

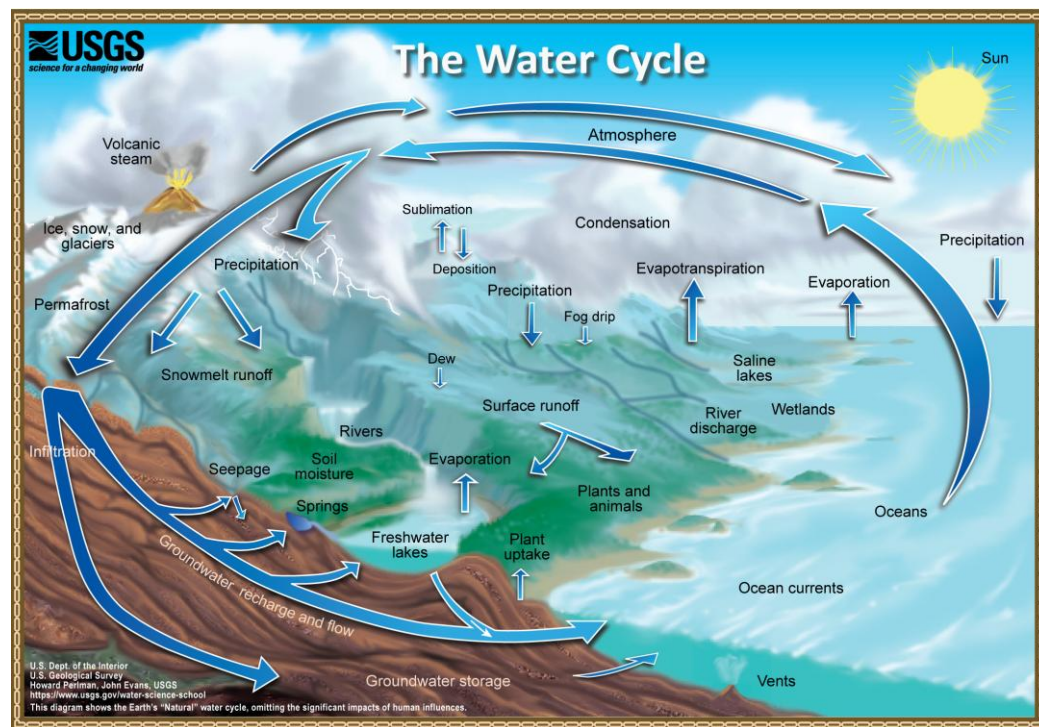


1. Woda na Ziemi

Woda do zaopatrzenia ludności pochodzi z wód powierzchniowych i podziemnych.

Wody powierzchniowe i podziemne są w ciągłym ruchu i zachodzi nieustanna wymiana między nimi.

Przepływ wód **podziemnych** jest **bardzo spowolniony** w porównaniu do wód powierzchniowych, dlatego mówimy o tzw. **retencji gruntowej**. Wody podziemne ulegają ciągłemu zasilaniu -**odnawianiu** i drenażowi.



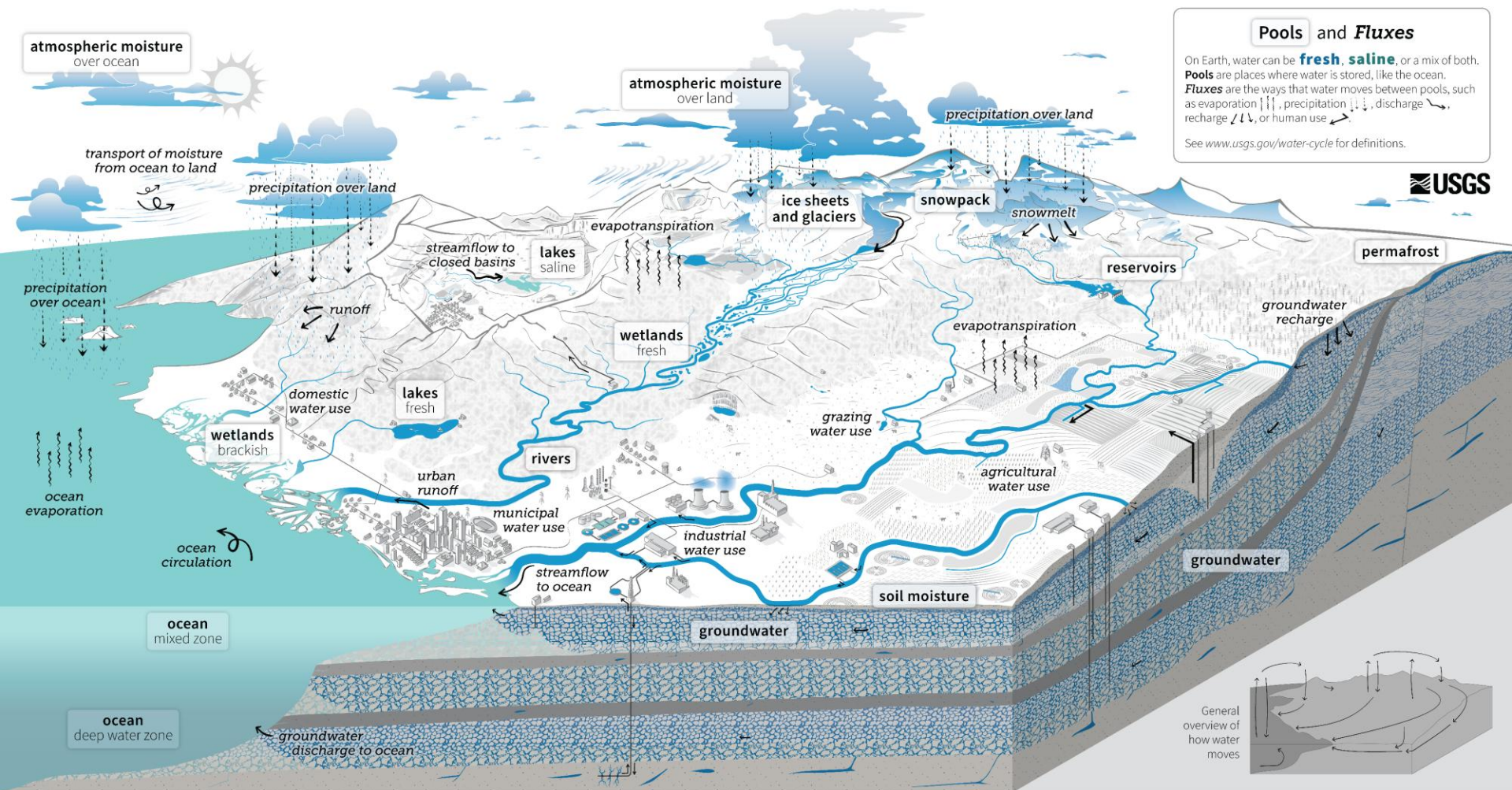
atmospheric moisture
over ocean

atmospheric moisture
over land

Pools and Fluxes

On Earth, water can be **fresh, saline**, or a mix of both. **Pools** are places where water is stored, like the ocean. **Fluxes** are the ways that water moves between pools, such as evaporation ↑↑↑, precipitation ↓↓↓, discharge ↘, recharge ↙↘, or human use ↘.

See www.usgs.gov/water-cycle for definitions.



The Water Cycle

The water cycle describes where water is found on Earth and how it moves. Water can be stored in the atmosphere, on Earth's surface, or below the ground. It can be in a liquid, solid, or gaseous state. Water moves between the places it is stored at large scales and at very small scales. Water moves naturally and because of human interaction, both of which affect where water is stored, how it moves, and how clean it is.

Liquid water can be fresh, saline (salty), or a mix (brackish). Ninety-six percent of all water is saline and stored in **oceans**. Places like the ocean, where water is stored, are called **pools**. On land, saline water is stored in **saline lakes**, whereas fresh water is stored in liquid form in **freshwater lakes**, artificial **reservoirs**, **rivers**, **wetlands**, and in soil as **soil moisture**. Deeper underground, liquid water is stored as **groundwater** in aquifers, within the cracks and pores of rock. The solid, frozen form of water is stored in **ice sheets**, **glaciers**, and **snowpack** at high elevations or near the Earth's poles. Frozen water is also found in the soil as **permafrost**. Water vapor, the gaseous form of water, is stored as **atmospheric moisture** over the ocean and land.

As it moves, water can transform into a liquid, a solid, or a gas. The different ways in which water moves between pools are known as **fluxes**. **Circulation** mixes water in the oceans and transports water vapor in the atmosphere. Water moves between the atmosphere and the Earth's surface through **evaporation**, **evapotranspiration**, and **precipitation**. Water moves across the land surface through **snowmelt**, **runoff**, and **streamflow**. Through infiltration and **groundwater recharge**, water moves into the ground. When underground, groundwater flows within aquifers and can return to the surface through **springs** or from natural **groundwater discharge** into rivers and oceans.

Humans alter the water cycle. We redirect rivers, build dams to store water, and drain water from wetlands for development. We use water from rivers, lakes, reservoirs, and groundwater aquifers. We use that water (1) to supply our **homes and communities**; (2) for **agricultural** irrigation and **grazing** livestock; and (3) in **industrial** activities like thermoelectric power generation, mining, and aquaculture. The amount of available water depends on how much water is in each pool (water quantity). Water availability also depends on when and how fast water moves (water timing), how much water is used (water use), and how clean the water is (water quality).

Human activities affect **water quality**. In agricultural and urban areas, irrigation and precipitation wash fertilizers and pesticides into rivers and groundwater. Power plants and factories return heated and contaminated water to rivers. Runoff carries chemicals, sediment, and sewage into rivers and lakes. Downstream from these types of sources, contaminated water can cause harmful algal blooms, spread diseases, and harm habitats. **Climate change** is also affecting the water cycle. It affects water quality, quantity, timing, and use. Climate change is also causing ocean acidification, sea level rise, and extreme weather. Understanding these impacts can allow progress toward sustainable water use.

Zasoby wodne - ilościowo

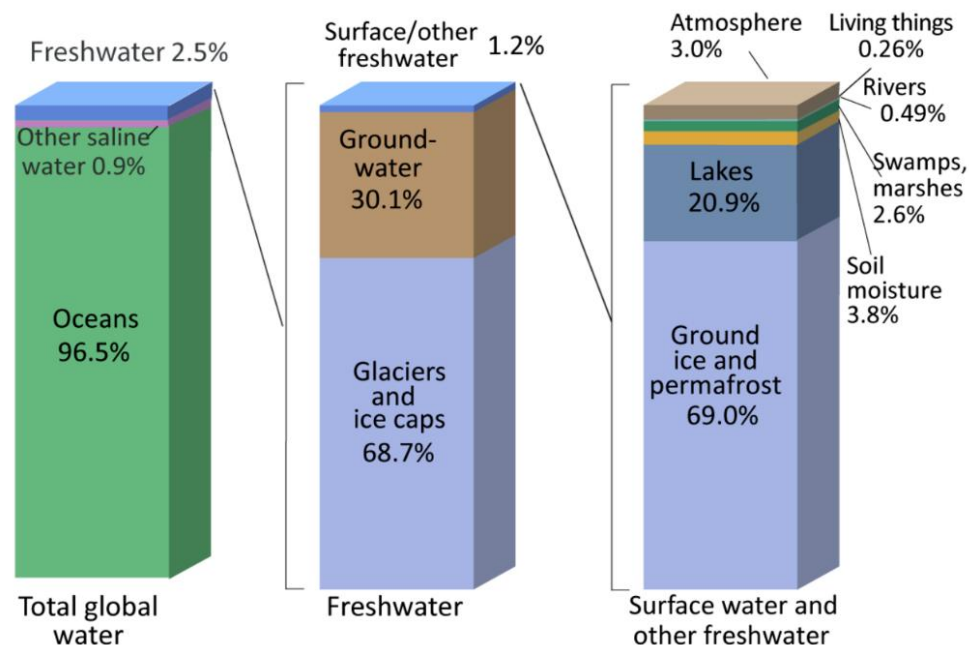
Całkowitą objętość wody na Ziemi szacuje się na około **1 386 mln km³**

- 96,54% to wody mórz i oceanów
- 0,93% - to solanki reliktowe
- 2,53 % - wody słodkie



Na te 2,53% wód słodkich składają się:

- 1,74% - lodowce i lądolody,
- 0,76% - słodka woda podziemna
- niespełna 0,01% to słodkie wody powierzchniowe
- 0,001% to woda w atmosferze



<https://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school>

Source: **Igor Shiklomanov's chapter "World fresh water resources"** in Peter H. Gleick (editor), 1993, *Water in Crisis: A Guide to the World's Fresh Water Resources* (Oxford University Press, New York).

Zasoby wodne - porównanie starszych i nowszych oszacowań

Fresh groundwater:
10,5 - 15.9 million km³

UN-Water and UNESCO, The United Nations World Water Development Report 2022 - Making the Invisible Visible , Paris, 629 France . Accessed: May 08, 2022.

One estimate of global water distribution

(Percents are rounded, so will not add to 100)

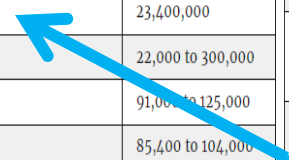
Water source	Water volume, in cubic kilometers	Percent of freshwater	Percent of total water
Oceans, Seas, & Bays	1,338,000,000	--	96.54
Ice caps, Glaciers, & Permanent Snow	24,064,000	68.7	1.74
Groundwater	23,400,000	--	1.69
Fresh	10,530,000	30.1	0.76
Saline	12,870,000	--	0.93
Soil Moisture	16,500	0.05	0.001
Ground Ice & Permafrost	300,000	0.86	0.022
Lakes	176,400	--	0.013
Fresh	91,000	0.26	0.007
Saline	85,400	--	0.006
Atmosphere	12,900	0.04	0.001
Swamp Water	11,470	0.03	0.0008
Rivers	2,120	0.006	0.0002
Biological Water	1,120	0.003	0.0001

Volume of Water Pools

Pool	Volume estimate (cubic kilometers [km ³])	Range (cubic kilometers [km ³])
Ocean (deep water zone)	1,206,000,000	1,100,000,000 to 1,300,000,000
Ocean (mixed zone)	134,000,000	90,000,000 to 170,000,000
Ice sheets and glaciers	25,800,000	24,064,000 to 29,200,000
Groundwater	22,600,000	8,060,000 to 23,400,000
Permafrost	207,000	22,000 to 300,000
Lakes (fresh)	108,000	91,000 to 125,000
Lakes (saline)	94,700	85,400 to 104,000
Soil moisture	54,100	16,500 to 122,000
Wetlands (fresh and brackish)	14,100	11,000 to 17,000
Reservoirs	10,800	7,000 to 15,000
Atmospheric moisture (over ocean)	10,000	8,000 to 12,000
Atmospheric moisture (over land)	3,000	2,700 to 3,300
Snowpack	2,900	2,600 to 3,500
Rivers	1,900	1,250 to 2,120
Biological water	940	600 to 1,120

Flux Rate of Water Movement

Flux	Flux rate estimate (cubic kilometers per year [km ³ yr ⁻¹])	Range (cubic kilometers per year [km ³ yr ⁻¹])
Ocean circulation	7,100,000	6,100,000 to 9,100,000
Ocean evaporation	420,500	350,000 to 510,000
Precipitation over ocean	380,500	320,000 to 460,000
Precipitation over land	110,600	99,000 to 120,000
Evapotranspiration	68,900	62,000 to 75,000
Transport of moisture from ocean to land	46,000	35,000 to 50,000
Streamflow to ocean	46,000	36,000 to 56,000
Groundwater recharge	13,000	12,000 to 25,000
Grazing water use	10,000	8,200 to 14,000
Agricultural water use	10,840	7,850 to 12,000
Groundwater discharge to ocean	4,500	100 to 6,500
Industrial water use	1,130	840 to 1,390
Forestry water use	960	800 to 1,200
Streamflow to closed basins	800	600 to 1,100
Municipal and domestic water use	590	380 to 680



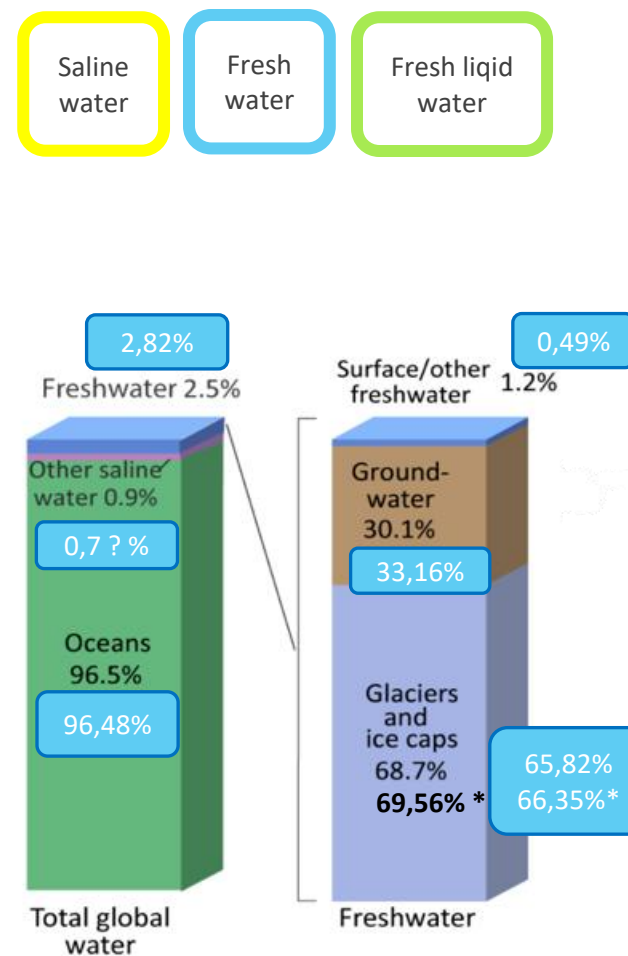
fresh

Source: Igor Shiklomanov's chapter "World fresh water resources" in Peter H. Gleick (editor), 1993, Water in Crisis: A Guide to the World's Fresh Water Resources (Oxford University Press, New York).

Abbott, B.W., Bishop, K., Zarnetske, J.P. et al. (2019) Human domination of the global water cycle absent from depictions and perceptions. Nature Geoscience 12, 533-540.

Zasoby wodne - porównanie starszych i nowszych oszacowań

Water source	Water volume, in cubic kilometers (Shiklomanov's 1993)	Percent of	Percent of	Water volume, in cubic kilometers (Abbott et al. 2019)	Percent of	Percent of
		fresh water	total water		fresh water	total water
Oceans, Seas, & Bays	1 338 000 000,00	--	96,54	1 340 000 000,00		96,48
Ice caps, Glaciers, & Permanent Snow	24 064 000,00	68,70	1,74	25 802 900,00	65,82	1,86
Groundwater:	23 400 000,00		1,69	22 600 000,00		1,63
Fresh	10 530 000,00	30,01	0,76	13 000 000,00	33,16	0,94
Saline	12 870 000,00		0,93			
Soil Moisture	16 500,00	0,05	0,001	54 100,00	0,14	0,0039
Ground Ice & Permafrost	300 000,00	0,86	0,022	207 000,00	0,53	0,0149
Lakes:	176 400,00		0,013	202 700,00	0,52	0,0146
Fresh	91 000,00	0,26	0,007	108 000,00	0,28	0,0078
Saline	85 400,00		0,006	94 700,00	0,24	0,0068
Atmosphere	12 900,00	0,04	0,0010	13 000,00	0,03	0,0009
Swamp Water	11 470,00	0,030	0,0008	14 100,00	0,04	0,0010
Rivers	2 120,00	0,006	0,0002	1 900,00	0,005	0,0001
Biological Water	1 120,00	0,003	0,0001	940,00	0,002	0,0001
	1 385 984 510,00		2,5321	1 388 896 640,00	39 201 940,00	2,82



(Shiklomanov's 1993)

* Lodowce wraz z wieczną zmarzliną

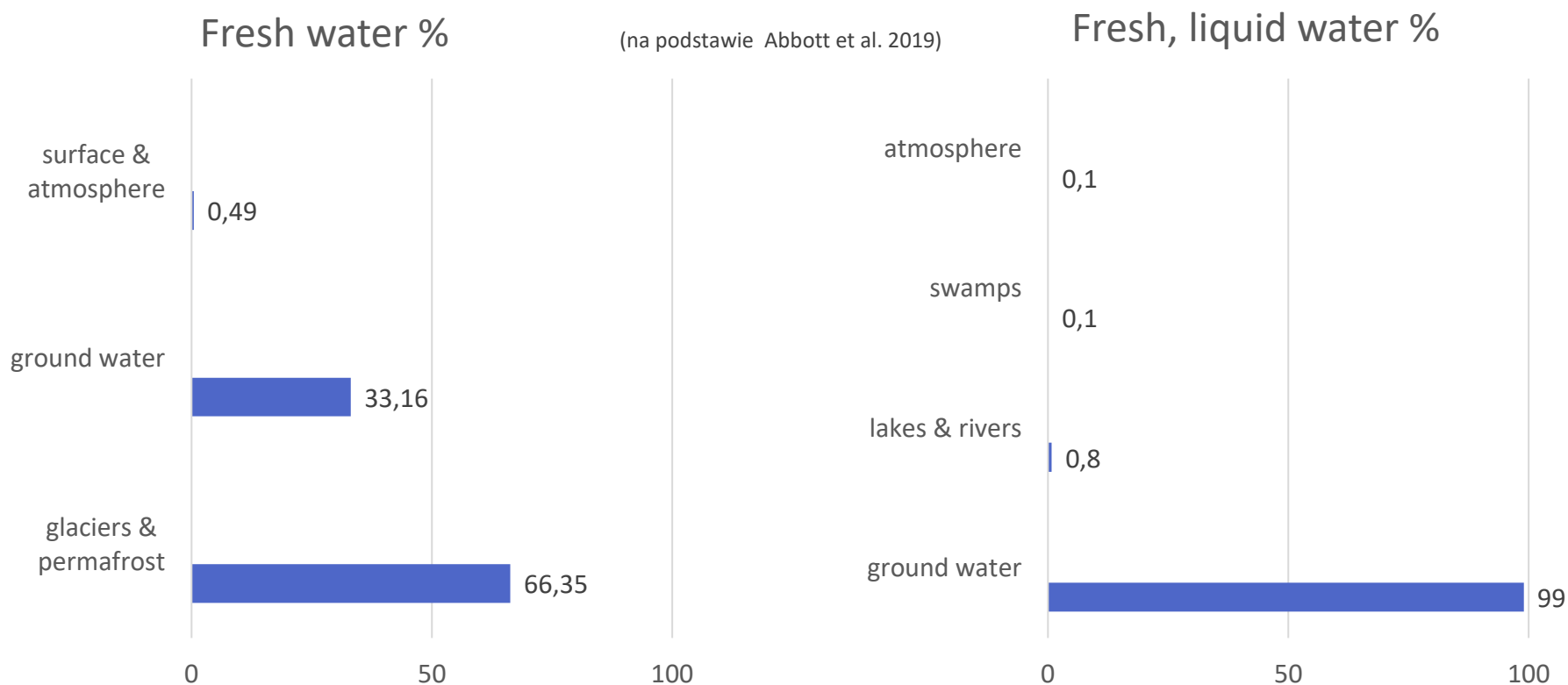
(Abbott et al. 2019)

Nowsze oszacowanie zasobów wodnych (Abbott et al. 2019), ma **większą łączną objętość wody, w tym większą objętość wód słodkich i wilgotność gruntu oraz mniejszy % udział lodowców i wiecznej zmarzliny**. Nie wyszczególniono słonych wód podziemnych z ogólnej ilości wód podziemnych. Natomiast oszacowano ilościowo **wody podziemne (odnawialne / fresh)**.

Dostępność wód zwykłych/„słodkich” – fresh water

Woda podziemna stanowi **1/3** wody „słodkiej” (zwyklej tzn. $<1000 \text{ mg/dm}^3$)

Woda podziemna stanowi **99%** słodkiej wody w stanie płynnym.

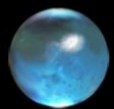
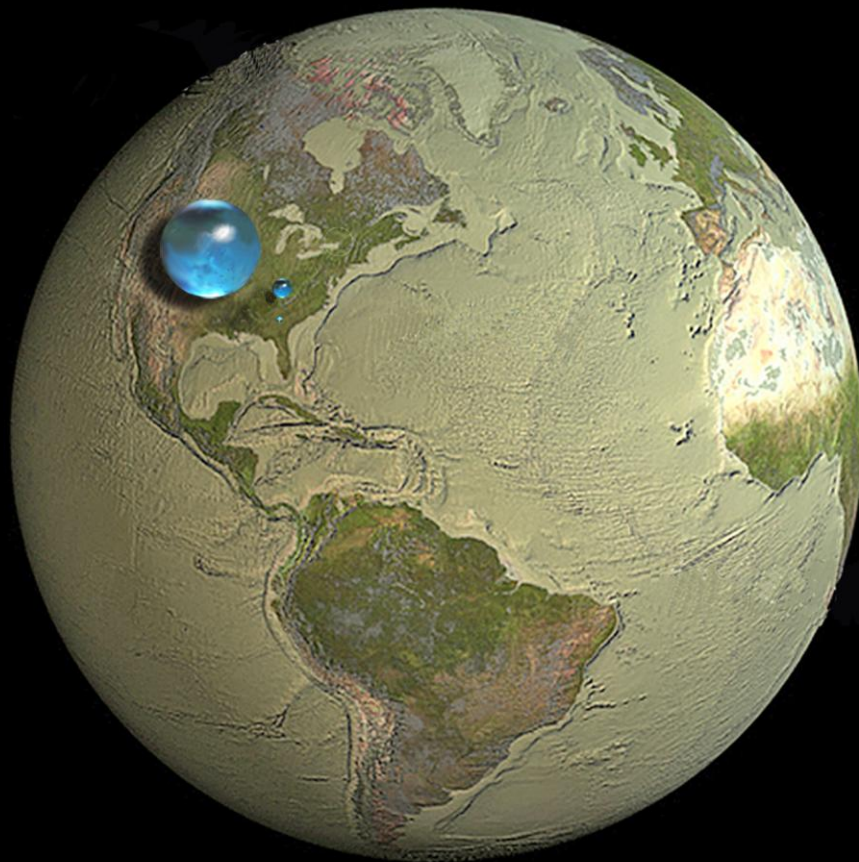


Według różnych źródeł objętość słodkiej wody podziemnej jest szanowana na 10,5 - 15.9 millionów km^3

UN-Water and UNESCO, The United Nations World Water Development Report 2022 - Making the Invisible Visible , Paris, 629 France .

Accessed: May 08, 2022.

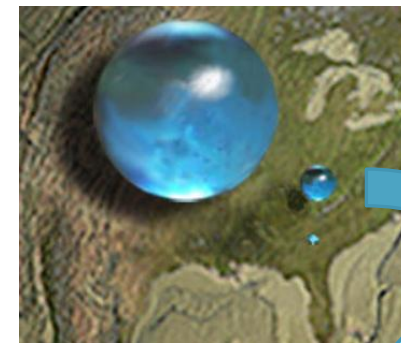
The World's Water



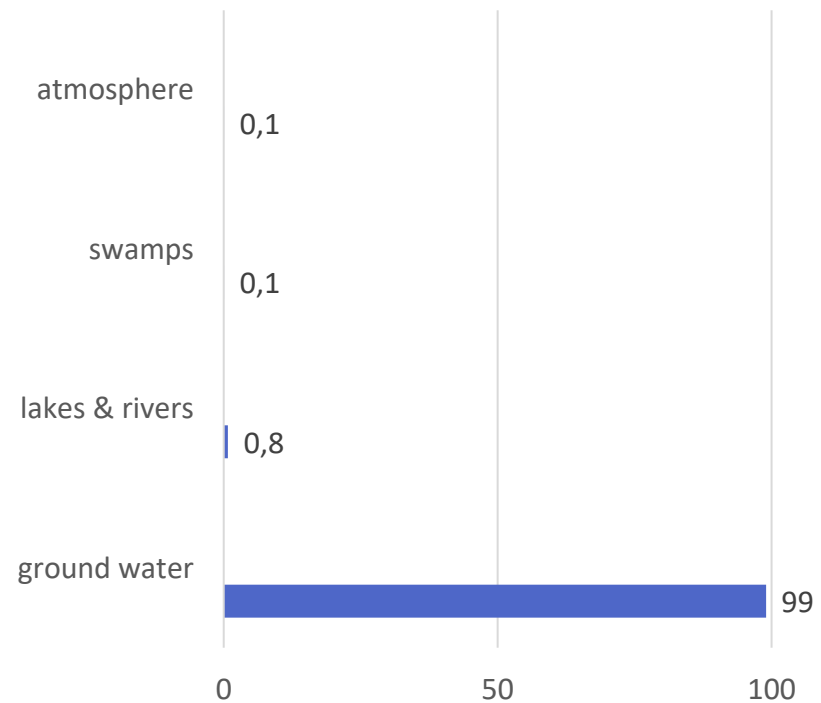
All water on, in, and above the Earth

- Liquid fresh water
- Fresh-water lakes and rivers

Howard Perlman, USGS,
Jack Cook, Woods Hole Oceanographic Institution,
Adam Nieman
Data source: Igor Shiklomanov
<http://ga.water.usgs.gov/edu/earthhowmuch.html>



Fresh, liquid water %

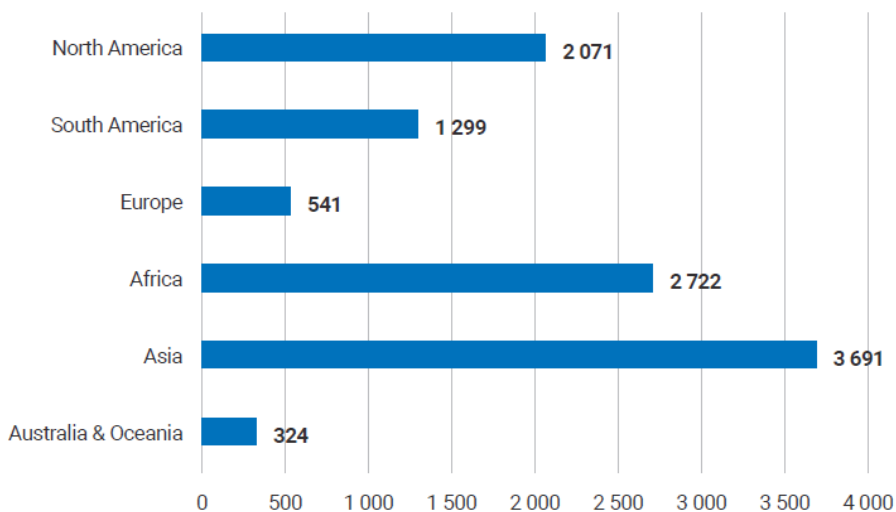


(wg Abbott et al. 2019)

Zasoby wody na poszczególnych kontynentach

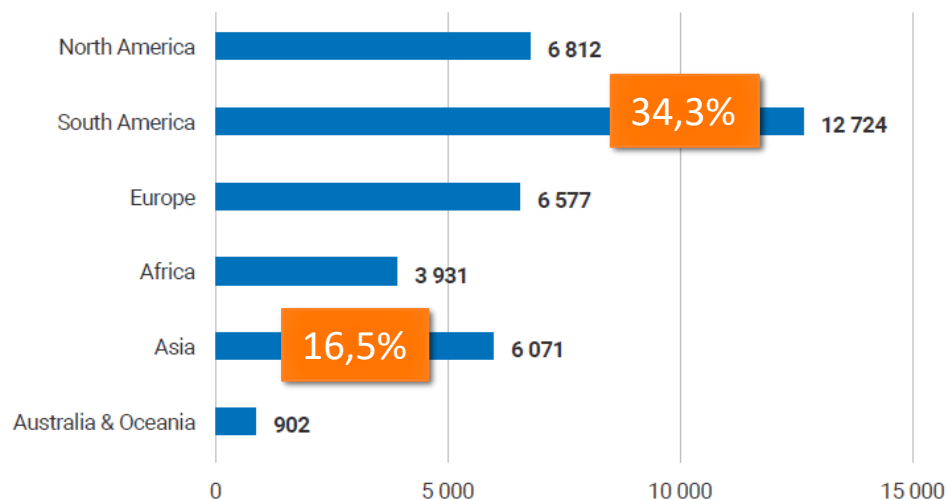
Zasoby statyczne – objętość wody łącznie 10,65* mln km³

Total volume of liquid freshwater (x 1 000 km³)



Zasoby odnawialne – 37 tys. km³/rok

Annual freshwater renewal (km³/year)

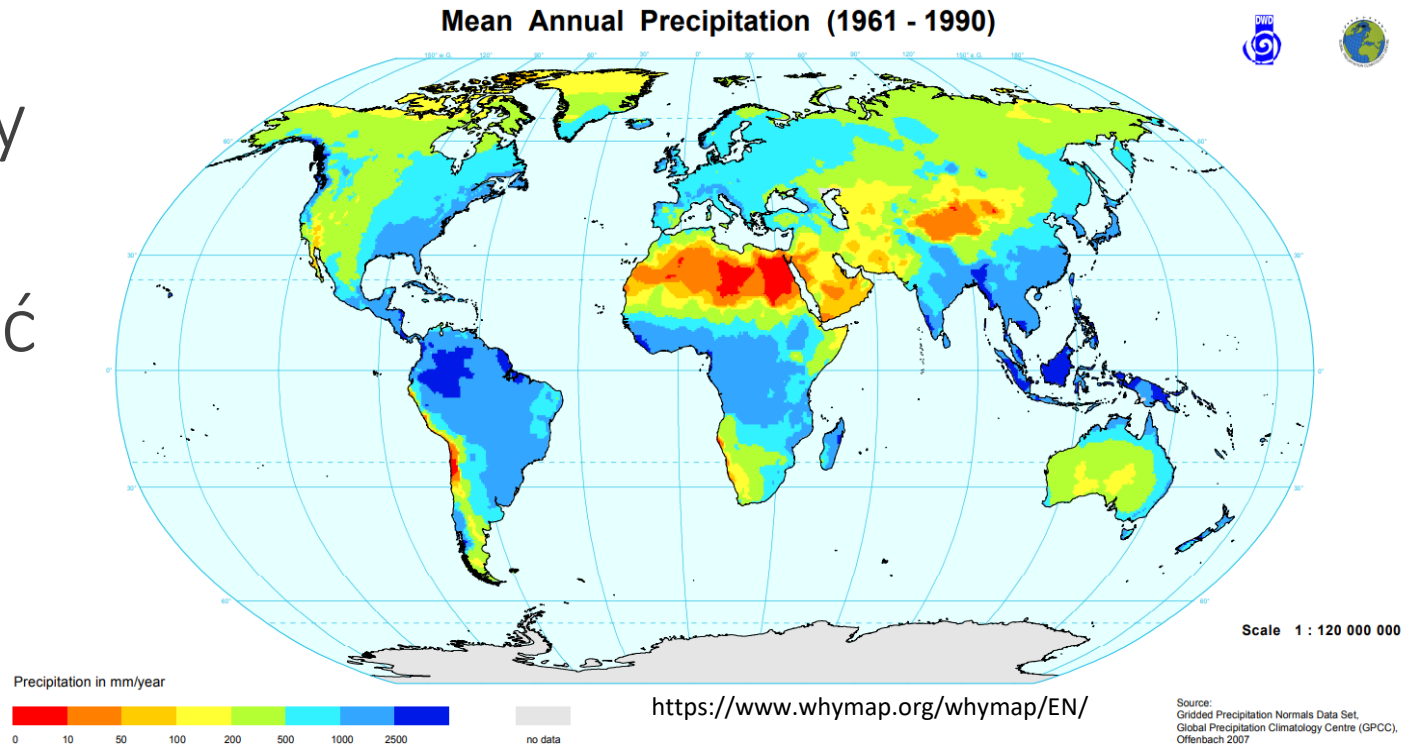


*Wody podziemne, rzeki i słodkie jeziora

UN-Water and UNESCO, The United Nations World Water Development Report 2022 - Making the Invisible Visible

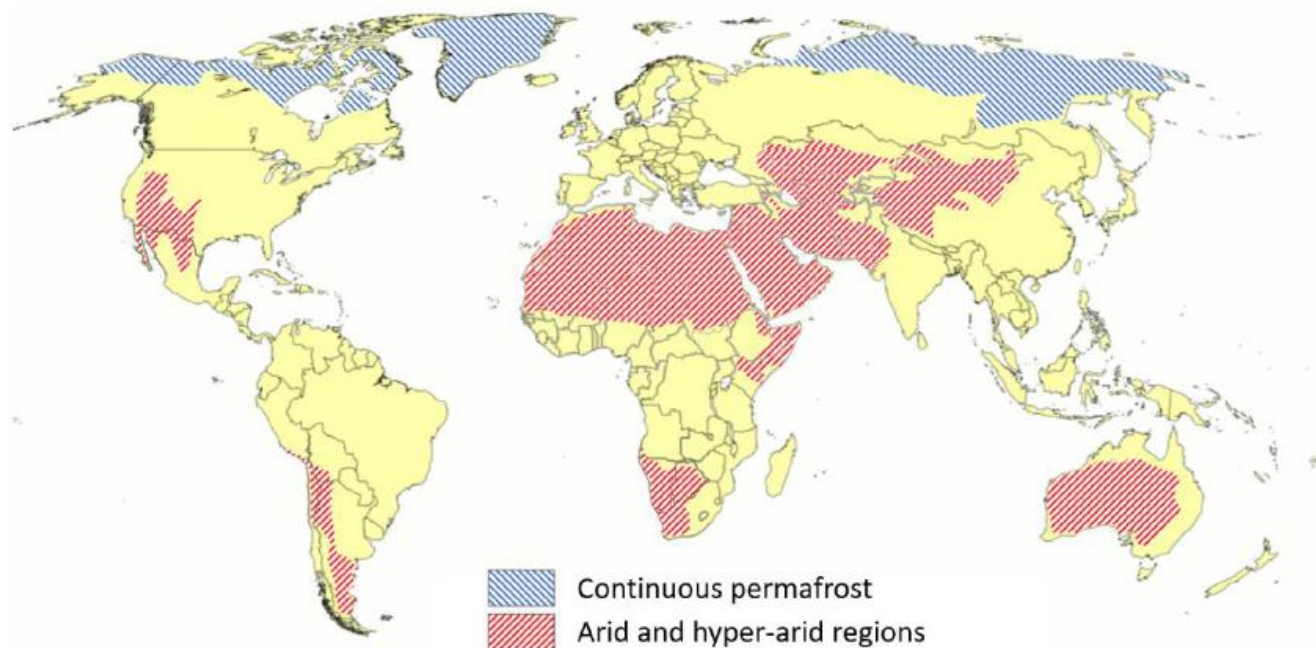
Możemy jedynie wykorzystać odnawialną część zasobów!

Średni roczny opad – odnawialność wód

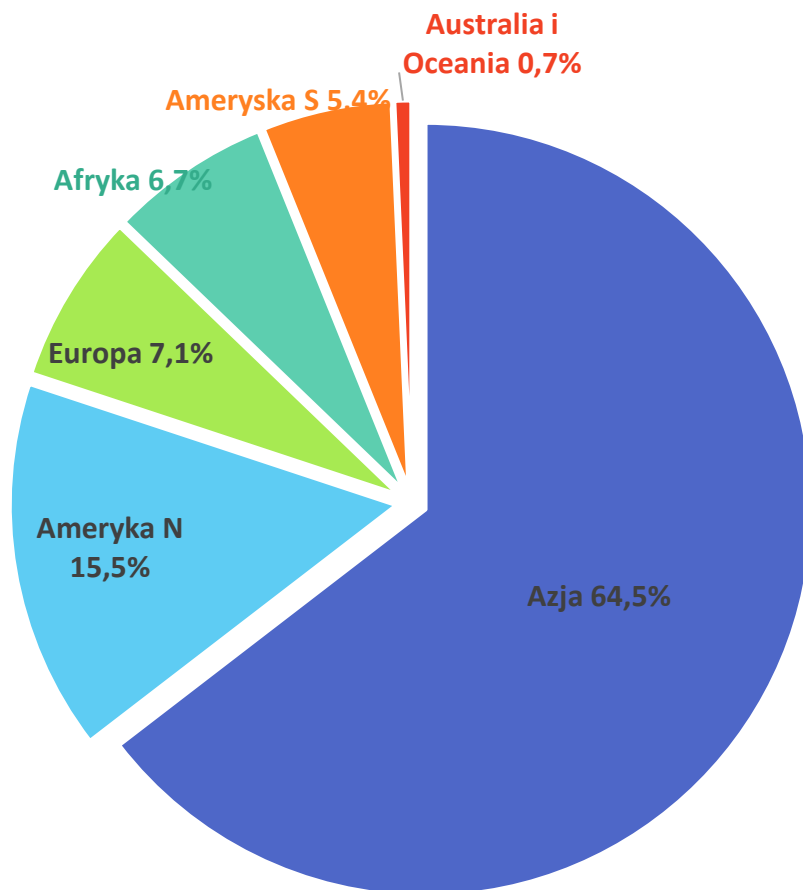


Obszary ograniczonej
odnawialności wód
podziemnych lub jej
całkowitym braku

Van der Gun J. Large Aquifer Systems Around
the World, The Groundwater project



Pobór wód na poszczególnych kontynentach

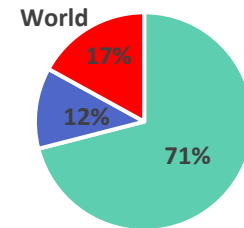


UN-Water and UNESCO, The United Nations World Water Development Report 2022 - Making the Invisible Visible

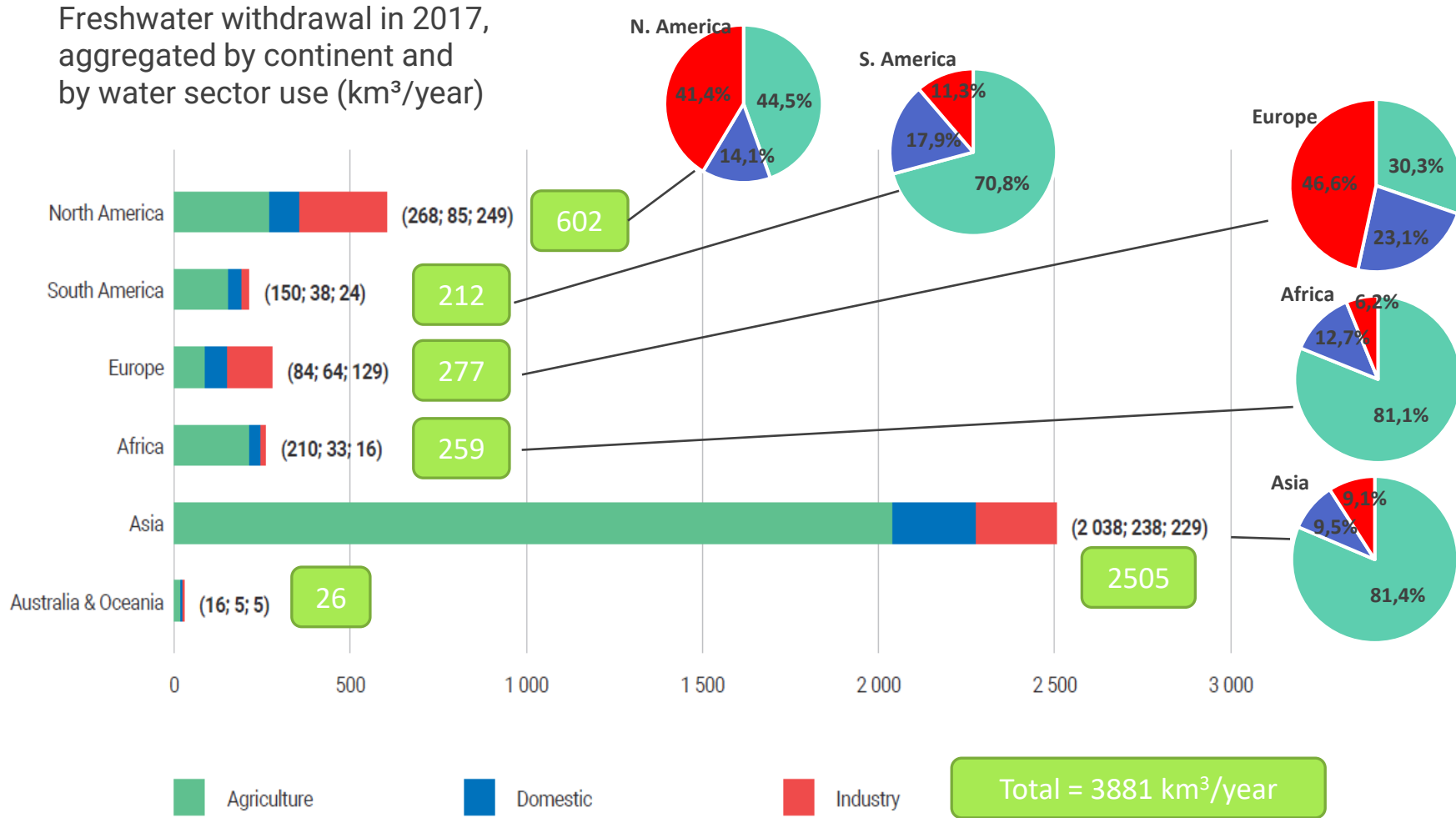
Zasoby odnawialne w Azji to zaledwie 16,5% zasobów odnawialnych na świecie. A pobór wynosi blisko 65% całkowitego poboru wody na Ziemi.

Dla porównania zasoby odnawialne Ameryki południowej to 34% zasobów światowych, a pobór stanowi jedynie 5,4% całkowitego poboru.

Wykorzystanie wód wg kategorii użytkowania



Freshwater withdrawal in 2017, aggregated by continent and by water sector use (km³/year)

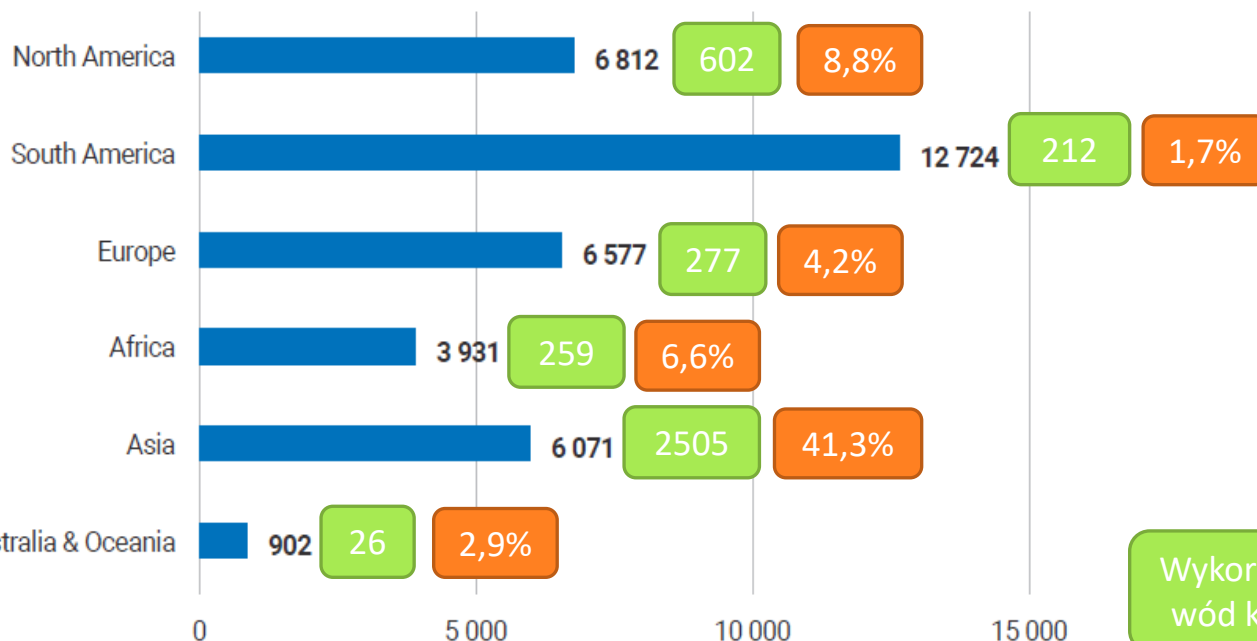


UN-Water and UNESCO, The United Nations World Water Development Report 2022 - Making the Invisible Visible

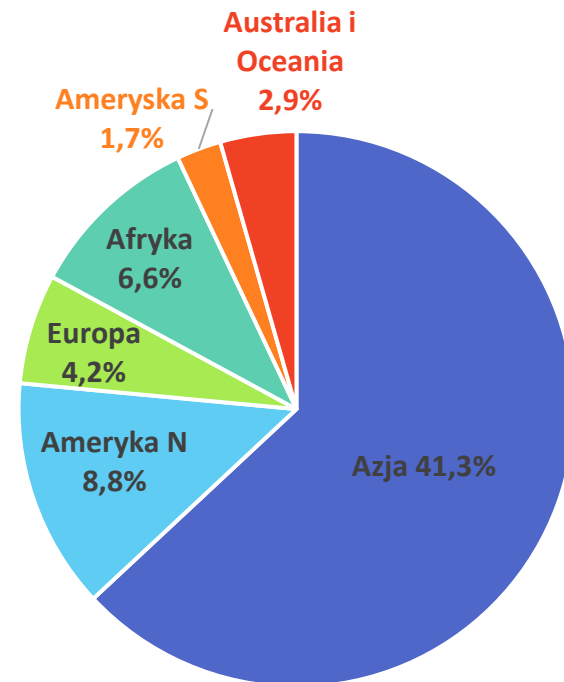
Stopień wykorzystania zasobów odnawialnych

Zasoby odnawialne:

Annual freshwater renewal (km³/year)



Wykorzystanie wód w % zasobów odnawialnych



Ilość pobieranej wody na całym świecie (3881 km³/rok) **stanowi 10,5% średniego rocznego zasilania odnawialnego** (37000 km³/rok). Największe wykorzystanie zasobów jest **w Azji - ponad 41% zasobów odnawialnych**.

UN-Water and UNESCO, The United Nations World Water Development Report 2022 - Making the Invisible Visible

Nadmierna eksploatacja i zubożenie zasobów

W związku z przewidywanym wzrostem liczby ludności z 8 do 11 miliardów do 2100 roku **zrównoważone gospodarowanie wodą jest największym wyzwaniem ludzkości.**

Wzrost poboru wód jest aktualnie na poziomie **1% rocznie** (UN-Water and UNESCO, 2022). **Trudna sytuacja dotyczy głównie Azji, a zwłaszcza Azji południowej.**

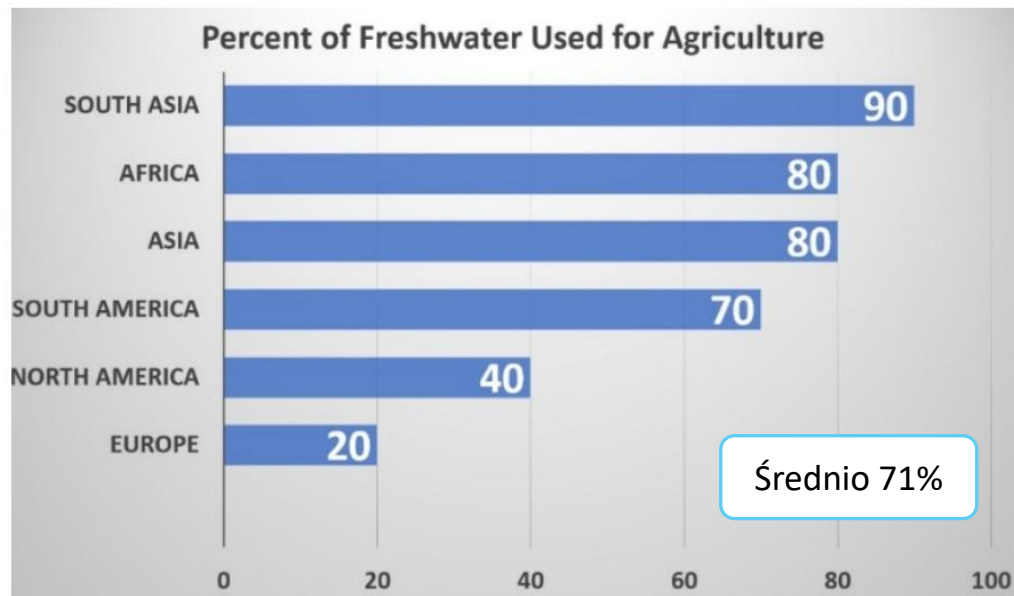


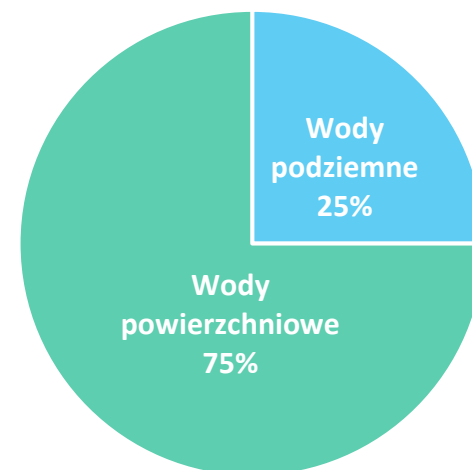
Figure 67 - Percentage of freshwater use that is dedicated to agriculture in major regions of the world (data from Global Agriculture, 2020).

E. Poeter, et al.. 2020, Groundwater in Our Water Cycle

Wykorzystanie wód podziemnych na świecie

Sumaryczny pobór wód
3881km³/rok

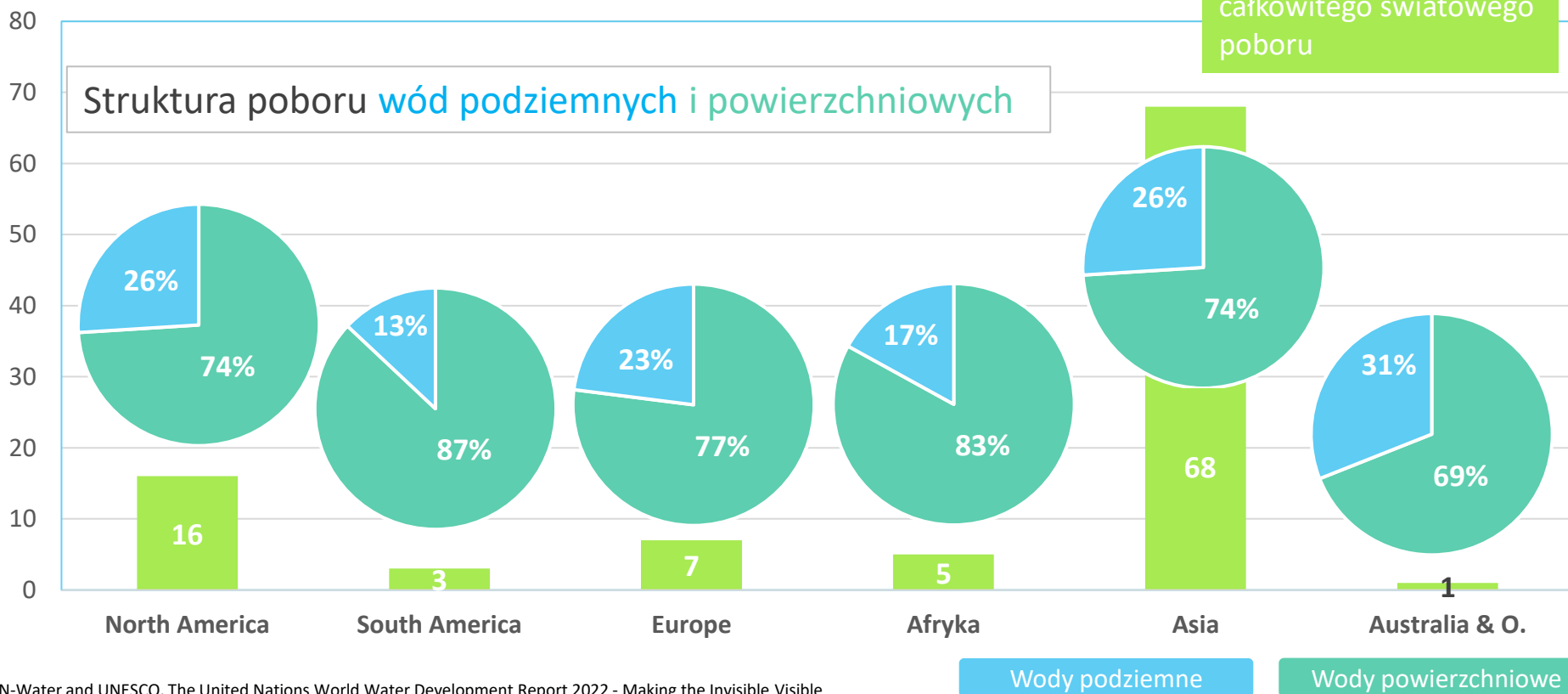
Pobór wód podziemnych
959 km³/rok



2017	Groundwater withdrawal		Volumes by water use sector			Percentages by water use sector		
	(km ³ /year)	% of world	Agriculture	Domestic	Industry	Agriculture	Domestic	Industry
North America	156	16	97	48	12	62	30	7
South America	27	3	13	9	5	49	32	20
Europe	65	7	24	29	12	36	45	19
Africa	45	5	29	14	2	65	32	4
Asia	657	68	496	107	53	76	16	8
Australia & Oceania	8	1	4	4	0	48	48	3
World	959	100	664	211	84	69	22	9

Procentowe wykorzystanie wód podziemnych na świecie oraz struktura poboru wód podziemnych i powierzchniowych

- Kraje, które korzystają z wód podziemnych **w ponad 90%:**
Monako (100%), Malta, Islandia, Dania
- Kraje, które korzystają z wód podziemnych **w mniej niż 10%:**
Rumunia, Albania, Kazachstan, Finlandia, Uzbekistan.

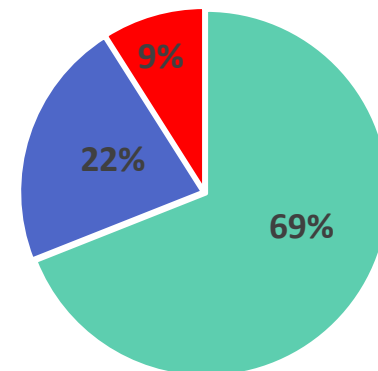


Struktura użytkowania wód podziemnych na poszczególnych kontynentach

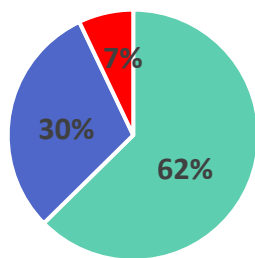
Wody podziemne zapewniają w całości lub w części wodę pitną aż dla 50% światowej populacji i stanowią 43% całej wody wykorzystywanej do nawadniania (UNWWAP, 2015). Na całym świecie 2,5 miliarda ludzi jest zależnych wyłącznie od wód gruntowych.

Groundwater in Our Water Cycle. E. Poeter et al.

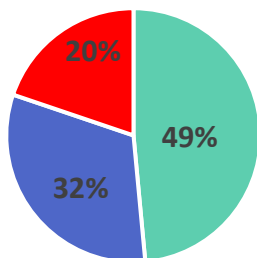
Średnio na świecie



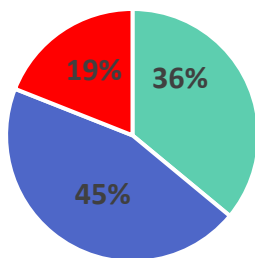
North America



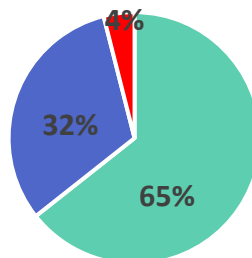
South America



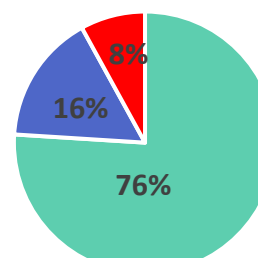
Europe



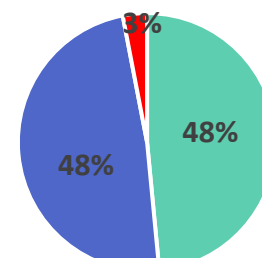
Afryka



Asia



Australia & O.



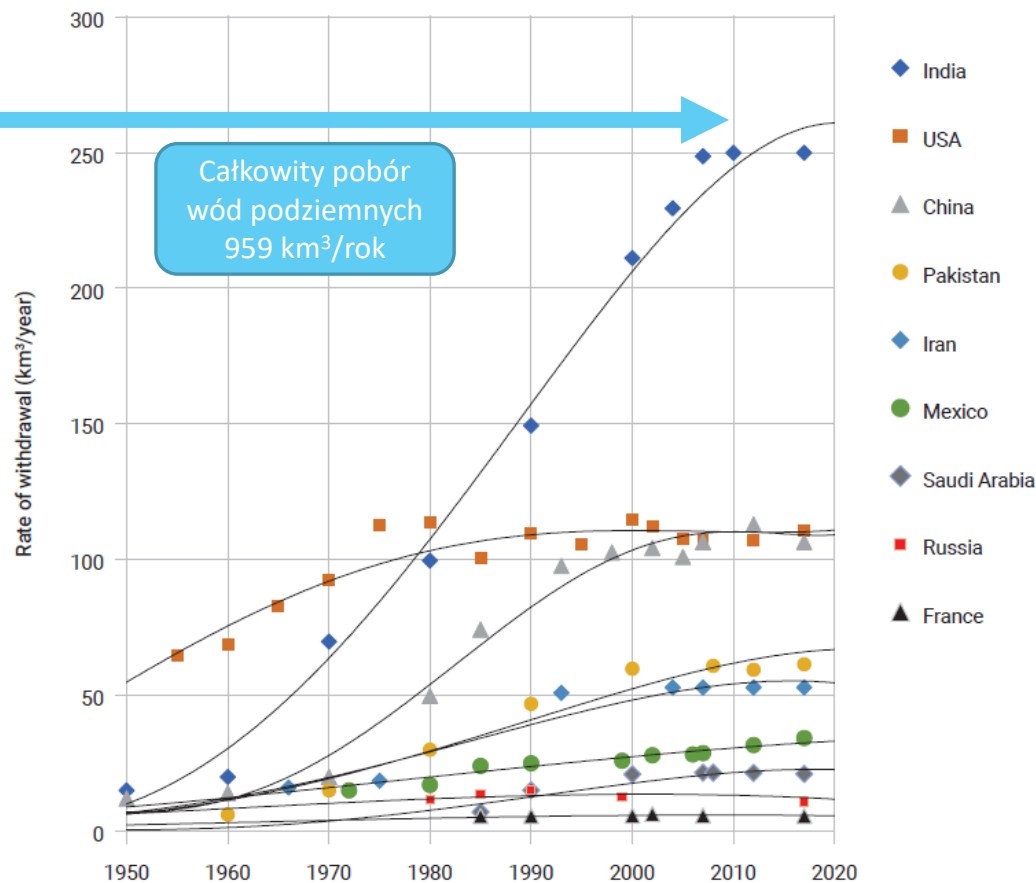
UN-Water and UNESCO, The United Nations World Water Development Report 2022 - Making the Invisible Visible

Nadmierna eksploatacja wód podziemnych

Pobór wód podziemnych w Indiach stanowi aktualnie ponad ¼ całkowitego poboru wód podziemnych na świecie! Jest to pobór głównie na cele rolnicze.

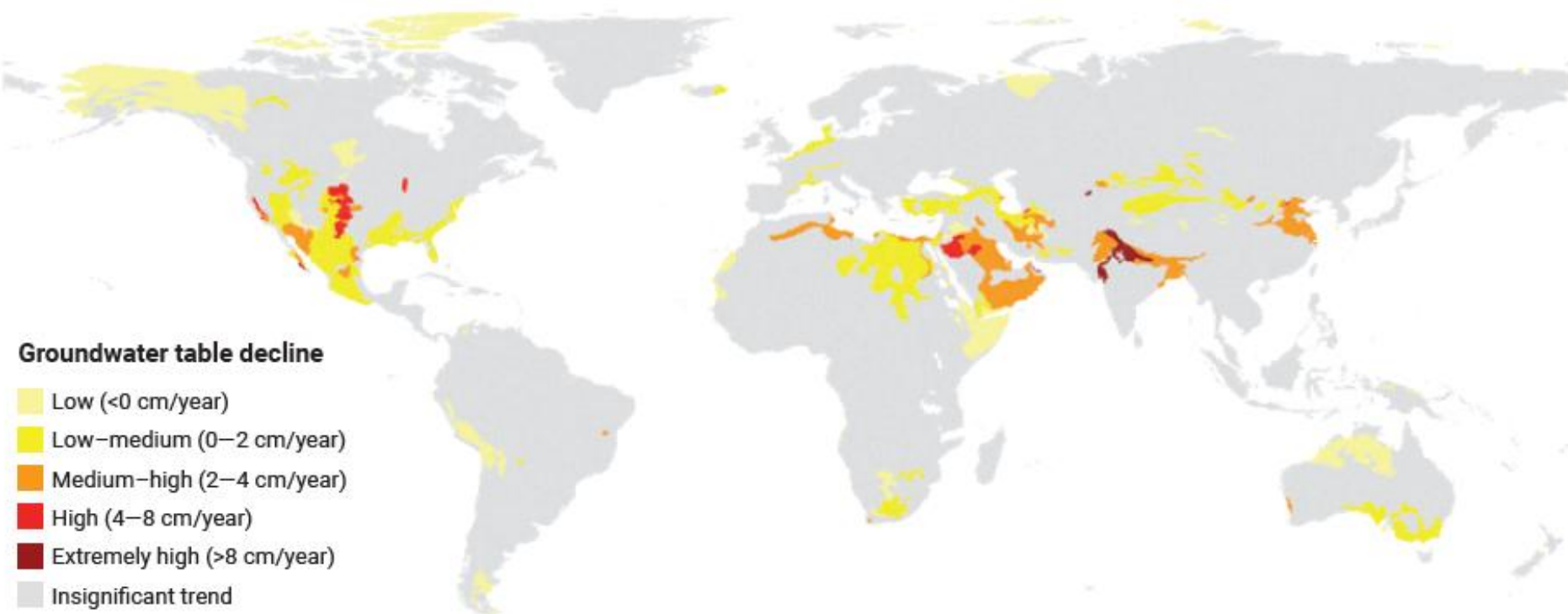
Indie wraz z USA i Chinami są odpowiedzialne za blisko połowę całej eksploatacji wód podziemnych. Pozostałe kraje o największych poborach to: Pakistan, Iran, Arabia Saudyjska, Meksyk.

Evolution of total groundwater withdrawal in selected countries, 1950–2020



UN-Water and UNESCO, The United Nations World Water Development Report 2022 - Making the Invisible Visible

Nadmierna eksploatacja wód podziemnych



UN-Water and UNESCO, The United Nations World Water Development Report 2022 - Making the Invisible Visible

W wielu miejscach na Ziemi **eksploatacja przewyższa zasilanie** i obserwowany jest ciągły spadek poziomu wód podziemnych. Zubożenie wód podziemnych jest szacowane na około **283 km³/rok**.

W efekcie zwiększona zostaje objętość wód powierzchniowych, co przyczynia się do **wzrostu poziomu oceanów o około 0,8 +/- 0,1 mm/rok**. Stanowi to około 25% obecnego rocznego wzrostu - 3.1 mm/rok (Wood i Hyndman, 2018).

Groundwater in Our Water Cycle. E. Poeter, et al..

Duże miasta z niedoborem wody

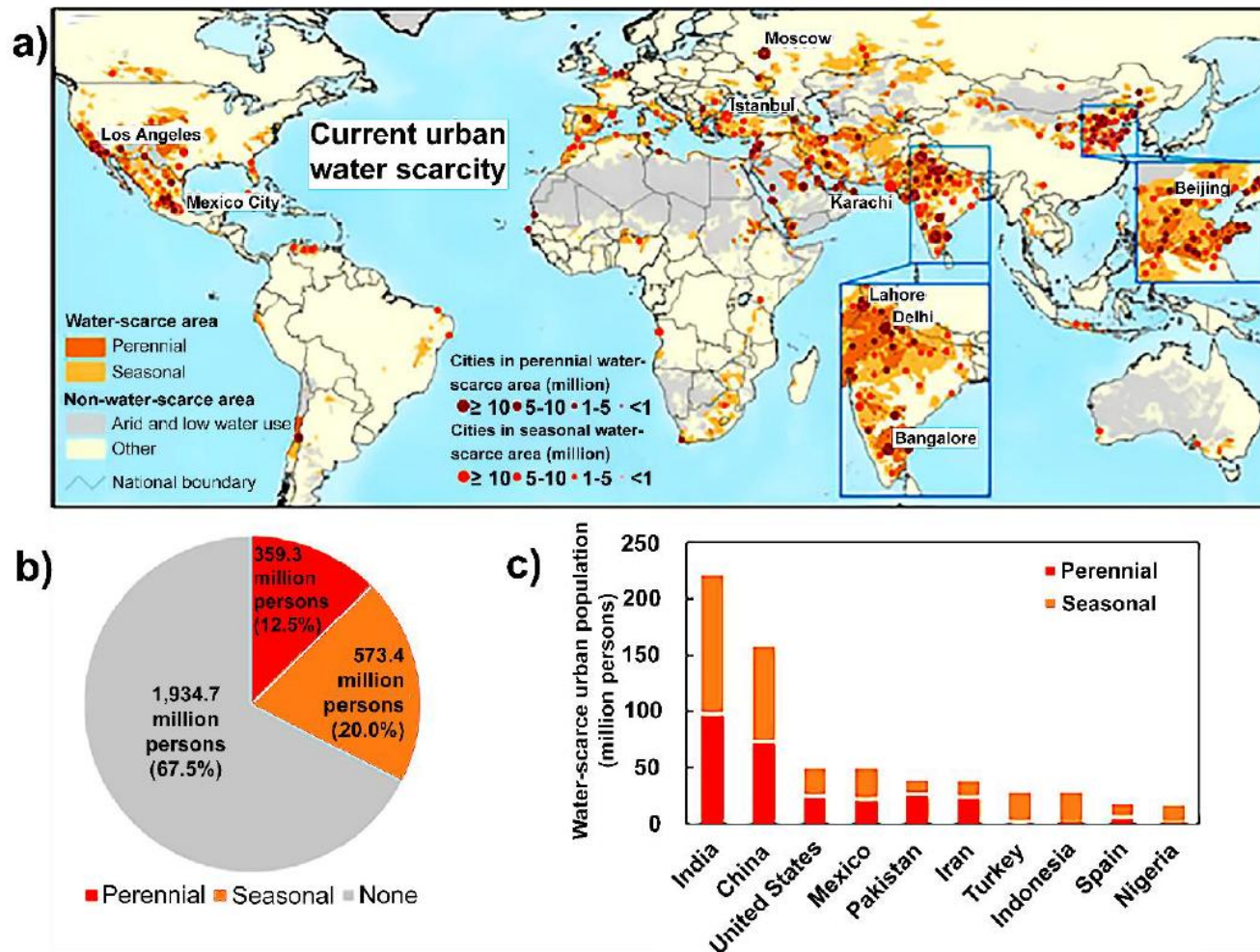
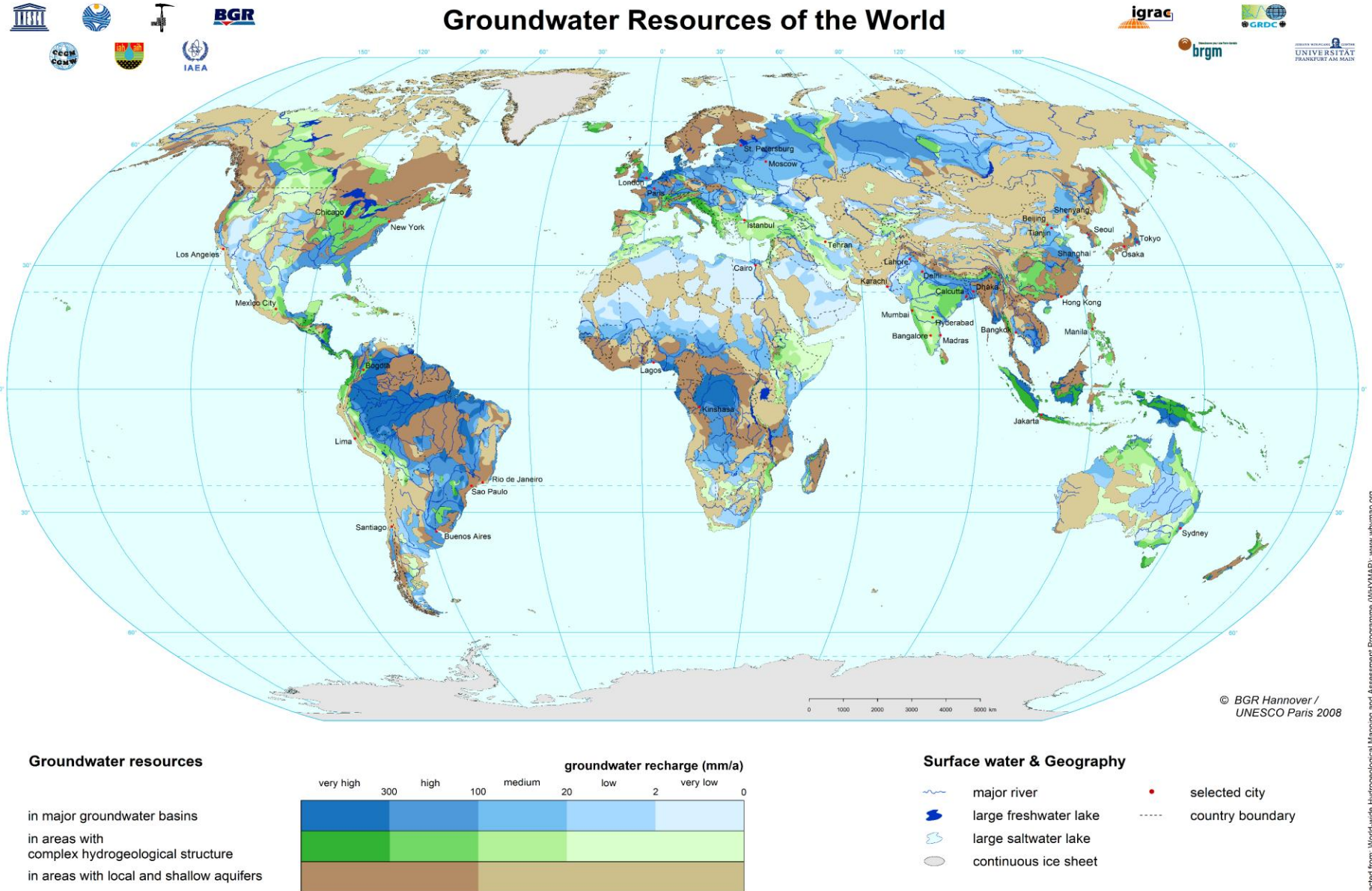


Figure 4 - Urban water scarcity: a) large cities in water-scarce areas (cities with population > 10 million in 2016 are labeled); b) water-scarce urban populations globally; c) water-scarce urban populations nationally (ten most seriously affected countries listed) (modified from He et al., 2021).

Urban Groundwater Ken Howard, 2023

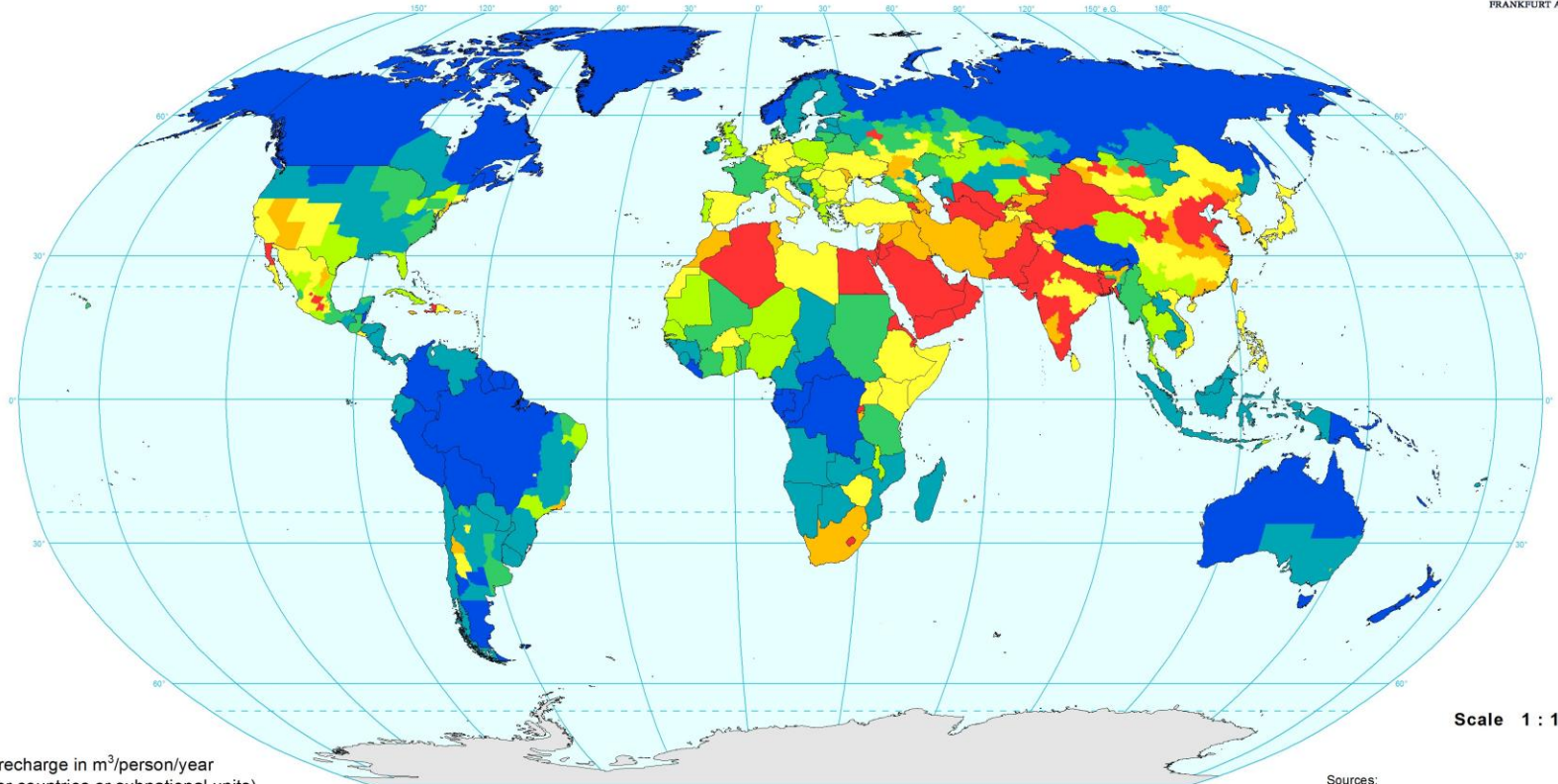
Zasoby / Zasilanie wód podziemnych



Zasilanie wód podziemnych /na mieszkańca/rok

Groundwater Recharge (1961 - 1990) per Capita (2000)

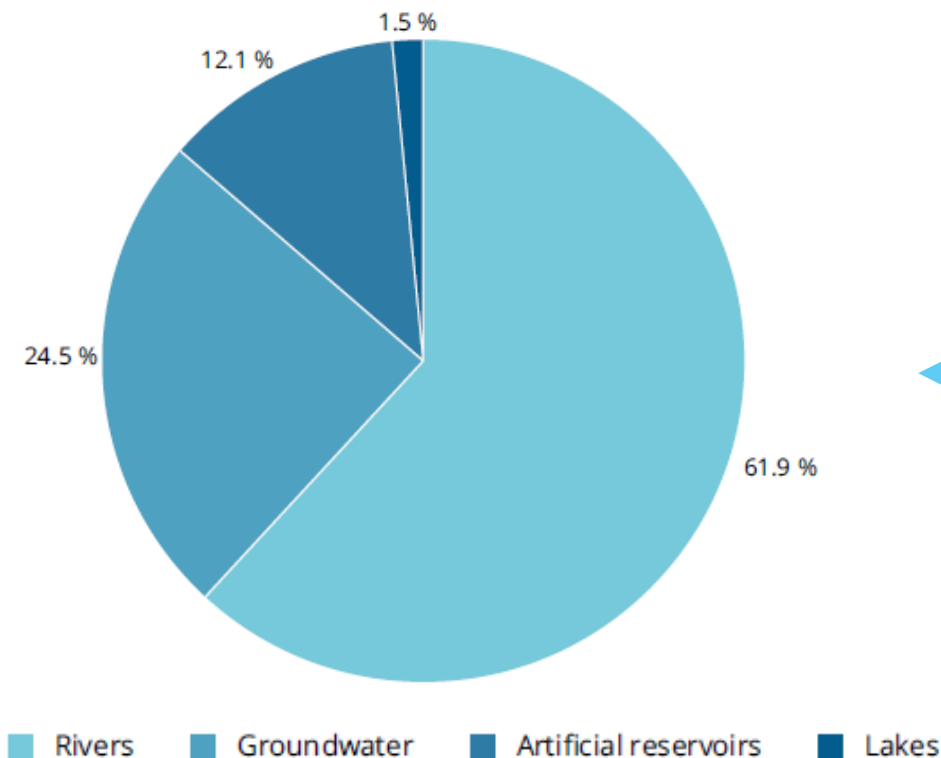
JOHANN WOLFGANG GÖTTKE
UNIVERSITÄT
FRANKFURT AM MAIN



Sources:
Mean groundwater recharge calculated with WaterGAP 2.1,
Universities of Frankfurt/Main & Kassel 2007;
Population data based on GPW - Version 3,
Center for International Earth Science Information Network
(CIESIN) 2005

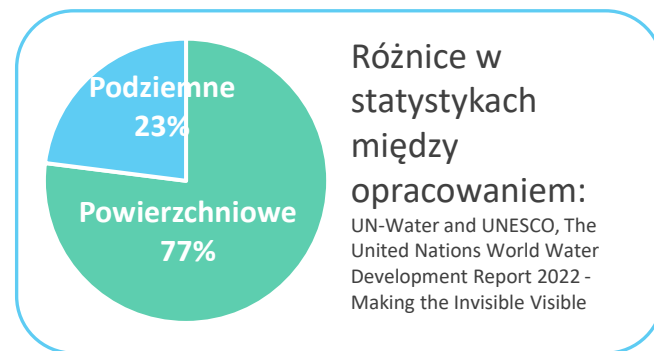
<https://www.whymap.org/whymap/EN>

Wykorzystanie wód w Europie



Annual freshwater abstraction by source of freshwater in Europe (EEA-38 and the UK), 2017

Water resources across Europe — confronting water stress: an updated assessment. EEA Report No 12/2021

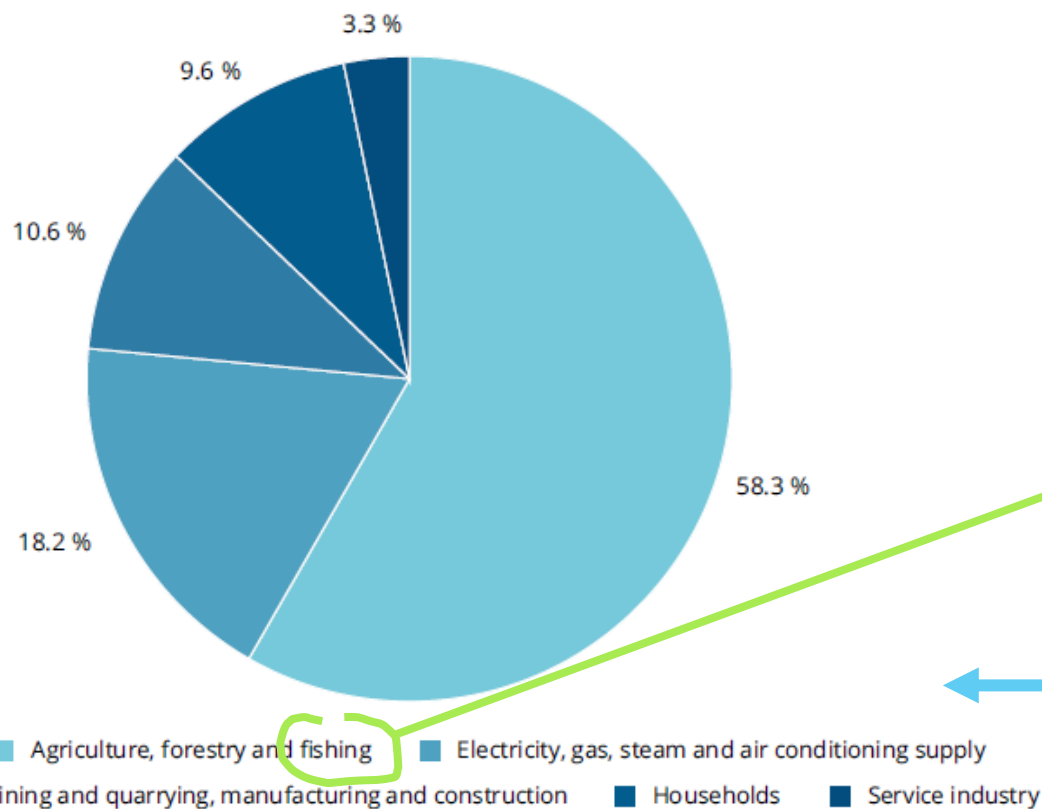


W Europie wykorzystuje się głównie **wody powierzchniowe** - około **75 %** całkowitego poboru, pozostałe **25 %** pochodzi z **wód podziemnych**.

W Europie **wody podziemne** dostarczają **65% wody przeznaczonej do zaopatrzenia ludności i 25% wody dla rolnictwa** (w skali świata jest to odpowiednio 50% i 43%).

<https://www.eea.europa.eu/publications/europes-groundwater>

Wykorzystanie wód w Europie



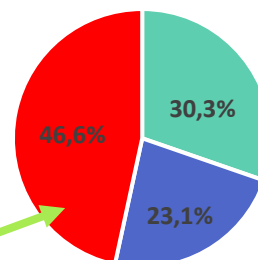
Freshwater consumption by sector in Europe (EEA-38 and the UK), 2017

Water resources across Europe — confronting water stress: an updated assessment.
EEA Report No 12/2021

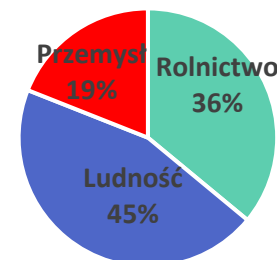
Różnice w statystykach między opracowaniem UNESCO: UN-Water and UNESCO, The United Nations World Water Development Report 2022 - Making the Invisible Visible

Wykorzystanie wód:

łącznie

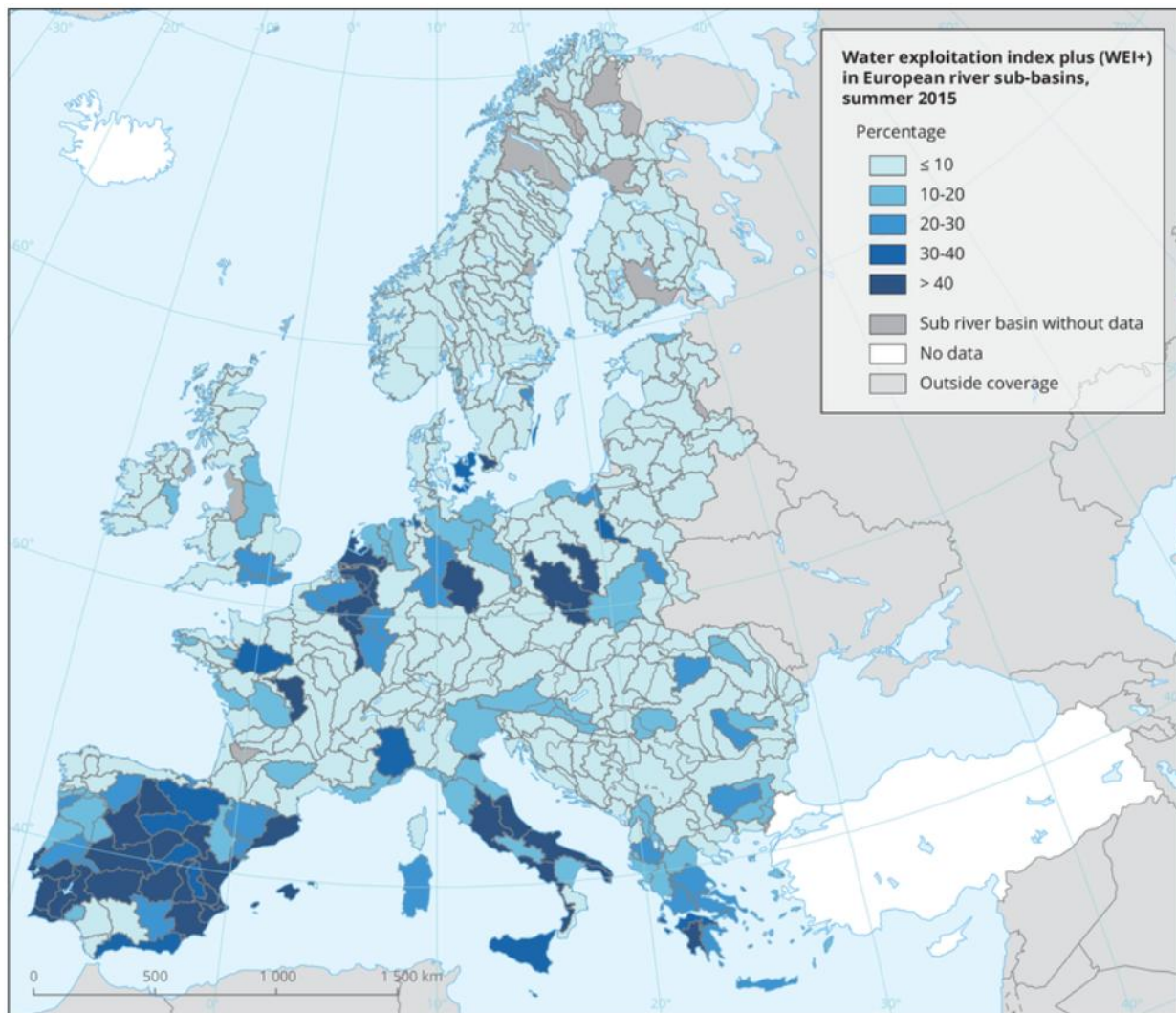


tylko podziemne



Woda jest wykorzystywana głównie w rolnictwie (58%), w przemyśle (32% w tym chłodnictwo i energetyka 18%, górnictwo 11%) i w gospodarstwach domowych (10%).

Sytuacja wodna Europy



**European
Environment
Agency**

<https://www.eea.europa.eu/publications/europes-groundwater>

WEI+ ilustruje **procent** zużycia wody w stosunku do wody dostępnej w danej zlewni.

1. Woda na Ziemi

przykładowe pytania na kolokwium:

- Wody zwykłe (czyli wody, które można wykorzystać do zaopatrzenia ludności) to wody o jakiej mineralizacji?
- Jaki procent wody zwykłej (słodkiej) na Ziemi stanowi woda podziemna?
- Jaki procent wody zwykłej (słodkiej) w stanie płynnym na Ziemi stanowi woda podziemna?
- Jaki procent wody zwykłej (słodkiej) w stanie płynnym na Ziemi stanowią wody rzek i jezior?
- Ile wynoszą zasoby odnawialne wód na Ziemi (w km³) ?
- W jakim stopniu wykorzystywane są zasoby odnawialne na średnio świecie, a w jakim stopniu w Azji?
- W Azji pobór wód jest bardzo wysoki, wynosi około % całkowitego poboru wody na Ziemi.
- W strukturze całkowitego poboru wód na Ziemi jaki procent stanowią wody podziemne, a jakie wody powierzchniowe?
- Który kraj pobiera ponad ¼ całkowitej eksploatacji wód podziemnych?
- Które 3 kraje pobierają blisko połowę całkowitej eksploatacji wód podziemnych?
- Jaki procent wody przeznaczonej do zaopatrzenia ludności dostarczają wody podziemne na świecie / w Europie?