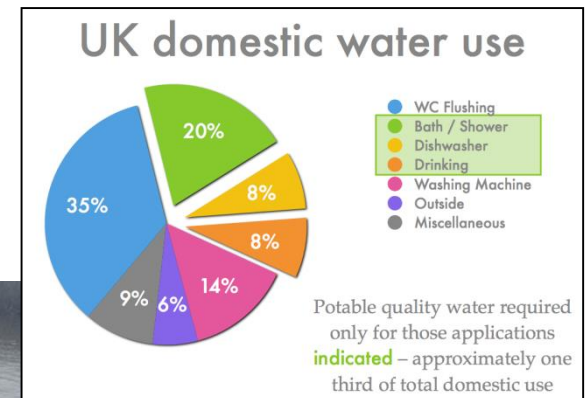
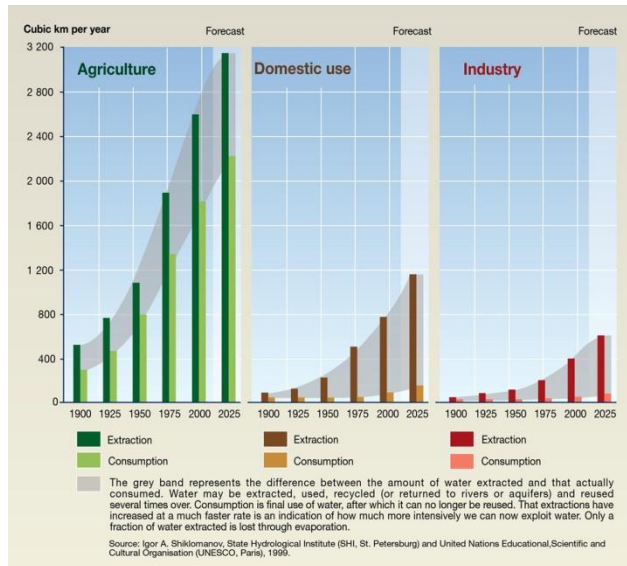


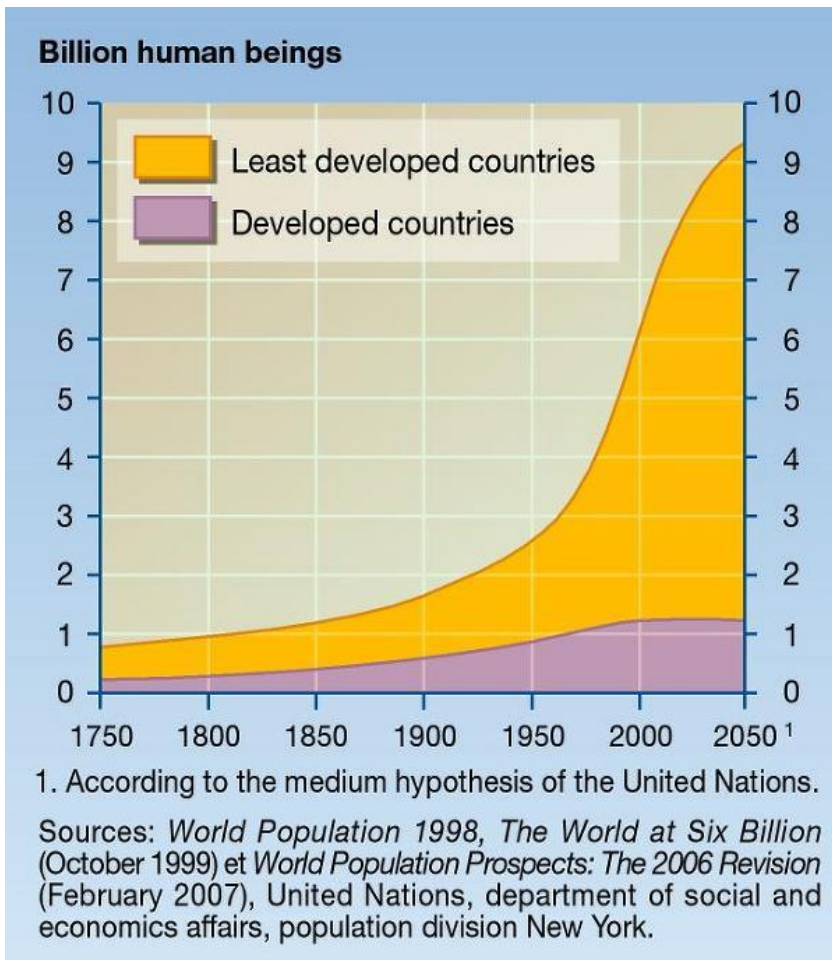
Zahvaćanje vode u svijetu i glavne skupine korisnika zahvaćene vode



Vidi: Plut - 29.-39. i
Mayer - 128.-138. str.
FAO, UNDP, HDP

Zahvaćena voda

- Slatka voda - obnovljiv ali konačan resurs!



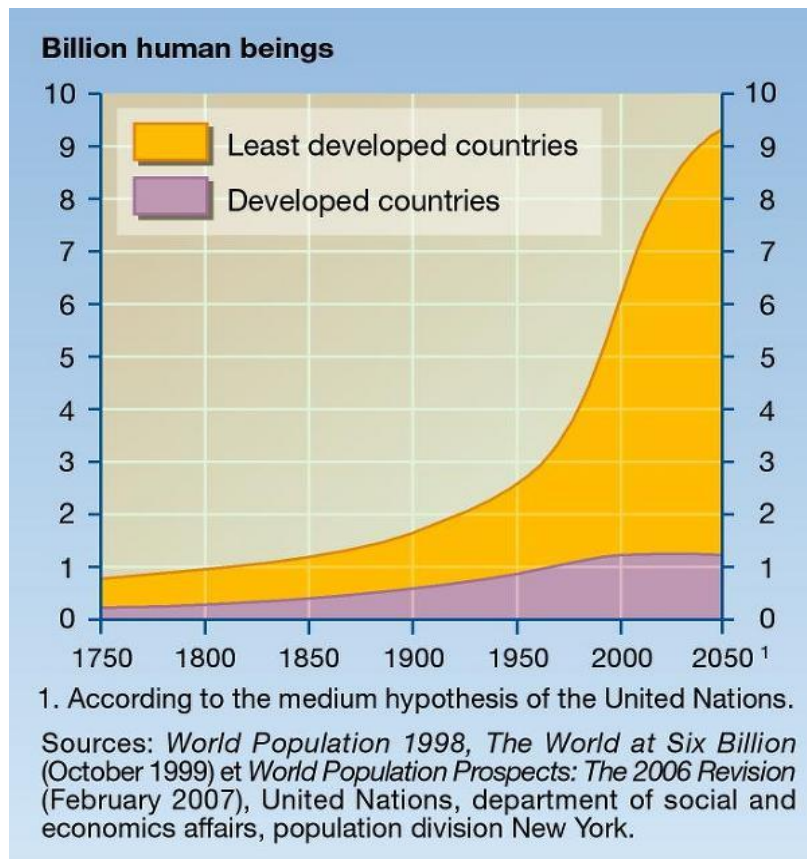
Zahvaćanje vode stalno raste kao posljedica:

- a) rasta svjetskog stan.
- b) rasta uporabe vode po stanovniku (poljoprivreda, industrija, domaćinstva)

U idućih 50 g. smanjenje vodnih resursa per capita za više od trećine.

Zahvaćena voda

- Oko 1,1 mlrd ljudi nema siguran pristup pitkoj vodi.
- Traore (1992.) izračunava nosivost Zemlje s obzirom na dostupnu vodu na 12 milijardi stan., a to se može očekivati krajem 21. st.



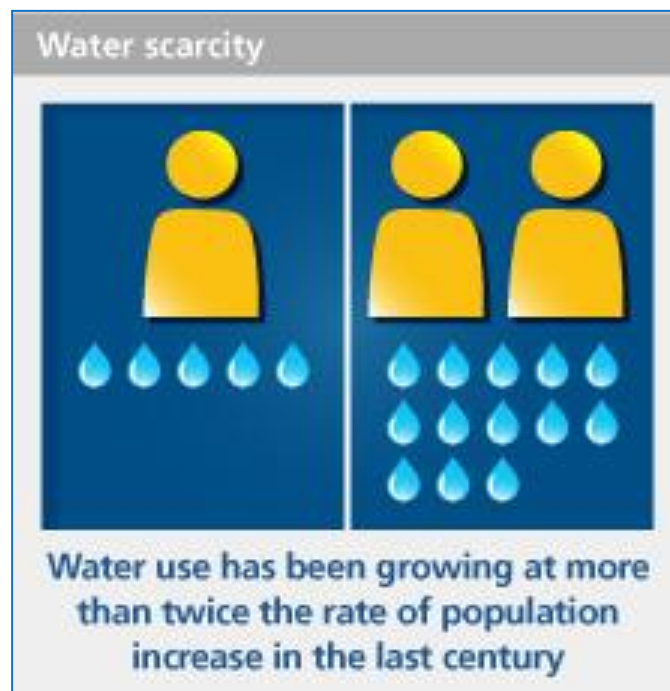
- 21 st. je “stoljeće vode”, u kojem će ona biti u središtu svj. gospodarskih i političkih pitanja
- Kriza vode svoje pravo lice pokazuje u zemljama “trećeg” svijeta

Zahvaćena voda

- Godine 2000. oko 57% svjetskog zahvata slatke vode i **oko 70% svjetske potrošnje slatke vode ima Azija.**
- U budućnosti se očekuje da će svjetsko zahvaćanje slatke vode **rasti po stopi od 10 do 12% svako desetljeće**, te da će dosegnuti oko 5 240 km³ (indeks 138 u odnosu na 1995. g.) 2025 godine (UNESCO, 1999.).
- Očekuje se da će najintenzivnije porasti zahvaćanje vode u **Africi i Južnoj Americi** (1,5 do 1,6 puta u odnosu na 1995.), dok će najmanji rast zahvaćanja vode biti u **Europi i Sjevernoj Americi** (1,2 puta).

Zahvaćena voda

- Zbog povećanja stanovništva i poljoprivredne potrošnje **smanjuje se godišnja količina** obnovljive slatke vode po stanovniku u svijetu; godine 1850. iznosila je oko 33000 m³/stan/god. (računajući na ukupno otjecanje), 1990. oko 7 700 m³/stan/god., a 2010. svega oko 3 800 m³/stan/god.



Iskazivanje obnovljivih vodnih resursa (FAO Aquastat statistika)

- Pri razmatranju obnovljivih vodnih resursa potrebno je poznavati pojmove:

- **Internal Renewable Water Resources (IRWR)**

Unutrašnje obnovljive zalihe slatke vode

- $IRWR = R + I - (Q_{out} - Q_{in})$
- **R** (surface runoff) = površinsko otjecanje određeno padalinama unutar razmatranog područja; **I** = (groundwater recharge) obnova temeljnice određena padalinama unutar razmatranog područja; **Q_{out}** = otjecanje temeljnice u korita (tipično bazno otjecanje); **Q_{in}** = otjecanje iz korita u podzemlje

Iskazivanje obnovljivih vodnih resursa (FAO Aquastat statistika)

- **Internal Renewable Water Resources (IRWR)**

Unutrašnje obnovljive zalihe slatke vode

- IRWR jest površinsko i podzemno prosječno godišnje otjecanje određeno padalinama unutar granica države (ili razmatrane regije) umanjeno za preklapanje (overlap; bilanca između vode u koritu i podzemlju; naime obično zbrajanje površinskog i podzemnog otjecanja dovelo bi tipično do određenog preuveličavanja obnovljivih izvora - overlap je veći u humidnim krajevima

Iskazivanje obnovljivih vodnih resursa (FAO Aquastat statistika)

- **External Renewable Water Resources (ERWR)**

Vanjske obnovljive zalihe vode, mogu biti
“prirodne” i “stvarne”

- **ERWR natural** = $SW_{in} + SW_{pr} + SW_{pl} + G_{win}$

- SW_{in} = površinske vode koje utječu u državu (regiju); SW_{pr} = pripadajući dio otjecanja pograničnih rijeka; SW_{pl} = pripadajući dio vode pograničnih jezera; G_{win} podzemne vode koje utječu u državu (regiju)

- **ERWR actual** = $SW_{in1} + SW_{in2} + SW_{pr} + SW_{pl} - SW_{out} + G_{win}$

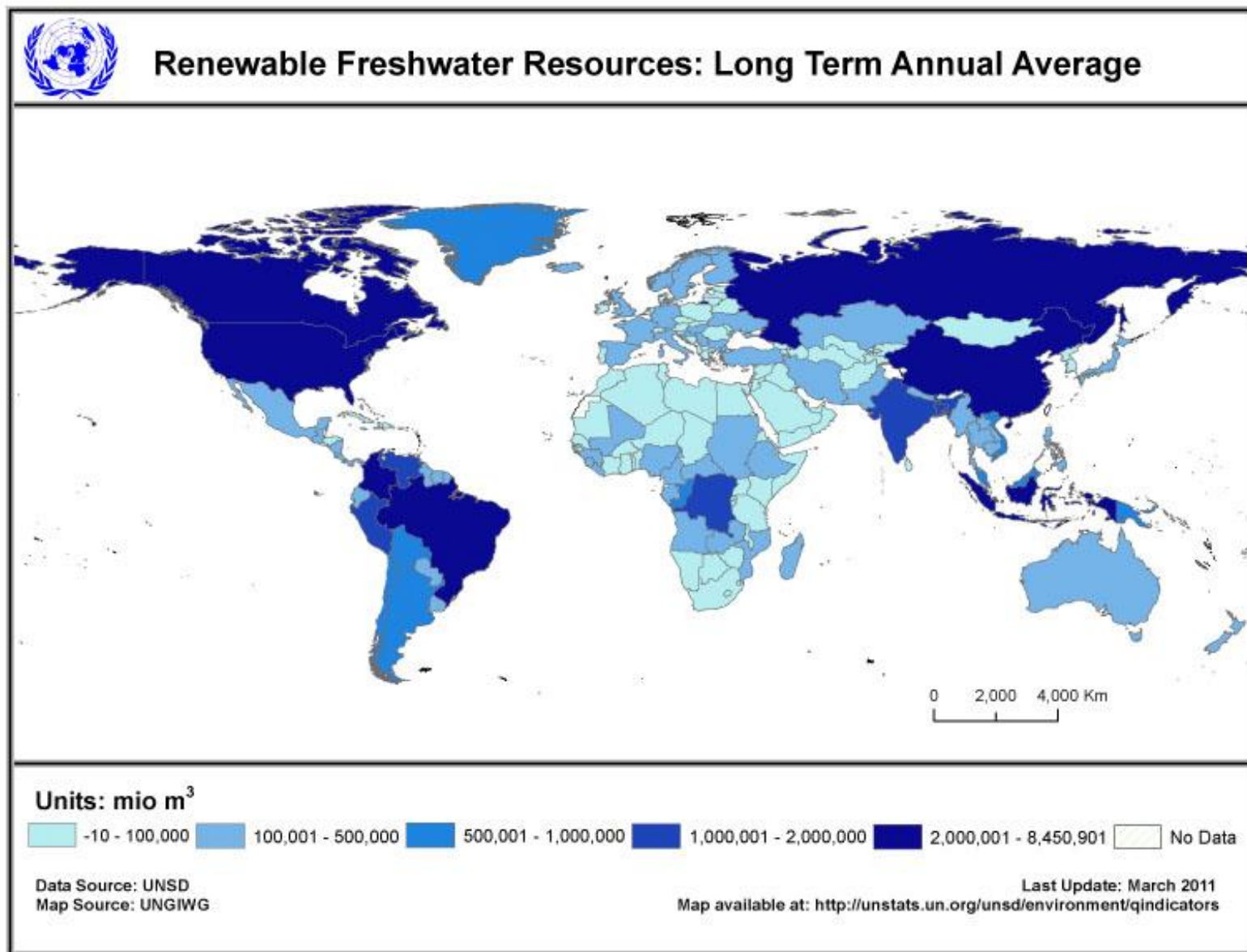
- SW_{in1} = površinske vode koje utječu u državu i ne podliježu ugovorima; SW_{in2} = površinske vode koje utječu u državu osigurane ugovorima; SW_{out} = površinske vode koje otječu iz države ugovorno rezervirane za nizvodne države

Iskazivanje obnovljivih vodnih resursa (FAO Aquastat statistika)

- U statistici po državama najčešće se iskazuje **TRWR** (Total Renewable Water Resources) i to apsolutno u prostornim metrima i relativno u prostornim metrima po stanovniku.
- Ukupne obnovljive zalihe vode, također mogu biti prirodne i stvarne
- $TRWR_{natural} = IRWR + ERWR_{natural}$
- $TRWR_{actual} = IRWR + ERWR_{actual}$

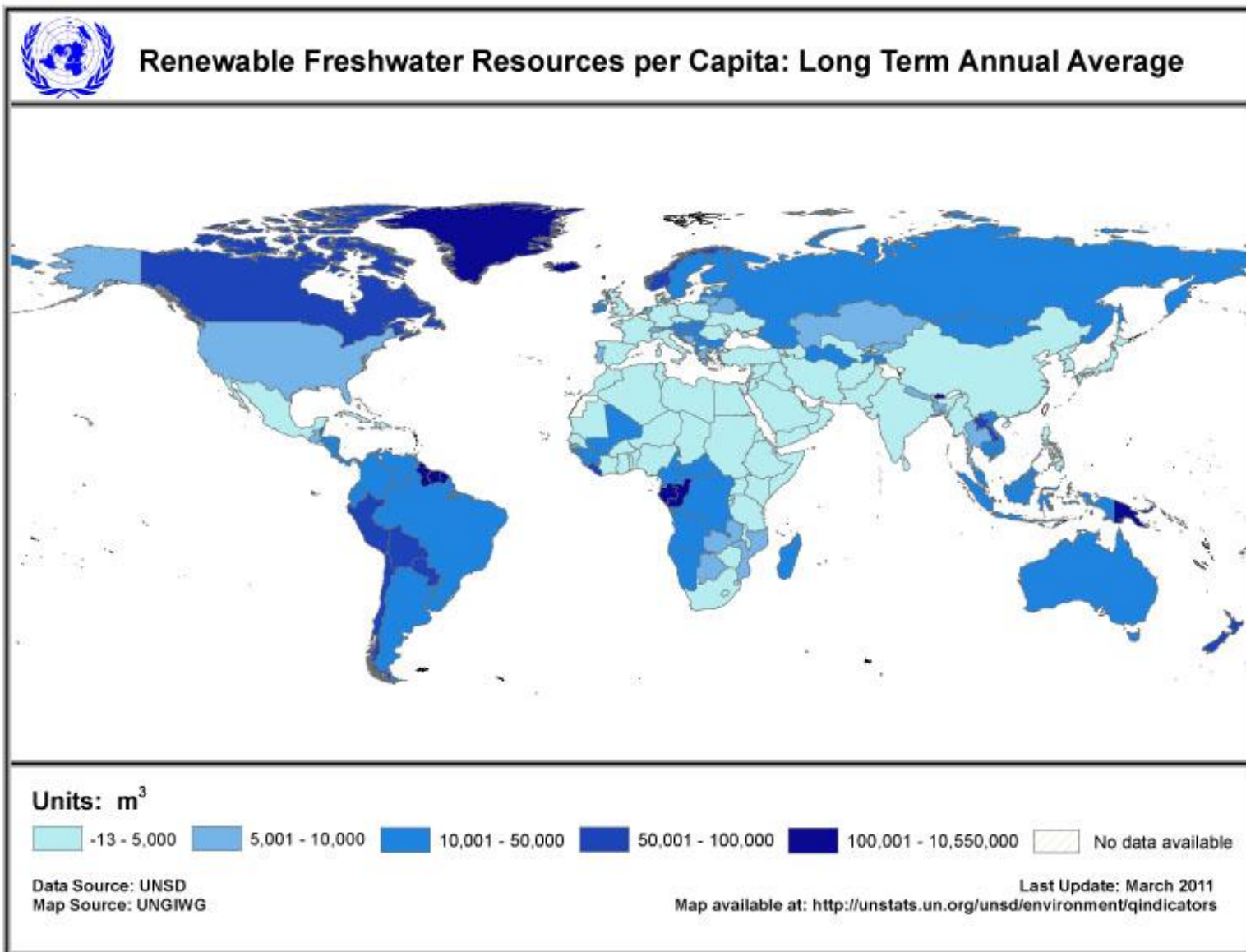
Na razini država (regija) velike razlike

- TRWR



Na razini država (regija) velike razlike

- TRWR u m³/stan./god.



Raspon od
0 (Bahrein)
do 10,5 mil.
(Grenland)
ili 0,5 mil.
(Island,
Francuska
Gvajana)

• Najveći potrošač vode u svijetu je:

a) industrija

b) poljoprivreda → oko 70 % ukupne i 90 % potr. pitke vode!

c) kućanstva i javne službe

d) turizam



Zahvaćena voda

- Globalno, najviše je zahvaćene vode **za poljoprivredu (70%)**, ponajprije za natapanje (18% obrađenih površina, oko 50% vrijednosti svjetske poljodjelske proizvodnje). U Africi i Aziji preko 80% zahvaćene vode koristi se u poljoprivredi.
- Globalno, **industrija (s energetikom)** koristi oko **20%** zahvaćene vode, najviše za hidroakumulacije (> 60%). Europa i Sjeverna Amerika koriste oko 50% zahvaćene vode za industriju i energetiku.

Zahvaćena voda

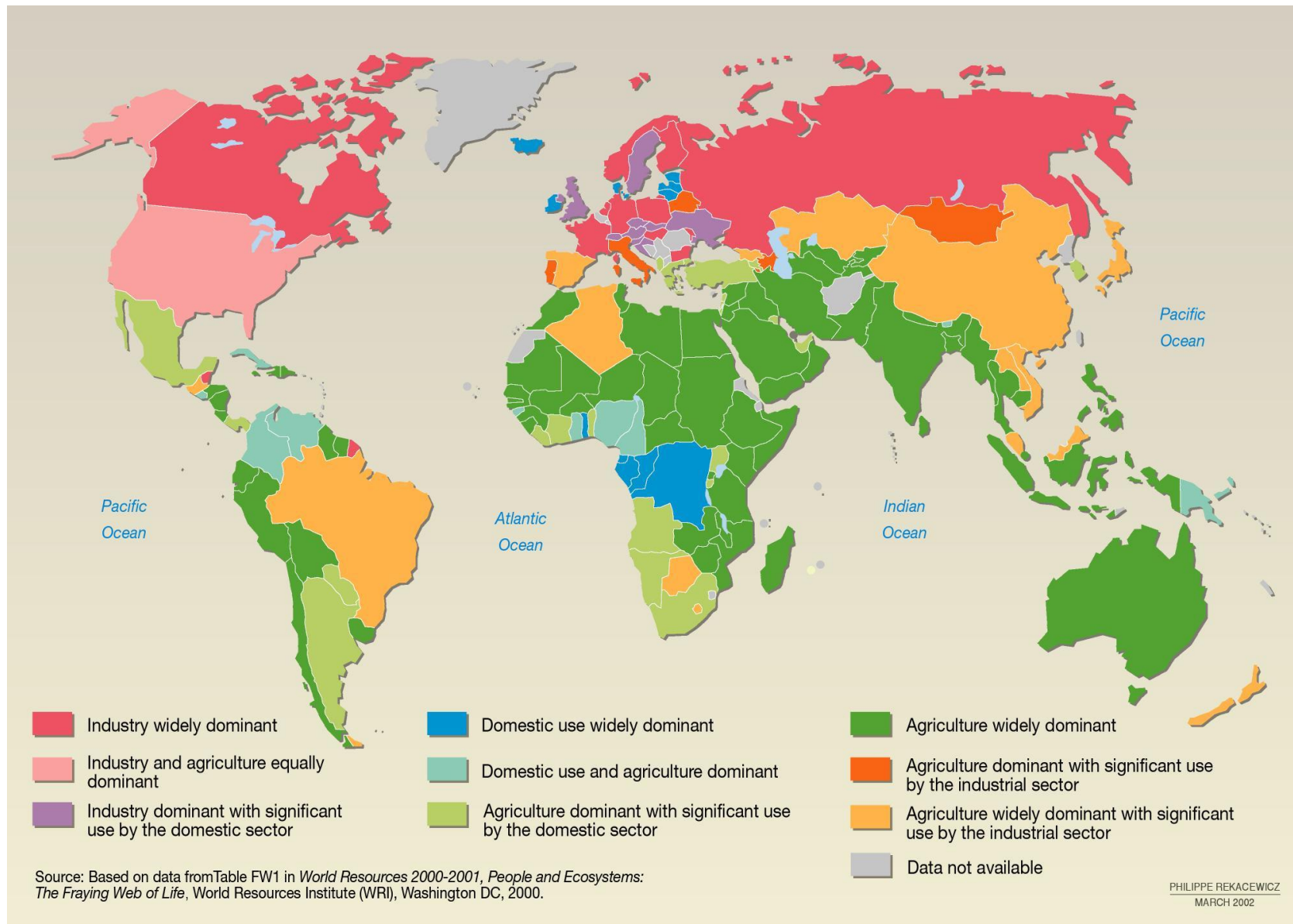
- Glede komunalne potrošnje, u visokorazvijenim zemalja potroši se oko 10 puta više vode (500-800 l/dan/stan,. ili oko 300 m³/god./stan) nego u slabo razvijenim zemljama (60-150 l/dan/stan,. ili oko 20 m³/god./stan).

Zahvaćanje vode u svijetu početkom 21. st.

Područje	Ukupno zahvaćena slatka voda (km ³ /god)	Zahvaćena slatka voda prema namjenjenom sektoru potrošnje (%)			Udio zahvaćene vode od obnovljive vode (%)
		Poljoprivreda	Industrija	Komunalije	
Europa	418	32	53	15	6,3
Azija (bez Rusije)	2378	81	11	7	20,5
Afrika	217	86	4	10	5,5
S. Amerika	525	39	48	13	8,4
Latinska. Amerika	265	71	10	19	14,4
Australija i Oc.	26	72	10	18	1,5
UKUPNO SVIJET	3830	70	20	10	8,8

Zahvaćena voda

- Tipovi zemalja prema sektorskom korištenju zahvaćene slatke vode

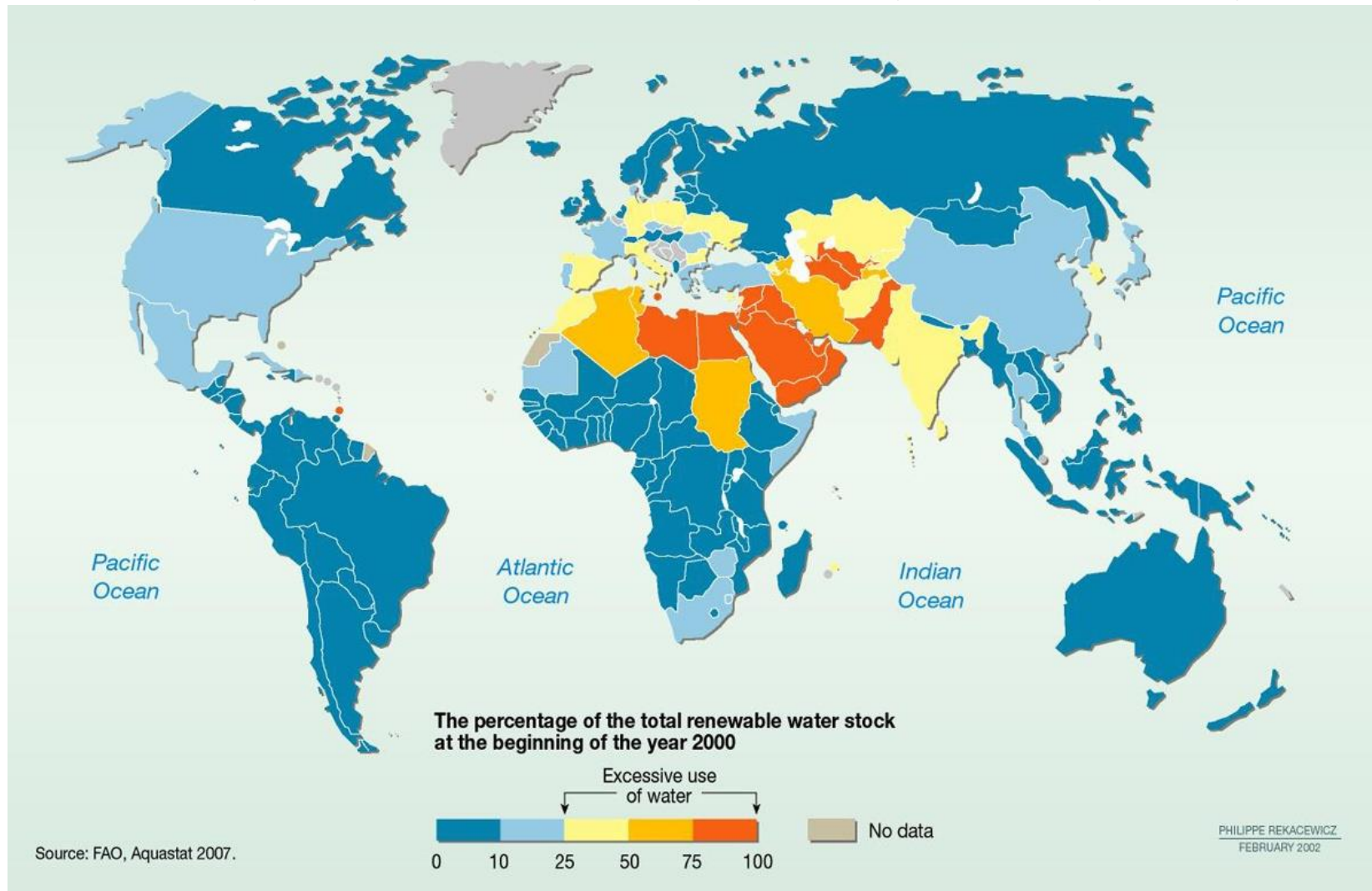


Prekomjerno zahvaćanje

- Glavna **opasnost** po zemlje je **prekomjerna uporaba** vlastitih vodnih resursa , a strateški je izrazito nepovoljna ovisnost o vanjskim vodnim resursima.
- Prekomjerno zahvaćanje nastoji se prikazati različitim pokazateljima (više njih se zove vodnim stresom). Jedan od njih je pokazatelj vodnog stresa (**water stress index WSI, također indicator of water scarcity IWS**) kao udio zahvaćene vode od ukupno obnovljivih zaliha.
- Prekomjerno zahvaćanje uzrokuje probleme u **kvantitativnom smislu** (prekomjerno iskorištavanje i čak gubitak akvifera, presušivanje tekućica itd.) i **kvalitativnom smislu** (eutrofikacija, prodor slane vode itd.).

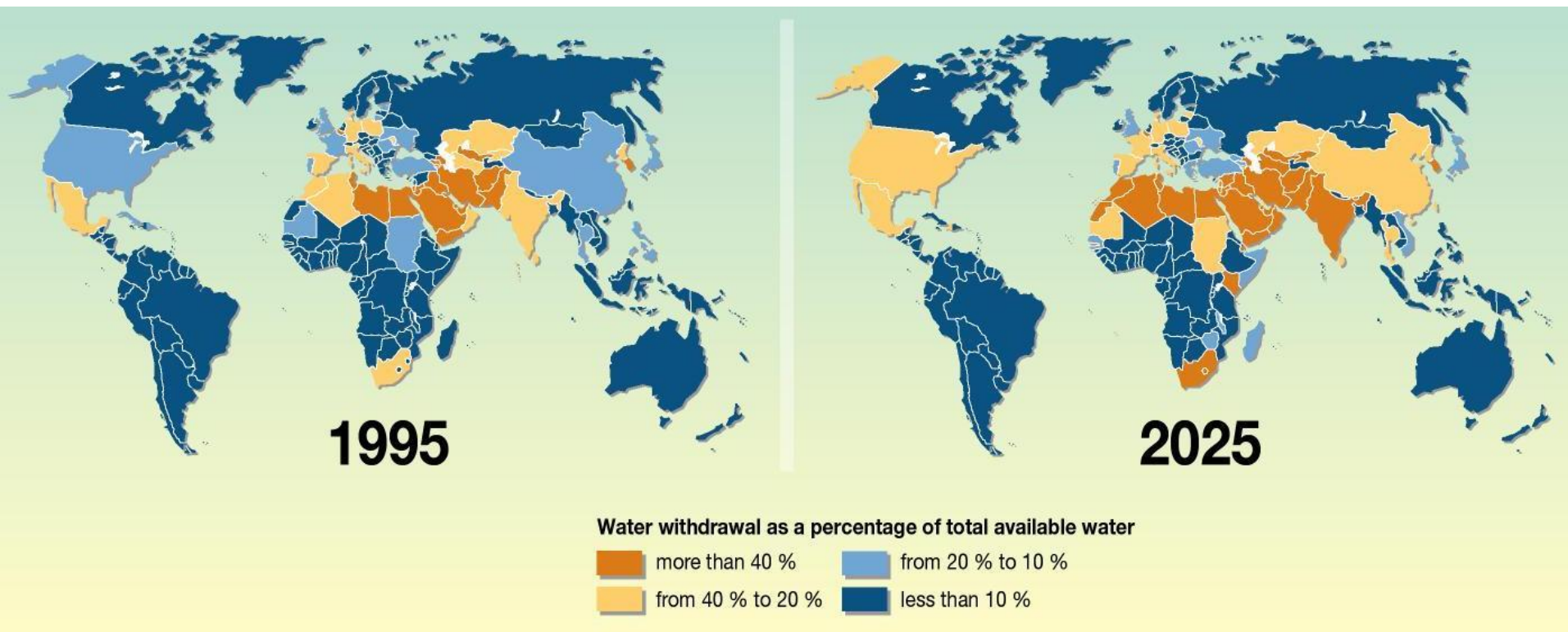
Prekomjerno zahvaćanje

- Zahvaćanje vode u odnosu na ukupne obnovljive zalihe, po zemljama:



Prekomjerno zahvaćanje

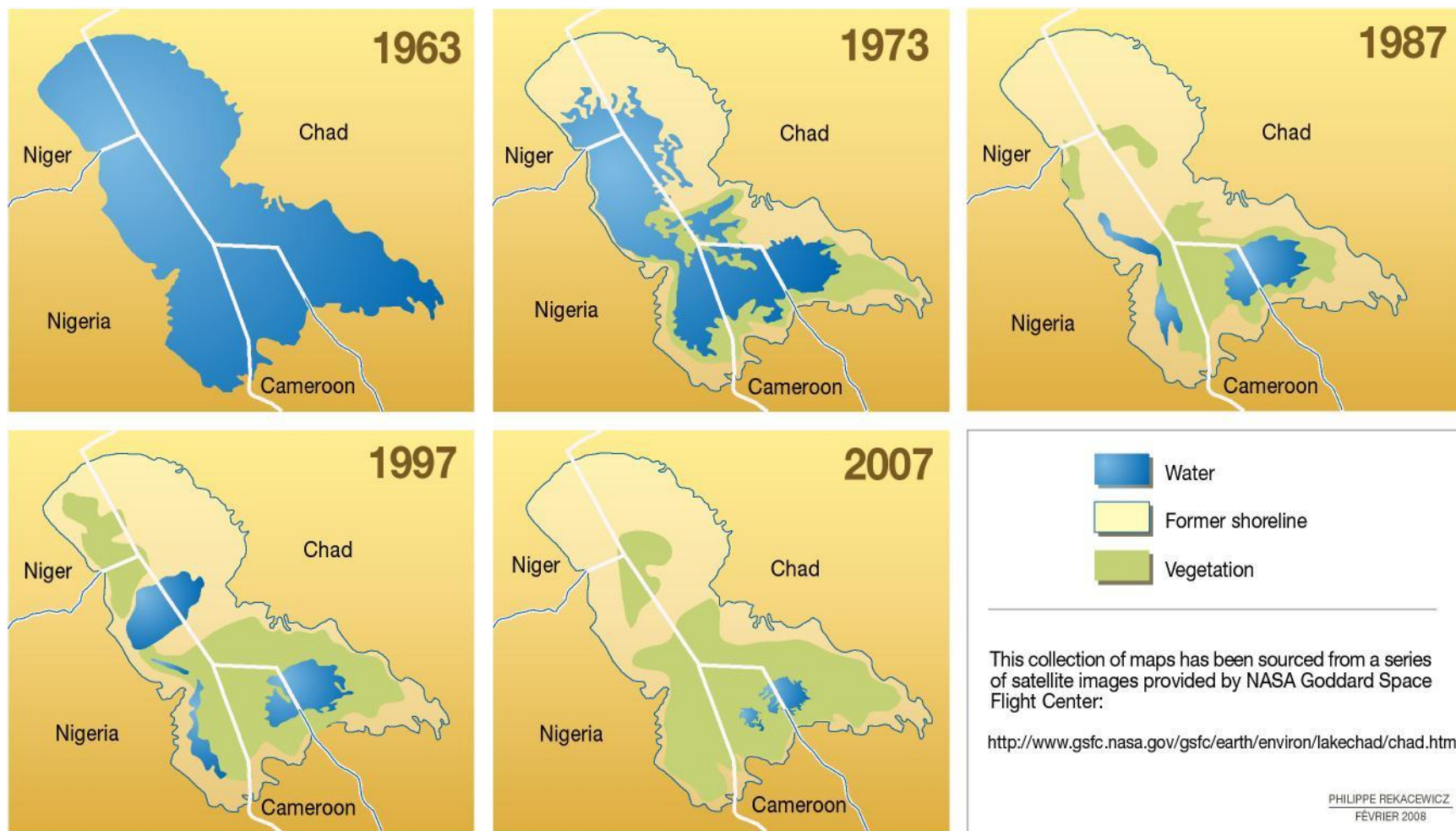
- Zahvaćanje vode u odnosu na ukupne obnovljive zalihe, po zemljama:



Preuzeto: <http://www.unep.org/dewa/vitalwater/>

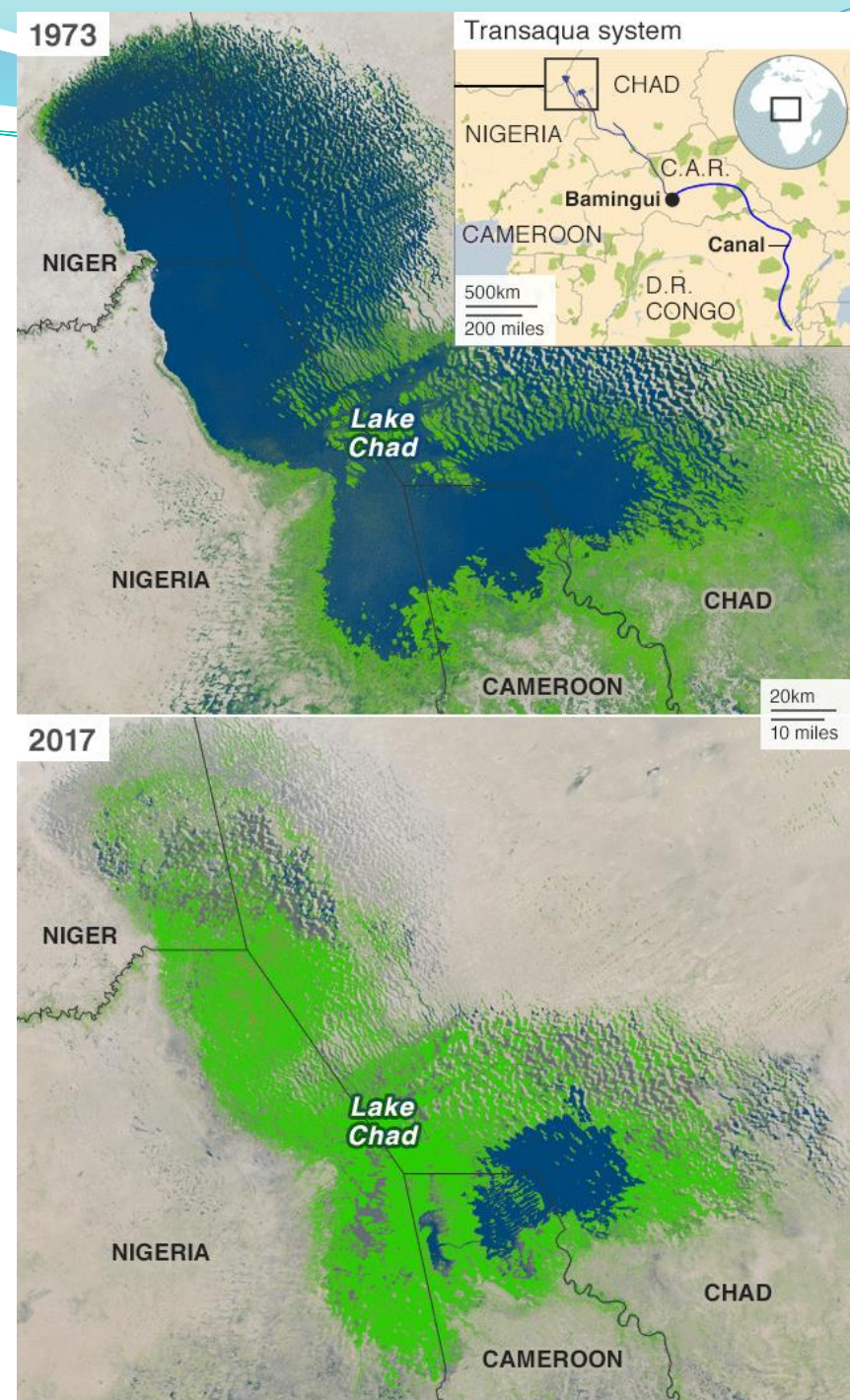
Prekomjerno zahvaćanje

- Tipičan primjer posljedica prekomjernog zahvaćanja:



Prekomjerno zahvaćanje

- (Još jedan) primjer posljedica prekomjernog zahvaćanja je jezero Čad.
- Jezero se smanjuje a broj ljudi ovisnih o njemu se povećava --> 11 mil. ljudi je pogođeno (UN, 2020.).



Hrvatska

- Hrvatska** ima ukupno obnovljivih vodnih zaliha (TRWR) 25 163 m³/stan/god., na prvi pogled obilje vode, **4. u Europi**, iza Islanda, Norveške, i Rusije; 32. u svijetu (ne računajući Grenland i Franc. Gvajanu)

Tablica 2.7. Oborine i vlastite vode na području Hrvatske

Područje	Površina	Prosječne visine oborina	Prosječna evapo-transpiracija	Prosječno otjecanje	Prosječno specifično otjecanje
	km ²	mm	mm	m ³ /s	l/s/km ²
sliv Save	25.770	1.080	678	328	12,73
slivovi Drave i Dunava	9.362	782	621	48	5,13
crnomorski sliv	35.132	1.001	663	376	10,71
primorsko-istarski slivovi	7.567	1.622	814	194	25,63
dalmatinski slivovi	10.566	1.394	717	227	21,48
otoci	3.273	1.073	784	30	9,2
jadranski sliv	21.406	1.426	761	451	21,1
Hrvatska	56.538	1.162	700	827	14,6

Hrvatska



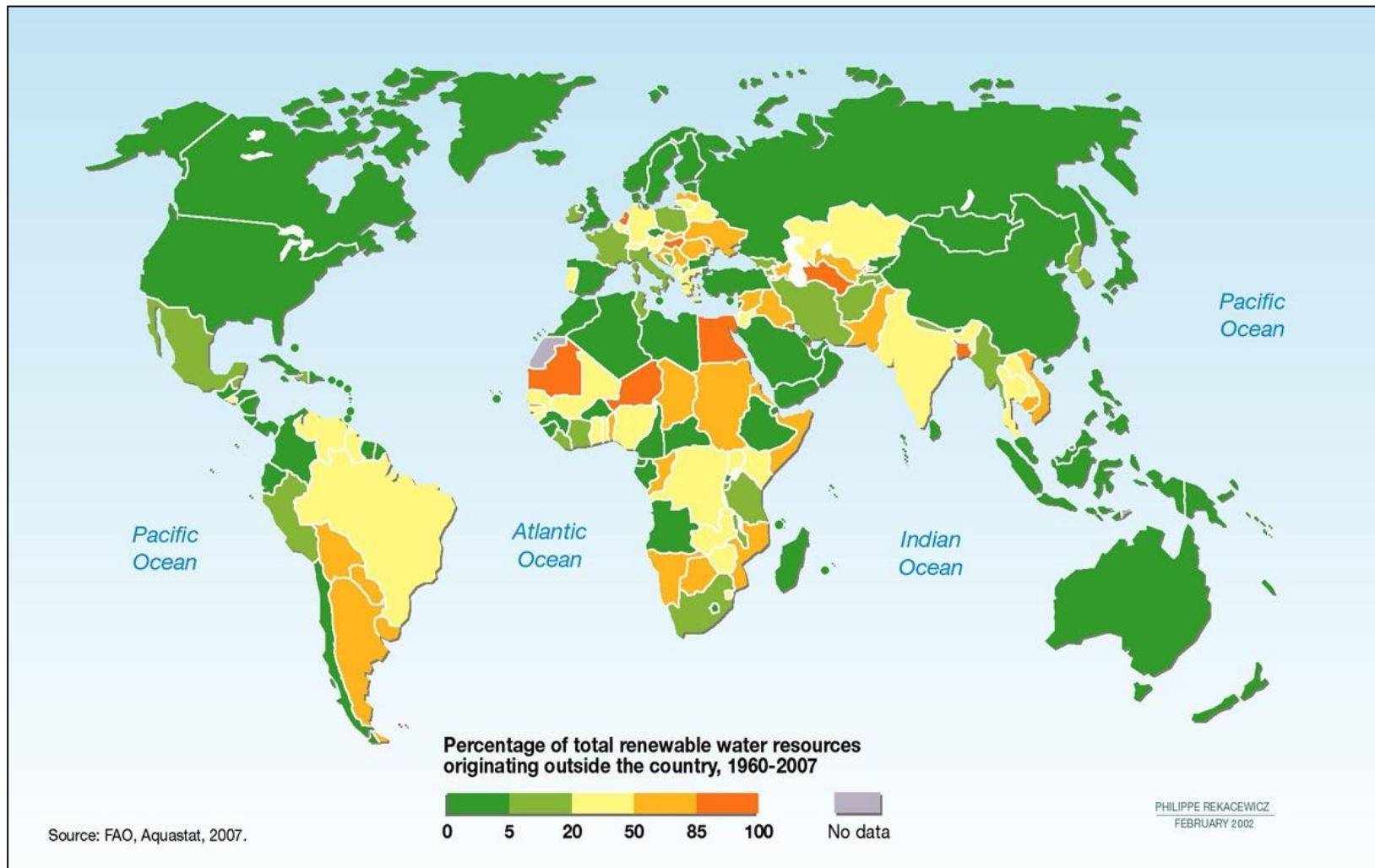
Izvor podataka: Strategija upravljanja vodama, Hrvatske vode

Hrvatska

- Prema prosječnoj vodnoj bilanci Hrvatska obiluje vodama, ali godišnji hod količine vode nije povoljan, a postoji i prostorna neravnomjernost.
- http://www.fao.org/nr/water/aquastat/water_res/waterres_tab.htm
- Iako prema TRWR Hrvatska spada u vodom obilne zemlje, situacija se mijenja pogledamo li IRWR te također indeks ovisnosti.
- **Dependency ratio** (uobičajeno ovisnosti $ERWR / TRWR \times 100$ % ali katkad nalazimo i obratno (!) neovisnosti)
- odnosno u kojoj mjeri država ovisi o vodama koje pritječu izvana, teorijski od 0 do 100 % ovisnosti.

Indeks ovisnosti

- Indeks ovisnosti je po mnogima dobar pokazatelj lokacije mogućih napetosti i sukoba oko dijeljenja prirodnih vodnih reusrsa. Takva su područja vidljiva na karti, primjerice središnja Azija, Bliski Istok (posebno Sirija i Irak), Indija i Pakistan a potencijalno i zemlje poput Nizozemske.



Hrvatska

Tablica 2.8. Osnovne značajke vodnog bogatstva

Indikator		Crnomorski sliv	Jadranski sliv	Hrvatska
Površina	km ²	35.132	21.406	56.538
Stanovništvo	broj	3.045.829	1.391.631	4.437.460
Vode - ukupno	10 ⁹ m ³ /god.	128,38	27,94	156,32
Vodno bogatstvo - ukupno*	10 ⁹ m ³ /god.	83,72	27,94	111,66
Vodno bogatstvo - po stanovniku	m ³ /god./st.	27.487	20.077	25.163
Vlastite vode - ukupno	10 ⁹ m ³ /god.	11,86	14,22	26,08
Vlastite vode - po stanovniku	m ³ /god./st.	3.894	10.218	5.877
Podzemne vode - ukupno	10 ⁹ m ³ /god.	2,66	6,47	9,13
Podzemne vode - po stanovniku	m ³ /god./st.	873	4.649	2.057
Koeficijent neovisnosti**		0,142	0,509	0,234
Koeficijent slobode***		0,00	1,00	0,25

* Uključeno 50% voda Dunava i Save nizvodno od ušća Une

** Koeficijent neovisnosti - udio vlastitih voda u obnovljivim vodnim resursima

*** Koeficijent slobode djelovanja - udio voda koje ne otječu na teritorij drugih država, odnosno koje utječu u Jadransko more.

Procjene potrošnje vode u vodoopskrbi

- Pri projektiranju svakog vodoopskrbnog sustava bitno je realno procjeniti potrebe za vodom.
- Minimalne količine vode - potrebne za preživljavanje pojedinca:

Koliko dnevno vode
potroši čovjek?

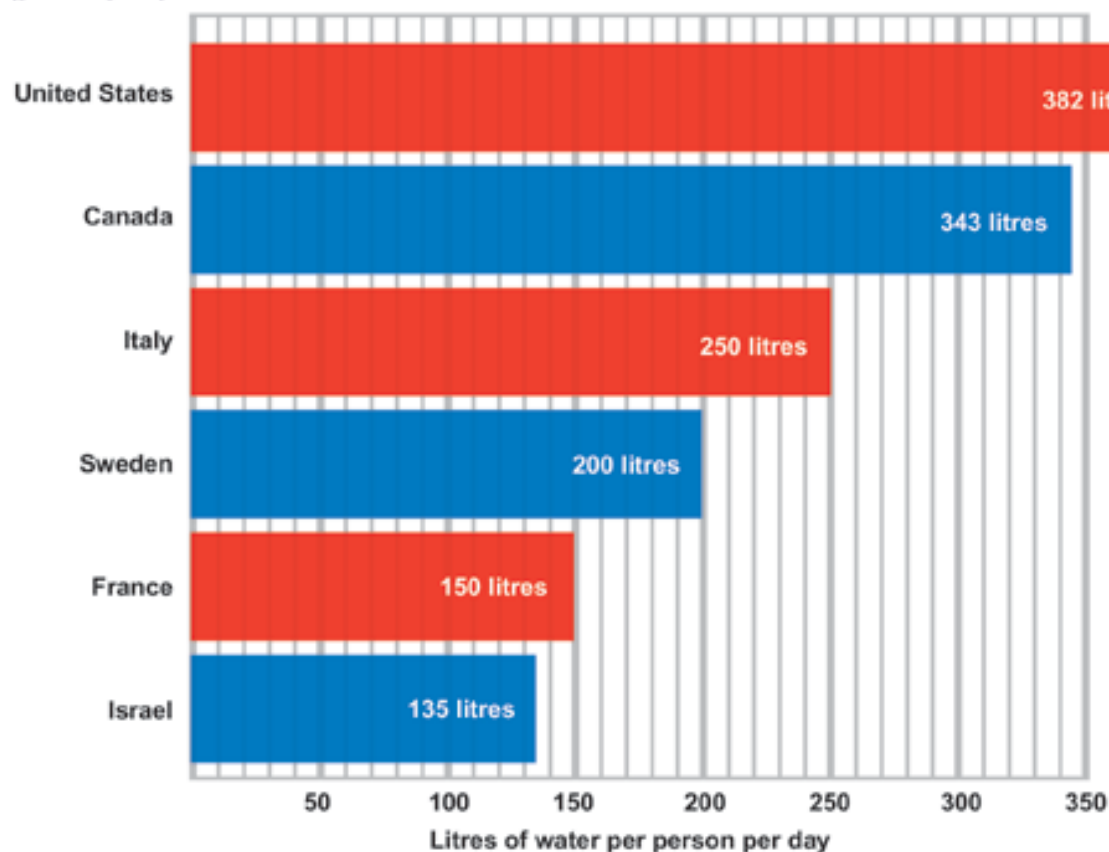
i

- **Stvarna potrošnja mnogo je veća** jer, osim osobne (koja nije samo minimalna za piće i spravljanje jela već recimo i za higijenu) na stanovnika svakog naselja dolazi i komunalna, turistička, obrtničko-trgovačka i industrijska potrošnja vode.

Procjene potrošnje vode u vodoopskrbi

- Potrošnja vode po stanovniku raste sa standardom življenja; WHO minimum je postavljen na 100 l vode po stan.; prag siromaštva je 50 l/stan.

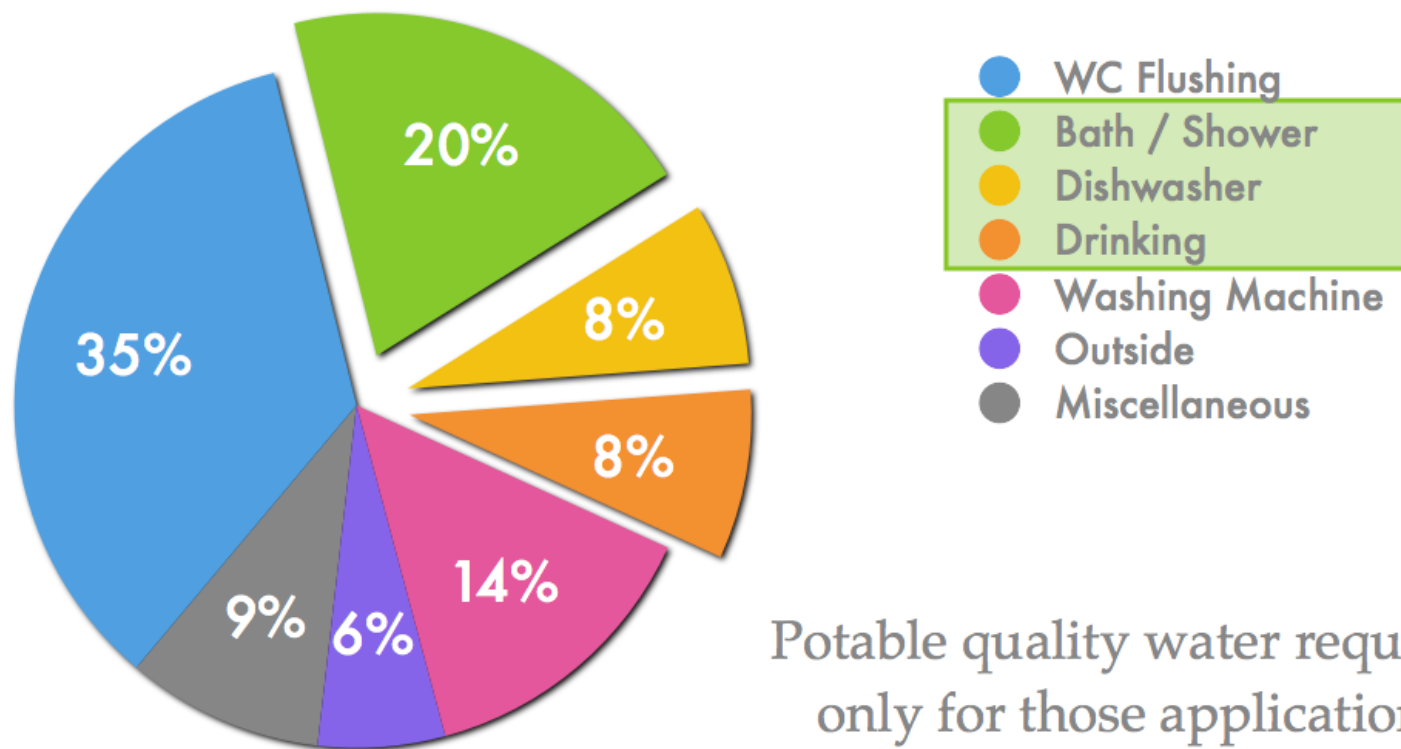
Average daily domestic water use
(per capita)



Procjene potrošnje vode u vodoopskrbi

- Struktura potrošnje vode u kućanstvu; primjer UK

UK domestic water use



Potable quality water required only for those applications **indicated** – approximately one third of total domestic use

Water Use Index (WUI) = m^3/m^2

- uveli Deng i Burnett, 2002.
- pokazao razlike luksuznijih hotela ($5^* = 5,1 \text{ m}^3/\text{m}^2$) i manje luksuznih ($3^* = 3,3 \text{ m}^3/\text{m}^2$)

Water footprint (*Vodni otisak*)

- koncept je osmislio A. Hoekstra (2002.)

--> *vidi: waterfootprint.org*

= pokazatelj potrošnje pitke vode koji uračunava izravnu i neizravnu potrošnju potrošača i proizvođača

= ukupna količina vode koja je potrebna za proizvodnju proizvoda ili usluge koje koristi pojedinac, tvrtka, država ili sl.



Vodozahvati

- Suvremeni vodoopskrbni sustav sastoji se od vodozahvata, cjevovoda za dovod vode, vodosprema i cjevovoda za distribuciju vode.
- Vodozahvati su temeljni objekti vodoopskrbnog sustava, objekti kojima se zahvaća voda za vodoopskrbu.
- S obzirom na vrstu vode koja se zahvaća dijele se na (Mayer, 2004.):
 - Zahvate oborinskih voda,
 - Zahvate površinskih voda,
 - Zahvate izvora,
 - Zahvate podzemnih voda.

Vodozahvati

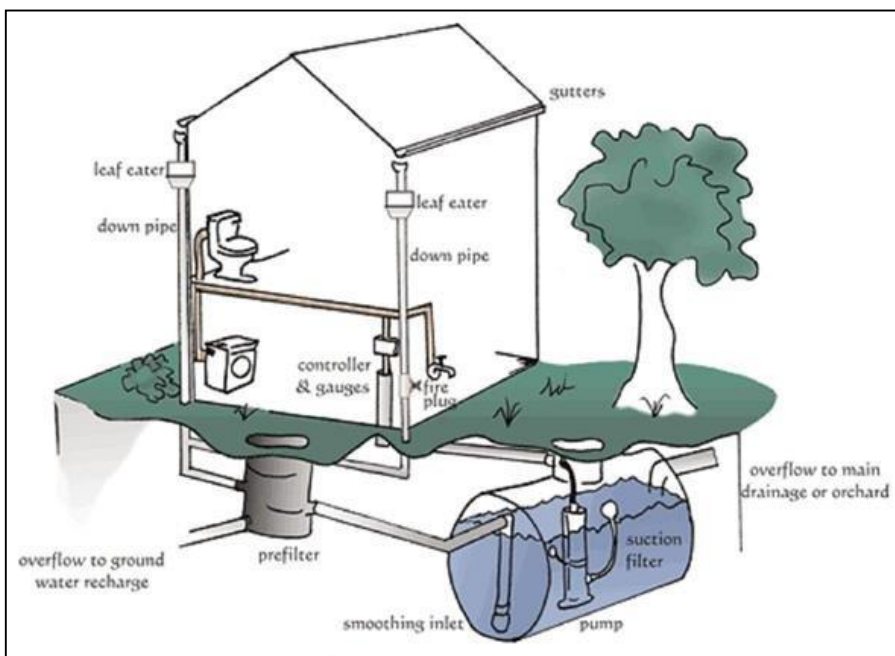
Zahvati oborinskih voda, odnosno zahvati kišnice, nakapnice

- Koriste se tamo gdje nema ili nedostaje površinskih i nema ili su teško dostupne podzemne vode.
- Najčešće za vodoopsrkbu jednog ili više domaćinstava
- Katkad i komunalni zahvati – posebno kod manjih naselja
- Iznimno za veće potrebe (do 21 st. Gibraltar)
- Sastoje se od nakapne površine i spremnika (cisterne, šterne)
- Nakapna površina blago je nagnuta, građena od nepropusnog materijala (kamen, beton, krovni crijep) – potrebno je osigurati filtriranje i održavati čistoću (primjerice ako je u razizemlju onemogućiti pristup životinjama)
- Spremnik ili cisterna je građena za pohranu vode, dimenzionirana prema potrošnji, broju korisnika, padalinama i trajanju sušnog razdoblja
- Osim tradicionalnih zahvata kišnice u suvremeno doba sve je češća individualno suvremeno zahvaćanje kišnice za potrošnju vode u ispiranju zahoda, pranju, zalijevanju i sl. radi značajnih ušteda u potrošnji vode.

Vodozahvati



Nekadašnji zahvat kišnice u
Gibraltaru, nakapna površina na
ist. obali i jedan od spremnika



Sustav suvremenog
zahvaćanja kišnice

Vodozahvati

- U Hrvatskoj česte su tradicionalne individualne i komunalne cisterne (puno ih je izvan pogona - Rimljani su često gradili nakapnice i kad su imali izvor žive vode!)



Komunalna cisterna Vela
šterna u Buzetu iz 1789.

Šterna iz 1943. iznad Jurjeva s
okruglom nakapnom površinom



Vodozahvati

Vodozahvati površinskih voda (Mayer, 2004.)

- Zahvati na potocima, rijekama te prirodnim i umjetnim jezerima.
- S obzirom na smještaj vodozahvata razlikuju se:
 - **Priobalni zahvati**
 - Na rijekama i jezerima sa strmom obalom i dubokim uzobaljem – zdenci opremljeni crpkom, iskopani uz obalu s podzemnim cijevima na nekoliko visina kroz koje dotječe voda (preko mrežama pokrivenih otvora na strani jezera ili korita)
 - **Zahvati u koritu tekućice s pontona ili mosta**
 - Na tekućicama koje nisu dovoljno duboke uz obale, crpka na pontonu ili mostu.
 - **Plutajući zahvati**
 - Na rijekama i jezerima s velikim rasponom (čestim većim pormjenama) vodostaja. Crpka na plutajućoj konstrukciji, fleksibilna cijev do obale.
 - **Potopljeni zahvati**
 - Na rijekama na dnu korita ili na dnu jezera, filtriranje, fleksibilna cijev do obale.
 - **Zahvati iz umjetnih jezera**
 - Bilo posebni objekti na obali ili otočni/poluotočni ili u sklopu brana.
- Neposredno uz zahvate površinskih voda uobičajeno se grade postrojenja za kondicioniranje vode.

Vodozahvati

- Primjeri u Hrvatskoj



Vodozahvat na Dunavu,
Vukovarski vodovod



Vodozahvat na Butonigi,
vodoopkrbni sustav Istre

Vodozahvati

Vodozahvati izvora ili kaptaža

- Objekt kojim se zahvaća izvorska voda
- Sastoji se od:
 - Zahvatne građevine – objedinjuje izvorište, u slučaju kontaktnog izvora gradi se u dubinu do kontakta propusnih i nepropusnih stijena.
 - Sabirne komore – služi prikupljanju izvorske vode i usmjeravanju u
 - Komoru raspodjele – odvaja vodu za opskrbu od protoka koji se preko preljeva vraća u tekućicu.
 - Zasunska komora – dio kaptaže gdje se ugrađuju zasuni, ventili, cijevi i mjerni uređaji potrebni za funkcioniranje vodozahvata.
- S obzirom na uobičajeno visoku kakvoću vode uz kaptaže se obično grade samo filteri za uklanjanje eventualne mutnoće i uređaji za preventivnu dezinfekciju vode (kloriranjem, ozoniranjem ili UV zračenjem).
- Kaptaže su učestale u Primorskoj i Gorskoj Hrvatskoj te u gorju Panonske Hrvatske (gdje su obično manje izdašnosti).

Vodozahvati

- Primjeri u Hrvatskoj



Izvor Gradole,
Istarski vodovod

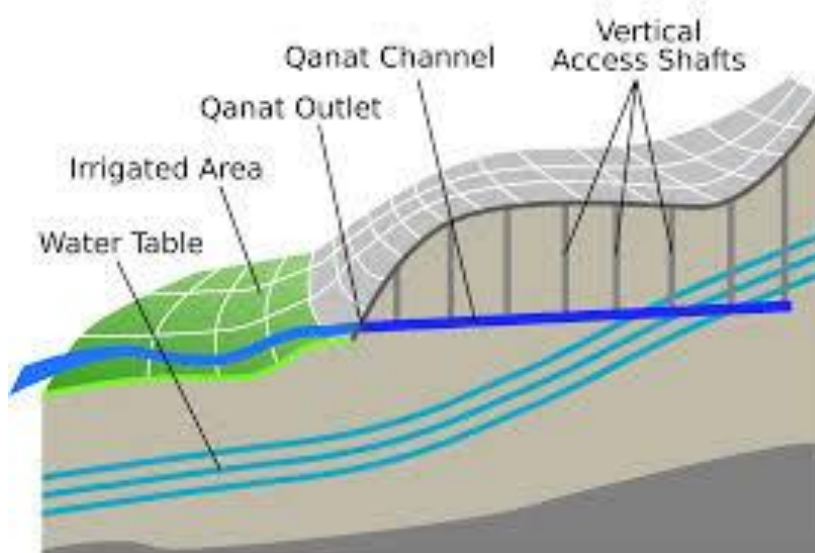
Kaptirani izvor (1926.)
Deželjin u Barbatu, Rab



Vodozahvati

Vodozahvati podzemnih voda

- Zahvaća se voda koja prirodnim putem ne izlazi na površinu.
- Razlikuju se horizontalni i vertikalni zahvati.
- Horizontalni zahvati su **drenovi i galerije**
 - Drenovi su jarci u pjeskovitom ili šljunčanom tlu, kopaju se do nepopusnog sloja, tipično do 4 m duboki, dugi i više stotina metara. Do oko polovice se ispunjavu krupnim kamenom te prekrivaju glinovitim slojem zbog zaštite od prodora onečišćenja s površine. Plitka temeljnica prikuplja se drenovima (katkad perforiranim cijevima unutar drenova) do sabirne komore.
 - Galerije su rudarski rovovi (tuneli) iskopani u brdo, u stijensku masu, uobičajeno prateći pukotinske sustave kako bi se došlo do vode. Mogu biti iznimno duboki i dugački. Tipičan primjer su kanati. Na izlazu iz galerija se gradi vodozahvatna građevina.



Vodozahvati

- **Vertikalni zahvati su kopani, zabijeni i bušeni zdenci (bunari)**
 - **Kopani bunari** služe za zahvat relativno plitkih podzemnih voda. Širine su od oko 1 do 5 metara pa i više kod velikih crpilišta, a dubine do desetak pa i više desetaka metara. Po iskopu se oblažu kamenom ili opekom ili se ugrađuju betonske cijevi od kojih one pri dnu imaju perforacije zaštićene rešetkom. **Danas se uglavnom iz njih voda crpi hidroforima, kod velikih (komunalnih) crpilišta crpkama.**
 - **Zabijeni zdenci** služe za crpljenje malih količina iz plitkih vodonosnika pomoću ručne ili motorne crpke. Izvode se zabijanjem zašiljenje cijevi promjera 25 do 75 mm u otvoreni vodonosnik (pjeskovito ili šljunkovito tlo), uobičajeno do najviše 10 metara. Donji je dio cijevi, obično u duljini od 2 m, perforiran rupicama 2 do 5 mm.
 - **Bušeni zdenci** koriste se za crpljenje vode iz većih dubina. Buše se strojno **i do više stotina metara u dubinu**. Promjer im je najčešće 150 – 1500 mm. U dio bušotine koji prolazi kroz vodonosnik ugrađuje se filter tj. perforirana cijev. Cijevi i filter u pravilu su za 10 cm uži od bušotine tako da se oko njih ugrađuje šljunčani zasip koji zadržava čestice manje od perforacije na filteru. Iznad zasipa ugrađuje se glineni tampon ili cementira cijev tako da ne dolazi do prodora onečišćene vode s površine u vodonosnik. Testira se na maksimalno crpljenje, jer ono ovisi o izdašnosti vodonosnika od nekoliko litara pa do više stotina litara u sekundi. **Velik vodoopskrbni sustavi obično koriste više kopanih ili bušenih zdenaca koji čine crpilište.**

Vodozahvati

- Kopani i zabijeni zdenci još se rabe za individualnu vodoopskrbu u Panonskoj Hrvatskoj. Većina javnih vodoopskrbnih sustava u Hrvatskoj koristi bušene bunare.



Tradicionalni zdenci, kopani i bušeni



Zagrebačko crpilište Mala Mlaka s 10 kopanih zdenaca promjera 6 m dubine 13 m do 18 m + 6 bušenih do 40 m

