel olyan felhőben alakul ki, ahol a hőmérséklet fagypont alatt van. Stratocumulus vagy Cumulonimbus felhőből hull. A hódara részecskék a kemény talajra felpattanva érkeznek.



55. ábra: Hódara (<https://ng.24.hu/tudomany/2021/12/30>)

7. Jégdara: mérete hasonló a hódarához, de abban különbözik tőle, hogy fagyott vízcseppből jön létre. Emiatt ez a csapadék átlátszó, alakja gömb (56. ábra). Gyakran esővel együtt érkezik Cumulonimbus felhőből. A jégdara többnyire kora ősszel vagy késő tavasszal jelentkezik, amikor a 0 °C-os izoterma nincs annyira magasan, hogy a felhőből kieső, néhány milliméteres jégrészecske teljesen elolvadjon talajra érkezése előtt.



56. ábra: Jégdara

(<https://24.hu/tudomany/2022/04/24/idojaras-zivatar-jegeso-vihar-2022-aprilis/>)

8. Szemcsés hó (hószemer): általában 1 mm-nél kisebb méretű szilárd szemcsék, melyek a felszínre hullva nem pattannak fel. Hasonló csapadék, mint a szitálás, csak ez fagypon alatti hőmérsékleten keletkezik. Startus felhőből hullhat.

9. Jégtű: nagyon kicsi, vékony jégkristályok, melyek átmérője 100 µm-nél kisebb. Ez a csapadék általában –10 °C alatti hőmérsékleten képződik.

10. Jégszemek: nagyra nőtt jégdara, átmérője nagyobb, mint 5 mm. Alakjuk szabályos, szerkezetük homogén. Sűrű szemcsék formájában jelentkezik. Cumulonimbus felhőből hulló csapadék.

Vegyes halmazállapotú csapadékfajták

11. Havas eső: eső és hó egyidejű előfordulása Altostratus, Nimbostratus, vagy Stratocumulus típusú felhőből. Keletkezésük esetében a levegő pozitív hőmérsékletű, így a felhőből kihulló hókristályok vagy hópelyhek részben elolvadnak (57. ábra). A csapadék intenzitása változó: lehet egyenletes és zápor szerű.



57. ábra: Havas eső

(<https://karpathir.com/2018/02/18/a-kovetkezo-napokban-ismet-tobbfele-varhato-havas-eso-havazas/>)

12. Jégeső: a nyári évszakban jelentkezik, zivatarfelhőből hull. A jég szemek átmérője 5 mm-nél nagyobb, méretének azonban felső korlátja nincs; ez attól függ, hogy milyen a zivatarfelhőben felfelé áramló levegő sebessége és víztartalma (58. ábra). A jég szemek alakja igen változatos, belső struktúrájuk réteges szerkezetű.



58. ábra: Jég szemek

(<https://index.hu/belfold/2021/07/09/jegeso-figyelmeztetes-methu/>)

II. Mikrocsapadékok

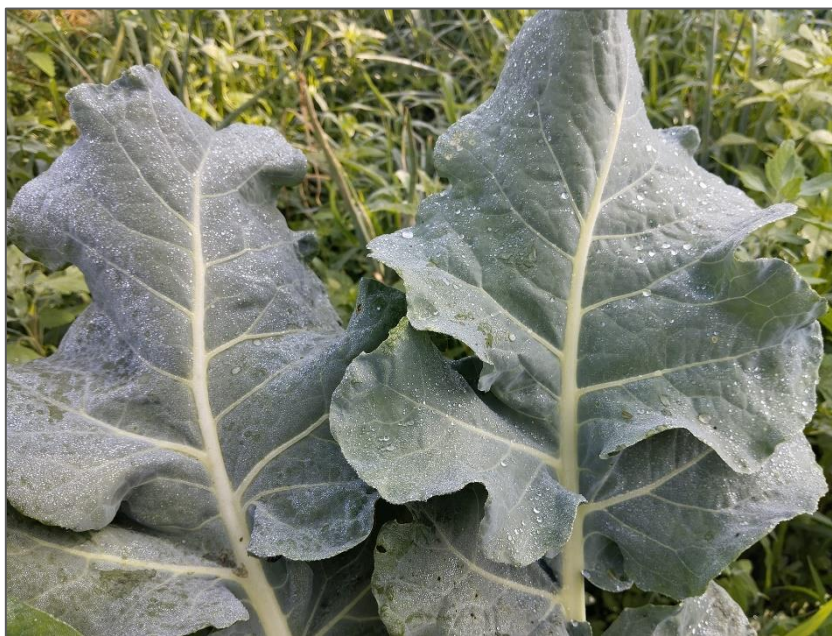
A felhőkből hulló csapadékokon kívül megkülönböztetünk még a légkörből közvetlenül a felszíni tereptárgyakra kicsapódó típusokat is. A ködöt alkotó apró vízcseppek szintén megjelenhetnek ilyen formában. Ezek mennyisége jelentéktelen a felhőből érkező csapadékokhoz képest, ezért mikrocsapadékoknak is nevezik őket. Vannak azonban a Földön olyan területek, ahol a mikrocsapadékok adják az éves mennyiség nagy részét (pl. a sivatagokban).

A legjellegzetesebb mikrocsapadék fajták a következők:

1. Harmat: földközelsben a harmatpont alá hűlt levegő vízgőztartalmának kicsapódása fagypont feletti hőmérsékleten (59. ábra). Leginkább a nyári időszakban keletkezik felszíni növényzeten megjelenő vízcseppek formájában éjjel vagy hajnalban. Szerepe jelentős a növények életében, mert száraz időjárás esetén a harmat az egyetlen forrás, ami részlegesen pótolhatja a vízvesztést. Lehet helyben lecsapódó, vagy adveksiós is.

Helyben lecsapódó harmat: a levegő alig mozog, a kicsapódás főleg a vízszintes felületekre történik, melyek hőmérséklete a hajnali kisugárzás miatt a harmatpont alá süllyed.

Adveksiós harmat: lassan áramló levegő a harmatpontjánál alacsonyabb hőmérsékletű tárgy felett elhaladva kiadja vízpáráját főleg a függőleges felületekre.



59. ábra: Harmat (saját felvétel, Vári, 2024)

2. Dér: ha a levegő harmatpontja 0 °C alatt van, akkor a talaj közelében lévő tárgyakra a vízgőz kristályos, hószerű bevonatot alkotva csapódik ki (60. ábra). A dér jellemzően a téli időszakban keletkezik, szintén lehet helyben lecsapódó vagy adveksiós.



60. ábra: Dér (saját felvétel, Vári, 2020)

3. Zúzmará: szélcsendes, fagyos időben a túlhűlt köd- vagy felhőcseppek különböző tárgyakhoz érnek, és azokra ráfagynak. Fehér színű, jégkristályokból álló bevonat keletkezik, mely a dérnél sűrűbb és keményebb, de a jégbevonatnál lágyabb és kevésbé átlátszó. Kialakulásának kedvez a túlhűlt cseppek kis mérete. A megfagyott cseppek méretétől függően megkülönböztetünk finom, durva és jeges zúzmarát.

a.) Finom zúzmará: általában $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ hőmérséklet alatt, szélcsend közeli állapotban keletkezik; olyan kristályos réteg, amely a tárgyak felszínét közel egyenletesen borítja, s könnyen lekaparható (61. ábra).

b.) Durva zúzmará: általában -2 és $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ között, mérsékelt szélben keletkezik, a tárgyak szél felőli oldalán képez vastagabb bevonatot; tapadása nagyobb, mint a finom zúzmaráé, de lekaparható (62. ábra).

c.) Jeges zúzmará: 0 és $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ közötti hőmérsékleten keletkezik, amikor a víz lassabban fagy meg, ezért be tud hatolni a résekbe, és tömör réteget alkot (63. ábra). A tárgyak felszínét összefüggő réteggként vonja be, mely igen erősen tapad, és csak nehezen távolítható el (pl. kalapáccsal, olvasztással).



61. ábra: Finom zúzmará

(<https://www.eumet.hu/erdekesssegek/zuzmara-vagy-der/>)



62. ábra: Durva zúzmara

(<https://www.eumet.hu/erdekesssegek/zuzmara-vagy-der/>)



63. ábra: Jeges zúzmara

(<https://pecsaktual.hu/meteor/ha-nincs-ho-van-zuzmara-varazslatosan-feher-most-a-mecsek/>)

4. Ködlecsapódás: $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ fölött hőmérsékletű ködből $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ fölötti hőmérsékletű tereptárgyakra kicsapódó vizet nevezzük így. Jelentős mértékű ködlecsapódás csak a hegyek szél felőli oldalán jelentkezik.

A csapadék mérése

A csapadék mérése során a következő paraméterek állapíthatók meg:

1. A csapadék mennyisége: annak a vízrétegnek a magasságával fejezik ki, amely a sima, vízszintes felszínen állna a csapadékhullás után, ha abból semmi sem folya le, és nem párologna, szivárogná el. A csapadékmennyiség mérését $0,1\text{ mm}$ pontossággal végzik. 1 mm csapadék 1 négyzetméter felületen 1 liter víznek felel meg.

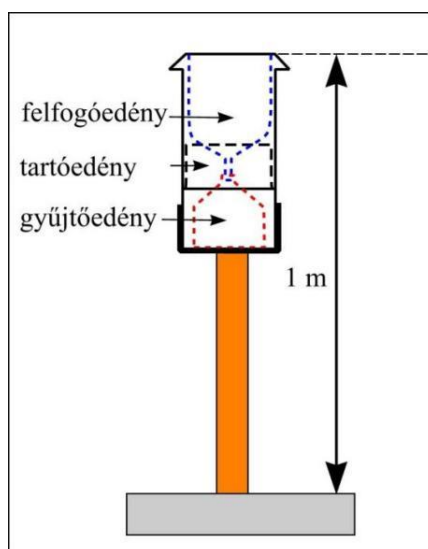
2. A csapadékhullás időtartama.

3. A csapadékhullás intenzitása, vagyis az időegység alatt lehullott vízmennyiség. Mértékegysége: mm/óra .

Csapadékmérő műszerek:

1. Hellmann-féle ombrométer: a műszer három részből áll, ezek a felfogóedény, a gyűjtőedény és a tartóedény (64. ábra). A felfogóedény méretei: keresztmetszete 200 négyzetcentiméter, átmérője 159,6 mm. A csapadékmérő henger alakú, fala kettős alumínium réteg, ami a párolgást akadályozza. A felfogóedény alsó részén szűkítés található. Ezen keresztül jut a vízmennyiség a gyűjtőedénybe. Télen a szél által keltett turbulencia a havat kiemelheti a felfogóedényből, emiatt annak felső részébe hókeresztet helyeznek. Ez megakadályozza a hó kifúvódását (65. ábra).

A csapadékmennyiség lemérése úgy történik, hogy leemelik a felfogóedényt, és a gyűjtőedényben összegyűlt vizet egy üveg mérőhengerbe öntik (66. ábra). A 0,1 mm beosztású skálán leolvassák a vízoszlop magasságát úgy, hogy a vízoszlop meniszkuszának legalacsonyabb pontját nézik. Télen az egész csapadékmérőt leemelik, majd szobahőmérsékleten megolvasztják a havat, és az előbbi módon határozzák meg a csapadék mennyiségét. Ehhez a művelethez két csapadékmérő szükséges, hogy a leolvasztás időtartama alatt is mérhető legyen az éppen akkor hulló csapadék.

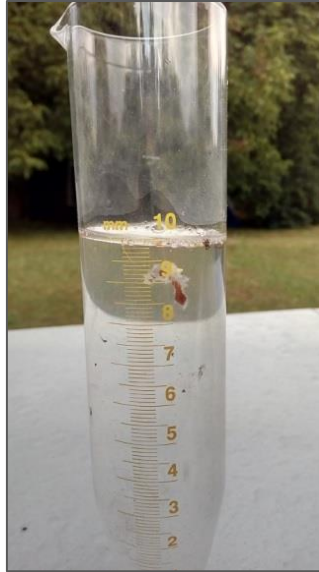


64. ábra: Hellmann rendszerű csapadékmérő (Mészáros, 2013)



65. ábra: Hókeresztrel ellátott ombrométer

(https://www.metnet.hu/pic/metnet_upload.php?im=www.metnet.hu_39523_m.jpg)



66. ábra: Üveg mérőhenger (<https://vmeteo.hu/meglepetes-hozivatar-veszpremben-2016-julius-elso-napjan-tuba-herend-felett>)

2. Tretyakov-féle csapadékmérő: a műszer alkalmas folyékony és szilárd csapadék mérésére egyaránt. Az eszköz fő része egy fémből készült henger alakú edény, mely 40 cm magas, és felülete 200 cm²-nyi felszínnek felel meg. Ennek közepében egy szűkítés található, ami megakadályozza a csapadék párolgását az edényből. Egy lezárható kiöntő is található rajta, amin keresztül a csapadékot a mérőhengerbe öntik. A mérőhenger beosztása 0,1 mm.

Az edény körül 16 fémlepleből álló szélgallér található, melyek gyengítik a szél sebességét a műszer fölött, és megakadályozzák a csapadék szél által való kifújását (67. ábra). Naponta négy alkalommal mérik a csapadékot; a szilárd vagy a vegyes halmazállapotú csapadékot felolvasztják. A folytonos mérés biztosítása végett az állomásokon két műszert alkalmaznak.



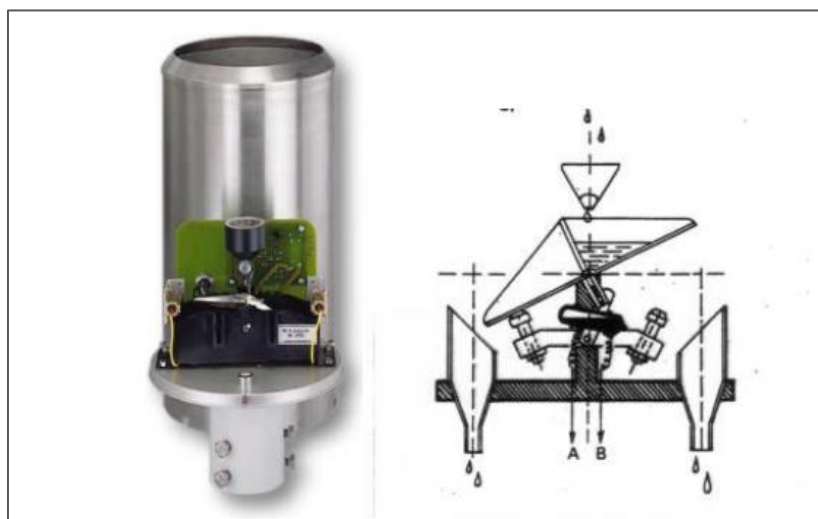
67. ábra: Tretyakov-féle ombrométer Nipher-féle szélgallérral (saját felvétel, Beregszász, 2024)

3. Mougin-féle csapadékgyűjtő (totalizátor): olyan helyeken használják, ahol nem megvalósítható a naponkénti mérés (68. ábra), évente akár csak egy alkalommal olvassák le az összegyűlt csapadékot. Magas hegyvidékeken alkalmazzák leginkább. Gyűjtőtartálya nagy méretű. A gyűjtőedényben a víz tetején vékony olajréteget használnak a párolgás megakadályozása érdekében. A csapadékgyűjtőt szélgallér veszi körül, hogy a szél ne fújja ki az éppen belekerülő cseppeket.

4. Billenőcsészés csapadékmérő: elektronikus műszer, ami távmérésre is alkalmas. A műszer felépítése és működése a következő: a csapadék a felfogóedénybe jut, aminek felépítése azonos a csapadékmérőével, majd onnan a kétrészes billenőcsészébe folyik. Az egyik csésze megtelve vízzel átbillen és kiürül, miközben a csapadék a másik csészébe jut (69. ábra). Az átbillenés meghatározott csapadék mennyiségenként történik, általában 0,1 mm-ként. A rendszer télen fűthető. Ha intenzív a csapadékhullás, akkor alulmér, mert a mérleg nem tudja követni ennek gyorsaságát.



68. ábra: Mougin-féle csapadékgyűjtő a Fekete-Tisza forrása felett (Mészáros, 2013)



69. ábra: Billenőcsészés csapadékmérő (OMSZ útmutató, 2018)

5. Lézeres cseppspektrum-mérő: multifunkcionális csapadékmérő eszköz (70. ábra). A jeladó és a detektor közötti térben érzékeli a csapadék fajtáját, annak intenzitását, továbbá a csapadékelemek méretét és sebességét is. A szenzor a gyenge csapadékot is jól tudja mérni. Ezen kívül előnye még a billenőcsészés csapadékmérőhöz képest, hogy nincs mozgó eleme, a nagy csapadékindenzitásnál sem mér alá, és télen nem kell fűteni, így jóval kevesebb hibalehetőség adódik.



70. ábra: Lézeres cseppspektrum-mérő (Tóth, 2021)

6. Csapadékiró (ombrográf): alkalmas a csapadék intenzitásának mérésére is (71. ábra).



71. ábra: Ombrográf (Benke, 2008)

Működési elve a következő: egy csövön keresztül jut be a csapadék a műszerbe, és egy írókar az óraműtől hajtott forgódobon lévő szalaghoz ér. A felfogó nyíláson befolyó esővíz tölcserén és csövön át egy úszót tartalmazó hengerbe folyik, melyen túlfolyó található. A befolyó víz fölemeli az úszót,

és vele együtt az úszó függőleges rúdjaera erősített írókart is. Az írókar egy forgó hengerhez csatlakozik. A forgóhengerre naponta vagy hetente — a körbefordulási időtől függően — előrenyomtatott adatlapot rögzítenek, amin a csapadék magasságán kívül annak időbeni eloszlását is rögzíti a műszer. Ha a henger megtelik, és az írókar a dobon lévő adatlap tetejéig ér, akkor az oldalt kinyúló szívócső automatikusan leüríti a hengert, és az írókar ismét a "0" ponthoz tér vissza.

A hó mennyiségének mérése. A hóvastagság mérésére szolgáló eszközök

A szilárd halmazállapotú csapadék megmérése úgy történik, hogy a mérőedénybe hullott havat megolvasztják, majd megmérlik, hogy ez hány milliméter víznek felel meg. A lehullott hó víztartalma eltérő lehet. Általában 1 centiméter friss hó elolvadása után 1 milliméter víznek felel meg. A nedves hóból 6 milliméter elég, hogy 1 milliméter vizet kapjunk. A hideg, száraz hóból ehhez már 3 cm-nek kell hullania.

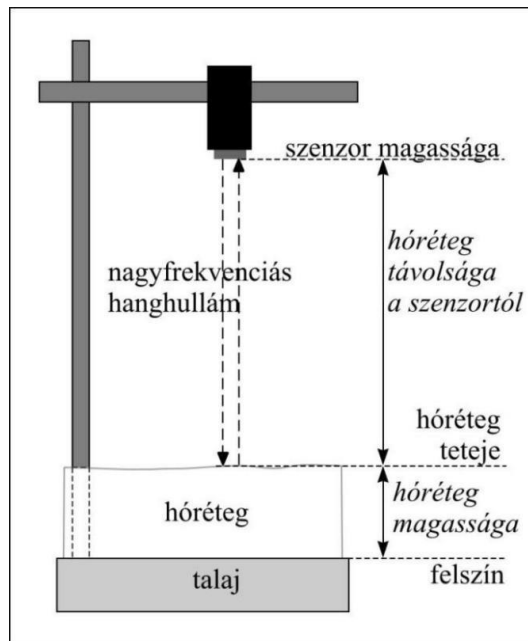
1. Hómérő léc: a hótakaró vastagságát egy mérőléccel cm-es pontosságban, vízszintes, szélvédett helyeken állapítják meg, ahova a szél nem fújja össze a lehullott havat. Az eszköz egy két méter hosszú, 5—6 cm széles, 2—3 cm vastag rúd, mely fehérre van festve (72. ábra). Első oldalára centiméter skála van rajzolva. Minden páratlan beosztást fekete szín jelöl, a számozás tízesével van felírva. Alsó vége hegyes, hogy a hórétegben könnyebben elmerüljön. Általában három ponton mérik a hóvastagságot, és azt átlagolják. A mérést reggel 7 órakor végzik.



72. ábra: Hómérő léc

(https://cdn.meteoprog.net/pictures/news_v_2/68c545ddc67fca960196fbe1c075a029.jpg)

2. Hóvastagság-mérő szenzor: a hótakaró vastagságának mérésére szolgál. A műszer egy meghatározott magasságban elhelyezett szenzorból nagyfrekvenciás hanghullámot bocsát ki lefelé, a hóréteg irányába (73. ábra). Az innen visszaverődő hanghullámot a műszer érzékeli. A kibocsátás és az érzékelés között eltelt idő megállapítható, amiből kiszámítható a hóréteg magassága.



73. ábra: Hóvastagság mérő szenzor (Mészáros, 2013)

A **hósűrűség** mérésére **hómérő henger** használnak (74. ábra). Az eszköz fémből készül, egyik végén fedéllel le van zárva, a másik vége nyitott, de szélén vágóél van. A gyűjtőhengeren 0-tól 50 cm-ig rajzolt skála található. Magassága 60 cm, alapfelülete 50 cm². A hengeren egy gyűrű helyezkedik el, amellyel mérlegeléskor fel tudják akasztani. Méréskor az éles végével a hóba kell mártani egészen a talajfelszínig, s a skála alapján meg lehet határozni a hó vastagságát centiméterben. Az eszközhöz tartozik még egy lapát is, amit a henger alá helyezve ki lehet emelni a benne található havat, valamint egy mérleg, melynek segítségével megállapítható a műszer súlya a hóval együtt. A henger térfogatának kiszámítása után meghatározható a hó sűrűsége.

Térfogat kiszámítása:

$$V = R^2 \times \pi \times H,$$

ahol V a henger térfogata, R a kör sugara, π állandó szám (3,14), H a henger magassága.

A hó sűrűségének kiszámítása:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

ahol ρ a hó sűrűsége, m a lemért tömege, V pedig a térfogata.



74. ábra: Hómérő henger

(https://cdn.meteoprog.net/pictures/news_v_2/68c545ddc67fca960196fbe1c075a029.jpg)

Mikrocsapadékok mérése

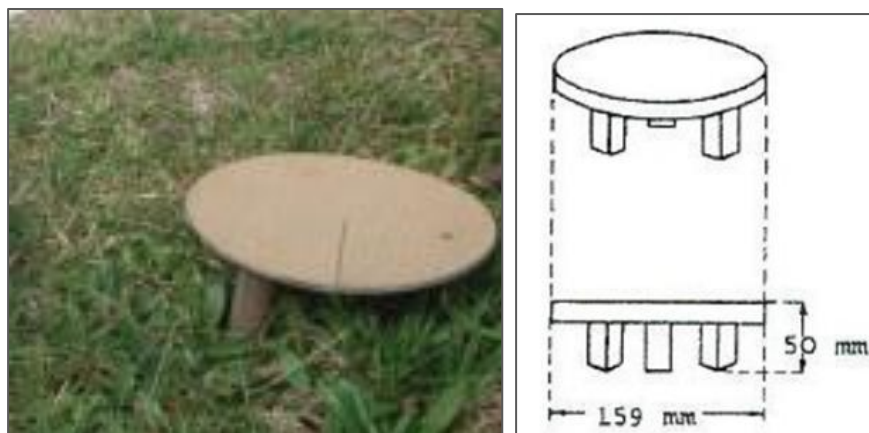
1. Zúzmaramérő műszer: 4 vagy 6 db 31 mm átmérőjű, egyenként 1 m hosszú mérőtestből áll (75. ábra). Ezek a vezetékdarabok a 4 fő égtáj felé mutatnak. A felszínnel párhuzamosan helyezkednek el 2 m-es magasságban olyan helyen, ahol a légáramlás akadálytalanul éri őket. Először a mérőtesteken képződött bevonat vastagságát határozzák meg egy tolómérce segítségével mm-es pontosságban. Ezután megállapítják a lerakódás fajtáját, majd a mérőtesteket leemelve, egy megfelelő edénybe helyezve leolvassztják a zúzmarát, s a vízmennyiséget csapadékmérő üveghengerben meghatározzák hagyományos módon.



75. ábra: Hagyományos zúzmaramérő eszköz

(<https://www.metnet.hu/hirek/eszlelesek-meresek-hivatalos-keretek-kozott>)

2. Dérkorong: a dér mennyiségének meghatározására szolgál. Ez egy műanyag bevonatú fakorong, amely lábakon áll a felszín felett 5 cm magasságban vízszintesen (76. ábra). Felülete akkora, mint a csapadékmérőé (50 cm²). A korongra kikristályosodott deret összegyűjtik, és egy üveghengerben megolvasztva meghatározzák a víztartalmát.



76. ábra: A dérkorong (OMSZ útmutató, 2018) és sematikus ábrája (Hadvári, 2009)

A harmat mérésére nincs általánosan elfogadott mérési módszer, többféle eljárás létezik: vizuális észlelés vagy tapintás; Duvdevani tömb, mely egy festett falap, s ezen a harmatcseppek mérete alapján mérik a harmat mennyiségét; harmatlabda, ami egy üveggömb, s ennek a felszínén kiváló harmat mennyiség becsülhető stb.

3. Köd-háló: a ködlecsapódás mennyiségének mérésére szolgáló eszköz (77. ábra). Ez tulajdonképpen egy sűrű szövésű háló függőlegesen elhelyezve. Funkciója az, hogy felfogja a ködszítalást, ugyanis az áramló ködből 0 °C fölötti hőmérsékleten 0 °C fölötti hőmérsékletű tereptárgyakra kicsapódhatnak a vízcseppek. A cseppek lefolynak rajta egy csőbe, amely a vizet a csapadékmérőbe vezeti. A ködszítalásból származó csapadék nem tartozik a jelentősebbek közé, csak a hegyvidéki területek szél felőli oldalán lehet számottevő mértékű.



77. ábra: Ködháló (Mészáros, 2013)

A párolgás meghatározása

A párolgás több összetevőből áll:

a. evaporáció

- vízfelszín, illetve hófelszín párolgása;
- csupasz talajfelszín párolgása;

b. transzspiráció

- növények párolgása.

A két mennyiséget együtt evapotranszspirációnak nevezzük.

A párolgás meghatározása során a meteorológiai állomásokon az evaporációt, azon belül a vízfelszín párolgását mérik. Egyes speciális állomásokon a növényzettel borított felszín evapotranszspirációját is meghatározzák.

A párolgás mérésére szolgáló eszközök

1. Párolgásmérő kád: a levegő párologtatóképességét egy fémből készült, kör alakú, lapos kád segítségével mérik (78. ábra), mely kívül-belül fehérre van festve. A kád felülete 1,14 négyzetméter, mélysége 25 cm; a felszín közelében van elhelyezve egy kettős farácson. A vízszint mérése egy mérőhenger segítségével történik, amelyben a kád vízszintjével megfelelő magasságig emelkedik a víz.

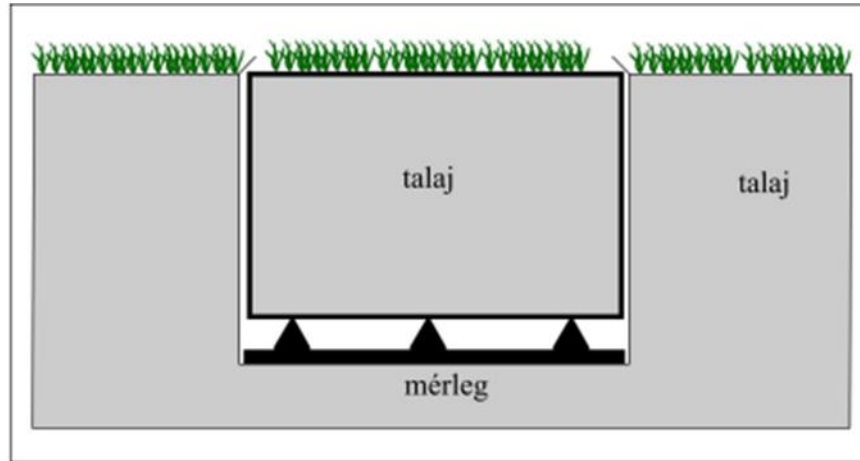
A leolvasás során a vízszintmérő hengerbe egy csavar segítségével engedik be a vizet, hogy a kádban lévő víz szintjével azonos magasságba kerüljön. Ezután elzárják a vízszintmérő és a kád közötti rést, kiemelik a hengert tartójából, és a benne lévő vizet mérőhengerbe öntik át. Itt a skála segítségével tized milliméter pontossággal leolvasható a vízszint. Leolvasás után a vizet visszaöntik a mérőhengerből a kádba. A párolgás egyenlő az előző és az aktuális mérés különbségével. Csapadékhullás esetén a mérési időtartamra vonatkozó csapadékmennyiséget le kell vonni, mert ez a kád vízszintjét is befolyásolta. A kádat célszerű hálóval lefedni, ami a párolgást nem akadályozza, de védelmet nyújt bizonyos esetekben (pl. állatok ellen). Egyes állomásokon a kád mellé 50 cm-es magasságban egy szélmérőt helyeznek és a víz hőmérsékletét is mérik.



78. ábra: Párolgásmérő kád

(http://www2.sci.u-szeged.hu/eghajlattan/pdf/met_muszerek_A_I.pdf)

2. Liziméter: az evapotranszspiráció, vagyis a növényzettel borított felszín párolgásának mérésére szolgál. Ez nagyméretű, földbe süllyesztett tartály rajta az adott területre jellemző talajjal és növényzettel (79. ábra). Az evapotranszspirációs veszteséget a talajkád alatt elhelyezett mérleggel határozzák meg, de bizonyos típusoknál egy tartályból való víz átszivárgását mérik, ami a talajkád nedvességének szinten tartásához szükséges.



79. ábra: Hídmérleges liziméter működési elve (Mészáros, 2013)

3. Wild-féle párolgásmérő: tömegmérésen alapuló műszer. Egykarú mérleg, melynek fő része a 250 cm² felületű, tartórúdon elhelyezkedő mérlegtányér. Ebbe vizet öntenek. Egy emelőkar mutatóval elmozdul a milliméter beosztású skála előtt, ez jelzi a párolgás mértékét (80. ábra). A műszer nem pontos, mert a lehetséges párolgást méri.



80. ábra: Wild-féle párolgásmérő (<https://slideplayer.hu/slide/2089696/>)

Automata állomások

Az automata meteorológiai állomáson (81. ábra) automatikusan történik a műszeres mérés és az adatok tárolása, valamint továbbítása. A mérések eredményeit egy központi adatfeldolgozó egység gyűjti össze és dolgozza fel. Ez történhet helyben vagy egy távolabbi központban.



81. ábra: Automata meteorológiai állomás (Tóth, 2021)

Az automatizálás alapvető célja a felszíni megfigyelések megbízhatóságának növelése az alábbi szempontok alapján:

- a. Az állomáshálózat sűrűségének bővítése.
- b. Mérési program kiegészítése azokon a helyeken, ahol az észlelés csak részlegesen működik.
- c. Új technológiákat alkalmazva a mérések megbízhatóságának növelése.
- d. Az új észlelési követelményeknek való megfelelés biztosítása.
- e. Az emberi hiba csökkentése.
- f. A mérések költségeinek mérséklése azáltal, hogy az észlelők számát csökkentik.

Az automata állomások három fő részből állnak:

- az érzékelők (szenzorok), melyek az adatokat észlelik;
- a központi adatfeldolgozó egység, ahol összegyűjtik a mért adatokat és tárolják azokat;
- a perifériák (például az energiaellátó-rendszer, a számítógép stb.).

Az automata meteorológiai állomások környezetére és a mérések lebonyolítására vonatkozó előírások megegyeznek a hagyományos meteorológiai állomásokéval. Ezek a következők:

- a. Megfigyelések zavartalansága (településeken kívüli, szabad terepen történő kialakítás).
- b. Szabvány műszerek használata.
- c. A mérési pontosságok előírásai is megegyezők a hagyományos műszerekével.
- d. Jól dokumentált műszerek.
- e. Az észlelők technikai szaktudásának fejlesztése.
- f. A tervezők és felhasználók közös munkája műszerek tervezése során.

g. A műszerek használatának publikálása.

h. A hagyományos és az automata műszerek kapcsolatának vizsgálata.

Az automata meteorológiai állomások típusai

1.) Valós idejű (real-time) állomások: valós időben szolgáltatják az adatokat, általában a beprogramozott időpontban, pl. óránként, valamint vészhelyzetben, vagy külső lekérdezéskor. Tipikus példák valós idejű állomásra a szinoptikus állomások (82. ábra).

2.) Közvetett (off-line) állomások: eltárolják a mért adatokat a központi adatfeldolgozó egység memóriájában (adatgyűjtő). Az adatok tetszőleges időben lekérdezhetők. Példák a közvetett állomásokra: éghajlati állomás, észlelő kisegítő állomás.

A szinoptikus automata állomásokon a levegő hőmérsékletének mérése sugárzás-árnyékoló alatt lévő ellenálláshőmérővel történhet, mely a talajfelszín felett 2 m-es magasságba van elhelyezve. A hőmérővel egybeépített műszer méri a légnedvességet ebben a magasságban. A talajhőmérsékletet a felszín felett 5 cm-rel méri hasonló műszerrel, mint a levegő hőmérsékletét.

A központi adatfeldolgozó egység dobozában található elektromos barométer észleli a légnyomást. Hogy az állomások adatait össze lehessen hasonlítani, ezt az értéket átszámítják tengerszinti légnyomásra.

A szélirány és a szélesség mérést a felszín felett 10 m-es magasságban forgókanalas szélmérővel állapítják meg. A szél irányát alumínium szélzászló határozza meg; egy fototranzisztor segítségével 64 szélirány különböztethető meg.



82. ábra: A MILOS 500 automata adatgyűjtője és érzékelői (OMSZ útmutató, 2018)

A csapadék mérésére a főállomásokon automatizált billenőedényes csapadékmérőket használnak (83. ábra), melyek mind a csapadék mennyiségét, mind az intenzitását képesek mérni. A csapadékmérő a felszín feletti 1 m-es magasságban van, fűthető.



83. ábra: Elektronikus billenőedényes csapadékmérő műszer
(<https://www.met.hu/omsz150/pages/galeria>)

Néhány állomáson a fentiekén kívül más meteorológiai elemeket is mérnek. Ilyenek a talajhőmérséklet értékei 5, 10, 20, 50 és 100 cm mélységben, a Napból jövő teljes rövidhullámú sugárzás (globálsugárzás), valamint annak egy spektrális része (UV-B sugárzás).

Az automata műszeres mérések mellett az állomások egy részén hagyományos megfigyeléseket is végeznek. Az észlelőszemélyzet óránként kiegészítő méréseket tesz, illetve vizuális észleléseket. Ezek során meghatározzák a szabad vízfelület párolgását (párolgásmérő kád segítségével), a napfénytartamot (heliográffal), a hóréteg és a zúzmara-lerakódás vastagságát. A vizuális megfigyelések az időjárási jelenségekre, a látástávolságra, a felhőzetre vonatkozó információkra (felhőzet típusa, mennyisége, a felhőalap magassága stb.) terjednek ki.

A szinoptikus észleléseket éghajlati megfigyelések egészítik ki. A klímaállomások abban is különböznek a szinoptikus állomásoktól, hogy az adatokat háromóránként jelentik.

Felhasznált irodalom

Ablonczy Dávid, 2018.: Hogyan mérjük az esőt? Mennyire süt most a nap? Hogyan működik a szélmérő? (meteorológiai érzékelők egyszerűen, a hétköznapiakban). Léggör 63. 4., 162–177.

Bartholy Judit, Mészáros Róbert, Geresdi István, 2013: Meteorológiai alapismeretek. Eötvös Loránd Tudományegyetem.

Benke Lászlóné, 2008.: Hidrometeorológiai mérések. Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet.

Czelnai Rudolf, 1993–94.: Bevezetés a meteorológiába I–III. Nemzeti Tankönyvkiadó. Budapest.

Hadvári Marianna, 2009.: A harmat és a dér kialakulásának meteorológiai jellemzői a téli félévben. ELTE TTK Meteorológiai Tanszék Budapest.

Mészáros Róbert, 2013.: Meteorológiai műszerek és mérőrendszerek. Eötvös Loránd Tudományegyetem.

Országos Meteorológiai Szolgálat Megfigyelési Főosztály: Meteorológiai ismeretek és MET-ÉSZ észlelési útmutató. Budapest, 2018.

Palamarcsuk, Sevcsenko (Паламарчук Л.В., Шевченко О.Г.), 2012.: Метеорологічні прилади та вимірювання Видавництво «Інтерконтиненталь-Україна»

Tóth Róbert, 2021: A napfénytartammérő élt 160 évet. Léggör 59. 4.

Tóth Róbert, 2021: Korszerű mérőeszközök az országos meteorológiai szolgálat hálózatában. GeoMetodika 5. 2.

Vinicsuk (Вінічук Михайло Маркович), 2019.: ПРАКТИКУМ з МЕТЕОРОЛОГІЇ ТА КЛІМАТОЛОГІЇ. Житомир.

Internetes források:

https://cdn.meteoprog.net/pictures/news_v_2/68c545ddc67fca960196fbe1c075a029.jpg.

Megjelenés: 2021. Letöltés: 2023. 09. 07.

<https://docplayer.hu/109915571-Altalanos-meteorologia-2.html>. Megjelenés: 2019. Letöltés: 2023. 08. 16.

<https://farbitis.ru/hu/interesting-geography/thermistor-plot-temperature-measurement-with-ntc-thermistor/>. Megjelenés: 2021. Letöltés: 2023. 09. 02.

<http://gyoresz.web.elte.hu/metgyak/muszer.pdf>. Megjelenés: 2004. Letöltés: 2023. 08. 20.

<https://index.hu/belfold/2021/07/09/jegeso-figyelmeztetes-methu/>. Megjelenés: 2021. Letöltés: 2023. 09. 02.

<https://jovalolcsobb.hu/img/8901/JELAD0009/JELAD0009.jpg>. Megjelenés: 2021. Letöltés: 2023. 12. 22.

<https://karpathir.com/2018/02/18/a-kovetkezo-napokban-ismet-tobbfele-varhato-havas-eso-havazas/>. Megjelenés: 2018. Letöltés: 2023. 02. 01.

<https://ng.24.hu/tudomany/2021/12/30>. Megjelenés: 2021. Letöltés: 2023. 09. 01.

<https://pecsaktual.hu/meteor/ha-nincs-ho-van-zuzmara-varazslatosan-feher-most-a-mecsek/>. Megjelenés: 2020. Letöltés: 2023. 09. 01.

<https://slideplayer.hu/slide/2089696/>. Megjelenés: 2014. Letöltés: 2023. 08. 21.

<https://sovet-ingenera.com/vent/oborud/izmeritel-vlazhnosti-vozduha-svoimi-rukami.html>. Megjelenés: 2020. Letöltés: 2023. 09. 07.

<https://24.hu/tudomany/2022/04/24/idojaras-zivatar-jegeso-vihar-2022-aprilis/>. Megjelenés: 2022. Letöltés: 2023. 09. 01.

<https://www.agroinform.hu/gazdaelet/onos-eso-jeg-agrometeorologia-csapadek-52844-001>.
Megjelenés: 2021. Letöltés: 2023. 09. 01.

<https://www.eumet.hu/erdekesssegek/zuzmara-vagy-der/>. Megjelenés: 2022. Letöltés: 2023. 09. 02.

<https://www.flickr.com/photos/armgov/4660744116>. Megjelenés: 2010. Letöltés: 2023. 09. 07.

<https://www.met.hu/omsz150/pages/galeria>. Megjelenés: 2020. Letöltés: 2023. 09. 03.

<https://www.meteorologiaenred.com/wp-content/uploads/2017/10/satelites-geoestacionarios-768x550.jpg.webp>. Megjelenés: 2020. Letöltés: 2023. 08. 29.

<https://www.meteorologiaenred.com/wp-content/uploads/2019/04/Bar%C3%B3metro-anoide.jpg>. 2021. Letöltés: 2023. 08. 29.

<https://www.metkep.hu/felhoatlasz-2/>. Megjelenés: 2017. Letöltés: 2023. 08. 29.

https://www.metnet.hu/felho_atlasz. Megjelenés: 2013. Letöltés: 2023. 08. 29.

<https://www.metnet.hu/hirek/eszlelesek-meresek-hivatalos-keretek-kozott>. Megjelenés: 2016. Letöltés: 2023. 09. 02.

<https://www.metoffice.gov.uk/weather/learn-about/weather/types-of-weather/clouds/other-clouds/virga>. Megjelenés: 2013. Letöltés: 2023. 09. 01.

https://www.metnet.hu/pic/metnet_upload.php?im=www.metnet.hu_39523_m.jpg.
Megjelenés: 2016. Letöltés: 2023. 09. 07.

<https://www.stefanelli.eng.br/wp-content/uploads/2016/05/paquimetro-vernier-caliper-calibre-1.png>. Megjelenés: 2023. Letöltés: 2023. 08. 20.

<https://vmeteo.hu/meglepetes-hozivatar-veszpremben-2016-julius-elso-napjan-tuba-herend-felett>. Megjelenés: 2016. Letöltés: 2023. 08. 05.

Ajánlott irodalom

Makra László: Meteorológiai műszertan. JATEPress. Szeged, 1995.

Baros Zoltán, Bíróné Kircsi Andrea, Szegedi Sándor, Tóth Tamás: Meteorológiai műszerek. Kossuth Egyetemi Kiadó. Debrecen, 2006.

Решетченко С.І.: Метеорологія та кліматологія: навчальний посібник. – Х.: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2015.

Проценко Г.Д. Метеорологія та кліматологія: Навчальний посібник. – К. 2007.

Метеорологічні прилади / Meteorológiai műszerek: методичні вказівки до практичних (семінарських) занять з змістового модуля 3 навчальної дисципліни «Метеорологія і кліматологія» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної та заочної форм навчання, освітня програма: «Середня освіта (Географія)», галузь знань: «01 Освіта/Педагогіка», спеціальність (спеціалізація): «014 Середня освіта (014.07 Географія)» / Розробник: Едіна Ваш. – Берегове: ЗУІ ім. Ф.Ракоці II, 2024. – 72 с..

Методичний посібник "Метеорологічні прилади" призначений для студентів денної та заочної форм навчання, які навчаються за освітньо-кваліфікаційним рівнем "бакалавр" за напрямом підготовки "Середня освіта (Географія)". Мета посібника – узагальнити та систематизувати знання, які повинні отримати студенти з дисципліни "Метеорологія та кліматологія", а також надати їм методичні рекомендації, необхідні для її вивчення. Студентам також допоможуть у розумінні та засвоєнні тем детальні пояснення роботи метеорологічних приладів, ілюстрації та рекомендована література.

МЕТЕОРОЛОГІЧНІ ПРИЛАДИ / METEOROLÓGIAI MŰSZEREK

Методичні вказівки до практичних (семінарських) занять

2024 р.

Затверджено до використання у навчальному процесі на засіданні кафедри географії та туризму ЗУІ ім. Ф.Ракоці II (протокол № 6 від 27 червня 2024 року)

Розглянуто та рекомендовано Радою із забезпечення якості вищої освіти Закарпатського угорського інституту імені Ференца Ракоці II (протокол № 22 від 26 серпня 2024 року)

*Рекомендовано до видання в електронній формі (PDF)
рішенням Вченої ради Закарпатського угорського інституту імені Ференца Ракоці II
(протокол № 7 від 27 серпня 2024 року)*

Підготовлено до видання в електронній формі (PDF) кафедрою географії та туризму спільно з Видавничим відділом Закарпатського угорського інституту імені Ференца Ракоці II

Розробник методичних вказівок:

Едіна ВАШ – асистент кафедри географії та туризму Закарпатського угорського інституту імені Ференца Ракоці II

Рецензенти:

Роберт МЕСАРОШ – доктор габілітований у галузі природничих наук за спеціальністю (спеціалізацією) «Науки про Землю (Метеорологія)», доцент, завідувач кафедри метеорології інституту географії та наук про землю факультету природничих наук Університету імені Лоранда Етвеша (м. Будапешт, Угорщина)

Шандор ГЕНЦІ – доктор філософії у галузі природничих наук за спеціальністю (спеціалізацією) «Науки про Землю (Загальна та регіональна геологія)», доцент кафедри географії та туризму Закарпатського угорського інституту імені Ференца Ракоці II

Відповідальні за випуск:

Йосип МОЛНАР – кандидат географічних наук, завідувач кафедри географії та туризму Закарпатського угорського інституту імені Ференца Ракоці II

Олександр ДОБОШ – начальник Видавничого відділу ЗУІ ім. Ф.Ракоці II

За зміст методичних вказівок відповідальність несуть розробники.

Видавництво: Закарпатський угорський інститут імені Ференца Ракоці II (адреса: пл. Кошута 6, м. Берегове, 90202. Електронна пошта: foiskola@kmf.uz.ua) *Статут «Закарпатського угорського інституту імені Ференца Ракоці II» (Затверджено протоколом загальних зборів Благодійного фонду За ЗУІ, протокол № 1 від 09.12.2019 р., прийнято Загальними зборами ЗУІ ім. Ф.Ракоці II, протокол № 2 від 11.11.2019 р., зареєстровано Центром надання адміністративних послуг Берегівської міської ради, 12.12.2019 р.)*

Шрифт «Times New Roman». Розмір сторінок методичних вказівок: А4 (210x297мм).