

OPAD

Opad jest to produkt kondensacji pary wodnej, który w stanie stałym (śnieg, grad) lub ciekłym (deszcz) dociera do powierzchni terenu.

Od opadu należy odróżnić osady - stanowiące również produkt kondensacji - ze względu na odmienny sposób ich formowania.

Opad mierzymy wysokością warstwy wody, jaka powstałaby na terenie gdyby był szczelny, płaski i nie byłoby parowania. Wysokość opadu wyrażamy w mm.

Opad wyrażony w mm odnosi się do punktu pomiarowego i jego najbliższego otoczenia. Jeśli pod uwagę bierze się obszar objęty opadem wówczas wygodniej jest posługiwać się objętością opadu, jaka spada na dany teren w jednostce czasu. Mówimy wówczas o wydajności opadu (ale w połączeniu z jednostką czasu na jednostkę powierzchni).

Dla przykładu:

Jeśli na pow. 1 m² - spadnie deszcz o wysokości 1 mm to objętość wody wyniesie - 1 litr

Jeśli na pow. 1 ha - spadnie deszcz o wysokości 1 mm to objętość wody wyniesie - 10 m³

Jeśli na pow. 1 km² - spadnie deszcz o wysokości 1 mm to objętość wody wyniesie -1000 m³

Rodzaj opadów atmosferycznych.

Jako najczęściej występujące opady można wymienić: deszcz, mżawkę, śnieg z deszczem, krupy śnieżne i grad.

DESZCZ - opad złożony z kropel wody o średnicy większej niż 0,5 mm. Jest to najczęściej pojawiający się opad w naszym klimacie.

MŻAWKA - opad drobnych kropelek wody o średnicy mniejszej od 0,5 mm, które spadają bardzo wolno i są łatwo przenoszone przez wiatr w kierunku poziomym.

ŚNIEG - opad kryształków lodu, które mają zwykle delikatną, rozgałęzioną strukturę. Podstawową formą cząstek tego opadu są gwiazdki sześcioramienne o pięknej i bogatej kompozycji. Przy temperaturach nieco niższych od zera kryształki łączą się zwykle w płatki (śnieżynki), a te często w duże płaty.

ŚNIEG Z DESZCZEM - opad śniegu i deszczu lub mokrego śniegu, występujący w temperaturach zbliżonych do zera i wyższych od zera.

KRUPY ŚNIEŻNE - opad białych, kulistych lub stożkowatych ziarenek o średnicy od 2 do 5 mm. Podczas spadania na twarde podłoże odbijają się i rozpryskują.

GRAD - opad kulek lub bryłek lodu nieforemnego kształtu (gradzin) o średnicy do 50 mm, czasami większych. Pada przy temperaturach wyższych od 0°C, w cieplej porze roku, zwykle towarzyszy mu burza atmosferyczna. Najczęściej występuje w niższych szerokościach geograficznych, a największe gradziny spotykane są w strefie międzyzwrotnikowej.

Znane są ponadto takie opady, jak **deszcz marzący**, **mżawka marząca**, **śnieg ziarnisty**, **ziarna lodowe** i **słupki lodowe**.

Opady można także podzielić na **ciągłe**, **z przerwami**, **przelotne** i **roszące**.

OPADY CIĄGŁE - są to opady deszczu lub śniegu trwające przez dłuższy czas bez przerwy (więcej niż 6 godzin) lub z bardzo krótkimi przerwami, o przeciętnym i dosyć równomiernym natężeniu (większym niż 0,5 mm/godz.), obejmujące na ogół swym zasięgiem duże obszary. Padają zwykle z chmur warstwowych deszczowych Ns i średnich warstwowych As uformowanych przy wznoszeniu się powietrza wzdłuż powierzchni frontowych.

OPADY Z PRZERWAMI - są to równomierne opady, zazwyczaj o małym natężeniu, z chmur warstwowych, padające z przerwami.

OPADY PRZELOTNE - są to opady zwykle krótkotrwałe o zmiennym, lecz dużym natężeniu (ulewy). Pochodzą z chmur kłębiastych deszczowych (Cb). Opadom przelotnym towarzyszą często silne i porywiste wiatry oraz burze, błyskawice i grzmoty. Opady te, dlatego są zazwyczaj krótkotrwałe, że pochodzą z oddzielnych chmur lub z chmur występujących w stosunkowo wąskich strefach opadowych, szybko przemieszczających się frontów chłodnych.

OPADY ROSZĄCE - są to niewielkie opady bardzo drobnej mżawki lub bardzo małych śnieżynek, pochodzące z chmur niskich warstwowych (St) lub kłębiasto-warstwowych (Sc).

Inne podziały:

OPADY OROGRAFICZNE - związane z rzeźbą terenu i występują po dowietrznej stronie gór. Poziomo przemieszczająca się masa powietrza napotykać na przeszkodę w postaci gór ulega spiętrzeniu i wznosi się po zboczu do góry. Ochładza się adiabaticznie w wyniku, czego powstają chmury i ciągłe, na ogół długotrwałe, opady (do kilku dni).

DZESZCZE ULEWNE - ulewami nazywamy takie opady, które w krótkim czasie dają duże ilości wody. Ten rodzaj opadu charakteryzowany jest przez następujące parametry: natężenie, czas trwania oraz wydajność.

Osady atmosferyczne.

Do najczęściej występujących u nas osadów atmosferycznych zaliczamy: rosę, szron, szadź i gołoledź.

ROSA - jest to zbiór kropelek wody tworzących się bezpośrednio na powierzchni gleby, roślinności i przedmiotach znajdujących się na powierzchni Ziemi, w wyniku kondensacji pary wodnej otaczającego powietrza w temperaturze wyższej od 0°C. Osad ten powstaje wówczas, gdy temperatura wymienionych powierzchni spada poniżej temperatury punktu rosy otaczającego jej powietrza. Przyczyną takiego oziębienia jest zwykle wypromieniowywanie energii cieplnej z powierzchni czynnej, które osiąga największe wartości podczas bezchmurnych nocy. Dlatego bezchmurne noce sprzyjają powstawaniu rosy. Ilość osadzającej się rosy rośnie wraz ze wzrostem wilgotności przygruntowej warstwy powietrza. Im więcej pary wodnej zawiera przygruntowe powietrze, tym więcej jej może się skraplać w postaci rosy przy odpowiednim spadku temperatury. Duży wpływ na ilość i częstość występowania rosy wywiera prędkość wiatru.

SZRON - jest to osad lodu o wyglądzie krystalicznym powstający w podobny sposób jak rosa, ale przy temperaturze powietrza niższej niż 0°C.

SZADŹ - jest to uwarstwiony osad w postaci ziarenek lodu, o barwie białej lub jasno-perłowej, osiągający niekiedy znaczną grubość, dochodzącą nawet do 200 mm i więcej. Gromadzi się na wyziębionych poniżej 0°C drzewach, krzewach, przewodach telekomunikacyjnych, budynkach itp., przeważnie po stronie zwróconej do wiatru, który niesie wilgotne powietrze lub często mgłę. W odróżnieniu od szronu, do którego podobna jest budowa, szadź powstaje w każdej porze doby. W wysokich górach osad ten często odgrywa bardzo dużą rolę ze względu na częste pojawianie się i na znaczne ilości wody, jakie wnosi w ogólny bilans produktów kondensacji pary wodnej. Szadź obciąża i łamie gałęzie drzew, obrywa przewody telekomunikacyjne. Szkody wywołane w ten sposób mają niekiedy charakter katastrofalny. W Polsce, na obszarach nizinnych szadź występuje zwykle tylko w chłodnej porze roku i to bardzo rzadko. Średnia roczna liczba dni z tym osadem wynosi zaledwie kilka dni.

GOŁOLEDŹ - jest to gładki, szklisty osad lodu tworzący się na powierzchni gleby oziębionej do temperatury niższej lub nieco wyższej od 0°C i na przedmiotach znajdujących się na niej, w wyniku zamarzania przechłodzonych spadających kropeł deszczu lub mżawki. Osad ten osiąga znaczną grubość, zwłaszcza na przedmiotach wystawionych na bezpośredni wpływ wiatru, i podobnie jak szadź, wyrządza wówczas duże szkody, łamiąc gałęzie, a nawet słupy telekomunikacyjne itp.

Mgły

Mgłą nazywamy zawiesinę bardzo małych kropelek wody (rzadziej, przy bardzo niskich temperaturach, kryształków lodu lub jednych i drugich jednocześnie) w powietrzu, zmniejszając widoczność poziomą poniżej 1 km². Mgła tworzy białą zasłonę przesłaniającą krajobraz. Jeśli przy występowaniu takiej zasłony widzialność jest większa niż 1 km, wówczas zjawisko to nazywamy nie mgłą, lecz zamgleniem. Owo zmniejszenie widzialności stanowi kryterium przy obserwacjach mgły. Mgła powstaje zwykle wskutek oziębienia się powietrza poniżej punktu rosy, przy czym skraplanie się pary wodnej następuje tuż nad glebą lub na stosunkowo niewielkich odległościach od powierzchni Ziemi. Wskutek małych rozmiarów kropelki mgły unoszą się w powietrzu i bardzo wolno opadają. Pod względem sposobu powstawania można rozróżnić takie główne rodzaje mgieł, jak: radiacyjną i frontową.

MGŁA RADIACYJNA - nazywana również mgłą z wypromieniowania, powstaje przy silnym oziębieniu się powierzchni Ziemi wskutek wypromieniowania ciepła z jej powierzchni, od niej oziębia się powietrze i gdy jego temperatura spadnie poniżej punktu rosy, zawarta w powietrzu para wodna skrapla się. Mgła radiacyjna utrzymuje się albo tuż przy glebie, jako mgła przyziemna (niska), albo sięga do kilkuset metrów wysokości i nosi wtedy nazwę mgły wysokiej (górnjej). Mgła przyziemna pojawia się u nas najczęściej w drugiej połowie lata i na jesień, podczas pogodnych i bezwietrznych nocy. Związana jest z nocną inwersją temperatury powietrza. Po wschodzie Słońca, a także wraz z pojawieniem się silniejszego wiatru, mgła i inwersja zanikają. W płaszczyźnie poziomej mgła przyziemna rozprzestrzenia się zwykle w formie oddzielnych płatków, przeważnie w zagłębieniach terenu, w sąsiedztwie bagien, na polanach leśnych, a więc nad obszarami silnie wyiębionymi wskutek dużego wypromieniowywania efektywnego.

MGŁA ADWEKCYJNA - tworzy się wówczas, gdy napływające ciepłe i wilgotne powietrze ochładza się wskutek przepływu lub stagnacji nad znacznie chłodniejszym podłożem. Okresem sprzyjającym powstawaniu mgły adwekcyjnej jest raczej chłodna pora roku, przede wszystkim listopad i grudzień. Występuje ona u nas w tym czasie dosyć często przy adwekcji wilgotnego powietrza zwrotnikowo - morskiego lub ciepłego powietrza polarno - morskiego. Sięga do wysokości wielu setek metrów. Towarzyszy jej zwykle dosyć silny wiatr.

Sposoby pomiaru opadu

Pomiar opadu polega na zmierzeniu wysokości warstwy wody jaka spada na badany teren. Wykonuje się go na stacjach meteorologicznych i wybranych posterunkach opadowych. Pomiar odbywa się przy użyciu przyrządów standardowych (deszczomierzy i pluwiografów) bądź przy użyciu czujników wchodzących w skład automatycznego systemu rejestracji danych. Deszczomierze mierzą sumy dobowe (wpisywane zawsze za poprzednią dobę). Są to najczęściej blaszane pojemniki o określonej powierzchni wlotu, posiadające we wnętrzu zbiornik na wodę opadową. Mimo prostej konstrukcji pomiar opadu obciążony jest błędami wywołanymi deformacją strugi w pobliżu samego deszczomierza, zwilżeniem ścianek naczynia przez opad, parowaniem wody ze zbiornika.

Pomiar wysokości opadu za pomocą deszczomierza

Pomiary opadu na posterunkach opadowych przeprowadza się 1 raz dziennie o godz. 7⁰⁰. Dla celów synoptycznych mierzy się opad cztery razy na dobę oraz dodatkowo w pewnych szczególnych przypadkach. Wyniki pomiarów wpisuje się do dziennika obserwacyjnego, przy czym pamiętać należy, że zmierzoną sumę dobową wpisuje się do dziennika z datą dnia poprzedniego. Pomiar opadu wykonuje się przy pomocy specjalnie do tego celu wyskalowanej menzurki, która w dolnej części posiada skalę skażoną, pozwalającą na odczytywanie opadów mniejszych od 1 mm. Menzurka dostosowana jest do powierzchni standardowej równej 200 cm² i wyskalowana jest bezpośrednio w mm wysokości opadu. Wlewając do menzurki objętość wody zgromadzonej w naczyniu odczytujemy na skali wprost wysokość danego opadu.

Deszczomierz Hellmanna

Przyrząd standardowy stosowany do wysokości 500 m. n. p. Składa się z odbiornika, podstawy, zbiornika, wkładki używanej podczas opadów śniegu oraz trzymadła służącego do zawieszenia przyrządu na paliku. Powierzchnia chwytna wynosi 200 cm². Deszczomierz przytwierdza się do słupka tak, by wlot do niego znajdował się w poziomie na wysokości 1 m nad powierzchnią terenu. Powyżej 500 m n.p.m. deszczomierze montuje się tak by ich powierzchnia wlotowa znajdowała się na wysokości 1,5 m nad powierzchnią terenu.



Deszczomierz Hellmanna

Błędy w pomiarze deszczomierzem Hellmanna

Opad mierzony deszczomierzem obarczony jest błędem spowodowanym działaniem wiatru, który powoduje, że część kropli deszczu jest wywiewana znad powierzchni chwytnej deszczomierza. Opracowane poprawki wskazują, że ich wartość rośnie wprost proporcjonalnie do kwadratu prędkości. W celu uniknięcia zakłóceń spowodowanych wiatrem stosuje się specjalne osłony deszczomierzowe.

Poprawka na parowanie wiąże się z wpływem deficytu wilgotności powietrza i prędkości wiatru na proces parowania wody zgromadzonej w zbiorniku. W okresie letnim można przyjąć wielkość parowania od 0,2 – 0,5 mm na dzień.

Poprawka na zwilżenie deszczomierza spowodowana jest stratą opadu, który spływając do dolnego zbiornika zwilża ścianki deszczomierza. Jednorazowe zwilżenie deszczomierza wynosi 0,26 mm, z czego na górną część (naczynie przechwytyjące opad) przypada 0,15 mm.



Deszczomierz Hellmanna



Pluviograf

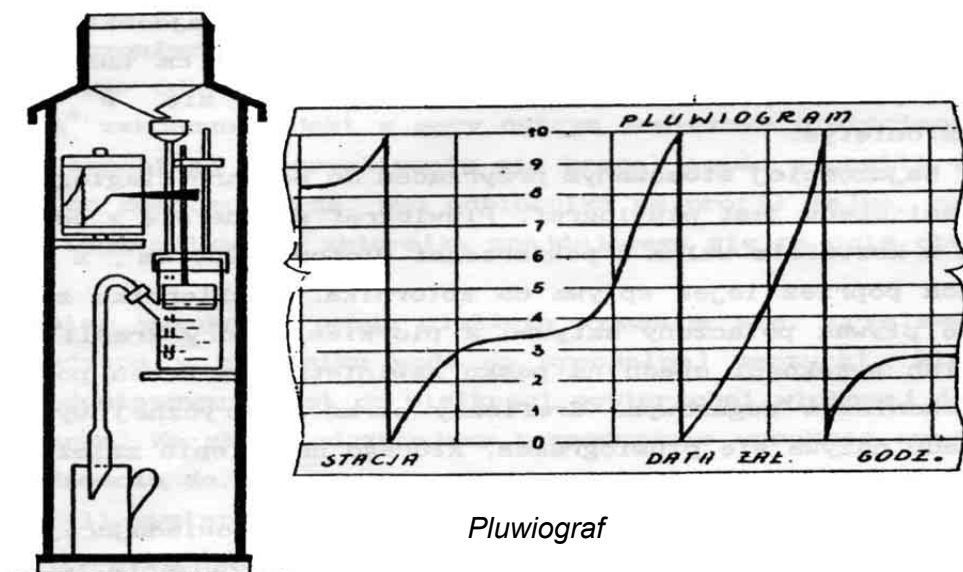
Pluviograf

Pluviografy rejestrują przebieg opadu dostarczając tym samym pełnej informacji o przebiegu procesu.

Są to urządzenia rejestrujące przebieg zjawiska w ciągu całego rozpatrywanego okresu czasu. Zbudowane są z obudowy metalowej, część chwytka składa się z otworu wlotowego o powierzchni standardowej 200 cm² zakończonej dnem wykształconym w postaci lejka. Zbierany opad poprzez lejek, gumowym węzłem dostaje się do zbiorniczka, w którym znajduje się pływak. Przymocowane za pomocą pręta połączonego z pływakiem piórko, przylegające do taśmy papieru nawiniętej na metalowy bęben poruszany mechanizmem zegarowym, kreśli wykres zwany pluwiogramem, przedstawiający aktualny stan wody w zbiorniczku, odpowiadający sumie opadu od jego początku do momentu analizowanego. Ponieważ objętość zbiorniczka jest ograniczona (10 mm), wyposażono go w urządzenie przelewowe oparte na zasadzie działania lewara. Dzięki temu pomiar opadu nie zależy od jego wysokości. W miejsce zbiorniczka wprowadza się często urządzenia korytkowe, znacznie łatwiejsze w obsłudze i znacznie pewniejsze. Składa się ono z dwóch bliźniaczych korytek umieszczonych pod otworem wlotowym w ten sposób, by po wypełnieniu się wodą jednego z nich nastąpił wywrócenie, powodujące umieszczenie pod otworem wlotowym drugiego z nich (zobacz: deszczomierz korytkowy).

Analiza zarejestrowanych w ten sposób pojedynczych opadów pozwala na odczytanie początku i końca opadu, czasu jego trwania, wyodrębnienia okresów o różnych natężeniach opadu

w przyjętych jednostkach czasu. Pluviogram to krzywa sumowa opadu, której koniec wskazuje całkowitą wysokość zarejestrowanego opadu. Jeżeli połączymy koniec tej krzywej z jej początkiem uzyskamy prostą, której nachylenie do osi odciętych przedstawia średnie natężenie zarejestrowanego opadu. Nachylenie stycznej do krzywej w dowolnym jej punkcie przedstawia natężenie chwilowe dla danego punktu. Największe nachylenie stycznej do krzywej przedstawia maksymalne natężenia opadu.



Pluviograf



Deszczomierz wagowy

Deszczomierz wagowy

Do ciągłej rejestracji opadu w czasie służą deszczomierze sprzęgnięte z rejestratorami. Jednym z takich rozwiązań jest **deszczomierz wagowy**. Zasada działania jest zbliżona do deszczomierza Hellmana, z tą jednak różnicą, że zbiornik, w którym gromadzi się opad znajduje się na wadze. Waga jest sprzęgnięta z rejestratorem, który rejestruje przyrost wagi (objętości) opadu w czasie – co później jest przeliczane na wysokość opadu.

Takie rozwiązanie wymaga jednak, aby obserwator (raz na dobę) opróżniał zbiornik.

Deszczomierz korytkowy

Innym rozwiązaniem do ciągłego pomiaru deszczu jest **deszczomierz korytkowy**. Deszczomierz składa się z dwóch symetrycznych zbiorników (korytek) podpartych centralnie. Objętość korytek jest znana. Podczas wystąpienia opadu korytka są wypełniane naprzemiennie. W wyniku napełniania zmienia się ciężar i po całkowitym napełnieniu korytka zachwiana zostaje równowaga w wyniku, czego urządzenie przechyla się. Następuje wówczas opróżnienie jednego z korytek, a drugie napełnia się. Rejestrator zlicza liczbę przechyleń urządzenia i na tej podstawie określa się objętości (wysokość) opadu w czasie.



Deszczomierz korytkowy

Automatyczne stacje opadowe

Automatyczne stacje opadowe pozwalają na ciągłą rejestrację wysokości opadów czasie, dodatkową zaletą tego rozwiązania jest możliwość Przekazywania danych na drogą radiową do stacji pomiarowych i ich rejestracja na nośnikach cyfrowych. Przyspiesza to znacznie analizę zachodzących zmian, jak również ułatwia gromadzenie danych.



Radiowy deszczomierz o zasięgu 200 m. Pomiar 1 h, 24 h, całkowity, wykres opadów z 24 h.



Stacja meteorologiczna w aluminiowej obudowie (wodoodporna). Pomiar temperatury, wilgotności, ciśnienia, opady, kierunek i prędkość wiatru, temp. punktu rosy, temp. odczuwalna (radiowa 86.8 MHz, zasięg do 1000 m).

Deszcze nawalne, natężenie, wydajność, skala Chomicza

Deszcze o dużym natężeniu i krótkim czasie trwania nazywamy deszczami nawalnymi. Z pojęciem deszczu nawalnego łączy się jego natężenie i wydajność.

Natężeniem opadu (intensywnością) nazywamy stosunek wysokości opadu do czasu jego trwania i wyrażamy go w mm/min.

Wydajność opadu jest to objętość opadu, jaka spadła na jednostkę powierzchni w jednostce czasu i wyrażamy ją w l/s·ha lub w m³ /s·km².

Czas trwania opadu jest to czas od chwili wystąpienia opadu do jego zakończenia.

Podstawową jednostką intensywności opadu jest jednostka wyrażona w mm/min lub mm/godz.

Natężenie opadu mierzy się też w jednostkach objętości opadu przypadających na jednostkę czasu – sekundę- i jednostkę powierzchni np. ha lub km² powierzchni. Tego typu jednostki stosuje się np. do projektowania kanalizacji miejskiej odprowadzającej wody burzowe.

Należy pamiętać, że wydajność opadu odnosi się do całego opadu natomiast natężenie odnosi się do pewnego przedziału czasu.

W Polsce deszcze nawalne występują tylko w lecie, najczęściej w czerwcu, lipcu i sierpniu. Deszcze nawalne z racji swojej wydajności, która wiąże się z zagrożeniem powodziowym, podlegają klasyfikacji. Prowadzona jest ona w zależności od natężenia opadu. W Polsce klasyfikacją deszczu zajmował się między innymi Chomicz. Analizował on zależność wydajności opadu od czasu jego trwania i na bazie uzyskanych wyników sporządził wykresy, gdzie na osi odciętych przedstawiony jest czas trwania opadu, na osi rzędnych odpowiadająca mu suma. Zależność mająca kształt paraboli pozwala na określenie każdego zdarzenia opadowego i jego klasyfikację. Można w ten sposób porównywać ze sobą różne deszcze zarówno pod względem wydajności jak i natężenia. Chomicz przez wydajność rozumie całkowitą sumę opadu.

Ogólne równanie, które stało się podstawą opracowywanych nomogramów i tabel pozwalających na klasyfikację deszczów o dużym natężeniu ma następującą postać:

$$u = \alpha \sqrt{t}$$

gdzie: u - wydajność deszczu w mm

α - współczynnik wydajności opadu równy $\alpha = 2^{\frac{k}{2}}$

k - numer skali Chomicza

t - czas trwania opadu w minutach

Skala Chomicza

Stopień skali	Współczynnik wydajności opadu α	Kategoria deszczu	
		Określenie	Znak literowy
0	0.0 - 1.0	zwykły deszcz	
1	1.01 - 1.40	silny deszcz	A ₀
2	1.41 - 2.00	deszcz ulewny – I st	A ₁
3	2.01 - 2.82	deszcz ulewny – II st	A ₂
4	2.83 - 4.00	deszcz ulewny - III st	A ₃
5	4.01 - 5.65	deszcz ulewny - IV st	A ₄
6	5.66 - 8.00	deszcz nawałny - V st	B ₁
7	8.01 - 11.30	deszcz nawałny – VI st	B ₂
8	11.31 - 16.00	deszcz nawałny – VII st	B ₃
9	16.01 - 22.61	deszcz nawałny – VIII st	B ₄
10	22.62 - 32.00	deszcz nawałny – IX st	B ₅
11	32.01 - 45.23	deszcz nawałny – X st	B ₆
12	45.24 - 64.00	deszcz nawałny – XI st	B ₇

Polska jest krajem, w którym deszcze nie osiągają najwyższych natężeń. Najczęściej notowane kategorie deszczu to deszcze ulewne III i IV stopnia.

Pomiar pokrywy śnieżnej

Zasoby wody w śniegu określa się na podstawie pomiarów punktowych grubości szaty śnieżnej wykonywanych za pomocą **przyrządów stałych (łata śniegowa)** lub **przenośnych (laska śniegowa)**. Pomiary muszą być wykonywane na większym obszarze w wielu punktach, ponieważ różnice grubości szaty śnieżnej są bardzo duże.

Metoda trójkątów polega na wytyczeniu trójkąta o bokach długości ok. 1 km. Grubość pokrywy śnieżnej określa się na bokach trójkąta w odległościach co 100 m (osobno w terenie otwartym i zalesionym). **Metoda poligonów** polega na wytyczeniu w terenie ciągu poligonowego oraz na pomiarze grubości szaty śnieżnej w punktach wierzchołkowych założonego poligonu. Najbardziej praktyczna jest **metoda patrolowa**, polegająca na obraniu na mapie kierunków patrolu, natomiast punkty pomiarowe wyznacza się w trakcie pomiaru. Pomiary wykonuje się nie rzadziej, niż co 20 dni w okresie przyrastania pokrywy śnieżnej i nie rzadziej niż co 5 dni w okresie jej zanikania. Na podstawie wyników pomiarów punktowych wykreśla się linie jednakowych grubości pokrywy śnieżnej – **izohiony**. Średnią grubość warstwy śniegu w zlewni oblicza się metodą izohiet. Zapas wody w pokrywie śnieżnej na obszarze całej zlewni oblicza się jako iloczyn punktowego zapasu wody i powierzchni obszaru.

Skrainym przypadkiem retencji zimowej są lodowce tworzące się na obszarach, na których śnieg występuje cały rok.

Ilość wody zawartej w śniegu, zwaną zapasem wody w pokrywie śnieżnej h określa się ze wzoru:

$$h = 10 \frac{\rho_{sn}}{\gamma_w} h_s = 10 \rho_{sn} h_s \text{ [mm]}$$

gdzie:



Przyrząd do pomiaru pokrywy śnieżnej

γ_w – ciężar objętościowy wody, $\gamma_w = 1$ [g/cm³],
 h_s – grubość pokrywy śnieżnej [cm],
 ρ_{sn} – gęstość śniegu [g/cm³].