

# Voda pre ozdravenie klímy - Nová vodná paradigma



M. Kravčík, J. Pokorný, J. Kohutiar,  
M. Kováč, E. Tóth

### **Autorský kolektív:**

**Ing. Michal Kravčík, CSc.**, (1956) vyštudoval Vodné stavby a vodné hospodárstvo na SVŠT, pracoval na Ústave hydrológie a hydrauliky a Ústave ekológie SAV. Je zakladateľom MVO Ľudia a voda, nositeľom Goldmanovej environmentálnej ceny, členom medzinárodnej siete inovátorov pre verejné blaho ASHOKA. Je najvýraznejším predstaviteľom MVO Ľudia a voda, ktorá bola ocenená EÚ-US Cenou pre demokraciu a občiansku spoločnosť.

**RNDr. Jan Pokorný, CSc.**, (1946) vyštudoval Prírodovedeckú fakultu Univerzity Karlovy. Je riaditeľom všeobecne prospešnej spoločnosti ENKI, vedeckým pracovníkom Ústavu systémovej biológie a ekológie AV ČR, spoluautorom niekoľkých patentov, prednášateľom na vysokoškolských školách a členom medzinárodného vedeckého panelu komisie pre prírodné zdroje pri austrálskej vláde, členom vedeckého technologického panelu Ramsarskej dohody pre strednú a východnú Európu.

**Ing. Juraj Kohutiar** (1961), vyštudoval Vodné stavby a vodné hospodárstvo na SVŠT, pracoval na Ústave hydrológie a hydrauliky SAV, v súčasnosti spolupracuje ako konzultant s MVO Ľudia a voda.

**Ing. Martin Kováč** (1972), vyštudoval Vodné stavby a vodné hospodárstvo na SVŠT, pôsobil v oblasti ochrany kultúrneho dedičstva, bol spoluzakladateľom a prvým riaditeľom Národného trustu na Slovensku, je členom medzinárodnej siete ASHOKA. Pracuje ako špecialista Združenia miest a obcí Slovenska pre oblasť regenerácie sídiel a krajiny, protipovodňovú prevenciu a rozvoj kultúry.

**RNDr. Eugen Tóth** (1964), vyštudoval Matematicko-fyzikálnu fakultu UK. Podniká v oblasti informačných systémov so zameraním na GIS a poľnohospodársku krajinu. S MVO Ľudia a voda spolupracuje ako projektový manažér.

**Autorský kolektív:**

Ing. Michal Kravčík, CSc., RNDr. Jan Pokorný, CSc., Ing. Juraj Kohutiar, Ing. Martin Kováč, RNDr. Eugen Tóth

**Konzultanti:**

prof. Ing. Rudolf Midriak, DrSc., RNDr. Václav Cílek, CSc., PhDr. Gabriel Bianchi, CSc., Ing. Viktor Nižňanský, PhD., PhDr. Róbert Kotian, Ing. arch. Radoslav Mokriš, Prof. RNDr. Michal Hnatič, DrSc.

**Spracovanie schém a grafov:** Ing. arch. Ľubica Mokrišová

**Autori fotografií:** Ing. Michal Kravčík, CSc., RNDr. Jan Pokorný, CSc., RNDr. Eugen Tóth

**Ilustrácia na titulnej stránke publikácie:** Ing. Stanislav Staško

**Jazyková úprava:** PhDr. Eva Hatarová

**Tlač:** Krupa Print, Žilina

**Vytlačenie publikácie finančne podporili:** Municipalia a.s. a TORY Consulting a.s.

**ISBN:**

**Rok vydania:** 2007

**Publikácia vznikla v partnerskej spolupráci medzi MVO Ľudia a voda, Združením miest a obcí Slovenska, Obecně prospěšné společnosti ENKI a Nadácie pre podporu občianskych aktivít. Jej vznik by bol oveľa obtiažnejší bez podpory od kolegov a priateľov MVO Ľudia a voda.**

# OBSAH

OBSAH .....	4
1 DÔVOD FORMULÁCIE A POSLANIE NOVEJ VODNEJ PARADIGMY .....	5
2 VODA A JEJ OBEH V PRÍRODE.....	11
2.1 Štyri „prostredia“ vody .....	11
2.2 Voda a tepelná energia.....	14
2.3. Veľký vodný cyklus.....	15
2.4 Malý vodný cyklus.....	16
2.5 Bilancia vodného cyklu.....	18
3 ÚLOHA RASTLÍN V OBEHU VODY A PRI PREMENE SLNEČNEJ ENERGIE ...	22
3.1 Tok a distribúcia slnečnej energie v krajine .....	22
3.2 Rastlinstvo, voda a distribúcia tepla .....	26
3.3 Vplyv odvodnenia a odstraňovania vegetácie na uvoľňovanie tepla.....	30
4 VPLYV VYUŽÍVANIA KRAJINY NA OBEH VODY.....	32
4.1 Lesy.....	32
4.2 Poľnohospodárska krajina.....	34
4.3 Vodné útvary.....	39
4.4 Mestá.....	41
5 DÔSLEDKY ÚBYTKU VODY V MALOM VODNOM CYKLE .....	46
5.1 Vplyv úbytku vody v malom vodnom cykle na rast extrémov klímy.....	46
5.2 Vplyv úbytku vody v malom vodnom cykle na stúpanie hladín oceánov .....	54
5.3 Vplyv úbytku vody v malom vodnom cykle na rast globálneho napätia.....	56
6 STARÁ A NOVÁ VODNÁ PARADIGMA .....	60
6.1 Stará vodná paradigma.....	60
6.2 Nová vodná paradigma .....	64
7 INŠTITUCIONÁLNA PODPORA VYUŽÍVANIA DAŽĎOVEJ VODY.....	73
7.1 Zadržovanie dažďovej vody v našej histórii .....	73
7.2 Princípy, spôsoby a výhody zadržovania vody v krajine.....	75
7.3 Občiansky sektor.....	77
7.4 Hospodársky sektor.....	79
7.5 Inštitúcie verejného sektora .....	80
7.6 Finančné náklady a posúdenie scenárov .....	83
8 ZÁVEREČNÉ ZHRNUTIE.....	88



# 1 DÔVOD FORMULÁCIE A POSLANIE NOVEJ VODNEJ PARADIGMY

*Veci by sa mali zjednodušovať, ako sa len dá, ale nie viac.*

Albert Einstein

Výrazom „paradigma“ rozumieme súhrn predpokladov, predsudkov, predstáv a postojov skupiny vedcov vo vzťahu k určitému vedeckému problému. V tomto význame sa spája najmä s menom Thomasa Kuhna (1922 – 1996), profesora filozofie a dejín vedy. Profesor Kuhn datuje počiatky svojej teórie vedeckej revolúcie do obdobia, keď sa pripravoval na doktorskú dizertáciu. Vtedy čítal Aristotelovu *Fyziku*, do čias Isaaca Newtona najautoritatívnejšiu prácu v odbore. T. Kuhn bol šokovaný odlišnosťou Aristotela a Newtona a jeho zdanlivo nesprávnou až nepochopiteľnou logikou. Keď sa však dokázal vžiť do odlišného spôsobu nazerania Aristotela na niektoré základné pojmy, kniha odrazu začala dávať obdivuhodný zmysel.<sup>1</sup>

Čo je „paradigma“?

T. Kuhn s prekvapením konštatoval, že výraz „pohyb“ na rozdiel od newtonovského (a jeho vlastného) ponímania v aristotelovskej fyzike znamená nielen zmenu pozície skúmaného predmetu, ale aj iné zmeny – rast, zmenu teploty, liečiaci proces a pod.<sup>2</sup> Tak ako sa T. Kuhn potreboval zbaviť myslenia v „zabehnutých koľajach“, aby pochopil Aristotela, tak si aj porozumenie predkladaného diela môže vyžadovať určité odosobnenie od niektorých teórií a spôsobov nazerania, ktoré sú populárne v súčasnosti. Keď napríklad táto práca hovorí o vode, pokiaľ to nie je špecifikované inak, má na mysli nielen vodu v riekach a jazerách, ktorú vidíme, ale vodu vo všetkých jej skupenstvách, formách a výskytoch. Vodné pary a oblaky v ovzduší sú viac než iba básnickým odrazom vody v pôde a v otvorených vodných nádržiach. Voda v živých organizmoch, najmä v rastlinách, je takisto predmetom našej pozornosti...

Myslenie v „zabehnutých koľajach“

Aristoteles napísal okrem mnohých diel z filozofie a z rozličných vedných odborov aj dielo *Meteorológia*. Na rozdiel od dnešného úzkeho chápania tohto vedného odboru zaoberajúceho sa javmi v atmosfére v ňom sumarizuje široké spektrum poznatkov a predstáv o Zemi. *Meteorológia* nepatrí k vrcholným dielam tohto skvelého filozofa, no Aristotelova autorita bola od staroveku až do začiatku novoveku vďaka jeho skvelým filozofickým

Možnosť spochybnenia paradigmy

<sup>1</sup> Thomas Kuhn, „What Are Scientific Revolutions?“, From *The Probablistic Revolution, Volume I: Ideas in History*, eds. Lorenz Kruger, Lorraine, J. Daston, and Michael Heidelberger (Cambridge, MA: MIT Press, 1987), <http://www.units.muohio.edu/technologyandhumanities/kuhn.htm>

<sup>2</sup> Tamže

prácam taká veľká, že len málokto sa ho odvážil spochybniť aj v iných oblastiach poznania. Až rozmach moreplavectva a nové zemepisné objavy v 16. storočí postupne ukázali zjavnú neplatnosť mnohých predstáv a tvrdení obsiahnutých v uvedenom diele. Aristotelova *Meteorológia* nám v tomto prípade môže poslúžiť ako príklad paradigmy, ktorá prestala platiť a bolo ju potrebné nahradiť novou, ktorá by lepšie vystihovala skutočnosť.

Témou tejto publikácie je paradigma o vode, t. j. súhrn predpokladov, predsudkov, prístupov a postojov rozličných skupín spoločnosti (nielen vedcov) k vode. Voda je prirodzeným predmetom paradigmy, aj keď nemusí byť artikulovaná vo vedeckých formuláciách. Mystiku vody ospevovali básnici, filozofi ju v antickom Grécku radili k základom sveta. Oceán bol podľa Homéra „otcom všetkých bohov“,<sup>3</sup> Tháles z Milétu považoval vodu za pralátku sveta,<sup>4</sup> podľa Empedokla a ďalších bola pralátkou sveta spolu so zemou, s ohňom a so vzduchom. Voda ako základ života a očistné médium získala bohaté zastúpenie v symbolike svetových náboženstiev. V Biblii sa prvotný raj opisuje ako záhrada Eden napájaná vodou zo štyroch riek (medzi nimi aj Eufkrat a Tigris). Človek sa formálne stáva kresťanom pokrstením vodou. Hinduisti sa v túžbe po vyslobodení ponárajú do rieky Gangy a raj prisľúbený veriacim v Koráne tiež oplýva vodou z riek. V duchovnom vnímaní človeka je súlad s vodou a s jej prirodzeným obehom pociťovaný ako dar, dobro či požehnanie, nesúlad s ňou a extrémny v jej obehú sa pokladajú za trest, zlo či prekliatie.

Mystika vody

Voda je v prvom rade základným prvkom života. Život v nej podľa súčasných predstáv vznikol, rozšíril sa na pevniny a bez jej prítomnosti zaniká. Voda je aj neoddeliteľnou súčasťou dejín ľudských civilizácií. Najväčšie ľudské civilizácie vznikali práve okolo vodných zdrojov – okolo Nílu v Egypte, Eufratu a Tigrisu v Mezopotámii, Žltej rieky v Číne... Ich prosperita značne závisela od hojnosti vody. Voda pomáhala naplňať nižšie i vyššie potreby ľudí, poskytovala im potravu, ochranu, energiu, dopravu, oddych, krásu, harmóniu aj inšpiráciu. Z histórie poznáme civilizácie, ktoré sa úspešne rozvíjali v úrodnej krajine s bohatou vegetáciou a dostatkom vody. Možno si viaceré z nich privodili svoj vlastný úpadok alebo dokonca zánik degradáciou vodných zdrojov. Dnes sme si už zvykli, že archeológovia v púštnej a polopúštnej krajine Severnej Afriky, Blízkeho Východu, Iraku, Iránu či v inej časti sveta vykopávajú svedectvá dávnych kvitnúcich civilizácií. Pritom nás ani nenapadne, že tieto civilizácie možno upadli a zahynuli v procese, ktorý je aj u nás v plnom prúde.

Rozkvet a úpadok civilizácií

Vzťah civilizácií k vode sa v priebehu dejín menil. V niektorých civilizáciách bola božstvom. V 20. storočí sa ľudia pokúšali vodu spútať a dostať ju do svojho področia. Postup v duchu hesla „rozkážeme vetru, dažďu“ bol z hľadiska okamžitých riešení účinnejší, ale z hľadiska udržateľnosti horší ako uctievanie vody. Vode sa rozkazovať nedá, je potrebný citlivejší prístup. Potreba formulácie paradigmy vyplynula zo zlyhania tradičného nazerania (v tejto publikácii ho nazývame „starou paradigmou“) ponúknuť udržateľné riešenia na

Potreba novej paradigmy

<sup>3</sup> Homér, *Ílias* XIV, 201

<sup>4</sup> Diogenes Laertius: „Tháles... ustanovil vodu za princíp všetkého.“

niektoré pálčivé otázky vodných zdrojov a vodného obehu. Paradigma vznikala pomaly v prostredí občianskej pospolitosti zaoberajúcej sa praktickými i odbornými aspektmi týchto otázok. Prvé správy boli publikované začiatkom 90. rokov.<sup>5</sup> Jej vznik bol sprevádzaný postupným overovaním poznatkov v dlhoročnej praxi a rozširovaním znalostnej bázy. Jej zverejnenie je prejavom starostlivosti občanov o verejné veci. Je zostavená s cieľom prehodnotiť súčasný neuspokojivý prístup k vode a vodnému cyklu.

Táto práca sa nezakladá na nových prevratných poznatkoch, nová kvalita vzniká skôr zásluhou domyslenia existujúcich poznatkov do dôsledkov. Napriek tomu sme presvedčení, že je priekopnícka, že zásadne mení vodohospodársku prax a že môže byť silnou inšpiráciou ďalšieho bádania i pre vedeckú obec. Vedeckovýskumné programy a materiály zaoberajúce sa klimatickými zmenami už dlhé roky vo svete i u nás dosahujú obrovský rozsah. Celý proces týchto zmien však redukujú takmer výlučne na záležitosť tzv. skleníkových plynov. Mnohí vedci vo svojich prácach konštatujú, že súvislosť hydrosféry či zmien vodného (hydrologického) cyklu s klimatickými zmenami je veľká a málo preskúmaná.<sup>6</sup> Kým sa však pozornosť doteraz sústreďovala na dopad klimatických zmien na vodný cyklus,<sup>7</sup> zmenená paradigma odporúča sústrediť pozornosť na dopady zmien vodného cyklu na klimatické zmeny. Ak je zmenená optika tejto publikácie správna, otvorí sa možnosť konštruktívneho riešenia mnohých problémov spojených s klimatickými zmenami. Schéma nasycovania malého vodného cyklu pomocou zadržiavania dažďovej vody v krajine je z pohľadu autorov tejto publikácie revolučným riešením daných problémov.

Iný uhol  
pohľadu

Predkladaná publikácia má okrem úvodnej a záverečnej kapitoly, ktorá zhŕňa posolstvo novej paradigmy, niekoľko ďalších kapitol.

Obsah kapitol

2. kapitola nás stručne uvádza do štyroch „prostredí“ vody, do mechanizmov veľkého a malého vodného cyklu a do energetických bilancií v nich. Stručne sa zmieňuje o vodnej bilancii a upozorňuje na veľký význam aj zdanlivo nepatrných zmien v nej. Keďže voda a vegetácia zohrávajú rozhodujúcu úlohu v premene dopadajúcej slnečnej energie na zemský povrch a výrazne zasahujú do vodného cyklu krajiny, 3. kapitola sa zaoberá týmito dôležitými väzbami – opisuje tok slnečnej energie medzi Slnkom a Zemou, distribúciu slnečnej energie v krajine, schopnosti biomasy premieňať slnečné žiarenie na iné formy energie, ako aj význam výparu z pôdy a rastlín pri distribúcii tepla v ekosystémoch a následky odvodňovania a odstraňovania vegetácie na uvoľňovanie tepla v krajine. 4. kapitola objasňuje históriu a vplyv využívania krajiny na zmeny odtokových pomerov a jej odvodňovanie a naznačuje aj súvislosť s niektorými negatívnymi javmi, v neposlednom rade s eróziou pôdy. 5. kapitola sa zaoberá zmenami časového a priestorového rozloženia zrážkovej činnosti pôsobením človeka, dopadmi týchto zmien na miestnu a globálnu klímu, ale najmä nárastom extrémov počasia. V tejto

<sup>5</sup> Napr. Zásady vodohospodárskej politiky a návrh opatrení – Alternatívny návrh, Voda pre tretie tisícročie, Slovenská riečna sieť, Košice, 1993

<sup>6</sup> Napr. Prof. RNDr. Milan Lapin, CSc., Stručne o teórii klimatického systému Zeme, najmä v súvislosti so zmenami klímy; modifikácia profesorskej inauguračnej prednášky z 20. 9. 2004, Internet

<sup>7</sup> Napr. European Commission, Climate Change Impacts on the Water Cycle, Resources and Quality; Brussels, 25 – 26 September 2006, Conference Proceedings, Scientific and Policy Report, EUR 22422

kapitole rozoberáme príčinu stúpania hladín oceánov z iného uhla a s iným akcentom, než je bežné. Letmo sa dotkneme i neradostných očakávaní svetového spoločenstva z hľadiska ďalšieho vývoja spomínaných zmien a ich dopadov na rast globálneho napätia a destabilizáciu života na Zemi. Jadrom publikácie je 6. kapitola, ktorá po stručnej rekapitulácii súčasných postojov k otázkam hospodárenia s vodou a ich dopadov sumarizuje nový postoj k vode v novej vodnej paradigme. Popri novej kultúre vzťahu k vode navrhuje spôsob zmiernenia či nápravy najväčších škôd vo vzťahu k hospodáreniu s vodou v krajine. 7. kapitolu otvára krátky historický pohľad na niektoré aspekty hospodárenia s krajinnou vodou v našom geografickom priestore. Obsahuje náčrt praktických opatrení na zachytávanie vody v krajine, opis možných či navrhovaných postupov, ktoré z prijatia novej vodnej paradigmy vyplývajú pre inštitúcie verejného sektora, občiansky a komerčný sektor, ako aj predstavu o finančných nákladoch a efektívite navrhovaných nových postupov a opatrení v porovnaní s doterajšími prístupmi.

Chyby, ktoré urobia ľudia pri strategických rozhodnutiach alebo v začiatkoch budovania veľkých diel, mávajú dlhodobé a ďalekosiahle negatívne následky. Skreslený pohľad na problém môže viesť často ku kontraproduktívnym opatreniam. Preto je poznanie správnej paradigmy dôležité v mnohých oblastiach verejnej politiky. Toto poznanie nie je triviálna vec a ľudia k nemu neraz dospejú až metódou pokus – omyl (niekedy draho zaplatený). Sme svedkami, že problémy vody a jej obehu sa riešia na všetkých úrovniach – medzinárodnej, národnej, regionálnej, lokálnej, komunitnej aj individuálnej. Predkladaná paradigma vody je relevantná pre každú z týchto úrovní, pretože ich dáva do súvislosti a v každej z nich je voda vo všetkých svojich formách a prejavoch otázkou prosperity a úpadku, ba i života a smrti.

Myšlienky  
majú  
dôsledky

Čo sa týka starostlivosti o vodu na úrovni štátu, štát prijíma strategické politické rozhodnutia, definuje legislatívne nástroje a určuje rozdelenie kompetencií a zodpovednosti štátnej správy a územnej samosprávy, ako aj systém využívania finančných nástrojov pri ochrane, vytváraní a využívaní vodných zdrojov. V súčasnosti štát dohliada na realizáciu uvedených i ďalších kompetencií. Ak však jeho dohľad a opatrenia nesmerujú k dosiahnutiu trvalo udržateľnej vodnej bilancie územia štátu vrátane vodných bilancií na území regiónov, miest a obcí, potom štát v zmysle tejto paradigmy koná nezodpovedne voči majetku a zdraviu svojich občanov, ba i voči medzinárodnému spoločenstvu štátov.

Úloha štátu

Lokálne samosprávy sú zodpovedné za rozvoj svojich komunít. Starostlivosť o vodu na úrovni lokálnej samosprávy je kľúčom k spokojnosti občanov a k zdravému a bezpečnému životnému prostrediu. Mestá a obce potrebujú efektívne a čo najskôr riešiť ochranu svojho územia pred povodňami, suchom a požiarom a zároveň zabezpečiť dostatok kvalitnej vody pre udržateľný rozvoj obcí. Rozvoj obcí teda závisí od dostatku vody a stabilného vodného režimu, ktorý ich neohrozuje. Rozvoj obcí musí byť okrem iného postavený na princípe vodnej tolerancie, čo znamená zabezpečiť na miestnej úrovni také riadenie vodných zdrojov, ktoré neprispieva k zvyšovaniu ohrozenia susedných obcí. Poznanie možných dopadov lokálnych vplyvov človeka na širšie súvislosti až po globálne zmeny vo vodnom

Úloha  
samospráv

cykle vytvára základ pre úspešné, odborne a efektívne zvládnuteľné riešenia na lokálnej úrovni podľa známeho princípu „mysli globálne, konaj lokálne“. Udržateľné riešenia na lokálnej úrovni prispievajú k stabilite na regionálnej, kontinentálnej i globálnej úrovni. Predkladaná paradigma poskytuje dostatok inšpirácie pre obidvoje – pre globálne myslenie i pre lokálne konanie.

Priekopníkom tejto politiky medzi samosprávami sa stal Mestský parlament v Košiciach, ktorý vo februári roku 2005 prijal uznesením *Košický protokol pre vodu v 21. storočí*. Tento protokol definuje systémové riešenia ochrany vôd na úrovni novej generácie legislatívnych, inštitucionálnych, metodických i technologických nástrojov. V zavádzaní nového prístupu do praxe nezaostáva ani Združenie miest a obcí Slovenska (reprezentuje 96 % z celkového počtu 2 891 miest a obcí na Slovensku), ktoré na svojom výročnom zasadnutí koncom apríla tohto roku schválilo *Stratégiu ZMOS* v oblasti protipovodňovej prevencie a ochrany územia miest a obcí pred povodňami. Stratégia navrhuje konkrétne kroky preventívneho prístupu k ochrane vody v území s cieľom eliminovať povodne a zveľaďovať vodné zdroje krajiny. Z hľadiska uplatnenia novej vodnej paradigmy v praxi ide o podporu integrovaného riadenia vodných zdrojov v povodiach tak, aby sa neodvodňovali, ale posilňovala sa vodozadržnosť lesnej, poľnohospodárskej i urbánnej krajiny.

Pozitívne kroky samospráv

Niektoré podnikateľské subjekty sa orientujú na obchodovanie s vodou a na uspokojovanie ekonomických, sociálnych a environmentálnych potrieb spoločnosti. Ak využívajú vodu z prírodného prostredia a nevracajú ju do krajiny, spôsobujú v nej úbytok vody a niekedy aj závažné negatívne zmeny, ktoré v konečnom dôsledku poškodzujú nielen ich zákazníkov, ale aj ich samých. Novou paradigmou pre vodu sa otvára priestor na posilňovanie vlastného záujmu podnikateľských subjektov za udržiavanie a obnovu vody vo vodnom obeh.

Podnikanie s vodou

Súčasný človek je postavený do pozície konzumenta vody a zväčša si neuvedomuje svoj podiel zodpovednosti za ochranu vody či jej možnosti a hrozby. A predsa každá strecha a každý dvor rodinného domu sú mikropovodiami, na ktorých ročný úhrn zrážok predstavuje prekvapujúco veľké objemy vody. Táto voda je bohatstvom, ktoré môže individuálny občan rozličným spôsobom využiť na skvalitnenie svojho života. Môže ju však aj bez úžitku a za poplatok spláchnuť do rieky a mora, čím pomaly prispieva k odvodňovaniu svojho prostredia a k mikroklimatickým a postupne aj k makroklimatickým zmenám. Novou paradigmou sa táto voľba stáva vedomou.

Možnosti jednotlivca

Zverejnenie paradigmy je zo strany autorského kolektívu krokom zodpovedného prístupu a kritického zmyšľania, bez úmyslu kohokoľvek uraziť v súvislosti so zastávaním postojov „starej paradigmy“ alebo komukoľvek uškodiť v súvislosti so zmenami, ktoré by mohli so zmenou paradigmy nastať. V duchu, v akom je táto paradigma predkladaná, by mala byť aj prijímaná. Autori ponúkajú nezávislý pohľad na globálny scenár obehu vody s dôsledkami na kontinentálnej, národnej, regionálnej či miestnej úrovni tak, aby

Spoločné dobro

toto poznanie prispelo spoločnému dobru. Prijatie novej vodnej paradigmy popri iných naznačených účinkoch znamená aj prijatie novej, vyššej kultúry vo vzťahu k vode, a tým i celkové pozdvihnutie kultúrnosti našej civilizácie. V konečnom dôsledku ide teda o niečo viac než len o vodu.

## 2 VODA A JEJ OBEH V PRÍRODE

*Slnko na svojej dráhe zakladá procesy zmeny, vzniku a rozpadu. Jeho činnosťou je tá najjemnejšia a najsladšia voda každý deň vyzdvihoaná a rozpúšťaná v paru, ktorá sa dvíha do vrchnej sféry, kde je opäť kondenzovaná chladom a tak sa vracia na zem.*

Aristoteles, *Meteorológia*

Tháles z Milétu považoval vodu za pralátku sveta. Empedokles a niektorí ďalší antickí a neskôr i stredovekí a renesanční myslitelia ju pokladali za pralátku sveta spolu so zemou, s ohňom a so vzduchom. V tejto kapitole „otvoríme scénu“ pre vodu a načrtne mechanizmy interakcie s menovanými „základnými prvkami“ pri jej kolobehu v prírode.

### 2.1 Štyri „prostredia“ vody

Na Zemi je okolo 1 400 miliónov km<sup>3</sup> vody. Keď v tomto dokumente hovoríme o vode, máme na mysli vodu v štyroch „prostrediach“ – vodu v moriach a oceánoch, vodu na pevninách, vodu v atmosfére a vodu v živých organizmoch (*tab. 1*). Zároveň máme na mysli vodu vo všetkých jej skupenstvách – v plynnom, kvapalnom i tuhom.

Prostredia  
vody

Voda „prvého prostredia“, t. j. morí a oceánov pokrýva 70,8 % povrchu Zeme a tvorí najväčšiu časť, až 97,25 %, objemu všetkej vody na Zemi. Moria a oceány plnia kľúčovú globálnu termoregulačnú funkciu na našej planéte. Ich teplota sa v priebehu roka mení len minimálne. Ak by však neexistovali, našu planétu by sužovalo striedanie extrémnych teplôt (ako je to napr. na Mesiaci), ktoré by na nej znemožnilo život tak, ako ho poznáme. Aj mierne rozkolísanie teplôt v porovnaní so súčasnými teplotami by mohlo mať fatálne následky na potravinovú bezpečnosť na našej planéte. Z ďalších funkcií morí a oceánov nás bude v tejto publikácii zaujímať najmä dotovanie zrážok na pevninách.

Voda  
v oceánoch

Naša predstava o vode v „druhom prostredí“ pevnín je často skreslená a fixovaná na vodu v riekach, prípadne v prirodzených a umelých nádržiach. Voda v tuhom skupenstve (ľadovce, sneh) však tvorí 2,05 % objemu všetkej vody na Zemi a ukrýva až 70 % svetových zásob sladkej vody (*tab. 2*). Popri tejto vode tvorí viditeľná povrchová voda v riekach len 0,0001 % a v jazerách (vrátane slaných jazier a vnútrozemských morí) 0,01 % objemu všetkej vody na Zemi. Podzemná voda a voda tvoriaca pôdnu vlhkosť (0,685 %) predstavuje okrem excentricky umiestnených ľadovcov najväčšie bohatstvo vody na pevninách, ktoré niekoľkonásobne prevyšuje objem vody vo všetkých riekach a jazerách sveta. Voda v pôde je z hľadiska množstva a úžitku dôležitejšia ako voda v riekach. Tento neobjavený a

Voda na  
pevninách

nepochopený poklad sa však prehliada, zanedbáva a ničí. Najmä o jeho zveľad'ovaní pomocou vody z „tretieho prostredia“ je táto publikácia.

Objem vody v atmosfére (vo všetkých troch skupenstvách) je približne desaťkrát väčší ako objem vody vo všetkých riekach. Ak by teoreticky všetka voda v atmosfére padla naraz v podobe zrážok, vytvorila by na imaginárnom zemskom povrchu vrstvu vody 25 mm. Tak ako majú moria a oceány kľúčovú *globálnu* termoregulačnú úlohu na našej planéte, tak má voda v atmosfére kľúčovú *lokálnu* termoregulačnú funkciu.

Voda v  
atmosfére

Voda nás obklopuje. Je však nielen okolo nás, ale i v nás. V živých organizmoch, t. j. v „štvrtom prostredí“ tvorí voda približne 0,00004 % objemu všetkej vody na Zemi, čo je objemovo najmenej zo všetkých prostredí, ale to, čo chýba na objeme, je vysoko vyvážené zásadnou dôležitosťou tejto vody pre každú individuálnu formu života. Ľudské telo obsahuje napríklad viac než 60 % vody a všetky fyziologické procesy prebiehajú v prostredí, ktorého hlavnou zložkou je voda. Obsah vody v rastlinách sa mení podľa druhu a často je oveľa vyšší ako v živočíšnych tkanivách. Objemy vody akumulované vo vegetačných porastoch nie sú zanedbateľné, podobne ako objemy vody akumulované v pôde vďaka existencii vegetácie. Vegetácia na pevnine má popri iných funkciách nesmierne dôležitú funkciu najmä pri regulácii výparu z pôdy, čím na pevninách významne napomáha teplotnej stabilite, od ktorej závisí jej vlastná prosperita, ba i samotná existencia. Od existencie a prosperity vegetácie nadväzne závisí všetok vyšší život na Zemi.

Voda v biote



**Tab. 1 Rozdelenie zásob vody na Zemi<sup>8</sup>**

Rezervoár	Objem vody (v miliónoch km <sup>3</sup> )	Percentuálne vyjadrenie
Oceány a moria	1370	97,25
Ľadovce	29	2,05
Podzemná voda	9,5	0,68
Jazerá	0,125	0,01
Pôdna vlhkosť	0,065	0,005
Atmosféra	0,013	0,001
Rieky	0,0017	0,0001
Biota	0,0006	0,00004
Globálny rezervoár vody spolu	1408,7053	100

**Tab. 2 Rozloha kontinentov, oceánov, púští a zaľadneného územia a počet obyvateľov na kontinentoch<sup>9</sup>**

	Rozloha v km <sup>2</sup>	Zaľadnené územie v km <sup>2</sup>	Priemerná výška svetadielov v m n. m.	Rozloha púští nad 20 000 km <sup>2</sup> v km <sup>2</sup>	Počet obyvateľov v mil. (rok 2000)
<b>Svetadiely spolu</b>	<b>149 409 000</b>	<b>16 081 030</b>		<b>13 771 000</b>	<b>6 076</b>
Európa	10 382 000	115 000	290		729
Ázia	44 410 000	89 000	960	3 480 000	3 686
Afrika	30 329 000	15	650	8 922 000	796
Severná a Stredná Amerika*	24 360 000	2 049 000	715	39 000	
Južná Amerika	17 843 000	25 000	580	160 000	835
Austrália a Oceánia	8 910 000	1 015	340	1 170 000	30
Antarktída	13 175 000	13 802 000	2 000		
			<b>Priemerná hĺbka oceánov v m</b>		
<b>Oceány</b>	<b>361 455 000</b>				
Tichý	179 680 000		4 028		
Atlantický	94 243 000		3 542		
Indický	76 170 000		3 710		
Severný ľadový	11 362 000		1 228		
<b>Zem spolu</b>	<b>510 864 000</b>				

\* vrátane Grónska, ktoré napriek politickej a historickej asociácii s Dánskom a s Európou geograficky patrí k americkému kontinentu; jeho zaľadnené územie je 1 802 600 km<sup>2</sup>

\*\* zaľadnené územie Álp je 3 600 km<sup>2</sup>

<sup>8</sup> Rozličné encyklopedické zdroje

<sup>9</sup> Zdroj: www.geohive.com a ďalšie encyklopedické zdroje

## 2.2 Voda a tepelná energia

Voda je výnimočná tým, že pri teplotách bežných na Zemi môže prirodzene existovať vo všetkých troch skupenstvách – v tuhom, kvapalnom a plynnom. Pri jej skupenskej premene sa spotrebúva, resp. uvoľňuje množstvo tepelnej energie. Premenu z tuhej či kvapalnej formy na vodnú paru získava vysokú mobilitu, vďaka ktorej sa dokáže v pomerne veľkých objemoch rýchlo premiestňovať v horizontálnom i vo vertikálnom smere. Voda má zároveň najväčšiu mernú tepelnú kapacitu (t. j. schopnosť prijímať tepelnú energiu) zo známych látok. Vďaka schopnostiam viazať a uvoľňovať energiu, ako aj schopnostiam prenosu, odrazu či rozptyľovania energie, voda vo všetkých svojich skupenstvách podľa potreby chladí alebo zohrieva planétu. Udržiava ju tým pri teplote, ktorá umožňuje život na Zemi.

Viazanie a uvoľňovanie tepla

Voda vyrovnáva teplotné rozdiely medzi dňom a nocou, medzi jednotlivými sezónami i medzi jednotlivými oblasťami, a tým zároveň tlmí extrémny v počasí. Vodné pary sú najrozšírenejším skleníkovým plynom v atmosfére.<sup>10</sup> Ich obsah je v atmosfére veľmi variabilný, ale typicky sa pohybuje medzi 1 – 4 % (pre porovnanie obsah CO<sub>2</sub> je 0,0383 %). Čím viac vody je v atmosfére, tým silnejší je efekt vyrovnávania teplôt a tým sú výkyvy v počasí menšie. Čím menej vody je v atmosfére, tým slabší je efekt vyrovnávania teplôt a tým sú výkyvy v počasí extrémnejšie. Tam, kde voda v pôde a v atmosfére chýba, zvyčajne pretrvávajú extrémne teplotné podmienky. Voda a vodné pary najvýraznejším spôsobom ovplyvňujú podnebie na Zemi. Napriek tomu patrí ich úloha v atmosfére k málo preskúmaným a málo diskutovaným otázkam.<sup>11</sup>

Vyrovnávanie teplôt

Dopadajúce slnečné žiarenie vyparuje vodu z morí, jazier, riek, mokradí, pôdy i z rastlín do atmosféry. Výpar každej molekuly vody spotrebúva teplo, o ktoré sa ochladzuje zemský povrch. Vyparená voda vytvára v atmosfére oblaky (tiež hmlu, vodné zrážky alebo ľadové kryštáliky). Vodné pary, ktoré vystúpia vyššie do atmosféry, kondenzujú vplyvom chladu, pričom uvoľnia tepelnú energiu. Ochladené vo výške sa vracajú späť v podobe dažďa. Opakovanie tohto procesu predstavuje účinný mechanizmus na elimináciu nadbytočnej tepelnej energie a podobá sa dômyselnému chladiarenskému zariadeniu. Zvyčajne platí, že približne polovica povrchu Zeme je v každom čase zatienená mrakmi. Oblaky obmedzujú vstup slnečného žiarenia do atmosféry a na povrch Zeme. Obmedzenie slnečného žiarenia, ktoré dopadá na zemský povrch, znižuje výpar, a tým i ďalšiu tvorbu oblakov.

Chladiaca funkcia dažďa

<sup>10</sup> Pozri napr. The climatic effects of water vapour, Feature: May 2003, <http://physicsweb.org/articles/world/16/5/7/1>

<sup>11</sup> Pozri napr. Water vapour supplies new climate clues, August 2002, <http://physicsweb.org/articles/news/6/8/7/1#020805>

Oblaky majú podstatnú úlohu pri regulovaní energetickej bilancie Zeme vzhľadom na slnečné žiarenie. Odrážajú časť krátkovlnného slnečného žiarenia, čím obmedzujú jeho vstup do atmosféry a na povrch Zeme, a tým chránia Zem pred prílišným otepľovaním. Zachytávajú však časť dlhovlnného (tepelného) žiarenia zo Zeme, ktoré by inak uniklo do vesmíru, čo má otepľovací účinok. Chladiaci alebo otepľovací účinok oblakov závisí od ich typu a výšky. Nízkopoložené kopovité oblaky (kumulus) Zem ochladzujú, vysokopoložené tenké oblaky (cirus) ju zohrievajú.<sup>12</sup> Výskum termoregulačných účinkov oblakov a ich rovnováhy sa so zreteľom na súčasné problémy ľudstva ukazuje ako veľmi sľubný a zaujímavý.

Termoregulačná funkcia oblakov

Ak slnečné žiarenie dopadá na plochu dobre zásobenú vodou, väčšina slnečnej energie sa spotrebuje na výpar a len zvyšok na citeľné teplo, ohrev pôdy, odraz, prípadne fotosyntézu. Ak slnečné žiarenie dopadá na odvodnenú plochu, väčšina slnečnej energie sa premení na citeľné teplo, v celoročne dostatočne vlhkých oblastiach sa väčšina slnečnej energie spotrebuje na výpar. Preto zohrávajú vodné plochy, vodou nasýtená pôda a vegetácia významnú úlohu v kolobehu vody na súši. Funkčná vegetácia plní funkciu ventilu medzi pôdou a atmosférou. Chráni pôdu pred prílišným prehrievaním, a tým i vysušovaním a optimalizuje množstvo výparu vody pomocou transpirácie množstvom prieduchov na listoch. Porasty dobre zásobené vodou majú teda významnú chladiacu a klimatizačnú schopnosť. Vegetácia, jej množstvo, druh a kvalita, významne ovplyvňuje i povrchový odtok v povodí. Odlesňovaním, poľnohospodárskou a urbánnou činnosťou sa mení množstvo vody v krajine. Človek tak nevedomky mení toky obrovského množstva vody a energie (podrobnejšie v kapitole 3).

Výpar a vegetácia

Teplo (a gravitácia) je motorom globálneho vodného cyklu, ktorý pozostáva z veľkého a malého vodného cyklu (*obr. 1*). Voda vo vodnom cykle je krv a miazga života, ktorá pod vplyvom slnečnej energie a gravitácie prúdi, obieha a vibruje medzi moriami, pevninami a atmosférou vo všetkých formách jej výskytu. Pri prechode atmosférou absorbuje oxid uhličitý, amoniak i ďalšie plyny a nečistoty. Podobne sa obohacuje o rôzne prímеси aj pri stekaní po zemskom povrchu či pri presakovaní cez pôdu a podložie. Voda pri všetkých týchto pohyboch napája, čistí a termoreguluje ekosystémy, ale aj eroduje pôdu. Množstvo minerálnych látok, ktoré voda za rok odnesie do morí a oceánov, sa odhaduje na 3,5 miliardy ton. Odnos pôdy a pôdných živín je jedným z dôvodov, prečo treba odtok dažďovej vody z krajiny spomaľovať a prečo by mali rieky odvádzať do morí len tie prebytky, ktoré sa už „nezmestia“ do optimálne nasýtenej pôdy a atmosféry.

Čistiace a transportné vlastnosti

### 2.3. Veľký vodný cyklus

Veľký vodný cyklus je výmena vody medzi oceánom a pevninou. Do atmosféry sa každoročne vyparí okolo 550 tisíc km<sup>3</sup> vody. Z morí a

Výpar z oceánov a zrážky

<sup>12</sup> NASA DAAC Study: Clouds in the Balance, 2001, <http://nasadaacs.eos.nasa.gov/>

oceánov sa vyparí okolo 86 % a z pevniny 14 % z celkového výparu z povrchu Zeme. Z celkového úhrnu atmosférických zrážok, ktoré z výparu vzniknú, vypadne 74 % nad moriami a oceánmi a 26 % nad pevninami. Z toho vyplýva, že moria a oceány prostredníctvom výparu a zrážok dotujú pevninu istým objemom vody, ktorá sa atmosférickými termodynamickými prúdmi dostáva na veľké vzdialenosti nad kontinenty, kde sa vyprší (prípadne padne v podobe snehu).

Časť vody zo zrážok vsiakne do zeme a ak dosiahne hladinu podzemnej vody, pridá sa k podzemnému odtoku (mimo bezodtokových oblastí). Časť vody využije rastlinstvo a časť sa opäť vyparí. Zvyšok odtече po zemskom povrchu do riečnej siete a späť do morí a oceánov. Tým sa veľký vodný cyklus zavŕši. Za rovnovážnych podmienok z kontinentov odtече do morí a oceánov taký istý objem vody, akým bola pevnina dotovaná zo svetového oceánu v podobe zrážok. Aj relatívne malé výkyvy v tomto rovnovážnom stave môžu spôsobiť na kontinentoch veľké problémy, najmä ak sú dlhodobejšie a týkajú sa väčšej časti povodí. Ak do oceánu odtече z kontinentov viac vody, než je zrážková dotácia oceánu pevnine, pevnina stráca vodu, odvodňuje sa. Deje sa to napríklad vtedy, keď človek svojou činnosťou systematicky znižuje vsakovanie dažďovej vody do pôdy (odlesňovanie, poľnohospodárska činnosť, urbanizácia) a túto vodu (čo najrýchlejšie) odvádza do riek a následne do mora. Na pevnine sa v takom prípade znižuje pôdna vlhkosť, klesá hladina podzemnej vody, chradne vegetácia a znižuje sa výpar. Ak sa objem vody pritečenej z kontinentov do morí a oceánov zvýši a výpar vody z morí a oceánov sa nezmení, resp. nezvýši sa adekvátne (vplyvom zvýšeného výparu pri globálnom otepľovaní), zvýšený prítok vody z kontinentov (vrátane zvýšeného topenia ľadovcov) dotuje stúpanie hladín oceánov.

Bilancia veľkého vodného cyklu

Popri zmenách v globálnej vodnej bilancii, ktoré sú spôsobené javmi mimo dosahu človeka (slnečné cykly, zmeny polohy Zeme voči Slnku, sopečná činnosť...), človek svojou nevedomou činnosťou spôsobuje ďalšie výkyvy. Takto môže prispieť k odvodňovaniu kontinentov. Svoju uvedomelou činnosťou v opačnom smere, t. j. zámerným zadržiavaním dažďovej vody na kontinentoch, by mohol pokračujúce odvodňovanie zastaviť a vrátiť chýbajúcu vodu na kontinenty.

Ludské a iné vplyvy

## 2.4 Malý vodný cyklus

Malý vodný cyklus je uzatvorený kolobeh vody, pri ktorom voda vyparená na pevnine spadne v podobe zrážok nad tým istým pevninským prostredím. Rovnako ako nad pevninou malý vodný cyklus existuje aj nad morom či oceánom. Medzi jednotlivými malými vodnými cyklami, ktoré prebiehajú v priestore a čase nad veľkými územiami s rôznou morfológiou a povrchmi s rôznou vlhkosťou, prebiehajú vzájomné interakcie. V malom vodnom cykle teda prebieha cirkulácia vody aj horizontálne, ale na rozdiel od veľkého vodného cyklu je preň charakteristický vertikálny pohyb. Výpar zo susediacich plôch s

Definícia a vlastnosti

rôznymi teplotami navzájom spolupôsobí na tvorbu a priebeh oblačnosti. Možno povedať, že nad krajinou obieha voda súčasne v množstve malých vodných cyklov, ktoré sú dotované vodou z veľkého vodného cyklu.

Názov malý vodný cyklus nie je najvhodnejší, lebo vyvoláva predstavu, že je v ňom málo vody. Opak je pravdou. Pozrime sa na údaje uvedené v predchádzajúcej kapitole z trochu iného uhla. Priemerné ročné zrážky nad pevninou sú 720 mm a prísun z morí je okolo 310 mm. Z toho vyplýva, že pevnina si väčšiu časť svojich zrážok (410 mm) dotuje zo svojho vlastného pevninského výparu. Zrážkový úhrn v území sa podieľa na nasycovaní pôdy dažďovou vodou a prostredníctvom malého vodného cyklu sa približne jedna polovica až dve tretiny dažďovej vody (50 – 65 %) zúčastňuje na spätnej tvorbe zrážok nad pevninou. Toto je veľmi dôležitá informácia, ktorá by mala zásadne zmeniť náš doterajší prístup k manažmentu vody v povodiach. Človek nemôže neobmedzene pretvárať a odvodňovať krajinu bez vplyvu na svoje zrážky a svoj tepelný režim. Ak chceme mať vyrovnané zrážky nad pevninou, treba zabezpečiť stály výpar z pevniny. Výpar z pevniny je pri istom zjednodušení (zanedbanie akumulácie) rozdiel zrážok a odtoku. Ak máme veľký odtok z územia, je to na úkor výparu. Následne ubúdajú zrážky. Postupne ubúda objem vody v malom vodnom cykle nad pevninou. Naopak, znížením odtoku získame väčší výpar, a tým vlastne „zasejeme dážď“.

Výpar  
z pevniny  
a zrážky

Malý vodný cyklus, tiež krátky či uzatvorený vodný cyklus, je charakteristický pre hydrologicky zdravú krajinu. V krajine nasýtenej vodou a vodnými parami voda cirkuluje v malých množstvách a na relatívne krátke vzdialenosti.<sup>13</sup> To sa deje vďaka zmiernovaniu rozdielov teplôt medzi dňom a nocou či medzi lokalitami s rozdielnym teplotným režimom indukovanému vodnými parami. Väčšina vody, ktorá sa odparí, sa opäť zráža v danej oblasti alebo jej okolí. Časté a pravidelné miestne zrážky spätne udržiavajú vyššiu hladinu podzemnej vody, a tým i vegetáciu a výpar a celý cyklus sa môže neustále opakovať.

Obeh vody  
v zdravej  
krajine

Ak však nastane rozsiahle narušenie vegetačného pokryvu (napr. odlesňovanie, poľnohospodárska činnosť, urbanizácia), slnečná energia dopadá na plochy s nízkym výparom a veľká časť sa premení na teplo. Tak vznikajú výrazné výkyvy teploty a rozdiely teplôt medzi dňom a nocou či medzi lokalitami s iným teplotným režimom rastú. Zväčší sa prúdenie vzduchu, vodná para je teplým vzduchom unášaná ďaleko a väčšina vyparenej vody sa z krajiny stráca. Ubúdajú malé a časté zrážky a pribúdajú mohutné a menej časté zrážky od mora. Cyklus sa otvára, začína prevládať veľký vodný cyklus, ktorý je, na rozdiel od „mäkkého“ malého vodného cyklu, charakteristický eróziou a odplavovaním pôdnych živín do mora. Obnova dominancie malého vodného cyklu, ktorý je pre človeka, vegetáciu i krajinu výhodný, závisí od obnovy funkčného rastlinného krytu územia a vodných plôch v krajine.

Rozpad  
vodného  
cyklu

<sup>13</sup> Spodná, jeden- až trojkilometrová hraničná vrstva atmosféry je v tomto kontexte najvýznamnejšia. Priebehajú v nej turbulentné toky vlhkosti, tepla a hybnosti a nachádza sa v nej vyše 75 % všetkej vodnej pary v atmosfére (Prof. Lapin).

## 2.5 Bilancia vodného cyklu

Výrazom „vodná bilancia“ v hydrológii rozumieme vzťah, ktorý charakterizuje obeh vody v určitom systéme, väčšinou v povodí alebo v jeho časti. Vyjadrujeme ho rovnicami ako (1), ktoré dávajú do súvislosti zložky vstupujúce do systému (napr. zrážky) a zložky vystupujúce zo systému (napr. výpar a povrchový či podzemný odtok). Medzi vstupom a výstupom existuje tretia, trochu zanedbávaná časť, ktorou je zmena objemu vody v systéme.

Bilančná rovnica

Sledovanie vodnej bilancie územia patrí medzi základné úlohy hydrológie a meteorológie. Sledovanie spočíva prevažne v pravidelných meraniach úhrnov zrážok a prietokov vody na vodných tokoch prostredníctvom siete zrážkomerných staníc a limnografických staníc na vybraných profiloch vodných tokov, najmä však pri ich vyústení do väčších povodí, do vôd susediacich štátov, do morí či oceánov. V rámci meteorologickej a klimatologickej siete sa okrem týchto parametrov vodnej bilancie pozorujú aj teploty v území, hladiny podzemných vôd a kvalita vody.

Sledovanie vodnej bilancie

Údaje získané z dlhodobých meraní následne pracovníci odborných ústavov spracúvajú do dlhodobých bilančných radov, pomocou ktorých môžu sledovať doterajší vývoj a trendy meraných veličín. Na základe rôznych modelov a výsledkov známych údajov zároveň modelujú vývoj týchto veličín z hľadiska budúcnosti. Tomuto modelovaniu sa venuje klimatológia. Spoločnej oblasti sa týka u nás asi najznámejšie modelovanie vývoja počasia meteorológmi, hoci ich modely sú postavené na inom princípe. Predpovedná služba je schopná so zodpovedajúcou presnosťou modelovať počasie na deň, dva, tri či desať dní vopred. Klimatológovia však modelujú vývoj klímy na niekoľko rokov až dekád vopred.

Matematické modelovanie klímy

Nevyhnutnou, i keď nie dostatočnou podmienkou stabilnej klímy v území je ustálený vodný cyklus (obr. 2). Preto je podstatnou informáciou, ktorá by mala byť hlavným zmyslom sledovania vodnej bilancie, rozdiel medzi množstvom vody vstupujúcim do systému a množstvom vody vystupujúcim zo systému. Tento rozdiel nám v kladnom prípade indikuje pribúdanie vody v systéme (nasyčovanie), v zápornom prípade ubúdanie vody v systéme (odvodňovanie). O tejto informácii nám však väčšinou modely počasia či podnebia veľa nepovedia, pretože o nej vo svojom aparáte neuvažujú, resp. ju považujú za zanedbateľnú.

Podmienka stability klímy

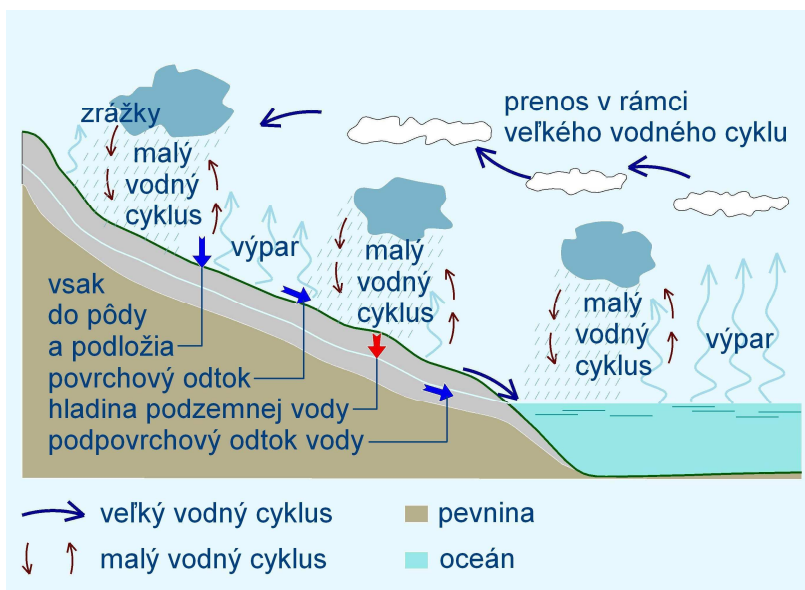
V povedomí širokej verejnosti, ale aj odborníkov je zakorenená predstava, že tento rozdiel sa na veľkých celkoch (ako sú povodia či celé kontinenty) a za dlhšie obdobia (rok a viac) rovná nule alebo okolo nuly osciluje. Presvedčenie, že koľko dažďa vietor od mora prinesie, toľko vody do mora v riekach odtečie, je dedičstvom čias, keď hydrológovia objavili vodný cyklus. Vysvetlili

Nenulová bilancia

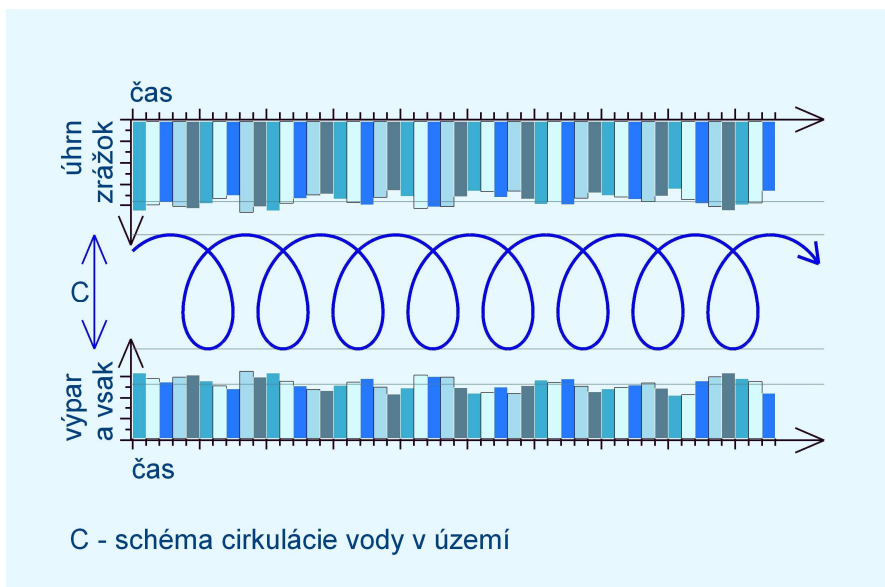
ním dávnu záhadu, ako je možné, že hladiny morí a oceánov nestúpajú, keď do nich neustále prúdia všetky rieky sveta. V dnešných časoch hydrologické merania ukazujú, že hladiny morí a oceánov stúpajú a zároveň hladiny podzemných vôd klesajú, ale nikoho akoby ani nenapadlo, že bilancia medzi pritečenou a odtečenou vodou nemôže byť nulová. Veľké nebezpečenstvo zanedbania hrozí práve vtedy, keď je tento rozdiel veľmi malý, vždy však na tej istej strane znamienka. V takom prípade môže nastať odvodňovanie krajiny po celé desaťročia bez toho, aby si hydroológovia všimli príčinu.

V rámci hydroológie, meteorológie a klimatológie sa na úrovni jednotlivých krajín doteraz sledovala vodná bilancia štátu a vodná bilancia hlavných povodí v rámci štátu. Čím väčší je systém, tým ľahšie sa nebezpečná jednostranná odchýlka spomínaná v predchádzajúcom odseku prehliadne. Ak teda chceme analyzovať územie, potrebujeme kvantifikovať vodnú bilanciu územia aj na nižších úrovniach – na regionálnej, lokálnej (obec, resp. mesto) či ešte nižšej, v ktorých sa v závislosti od veľkosti a charakteru skúmaného územia môžu pomery odtoku k zrážkam navzájom líšiť (tab. 3). Ako uvidíme, kvantifikácia vodnej bilancie môže byť potrebná aj na osobnej úrovni v rovine vlastníctva pôdy (napr. pre návrh objemov vodozadržných priestorov na pozemku).

Kvantifikácia na úrovni mikropovodí



**Obr. 1 Veľký a malý vodné cykly v krajine**



**Obr. 2** Schéma dlhodobo ustáleného vodného cyklu v území

#### Vzorec vodnej bilancie územia

$$R = E + Q + \Delta V \quad (1)$$

[+1 %   -1 %] – nepatrné zmeny Q a  $\Delta V$   
v ročnej vodnej bilancii územia






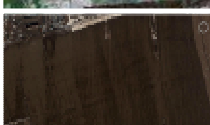

**R** – zrážkový úhrn nad územím (za rok), **E** – výpar z územia (za rok), **Q** – povrchový a podpovrchový odtok (za rok),  $\Delta V$  – zmena množstva vody v systéme (za rok)

**+1 %** – relatívne malé zvýšenie objemu odtoku oproti normálu vyvolané urýchľovaním odtoku dažďovej vody z územia za bežný kalendárny rok (nespozorovateľné pri bežnom skúmaní); **-1 %** – relatívne malé zníženie prísunu vody do pôdneho profilu a podložia oproti normálu vyvolané urýchľovaním odtoku dažďovej vody z územia za bežný kalendárny rok;

**Objem 1 %** možno na objasnenie problému použiť ako priemernú hodnotu úbytku podzemných vôd a urýchlenia povrchového odtoku za bežný kalendárny rok v 20. storočí. Táto hodnota sa blíži k nule, ak ide o prírodnú krajinu, človekom nevyužívanú a nemenenú. Môže byť aj väčšia ako 1, a to vo vysokourbanizovanom prostredí s kompletným skanalizovaním dažďovej vody do vodných tokov. Ak toto percento, nech už je akékoľvek, vynásobíme počtom rokov (napr. 100 rokov; za referenčné obdobie môžeme pokladať 20. storočie), zistíme, že je to úctyhodný objem vody, ktorý ubudol v krajine (najmä v pôdnom profile). Časť z tohto objemu zároveň pribudla v oceánoch (po odpočítaní zvýšeného výparu z hladín oceánov) a popri roztopenej vode z ľadovcov prispela k nárastu ich hladín.



**Tab. 3 Príklady vodnej bilancie v závislosti od veľkosti skúmaného územia<sup>14</sup>**

Vodná bilancia skúmaného územia	Množstvo (mm/rok)	Objem vody v obehu	Podiel odtoku na úhrne zrážok	
<b>Oceánov a morí</b> (rozloha 361 455 000 km <sup>2</sup> ) – výpar vody z oceánov – úhrn zrážok nad oceánom – prítok	1 180 1 070 110	425 000 km <sup>3</sup> 40 000 km <sup>3</sup>		
<b>Kontinentu</b> – príklad Európa (10 382 000 km <sup>2</sup> ) – úhrn zrážok – vsak a výpar – odtok	750 480 270	7 790 km <sup>3</sup> 4 980 km <sup>3</sup> 2 810 km <sup>3</sup>	36 %	
<b>Národná</b> – príklad Slovenska (49 035 km <sup>2</sup> ) – priemerný úhrn zrážok v súčasnosti – vsak a výpar – odtok	762 500 262	37 km <sup>3</sup>	34 %	
<b>Povodia</b> – príklad povodia rieky Torysa, Slovensko (plocha 1 349 km <sup>2</sup> ) – priemerný úhrn zrážok v súčasnosti – vsak a výpar – odtok	681 454 227	3 km <sup>3</sup>	33 %	
<b>Sídla</b> – príklad intravilánu mesta Prešov (19,5 km <sup>2</sup> ) – priemerný úhrn zrážok v súčasnosti – vsak a výpar – odtok	628 173 455	0,012 km <sup>3</sup> , t. j. 12 mil. m <sup>3</sup>	72 %	
<b>Pozemku</b> – príklad pole o výmere 0,8 km <sup>2</sup> – priemerný úhrn zrážok v súčasnosti – vsak a výpar – odtok	630 397 233	504 000 m <sup>3</sup>	37 %	
<b>Objektu</b> – príklad bytového domu s asfaltovým parkoviskom (1 217 m <sup>2</sup> ) – priemerný úhrn zrážok v súčasnosti – vsak a výpar – odtok	630 151 479	766 m <sup>3</sup>	76 %	

<sup>14</sup> Zdroj východiskových údajov: Slovenský hydrometeorologický ústav, Bratislava, Slovensko; Velký atlas světa, Kartografie Praha, Praha, 2000; O. Majerčáková, P. Šťastný: Hydrologický cyklus. Životné prostredie, Ročník 35, číslo 3, s. 123, Ústav krajinnej ekológie, rok 2001; Štúdia „Integrovaná ochrana vôd v Prešove“, Ľudia a voda, 2007

### 3 ÚLOHA RASTLÍN V OBEHU VODY A PRI PREMENE SLNEČNEJ ENERGIE

*Nech sa každý deň môžem do ľubovôle prechádzať po brehoch pri vode. Nech moja duša môže spočínúť na konároch stromov, ktoré som vysadil. Nech sa môžem občerstviť v tieni môjho figovníka.*

Nápis na egyptskom náhrobnom kameni,  
asi 1400 rokov pred Kristom

*Buď chválený, môj Pane, tvorstvom svojím všetkým,  
zvlášť prostredníctvom pána brata slnka,  
čo prebúdzá deň a svetlom osvecuje nás...*

*Buď chválený, môj Pane, prostredníctvom brata vetra,  
prostredníctvom ovzdušia, oblakov, búrok a každého  
počasia, ktorými udržuješ žitie bytostiam stvoreným.*

*Buď chválený, môj Pane, prostredníctvom sestry vody,  
ktorá je užitočná veľmi, i pokorná, i drahocenná, i čistá...*

*Buď chválený, môj Pane, prostredníctvom sestry našej  
Matky Zeme,  
ktorá nás živí a vládne nad nami, a plody rôzne rodí i kvety  
farbisté a byliny...*

Sv. František z Assisi, *Pieseň tvorstva*

V tejto kapitole sa zaoberáme „ohňom“, pomyselným preťažením vody a konkrétne distribúciou slnečnej energie v krajine. Upozorňujeme na významnú úlohu vody a ňou napájanej vegetácie pri zmiernení páliacich účinkov slnka. Poukazujeme na to, že úloha vody a vegetácie je v koncepte skleníkového efektu a globálnej zmeny klímy značne zanedbávaná. Zameriavame a i na možnosť zmiernovať pôsobenie klimatickej zmeny lepším hospodárením s vodou a s vegetáciou.

#### 3.1 Tok a distribúcia slnečnej energie v krajine

Filozof Herakleitos, ktorý žil na prelome 6. a 5. storočia pred Kristom, podľa niektorých antických zlomkov považoval oheň za pralátku sveta.

Predstavy o Slnku
----------------------

O niečo mladší Anaxagoras vyslovil domnienku, že Slnko je obrovská planúca guľa kovu, ktorá je väčšia ako Peloponéz. Vyslúžil si za to odsúdenie a vyhnanstvo z Atén. Ak by sme prenesene stotožnili oheň so Slnkom v prvom prípade a zohľadnili psychologické ťažkosti súčasníkov Anaxagora s fyzickou prirodzenosťou a s veľkosťou Slnka, títo dvaja filozofi by pravdepodobne boli medzi antickými autormi, ktorí sa najviac priblížili k dnešnému poznatku, že Slnko obsahuje 98 % všetkej hmoty v našej slnečnej sústave. Zmestilo by sa do neho 1,3 milióna zemegúľ.

Slnko je primárnym zdrojom energie pre Zem. Už takmer 5 miliárd rokov ožaruje deň na našej planéte. Deje sa to vďaka nukleárnej fúzii vnútri Slnka, ktorá premieňa ľahký vodík na hélium. Slnko vysiela k Zemi ročne okolo 180 000 TW energie vo forme elektromagnetického žiarenia. Na porovnanie uvádzame, že energia, ktorú celé ľudstvo využíva na poháňanie svojej ekonomiky, predstavuje približne 14 TW ročne. Na každý štvorcový meter ( $m^2$ ) atmosféry dopadá cca 1,4 kW (solárna konštanta). Slnečná energia udržuje atmosféru v plynnom stave, zohrieva našu planétu na teplotu priaznivú pre život, udržuje kolobeh vody a poskytuje energiu na fotosyntézu a ďalšie životné procesy. Energia ukrytá vo fosílnych palivách má tiež svoj pôvod v slnečnej energii, v dávnych dobách premenenej rastlinami pomocou fotosyntézy.

Energia  
slnečného  
žiarenia

Z celkového množstva slnečnej energie, ktorá prichádza na Zem, sa priemerne asi 30 % odráža späť do vesmíru vo forme krátkovlnného žiarenia, 47 % vyžiari ako dlhovlnné (tepelné) žiarenie a 23 % sa uplatňuje v kolobehu vody pri výpare. Pri prechode atmosférou je slnečné žiarenie čiastočne absorbované plynmi a vodnou parou, ďalej sa absorbuje a odráža na prachových častočkách a aerosóloch. Znižuje sa energia žiarenia v ultrafialovej oblasti a zväčšuje sa podiel dlhovlnného žiarenia. Žiarenie, ktoré dopadá na zemský povrch, sa skladá z dvoch zložiek – z priamej a difúznej. Priame žiarenie tvoria rovnobežné lúče, ktoré prichádzajú priamo zo Slnka (tvoria tieň), prípadne sa lámú pri prechode atmosférou, difúzne (rozptýlené) žiarenie vzniká rozptylom v atmosférických plynch, oblakoch, prachových častočkách, aerosóloch a v iných nehomogenitách. Obidve zložky sú zastúpené v dennom svetle, ale ich pomer sa často a výrazne mení.

Slnečné  
žiarenie  
v atmosfére

Množstvo slnečného žiarenia, ktoré dopadá na zemský povrch, je značne variabilné v čase a priestore. Slnečné žiarenie prichádza na zemský povrch v denných a sezónnych pulzoch.<sup>15</sup> Maximálne hodnoty žiarenia dosahujú až 3 000 kWh na  $1 m^2$  za rok. V miernom pásme v našich zemepisných šírkach predstavuje ročný príkon slnečného žiarenia okolo 1 100 kWh/ $m^2$ . Množstvo slnečnej energie, ktorá dopadá na zemský povrch, je dané aktuálnym počasím. Rozdiel v množstve slnečnej energie prichádzajúcej na zemský povrch pri jasnej a pri zatiahnutej oblohe je rádový (obr. 3a, b).

Žiarenie  
dopadajúce  
na zemský  
povrch

Distribúcia slnečnej energie je podmienená aj charakterom zemského povrchu. Prichádzajúce slnečné žiarenie sa od povrchu čiastočne odráža

Albedo

<sup>15</sup> Hodnoty slnečného žiarenia na rôznych miestach Zeme možno nájsť na stránkach NASA (<http://eosweb.larc.nasa.gov/sse>)

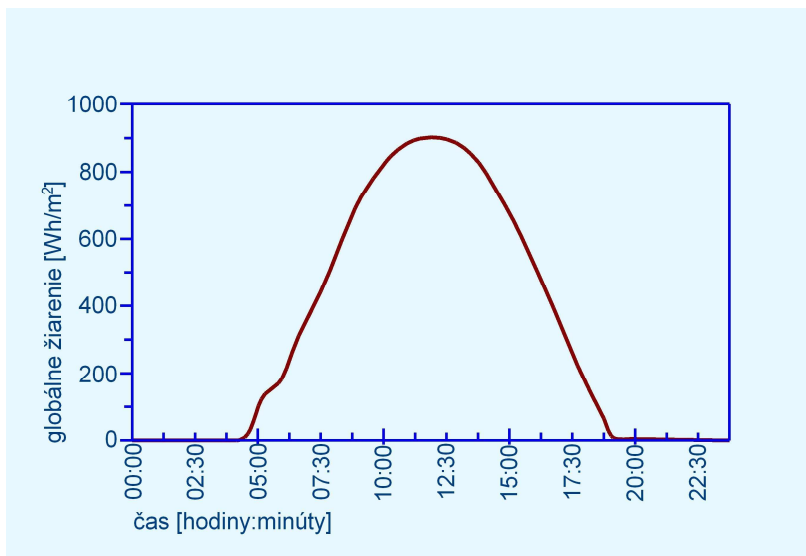
(albedo vyjadruje pomer odrazeného žiarenia k celkovému dopadajúcemu žiareniu). Množstvo odrazeného žiarenia závisí od jeho vlnovej dĺžky, uhla dopadu a od charakteru povrchu. Vegetácia odráža 5 – 15 % krátkovlnného slnečného žiarenia, suchý povrch odráža rádovo 35 % a čerstvý sneh až 90 % dopadajúceho žiarenia.

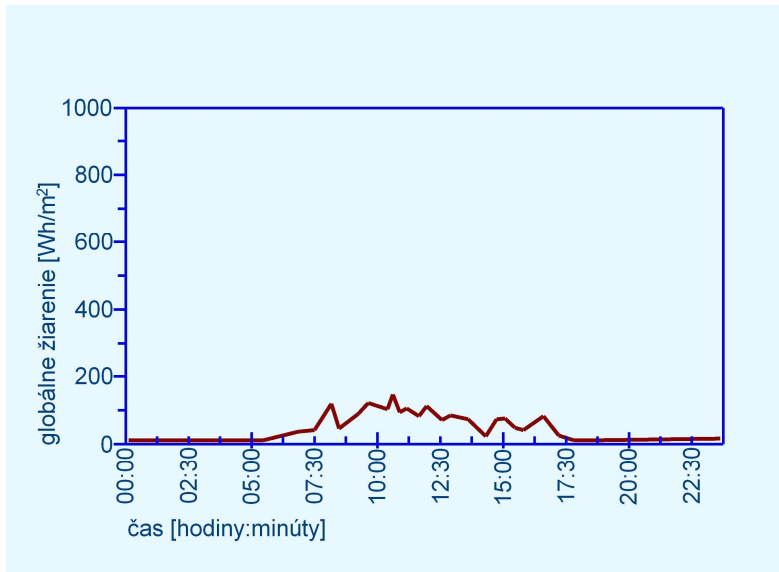
Osud prichádzajúcej slnečnej energie výrazne závisí od prítomnosti vody v ekosystéme, ktorá ovplyvňuje distribúciu energie medzi dva hlavné toky tepla – citelné a latentné teplo. Ako naznačujú už samotné názvy, citelné teplo sprevádza zvýšenie teploty látky či telesa, ktorú pociťujeme. Latentné teplo nesprevádza zvýšenie teploty. Latentné teplo, v našom prípade skupenské teplo vyparovania (tiež viazané teplo) vody, je množstvo energie, ktoré musí voda prijať, aby sa premenila na paru tej istej teploty. Na osvieženie školských znalostí z fyziky dodávame, že odparovanie z voľného povrchu kvapaliny prebieha za každej teploty, rýchlosť vyparovania sa však zvyšuje úmerne s teplotou kvapaliny, so zväčšovaním jej voľného povrchu a s odstraňovaním vzniknutých pár nad kvapalinou. Pri teplote varu sa kvapalina vyparuje nielen na povrchu, ale aj vo vnútri. Merné skupenské teplo (t. j. skupenské teplo na jednotku hmotnosti) vody pri normálnom tlaku a teplote 25 °C je 2 243,7 kJ/kg. To naznačuje množstvo slnečnej energie, ktoré sa spotrebuje na výpar každého litra vody bez toho, aby sa zvýšila teplota. (To isté množstvo tepla sa uvoľní neskôr pri kondenzácii vodnej pary na chladnejšom mieste.)

Citeľné  
a latentné  
teplo

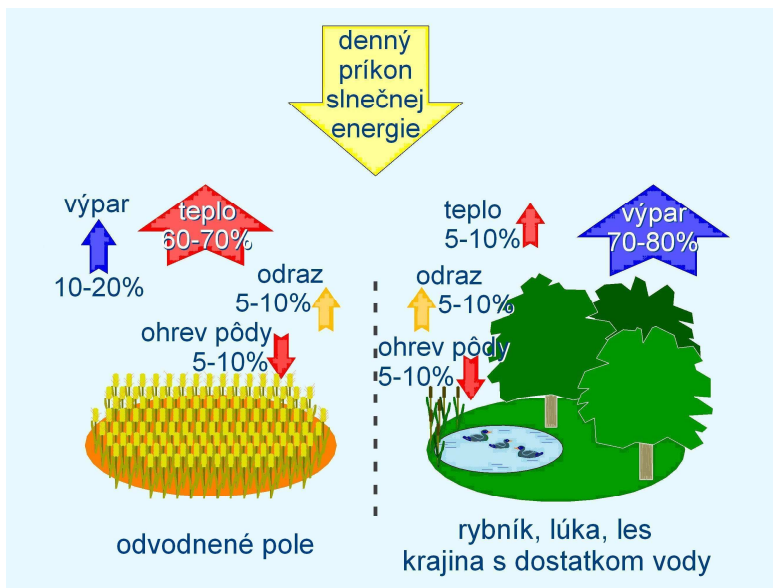
Voda sa môže meniť na vodnú paru len vtedy, keď je v krajine v príslušnom množstve prítomná. Ak nie je prítomná, veľká časť slnečnej energie sa mení na citelné teplo a teplota prostredia sa prudko zvyšuje. Kým sa vo vysušenej krajine až 60 % prichádzajúcej radiácie mení na citelné teplo, v krajine dostatočne zásobenej vodou môže byť až 80 % radiácie viazané do skupenského tepla výparu vody a na citelné teplo sa mení len podstatne menšia časť slnečného žiarenia (*obr. 4*).

Voda  
v krajine a  
teplo





**Obr. 3a,b** Hodnoty slnečného žiarenia za jasného dňa a pri zatiahnutej oblohe (namerané 18. 7. 2006 a 3. 8. 2006 v Třeboni, ČR)



**Obr. 4** Distribúcia slnečnej energie v odvodnenej krajine a v krajine dostatočne zásobenej vodou

### 3.2 Rastlinstvo, voda a distribúcia tepla

V závere predchádzajúcej podkapitoly sme konštatovali, že zásadný rozdiel medzi odvodnenou krajinou a krajinou dostatočne zásobenou vodou spočíva v spôsobe disipácie slnečnej energie, t. j. v premene na ďalšie formy energie. Z toho vyplýva, že pozemné ekosystémy môžu aktívnou reguláciou tokov vody výrazne ovplyvňovať distribúciu slnečnej energie do dvoch hlavných složiek, ktorými sú citelné a latentné teplo. Vo vplyve na transformáciu slnečného žiarenia je podstatný význam vegetácie v krajine na klímu.<sup>16</sup>

Voda  
a disipácia  
energie

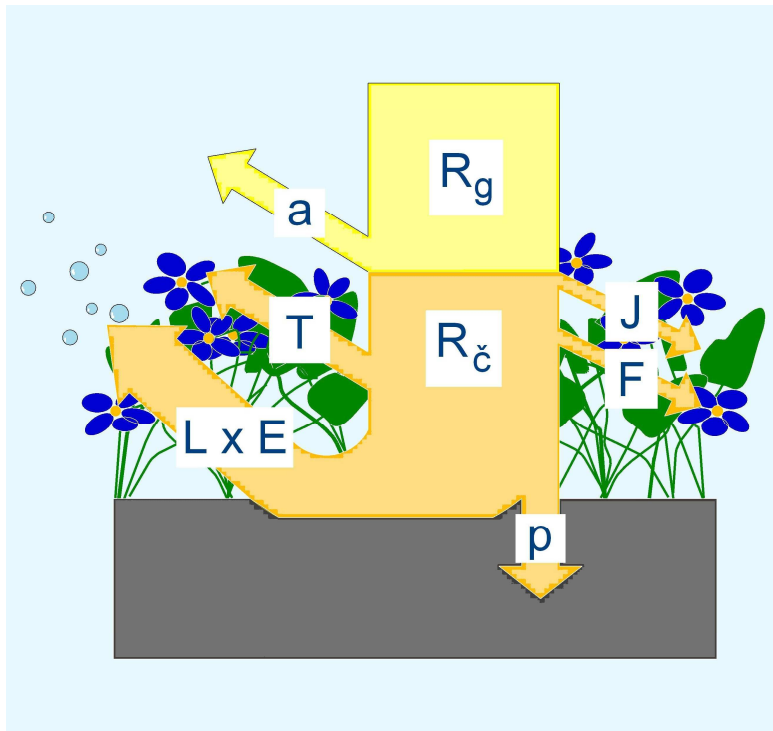
Distribúciu slnečnej energie prichádzajúcej do porastu znázorňuje obr. 5. Prichádzajúce slnečné žiarenie sa sčasti odráža, neodrazené žiarenie sa nazýva čisté žiarenie (čistá radiácia). Toto žiarenie sa čiastočne transformuje (disipuje) prostredníctvom výparu vody, čiastočne sa mení na citelné teplo, čiastočne je odvedené ako teplo do pôdy a čiastočne sa akumuluje v biomase fotosyntézou. Množstvo energie akumulované v biomase je pomerne nízke. Čistá produkcia 1 kg biomasy na 1 m<sup>2</sup> predstavuje cca 0,45 % ročného príkonu celkovej slnečnej energie na 1 m<sup>2</sup>. Množstvo biomasy vyprodukované v priebehu jedného roku (ročná primárna produkcia) sa významne líši na rozličných miestach Zeme podľa množstva prichádzajúceho slnečného žiarenia, zásobenia vodou a dostupnosti živín. Všeobecne platí, že čím viac je slnečnej energie, tým vyššia je potenciálna produkcia. S rastúcim príkonom slnečnej energie sa stáva hlavným limitujúcim faktorom primárnej produkcie voda.

Distribúcia  
energie  
v poraste

Väčšina živých rastlín obsahuje vo svojich tkanivách veľké množstvo vody. Rastúca biomasa obsahuje 80 – 90 % vody. Súčasne s prijímaním a fotosyntetickou fixáciou oxidu uhličitého (CO<sub>2</sub>) sa do rastúcich tkanív viaže voda. Na denný prírastok biomasy o 10 g sušiny na 1 m<sup>2</sup> sa do bunkových štruktúr a rastlinných tkanív fixuje zhruba 14 g CO<sub>2</sub>, približne 1g živín a 80 – 90 g vody. Popri vode na stavbu tkanív hovoríme v súvislosti s vegetáciou o spotrebe vody na evapotranspiráciu. Evaporácia znamená vyparovanie a zahŕňa výpar vody z pôdy či z povrchov rastlín. Transpirácia je vylučovanie vody rastlinami vo forme vodnej pary. Rastliny si množstvo vylúčenej vodnej pary neustále regulujú otváraním a zatváraním veľkého množstva prieduchov pod povrchom listov. Spolu s poskytovaním tieňa rastliny teda za daných podmienok prítoku energie ochladzujú a chránia pôdu, ale najmä optimalizujú množstvo vody, ktorá by sa inak z pôdy do atmosféry veľmi rýchlo vyparila. Možno povedať, že pôda sa „potí“ prostredníctvom rastlín. Realistické hodnoty evapotranspirácie na 1 m<sup>2</sup> v našich podmienkach dosahujú hodnotu 3 l na deň, čo predstavuje skupenské teplo 2,1 kWh (7,5 MJ). V uvedenom prípade by porastom za deň prešlo zhruba 3,09 kg vody na 1 m<sup>2</sup> (obr. 6).

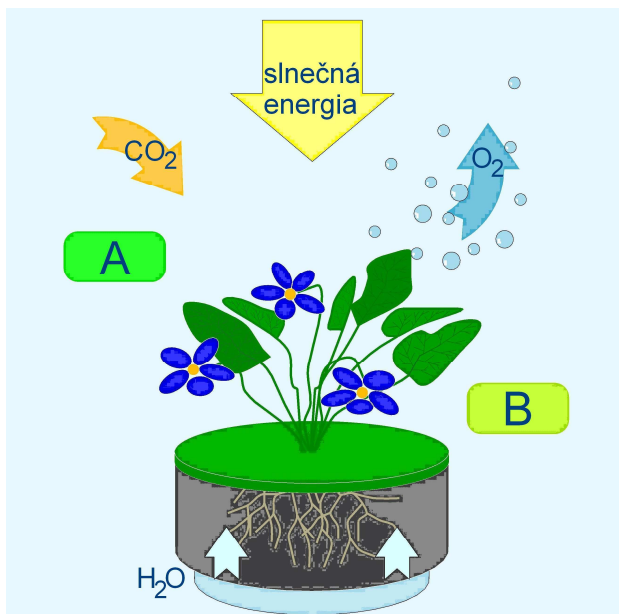
Evaporácia  
a transpirácia  
rastlín

<sup>16</sup> Hutjes, R. W. A., Kabat, A., Running, S. W., Shuttleworth, W. J. et al. 1998. Biospheric Aspects of the Hydrological Cycle. *Journal of Hydrology*, 212 – 213: 1 – 21



**Obr. 5 Distribúcia slnečnej energie prichádzajúcej do porastu**

$R_g$  – globálne žiarenie,  $R_{\check{c}}$  – čisté žiarenie,  $a$  – albedo (odrazené žiarenie),  $T$  – citelné teplo,  $L \times E$  – skupenské teplo vyparovania vody  $\times$  evapotranspirácia (výpar z pôdy a rastlín),  $p$  – tok tepla do pôdy,  $J$  – akumulácia tepla v biomase,  $F$  – spotreba energie na fotosyntézu



**Obr. 6 Príklad dennej energetickej bilancie tokov  $\text{CO}_2$  a  $\text{H}_2\text{O}$  na  $1 \text{ m}^2$  porastu**

A: Na tvorbu 10 g sušiny sa spotrebuje energia 48 Wh (170 kJ) na fixáciu 14 g  $\text{CO}_2$  (0,32 mol). B: Evapotranspirácia (3 l) si vyžaduje 2,1 kWh (7,5 MJ).

Evapotranspirácia je dynamický proces, ktorý primárne závisí od príkonu energie a dostupnosti vody. Zvyšuje sa s rastúcim príkonom energie (slnečné žiarenie, prísun suchého vzduchu, vietor). Má vysoký rozsah hodnôt od nuly až k maximálnym hodnotám (potenciálna evapotranspirácia), keď sa na výpar využíva 80 % i viac prichádzajúcej slnečnej energie. Rastliny sa vo svojej schopnosti vyparovať/transpirovať vodu výrazne líšia. V miernom pásme je transpirácia ihličnanov vo všeobecnosti nižšia ako transpirácia listnatých stromov. Najvyššiu schopnosť transpirácie majú mokradné rastliny. Za slnečného dňa v miernom pásme pri dostatku vody dosahuje transpirácia prirodzených porastov hodnoty niekoľko mm (niekoľko litrov na 1 m<sup>2</sup> za deň), hodnoty nad 5 mm sa považujú za vysoké. Niektoré rastliny, ak majú dostatok vody, sú schopné vypariť v priebehu slnečného dňa viac než 20 l vody z 1 m<sup>2</sup>.<sup>17</sup> V kultúrnej krajine je evapotranspirácia počas slnečných dní zväčša obmedzovaná nedostatkom vody, takže aktuálne hodnoty transpirácie sú výrazne nižšie než potenciálna transpirácia. Z toho vyplýva, že nedostatok vody limituje aj primárnu produkciu a kolobeh uhlíka.

Rozdielna  
schopnosť  
transpirácie

Transpirujúce rastliny, najmä stromy sú teda perfektnými klimatizačnými systémami Zeme. Predstavme si väčší, samostatne stojaci strom s priemerom koruny 10 m. Na priemet koruny stromu s plochou 80 m<sup>2</sup> dopadne za deň napríklad 450 kWh slnečnej energie (4 – 6 kWh/1 m<sup>2</sup>). Časť slnečnej energie sa odrazí, časť sa spotrebuje na ohrev pôdy a časť sa premení na teplo. Ak je takýto strom dobre zásobený vodou, vyparí (transpiruje) za deň 400 l vody. Na premenu vody z kvapalného skupenstva na vodnú paru sa spotrebuje 280 kWh slnečnej energie. Toto množstvo energie predstavuje rozdiel medzi tieňom stromu a tieňom slnečníka s rovnakým priemerom. V priebehu slnečného dňa takýto strom chladí výkonom 20 – 30 kW, čo je výkon porovnateľný s viac než 10 klimatizačnými jednotkami. Strom je pritom „poháňaný“ iba slnečnou energiou, je z recyklovateľných materiálov, vyžaduje si minimálnu údržbu a výdaj vodnej pary regulujú milióny prieduchov, ktoré reagujú na teplotu a vlhkosť v okolí. Podstatné je, že slnečná energia viazaná vo vodnej pare sa prenáša ďalej a uvoľňuje sa až pri jej kondenzácii na chladných miestach. Takto sa vyrovnávajú teploty v čase a priestore – na rozdiel od chladničky alebo klimatizačného zariadenia, ktoré uvoľňujú teplo do najbližšieho okolia. V porovnaní s chladničkou alebo klimatizačným zariadením strom pracuje úplne nehlukne, naopak, hluk a prach pohlcuje a viaže CO<sub>2</sub>.

Strom ako  
klimatizačné  
zariadenie

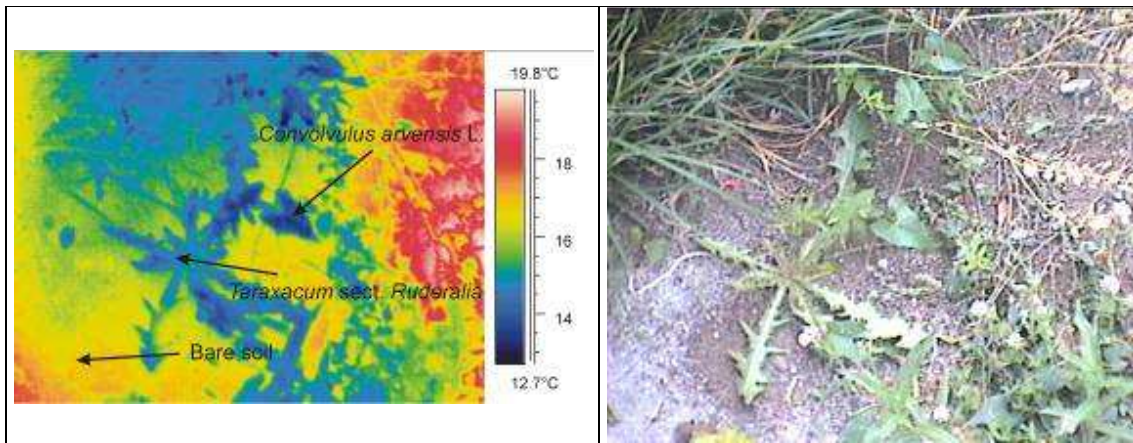
Chladiaci efekt rastlín spôsobený transpiráciou ilustrujú obr. 7, 8 a 9. Obrázky v infračervenom spektre ukazujú, že listy rastlín sú vďaka transpirácii zreteľne chladnejšie než okolitá pôda (obr. 7). Chladiaci efekt vegetácie je tiež zreteľný z infračervenej fotografie námestia a parku v Třeboni (obr. 8). Teplota striech a fasád domov presahuje 30 °C, kým teplota stromov v parku je okolo 17 °C. Vegetácia sa aktívne ochladzuje výparom vody.

Výpar  
účinnjší ako  
albedo

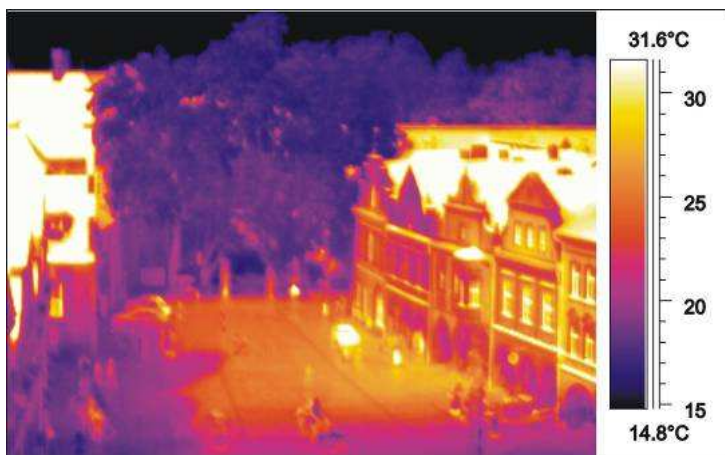
<sup>17</sup> Kučerová A, Pokorný J, Radoux M, Němcová M, Cadelli D, Dušek J (2001). Evapotranspiration of small-scale constructed wetlands planted with ligneous species. V: Vymazal, J. (ed.): Transformations of nutrients in natural and constructed wetlands, Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands, s. 413 – 427



Vegetácia (najmä lesy) má tmavšiu farbu, a teda nižšiu odrazivosť (albedo) než väčšina iných povrchov (íl, piesok atď.). Rozdiel v odrazivosti je niekedy interpretovaný tak, že les otepluje zemský povrch. Z obr. 8 je zrejmé, že rastliny sa nezávisle od odrazivosti ochladzujú transpiráciou. Obr. 7 zasa ukazuje, že efekt odrazivosti je v porovnaní s efektom transpirácie oveľa nižší.



**Obr. 7 Fotografie riedkej vegetácie v infračervenom a vo viditeľnom spektre**  
 Holý povrch pôdy je zreteľne teplejší než povrch listov chladený transpiráciou (Třeboň 12. 7. 2002, 10:00 h).



**Obr. 8 Fotografia námestia a pril'ahlého parku v Třeboňi zhotovená termovíznou kamerou**

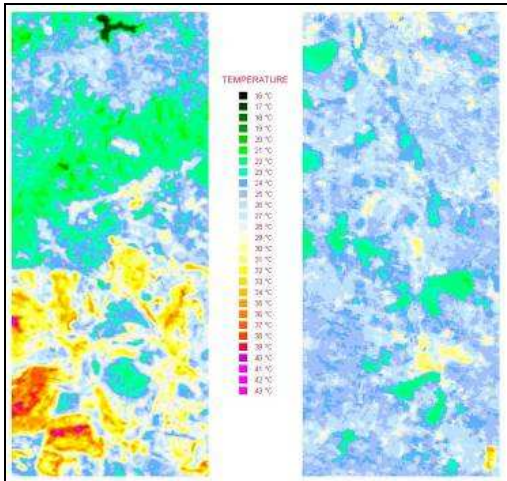
Viditeľné sú rozdiely teplôt medzi vegetáciou, fasádami a strechami domov.

Vhodným nástrojom na posúdenie stavu vegetácie a jej funkcie pri distribúcii slnečnej energie na veľkých plochách sú satelitné snímky. Na obr. 9 sú snímky oblasti Mostecka (severné Čechy) a Třeboňska (južné Čechy).<sup>18</sup> Mostecko bolo vo veľkej miere ovplyvnené povrchovou

Vplyv vody na teploty v krajine

<sup>18</sup> Zo satelitu Landsat Thematic Mapper a Enhanced Thematic Mapper+

ťažbou a boli tu odvodnené rozsiahle plochy. Na Třeboňsku je naproti tomu vyše 10 % územia pokrytého rybníkmi a zachovali sa tu aj mokrade. Teploty sú znázornené farbami – najvyššia teplota je znázornená červenou, oranžovou a žltou farbou, nízke teploty znázorňuje zelená farba. Najvyššie teploty sú na miestach bez vegetácie, sú to najmä povrchové bane a výsypky na Mostecku. Teplotné amplitúdy sú na Mostecku zreteľne vyššie ako v Třeboňsku, kde sa teplotné rozdiely vyrovnávajú vďaka vyššej vlhkosti.



**Obr. 9 Porovnanie distribúcie citeľného tepla v dvoch rôznych typoch krajín (Mostecko a Třeboňsko)**

V rybníčkovej krajine Třeboňska s mokradami sú nižšie regionálne teplotné rozdiely ako v odvodnenej oblasti Mostecku s nedostatkom vegetácie.

### **3.3 Vplyv odvodnenia a odstraňovania vegetácie na uvoľňovanie tepla**

Veľkoplošné odvodnenie a odstraňovanie vegetácie je spojené s uvoľňovaním ohromného množstva tepla a s vytváraním tzv. horúcich platiní v krajine. Citeľné teplo uvoľňované z 10 km<sup>2</sup> odvodnenej krajiny (z malého mesta) za slnečného dňa je porovnateľné s inštalovaným výkonom všetkých elektrární v SR (6 000 MW). Pokles výparu o 1 mm za deň na celkovej ploche Slovenska (49 035 km<sup>2</sup>) spôsobuje uvoľnenie citeľného tepla cca 35 000 GWh za jediný slnečný deň. Toto množstvo tepla presahuje celoročný výkon všetkých elektrární v SR. Úloha činnosti človeka v krajine nie je doceňovaná. Odvodnenie kultúrnej krajiny býva sprevádzané úbytkom funkčnej vegetácie. Odvodnenie krajiny a strata trvalej funkčnej vegetácie má negatívny vplyv na režim dažďových zrážok a na

Zmeny tokov  
obrovských  
energií

rozloženie teplôt.<sup>19</sup> Postupne sa stávame obeťami degradácie rozsiahlych, pôvodne úrodných oblastí a ich premeny na polopúšť.

V posledných rokoch sa o problematike globálneho otepľovania veľa diskutuje. Za bezprostrednú príčinu klimatických zmien sa v súčasnosti pokladajú skleníkové plyny produkované človekom (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, hydrofluorokarbóny). Stále sofistikovanejšie modely ukazujú dopad rastúcej koncentrácie skleníkových plynov. Vzhľadom na to, že kolobeh vody je veľmi dynamický a komplexný, voda ako dôležitý skleníkový plyn je v modeloch do značnej miery zanedbávaná. Považuje sa za stabilnú zložku atmosféry. Príčiny zmien vo vodnom režime krajiny sa ťažko preukazujú, pretože ide o komplex nespočetných a navzájom prepojených procesov.

Zanedbávanie  
vody v  
modeloch

Meradlom vplyvu zvýšenej koncentrácie skleníkových plynov je tzv. radiačné pôsobenie (účinnosť), ktoré vyjadruje zmenu bilancie medzi žiarením vstupujúcim do systému Zem – atmosféra a žiarením vystupujúcim z tohto systému. Podľa Medzinárodného panelu pre klimatickú zmenu spôsobil globálne priemerovaný výsledný efekt ľudskej činnosti v porovnaní s predindustriálnym obdobím oteplenie s radiačným účinkom 1,6 W/m<sup>2</sup>. To znamená, že na 1 m<sup>2</sup> zemského povrchu dopadá priemerne o 1,6 W/m<sup>2</sup> viac energie než okolo roku 1750.<sup>20</sup> V porovnaní s touto hodnotou je vplyv hospodárenia s vodou v krajine na klimatické podmienky lokálne rádovo väčší.

Odvodnenie  
horšie ako  
skleníkové  
plyny

Vývoj našej klímy do budúcnosti možno len ťažko predvídať, hoci vedci o tejto otázke veľa diskutujú. Dlhodobé trendy počasia sa v poslednom čase nepredpovedajú ľahko. Stretávame sa s extrémnymi zrážkami a teplotami a predlžujú sa obdobia bez zrážok. Podmienkou tlmenia klimatických zmien je obnova základných ekologických funkcií, ktorá je úzko spojená s návratom vody a vegetácie do krajiny. Týmito funkciami máme na mysli najmä mäkkú disipáciu slnečnej energie prostredníctvom kolobehu vody, pohlcovanie CO<sub>2</sub> a zadržiavanie živín a látok v krajine. Návrat vegetácie a vody do krajiny môže mať len pozitívne efekty. Rozumným hospodárením s vodou a s vegetáciou tlmíme klimatickú zmenu na lokálnej úrovni. Ak to budeme robiť na veľkých plochách, môžeme očakávať zmierňovanie globálnej klimatickej zmeny.

Vegetáciou  
za zmiernenie  
klimatických  
zmien

<sup>19</sup> Ripl W., Management of Water Cycle and Energy Flow for Ecosystem Control – The Energy-Transport-Reaction (ETR) Model, Ecological Modelling 78, 1995, s. 61 – 76; Ripl W., Water: the bloodstream of the biosphere. Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci. 358(1440), 2003, s. 1921 – 34

<sup>20</sup> IPCC, 2007

## 4 VPLYV VYUŽÍVANIA KRAJINY NA OBEH VODY

*Slovanské krajiny sa rozprestierajú od Stredozemného mora až po Severné more... Slovania budujú väčšinu svojich hradov... na lúkach bohatých na vodu a kroviská... sídlia v najúrodnejších krajoch, najbohatších na rozličné prostriedky obživy. Veľmi usilovne obrábajú pôdu a zabezpečujú si požíveň... V [ich] krajinách nebývajú hladomory, ktoré by zapríčinili dlhotrvajúce suchá. Skôr naopak. Hlad môže vypuknúť, keď veľa prší... Ak málo prší, nemá to zlé následky, lebo v týchto krajoch je vlhko...*

Ibráhím Ibn Jakúb At-Turtúší, *O Západných Slovanoch*, polovica 10. storočia<sup>21</sup>

Človek počas celej svojej histórie menil a mení prírodnú krajinu na kultúrnu, ním pretvorenú. Krajina tak získava kultúrnu pamäť jednotlivých civilizácií, národov a generácií. Osobitne sa táto pamäť prejavuje v rovine vzťahu človeka k vode. Ani jedna civilizácia nebagatelizovala význam a potrebu vody, máloktorá však vedela dostatočne posúdiť následky svojho správania a spôsobu pretvárania krajiny na udržateľnosť vody v prostredí a zabezpečenie jej dlhodobého dostatku. Z hľadiska pretvárania krajiny ľudskou činnosťou a vzťahu k vode sa budeme venovať lesnej krajine, poľnohospodárskej a urbánnej krajine, ako aj vodným útvarom v nich.

### 4.1 Lesy

Odlesňovanie nie je v dejinách ľudstva nový fenomén. Trvá pravdepodobne odvtedy, ako začal človek používať oheň. V čase, keď sa ľudia živili lovom, mohol oheň slúžiť ako pomocník pri nadháňaní zvere či na získavanie nového životného alebo lovného priestoru. S rozvojom pastierstva a poľnohospodárstva odlesňovanie slúžilo na získavanie novej pôdy na tieto činnosti. Pri usadlom spôsobe života a ešte viac po zámene kamennej sekery za bronzovú sa drevo stalo materiálom so všestranným použitím – používalo sa na stavby, na výrobu pracovných nástrojov, zbraní či lodí a v neposlednom rade bolo dostupným palivom na kúrenie, varenie alebo na kováčske práce.

Odlesňovanie  
v praveku

Negatívne následky odlesnenia v podobe erózie a povodní postihli najstaršie známe civilizácie, ktoré spotrebovávali veľké množstvá dreva. Najstaršia klasická literatúra – Epos o Gilgamešovi či Biblia, antickí autori ako Herodotos, Platón, Plínius, Strabo a ďalší – reflektujú tieto procesy. Dnes možno ťažko uveriť, že veľké plochy Blízkeho Východu boli v 3. tisícročí pred Kristom

Odlesňovanie  
v staroveku

<sup>21</sup> Citát z knihy: Slovensko očami cudzincov, Pramene k dejinám Slovenska a Slovákov II. Literárne informačné centrum, Bratislava, 1999, s. 242

pokryté hustými cédrovými lesmi. Boli však také vydrancované, že cisár Hadrián na začiatku 2. storočia vydal zákaz ich rúbania. Drevo z nich sa vo veľkom spotrebovalo na monumentálne stavby a na lode Féničanov. Pred rozvojom poľnohospodárstva rástli v Stredomorí duby, buky, cédre a borovice. Zostala len človekom pestovaná oliva, ktorá patrí k najodolnejším stromom voči suchu, pretože jej korene siahajú do hĺbky 10 m i viac. Niektorí súčasní autori dokonca odlesnenie s následnou degradáciou životného prostredia a so stratou produktivity krajiny považujú za príčinu zániku Rímskej ríše. Podobná situácia ako v Stredomorí bola aj na Blízkom Východe, v Afganistane a v Strednej Ázii. Civilizácia v údolí Indu skolabovala po odlesnení okolo roku 1 400 pred Kristom.<sup>22</sup>

Európa na sever od Rímskej ríše bola takmer kompaktno pokrytá lesom, ktorý budil úžas i strach Rimanov. Nepreniknuteľné husté lesy boli v ich očiach domovom nebezpečnej divjej zveri, nevyspytateľných barbarov, škriatkov, boli plné močiarov a iných neznámych nebezpečenstiev. Pre Rimanov sa predstava lesa stala presným opakom civilizovaného života v mestách alebo pokojného roľníckeho života na zúrodnených nivách riek. Rozširovanie civilizácie sa preto často stotožňovalo s odlesnením. Táto predstava popri ekonomických dôvodoch vo veľkej miere pretrvala i po páde Západorímskej ríše a bola prítomná pri formovaní stredovekej Európy.<sup>23</sup>

Odlesňovanie  
ako šírenie  
civilizácie

Podľa dochovaných útržkov informácií si starí Slovania pred prijatím kresťanstva predstavovali svet ako obrovský strom. Na vrcholci tohto stromu prebýval Perún, boh hromu a blesku, ale i počasia. Uctievanie Perúna bolo v slovanských krajinách dominantné a geograficky najviac rozšírené. Môžeme len špekulovať, či bola saturácia malého vodného cyklu, sprevádzaná častými miestnymi zrážkami vďaka obrovskej vododržnosti zalesneného územia, tou skutočnosťou, ktorá ho postavila na výsostné miesto v slovanskom pohanskom panteóne. Každopádne Perúnov proťajšok a najväčší súper bol podľa slovanskej mytológie boh Veles, sídliači v podzemí pri koreňoch svetového stromu a spájaný s vodou, so zemou a s vlhkosťou. Z pozorovania stúpajúcich pár z lesov zrejme vyplynula predstava našich predkov, že Perún a Veles si navzájom kradnú vodu (a slnko). V čase príchodu kresťanských vierozvestcov sv. Cyrila a Metoda na územie Veľkomoravskej ríše pokrýval les zhruba tri štvrtiny územia dnešnej Strednej Európy.

Hojnosť lesa  
za čias  
starých  
Slovanov

Odlesňovanie, ktoré bolo v Európe najintenzívnejšie v prvej polovici posledného milénia a v USA od 17. do začiatku 20. storočia, v mnohých rozvojových krajinách nadobudlo vrchol v 20. storočí. Celková globálna rýchlosť odlesňovania kontinentov je podľa údajov FAO v súčasnosti viac ako 120 000 km<sup>2</sup> lesa za rok. Celkový výmer odlesňovanej plochy kontinentov je vyšší ako prirodzený prírastok nových a pôvodných lesov (s výnimkou Európy a USA, kde sa tento trend podarilo zastaviť). Z viacerých dôvodov sa môže znižovať aj kvalita

Odlesňovanie  
v modernej  
dobe

<sup>22</sup> J. Pokorný, Vývoj krajiny pod vlivem člověka, 2003

<sup>23</sup> Felipe Fernandez-Armesto, Civilizations – Culture, Ambition and Transformation of Nature, Simon&Schuster, ISBN 0-7432-0248-1, 2002

lesného porastu. Osobitnú úlohu vo svetovom ekosystéme majú pralesy, ktoré musia tiež čeliť odlesňovaniu a hospodárskym záujmom. Odlesňovanie územia a znižovanie kvality lesného porastu sprevádza zvyšovanie rýchlosti odtoku dažďovej vody a vody z roztápajúceho sa snehu v danom území, ako aj urýchlenie erózie pôdy. Menia sa aj mikroklimatické podmienky územia.<sup>24</sup> Tieto javy, ktoré zapríčinili úpadok alebo zánik viacerých veľkých civilizácií v minulosti, sú v dôsledku rozšírenia technických možností ľudstva dnes prítomné v mnohých častiach sveta.

Platón v nedokončenom diele *Critias* píše o vojne medzi obyvateľmi Atlantídy a Aténčanmi vedenými obyvateľmi kontinentu, ktorá sa mala udiat' 9 000 rokov pred Platónovým rozprávaním. Popri idealizujúcom opise bájnej Atlantídy je v diele zachytený proces vodnej erózie vplyvom devastácie lesov v okolí Atén tak drsne a realisticky, že sa nemožno ubrániť dojmu, že Platón písal o tom, čo videl na vlastné oči:

*„...Krajina bola najlepšia na svete... v tých dňoch prinášala oveľa hojnejšiu úrodu... Mnoho veľkých lejakov padlo za tých 9 000 rokov a po celý ten čas a popri všetkých zmenách, ktoré sa udiali, pôda splachovaná z hôr sa nikdy nikde významnejšie neuchytila, ale len odpadávala a mizla z očí. To, čo zostalo, je ako telo vychudnuté na kosť v dôsledku choroby. Všetky na živiny bohaté mäkké kúsky pôdy boli odplavené a zostala len holá kostra krajiny. Ale v počiatočnom štádiu tejto krajiny boli hory pokryté pôdou a nížiny boli samá ornica. V horách boli hojné lesy. Posledné stopy po nich ešte zostali. Hoci niektoré hory dokážu dnes poskytnúť nanajvyš potravu včelám, z dreva stromov, ktoré v nich rástli, bolo možno ešte donedávna vidieť postavené strechy. Boli také veľké, že prekrenuli aj najväčšie domy. Bolo dosť aj iných stromov, pestovaných ľuďmi, ktoré prinášali hojnosť potravy pre dobytok. Z dažďa, ktorý teraz rýchlo odteká po holej zemi do mora, krajina niekedy prosperovala. Všade hojnú vodu z dažďa pôda vsakovala a uchovávala a napájala mnohé pramene a rieky. Podnes možno vidieť posvätné pamätníky na miestach, kde niekedy vyvierala voda, čo dosvedčuje, že hovorím pravdu. ...”*

## 4.2 Poľnohospodárska krajina

Jednou z najdôležitejších revolúcií v histórii ľudstva bol prechod z lovecko-zberačského na roľnícky a pastiersky spôsob obživy. Podnetom k tomuto prechodu evidentne bolo globálne oteplenie po skončení doby ľadovej. Približne pred 10 000 rokmi môžeme pozorovať na Blízkom Východe (oblasť Úrodneho polmesiaca), v Číne a skôr či neskôr i v ďalších častiach sveta viac-menej spontánny prechod k pestovaniu poľnohospodárskych plodín a k chovu domácich zvierat.

Neolitická  
revolúcia

<sup>24</sup> Pozri napr. Eneas Salati, Carlos A. Nobre, Possible climatic impacts of tropical deforestation, Climatic Change, Volume 19, Numbers 1 – 2 / September, 1991

Aluviálne poľnohospodárstvo v dolinách veľkých riek postupne dalo pečať prvým veľkým civilizačným centrá. Vyznačovali sa vysokou organizovanosťou, sieťou zavlažovacích a odvodňovacích kanálov, poľnohospodárskou veľkovýrobou maximálne využívajúcou pôdu a pestovaním malého počtu plodín, ktoré boli často pre daný kraj neprirodzené, t. j. bez pomoci človeka by neobstáli.<sup>25</sup> Táto neolitická revolúcia, ktorá sa z hľadiska existencie človeka udiala len nedávno, zabezpečením potravinovej základne vytvorila predpoklad na ďalšie civilizačné zmeny, ako sú väčšia hustota obyvateľstva, zakladanie väčších sídiel, deľba práce, obchod, rozvoj poznania atď.

Na poľnohospodársku kultiváciu boli mimoriadne vhodné niektoré jedlé semená tráv. Okrem rýchleho rastu a jednoduchého pestovania predstavovali významný zdroj energie a ľahko sa skladovali. Vytvorili základ pre pestovanie obilnín, ktoré sa stali najrozšírenejšou plodinou na výživu ľudstva. V Európe, ale aj v ďalších častiach sveta v miernom podnebnom pásme od čias neolitickej revolúcie dominuje pestovanie pšenice a jačmeňa, o ktorých sa predpokladá, že boli domestikované ako prvé. Tieto plodiny si zachovávajú vlastnosti jednoročných stepných tráv, z ktorých boli vyšľachtené, a preto si vyžadujú stepné podmienky. Pôda na ich pestovanie musí byť teda odvodnená.

Pestovanie obilnín

Ľudia kvôli pestovaniu obilnín vysušali poľnohospodársku krajinu a na obrovských plochách vytvorili kultúrny step. So zmenou charakteru krajiny sa menila aj klíma.<sup>26</sup> Tam, kde sa odvodňovalo, bolo potrebné zavlažovanie. Dnes nepoznáme príčiny vysušovania podnebia veľkých regiónov, ktoré nastalo niekoľkokrát v prvej polovici holocénu. Nevieme ani presne určiť, či a prípadne aký podiel mali na nich dávne civilizácie.<sup>27</sup> Nevieme, či bolo odvodňovanie krajiny hlavnou príčinou zániku niektorých z nich. Mali by sme však takúto možnosť brať brať do úvahy, pretože pri všetkých rozdieloch sa pravdepodobne nachádzame uprostred podobného procesu vysušovania krajiny, o ktorom nevieme, ako sa skončí.<sup>28</sup>

Zmena klímy

Intenzívne pestovanie jačmeňa a pšenice sa do sveta rozšírilo z Úrodného polmesiaca. Možný scenár posledného dejstva ich pestovania napísali „objavitelia poľnohospodárstva“ Sumeri, ktorí žili v južnej Mezopotámii od 4. do začiatku 2. tisícročia pred Kristom. Mimoriadne úspešný národ Sumerov na veľkých plochách intenzívne pestoval monokultúry spomínaných i ďalších plodín. Sumeri pomocou sústavy kanálov privádzali na svoje polia vodu z riek Eufrat a Tigris, ktorú potom odvodňovacími kanálmi odvádzali. Pôda zbavená prirodzenej vegetácie a podrobovaná každoročným cyklom zavlažovania a odvodňovania sa zaslila a prestala rodiť. Moc Sumerov upadla, ich počet sa znížil, krajina pustla, premohli ich nepriatelia a nakoniec boli asimilovaní. Podobný osud ako Sumerov v Mezopotámii

Osud Sumerov

<sup>25</sup> Felipe Fernandez-Armesto, *Civilizations – Culture, Ambition and Transformation of Nature*, s.174

<sup>26</sup> Virginia H. Dale, *The Relationship Between Land-Use Change And Climate Change, Ecological Applications*, 1996, s. 753 – 769

<sup>27</sup> J.A. Dearing, *Climate-human-environment interactions: resolving our past*, *Cim. Past*, 187 – 203, 2006

<sup>28</sup> Pozri napr. Deepak K. Ray et al., *Influence of land use on the regional climate of southwest Australia*, 13th Symposium on Global Change and Climate Variations and 16th Conference on Hydrology, 2002 (<http://ams.confex.com/ams/pdfpapers/29880.pdf>)



postihol i ďalšie civilizácie založené na aluviálnom poľnohospodárstve. U viacerých z nich evidujeme v období pred 2 000 – 4 000 rokmi pokles zrážkovej činnosti a zánik alebo transformáciu.

Stredovek prispel k rozvoju poľnohospodárstva napríklad zavedením chomúta, ktorý umožnil hlbšiu orbu, či zmenou dvojpoľného systému na trojpoľný. Ďalšie revolučné zmeny priniesol do poľnohospodárstva novovek – rozmach prírodných a umelých hnojív, pesticídov, šľachtenie rastlín, ktoré dosahujú niekoľkonásobne vyššie výnosy, ako aj rast mechanizácie, ktorá umožňuje obrábať podstatne väčšie plochy ako v minulosti. Zelená revolúcia v polovici 20. storočia rozšírila technológie používané na Západe takmer do celého sveta a pomohla nasýtiť rýchlo rastúce obyvateľstvo Zeme. Červená revolúcia v socialistických krajinách skolektivizovala poľnícka drobných roľníkov, rozorala medze a scelila pozemky do celkov veľkých niekoľko desiatok až stoviek hektárov. Obrovské polia bez akýchkoľvek prirodzených prekážok, terénnych stupňov alebo ochranných pásov vegetácie, ktorá by obmedzovala povrchový odtok z územia, boli prezentované ako veľký pokrok (*obr. 10*). S cieľom maximalizovať hektárové výnosy pestovaných monokultúr alebo disponibilných plôch sa masovo pristupovalo k odvodňovaniu gravitačnými systémami či prečerpávacími stanicami. Dodatočné zavlažovanie týchto plôch nenahrádza potrebu zadržiavania dažďovej vody v území, hoci čiastočne prispieva k návratu odvedenej vody.

Ďalšie  
revolúcie v  
poľnohospod  
árstve

Na takýchto poľnohospodárskych pôdach sa popri zmenách mikroklimatických podmienok (*obr.11*) zvyšuje rýchlosť povrchového odtoku dažďovej vody. Tým sa urýchľuje vodná erózia spojená s deštrukciou a odnosom pôdy (*tab. 4*), ktorá má za následok degradáciu ich kvality, ba až devastáciu krajiny a vznik spustnutých pôd. Z uvedených procesov je najnegatívnejším javom odnos (strata) pôdy. Zatiaľ čo zhoršené vlastnosti pôdy človek dokáže upraviť, stratenú pôdu vo väčšom rozsahu nahradiť nevie. Zdá sa však, že odnos pôdy u nás patrí k málo sledovaným javom a že pedológovia v ňom zaostávajú podobne ako hydroológovia zaostávajú v sledovaní úbytku vody v krajine. A tak nemá kto biť na poplach. Prítom tvorba pôdy sa udáva v stotínach až tisícinách milimetra ročne, erózia však prebieha rýchlosťou až o niekoľko rádov väčšou.

Erózia,  
degradácia  
a odnos pôdy

Na Slovensku sa skutočná strata pôdy vodnou eróziou pohybuje v lesných porastoch stredohorí až vyšších horských oblastí v priemerných hodnotách 0,01 – 0,03 mm za rok, v trvalých trávnych porastoch okolo 0,06 mm za rok, v obilninách 1,8 mm za rok, na obnaženej pôde nad hranicou lesa 3,4 mm za rok a v okopaninách až 3,6 mm za rok.<sup>29</sup> To znamená, že v mnohých oblastiach Slovenska každoročne strácame vzácnu poľnohospodársku pôdu, ktorá sa tvorila stáročia až tisícročia. Prítom pôdu možno považovať vzhľadom na jej veľmi pomalú tvorbu za neobnoviteľný zdroj. Dá sa teda povedať, že žijeme z podstaty.

Strata pôdy  
u nás

<sup>29</sup> Rudolf MIDRIAK, Od erózneho ohrozenia po spustnuté pôdy Slovenska, Tretie pôdoznalecké dni v SR, VÚPOP Bratislava, 2004, p. 193 – 200



Naliehavosť opatrení proti vodnej erózii vystupuje ešte urgentnejšie pri pohľade na potenciálnu (možnú) vodnú eróziu pôdy. Ide o takú eróziu, ktorú by spôsobili prírodné činitele na povrchu pôd, ak by neboli chránené vegetačnou pokrývkou ani protieróznymi opatreniami. Priemerná intenzita takéhoto možného odnosu pôdy predstavuje v SR 2,30 mm za rok (23 m<sup>3</sup> pôdy na 1 ha za rok). Vodnou eróziou stredne, silno a extrémne ohrozené poľnohospodárske pôdy na Slovensku predstavujú 55,6 % poľnohospodárskeho pôdneho fondu (PPF). Stredne, silno, veľmi silno až katastrofálne ohrozené lesné pôdy zaberajú až 97,1 % lesného pôdneho fondu (tab. 5).<sup>30</sup> Z porovnania údajov o skutočnej a potenciálnej vodnej erózii v lesných porastoch vyplýva imperatív udržať zalesnenie, pokiaľ to podmienky dovoľia. Ďalším záverom by mal byť imperatív urgentného zalesnenia najmä spustnutých pôd, čo by umožnilo plnenie protieróznej a hydrickej funkcie lesa na nich.

Potenciálna  
strata pôdy

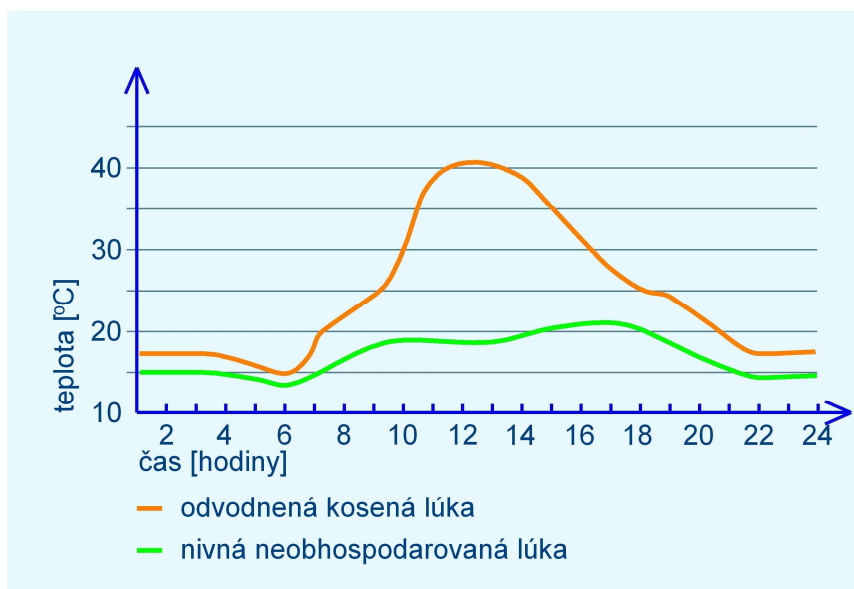


**Obr. 10 Poľnohospodárska krajina pod Tatrami**

Obrovské polia, ktoré vznikli počas predchádzajúceho politického systému scelením pozemkov. Pre absenciu prekážok ich zrýchlený povrchový odtok ohrozuje eróziou.

---

<sup>30</sup> Tamže



**Obr. 11** Denný priebeh teploty na povrchu pôdy na odvodnenej kosenej lúke a na nivnej neobhospodarovanej lúke

**Tab. 4** Skutočná vodná erózia poľnohospodárskych pôd<sup>31</sup>

Označenie erózie	Linkeš et al. (1997) (tis. ha)	Ministerstvo ŽP SR (2002) (% PPF)
Slabá erózia	1 198	47
Stredná erózia	514	22
Silná erózia	49	2
Extrémne silná erózia	24	1
Spolu	1 785 tis. ha (73,1 % PPF)	72 % PPF

**Tab. 5** Erózne ohrozenie pôdy podľa typu krajiny Slovenska vplyvom povrchovo tečúcej vody (potenciálna vodná erózia)<sup>32</sup>

Erózne ohrozenie (stupeň)	Intenzita potenciálnej erózie (odnosu) pôdy (mm za rok)	Poľnohospodárska krajina		Lesná krajina		Spolu	
		(tis. ha)	(%)	(tis. ha)	(%)	(tis. ha)	(%)
1. Nepatrné	do 0,05	107	3,4	3	0,0	110	2,2
2. slabé	0,06 – 0,50	1 296	41,7	117	6,6	1 413	28,9
3. stredné	0,51 – 1,50	823	26,5	333	18,7	1 156	23,6
4. silné	1,51 – 5,00	783	25,2	1 075	60,3	1 858	38,0
5. veľmi silné	5,01 – 15,00	100	3,2	255	14,4	355	7,3
6. katastrofálne	nad 15,00	1	0,0	1	0,0	2	0,0
Priemer / spolu	2,30	3 110	63,5	1 784	36,5	4 894	100,0

<sup>31</sup> Rudolf MIDRIAK, Od erózneho ohrozenia po spustnuté pôdy Slovenska

<sup>32</sup> Tamže

„Za paměti dnešních nejstarších žijících lidí se naše krajina proměnila víc než za poslední tisíciletí. V naši době, v posledních pětasedmdesáti letech, přičinily se o to zvláště podniky, kterým se říká meliorační, to jest zlepšující. Půdu vysoušejí, a tím zasahují škodlivě do chemických roztoku půdních. Tím, že odvodňují kdejakou bažinu, staré rameno říční, močál a vrchovisko na výšinách, pomáhají proměnit naše podnebí v pevninské, s protikladem tuhé zimy a léta s menší oblačností a s odděleným údobím sucha a lijáků. Tím, že meliorace umožňují rolníkovi poorat kdejakou pastvinu i odvodněnou nížinu, způsobují, že se vrstvy prsti odhalují, odplavují a že se nová prst' netvoří“

Vladimír Úlehla,<sup>33</sup> 1947

### 4.3 Vodné útvary

Ako sme už povedali v predchádzajúcej kapitole, najväčšie ľudské civilizácie, ktoré previedli ľudstvo z mladšej doby kamenej do staroveku, vznikali pozdĺž riek Níl, Eufrat a Tigris, Indus, Žltá rieka a i. Tieto civilizácie sa niekedy nazývajú aj „hydraulické civilizácie“,<sup>34</sup> pretože ich aluviálne poľnohospodárstvo záviselo od vodných tokov a extenzívnych sietí kanálov, ktoré mali okrem dopravnej funkcie úlohu priviesť a odviesť vodu pri pravidelných každoročných záplavách. Povrchová voda bola pre závlahy kľúčová, prichádzala jednorazovo a nahradzovala chýbajúci dážď.

Hydraulické civilizácie

Tieto civilizácie boli teda z klimaticko-poľnohospodárskeho hľadiska niekde úplne inde ako naši predkovia po príchode do strednej Európy, kde vďaka vysokému stupňu zalesnenia pršalo veľa. Schopnosť krajiny udržať vodu bola vysoká, o čom svedčí zápis z polovice 10. storočia od španielskeho kupca Ibráhíma Ibn Jakúba At-Turtúší, podľa ktorého „ak málo prší, nemá to zlé následky, lebo v týchto krajoch je vlhko“. O vzhľade vidieckej krajiny v našom priestore si môžeme urobiť predstavu z obrazov krajiniiek v galériách. Krajinkárstvo 19. storočia prezrádza bohatstvo povrchovej vody v neregulovaných riekach, rozlievajúcej sa v širokých korytách, pričom bujné rastlinstvo svedčí o živej komunikácii s podzemnou vodou. Ak by sa dnes vrátil do módy romantizmus, sotva by sa našlo dostatok podobných scenérií na zobrazenie.

U nás pôvodne iné podmienky

V čase expanzie hospodárskeho rozvoja sa sídla i priemyselné objekty dostávali bližšie k vodným tokom, čo vyvolávalo obavy z povodní. K tomu sa pridala potreba poľnohospodárstva rozšíriť obrábané plochy. Pri rozvoji dopravy bolo potrebné vodné toky križovať. Vznikla tiež potreba intenzívnejšie využívať vodné toky na dopravné účely. Preto sa začalo s úpravami a reguláciou riek (obr. 12). Úpravami vodných tokov sa zvyčajne skracovala ich celková dĺžka (mnohé prirodzené meandre sa zaslepili), spevňovali sa brehy a dno vodných tokov a zvyšovali sa

Tlak na úpravy tokov

<sup>33</sup> Citát je z publikácie Míchala I. *Ekologická stabilita*. Veronica, Brno, 1994, s. 200

<sup>34</sup> Podľa knihy Karl A. Wittfogela *Oriental Despotism* (1957).

postranné hrádze. Vysušili sa aj mnohé postranné močiare a mokrade, ktoré boli prepojené s riečnymi ekosystémami. Mnohé nivy, ktoré predtým slúžili na meandrovanie vodného toku alebo rozlievanie vody mimo korýt vodných tokov pri zvýšenej zrážkovej činnosti, sa zastavali a pôvodný vodný útvar už dostal iba presne určené miesto a priečny profil. K tomu treba dodať, že často sa stretávame s neporozumením problematiky ochrany územia pred povodňami, keď sa v záujme lepšej ochrany svojho vlastného územia zvýšia brehy, resp. koruny ochranných hrádzi alebo sa prehĺbi či zväčší priečny profil vodného toku na lepšie odvedenie povodňovej vlny na území danej obce. Takáto úprava bez posúdenia kontextu celého povodia a územia len zvýši povodňové riziká v obciach a mestách, ktoré sa nachádzajú nižšie po prúde.

Hlavným negatívnym účinkom uvedených úprav vodných tokov bolo urýchlenie odtoku vody z územia a zníženie schopnosti krajiny zadržiavať vodu. Spomínané civilizačné úpravy prispeli k postupnému úbytku vody vo vodnom cykle územia a neúmerne znížili štartovnú výhodu, ktorú naše krajiny mali v porovnaní s inými, ktoré neboli obdarené takými priaznivými klimatickými podmienkami a bohatstvom vody. Dokonca aj veľké vodné diela – priehrady, ktoré sa u nás v nedávnej minulosti stavali na využitie vodnej energie, transformáciu povodňových vln a na vytvorenie zásob pitnej vody, sú podľa výskumov z hľadiska zadržiavania vody v krajine paradoxne menej účinné ako väčší počet menších nádrží s tým istým sumárnym objemom.<sup>35</sup>

Urýchlenie odtoku vody z územia
---------------------------------------



**Obr. 12 Úprava rieky Latorica v 60-ych rokoch 20. storočia**  
Bola súčasťou programu odvodňovania Východoslovenskej nížiny.<sup>36</sup>

<sup>35</sup> Brad Lancaster, Rainwater Harvesting for Drylands, Vol. I., Rainsource Press, Tucson, Arizona, ISBN 0-9772464-0-X, 2006

<sup>36</sup> Slovensko – encyklopédia, Vydavateľstvo Veda, 1972

## 4.4 Mestá

Ako sme už uviedli, jednou z najdôležitejších revolúcií v histórii ľudstva bola neolitická poľnohospodárska revolúcia. Významovo i časovo za ňou nasleduje urbánna revolúcia. Vznik miest a mestských štátov patril k míľnikom prechodu z prehistorických do historických čias ľudstva. Poznáme mestá ako biblické Jericho (a niektoré ďalšie), ktorých existencia siaha hlboko do prehistorických čias. Mestá so všetkými formálnymi atribútmi, ktoré ich odlišujú od osád nielen z hľadiska počtu obyvateľov, ale aj organizácie života (napr. vedenie písomných záznamov o vedení mesta), však podľa doteraz známych poznatkov ako prví zakladali Sumeri v období 3 100 – 2 900 rokov pred Kristom v dolnej Mezopotámii. Takmer v tom istom čase začali vznikať mestá aj v Egypte a v údolí rieky Indus. Mnohí autori uvádzajú medzi dôvodmi vzniku miest v menovaných „kolískach civilizácií“ potrebu vysokej organizovanosti v súvislosti s výzvami kladenými aluviálnym poľnohospodárstvom. V tejto publikácii sa však nechceme podrobnejšie zaoberať príčinami vzniku starovekých miest, ich atribútmi či spôsobom zániku.

Urbánna  
revolúcia

Mestá nesmierne urýchlili rozvoj civilizácie, a to v dobrom i zlom. V tejto časti sa zameriame na výnimočný výdobytok, ktorý sa objavil v prvej urbánnej revolúcii a ktorému bolo súdené prísť ešte raz – na kanalizáciu. Staroveké mestá Harappa, Mohendžo-daro a Rakhigarhi v údolí Indu (súčasný Pakistan) sú prvými známymi mestami na svete, ktoré 2 600 rokov pred Kristom disponovali mestskou kanalizáciou. Kanalizácia bola zakrytá, murovaná, lemovala ulice a boli na ňu napojené súkromné i verejné budovy a v neposlednom rade kúpele aj splachovacie záchody. Tento systém predbehol drvivú väčšinu sveta, ktorá si musela na jeho zavedenie v druhej urbánnej revolúcii počkať prakticky až do našich čias.

Výdobytok  
kanalizácie

História sa niekedy opakuje, ale podľa Herakleita dva razy do tej istej rieky nevstúpime. Druhá urbánna revolúcia súvisí s priemyselnou revolúciou. Začiatok priemyselnej revolúcie, zrušenie otroctva a poddanstva, ako aj rozvoj trhového prostredia umožnili slobodný pohyb osôb a zdynamizovali migráciu pracovnej sily. Toto obdobie rastu a ekonomickej prosperity bolo i začiatkom nového globálneho rastu svetovej populácie, ktorá od roku 1800 vzrástla šesťnásobne na dnešných viac ako 6 miliárd obyvateľov. Bolo i obdobím sťahovania ľudí z vidieka do miest, rastu podielu ľudí žijúcich v mestských sídlach v oproti vidieckym sídlam, ako aj posunu mentality a hodnôt ľudí od vidieckych k mestským – niekedy v dobrom, niekedy v zlom. Tento proces, ktorý v západnej Európe a v Severnej Amerike prebiehal dlhší čas, je zreteľný najmä od druhej polovice 19. storočia. Na Slovensku sa začal proces urbanizácie s príslušnými atribútmi o sto rokov neskôr, prebehol však intenzívnejšie, de facto za života jednej generácie. Podiel mestského obyvateľstva sa medzi rokmi 1960 a 1990 na Slovensku zvýšil z 30 na 56 % (čo je približne i dnešný stav), ale nedosiahol taký stupeň ako v západnej Európe.

Druhá  
urbánna  
revolúcia

V tejto publikácii sa nechceme zaoberať podrobnosťami druhej, prípadne tretej urbánnej revolúcie, spojenej s urbánnou decentralizáciou a s nástupom postindustriálnej spoločnosti, ale opäť sa zameriame na

Nepriepustné  
povrchy  
a odvádzanie  
vôd

kanalizáciu. Naše moderné mestá a čoraz viac i dediny majú na rozdiel od miest starých Sumerov kanalizáciu (*obr. 13*). Ba na rozdiel od miest v údolí Indu, ostatných miest staroveku, stredoveku a vo väčšej časti i novoveku sú naše mestá a dediny čoraz častejšie vydláždené a ich povrchy sú spevňované nepriepustnými materiálmi.<sup>37</sup> Rozvoj techniky umožnil vznik dômyselných a výkonných stavebných strojov a mechanizmov, ktoré dokázali oveľa rýchlejšie ako kedykoľvek predtým pretvárať povrch krajiny pre výstavbu budov, cesty a rôzne rozvojové potreby. Pri budovaní miest a transformácii vidieckeho prostredia na mestské sa masovo začal uplatňovať betón a asfalt (*obr. 14, 15*). Nedostatok priestoru a potreba pohodlia zaradili dažďovú činnosť nad mestom či urbanizovaným priestorom do polohy určitej záťaže. Dažďová voda sa začala vnímať skôr ako odpadová voda, ktorá je odvádzaná verejnou kanalizáciou, vo väčšine prípadov spolu so splaškovými vodami.

Takmer všetka dažďová voda sa teda odvádza z vydláždených a zo zastrešených plôch v mestách Európy dažďovou kanalizáciou do riek a do mora. Podľa odhadov je z európskeho kontinentu každoročne skanalizovaných viac ako 20 miliárd m<sup>3</sup> dažďových vôd. Za posledných 50 rokov bolo z Európy skanalizovaných vyše 1 000 miliárd m<sup>3</sup>, t. j. 1 000 km<sup>3</sup> dažďovej vody, ktorá v minulosti nasycovala pôdu i vegetáciu, doplňovala zásoby podzemných vôd, posilňovala pramene a svojím výparom zvlhčovala klímu. V neposlednom rade rýchly odtok z vydláždených a skanalizovaných mestských prostredí prispieva k vyšším povodňovým vlnám, ktoré ohrozujú sídla smerom po prúde. Tým, že dlhodobo odvodňujeme prostredie, v ktorom žijeme, spôsobujeme pokles podzemných vôd pod vydláždeným a zastrešeným zemským povrchom, spôsobujeme rast teploty v mestských štruktúrach, pokles atmosférickej vlhkosti, nástup civilizačných ochorení typických pre mestské urbánne prostredie a zhoršenie kvality životného prostredia.

Obrovské  
objemy vody  
skanalizované

K znásobovaniu efektov miest treba prirátat' aj odber vody z územia na úžitkové a pitné účely, ktorý má pri veľkých aglomeráciách veľké rozmery. Tento odber prebieha bez zabezpečenia adekvátneho návratu získanej vody z územia späť do územia, ale po využití sa splachuje do mora. Mestá, ktoré bohapusto a za drahé peniaze púšťajú miliardy kubíkov dažďovej vody do kanalizácie, následne čelia prehlbujúcemu sa nedostatku pitnej a úžitkovej vody, čo v mnohých prípadoch prerastá do permanentného stavu. Nedostatok vody nie je problémom iba chudobných, ale aj prosperujúcich miest. Samozrejme, mestá v rozvojových krajinách majú svoje špecifiká. Chudobnejšie časti miest v mnohých rozvojových krajinách neustále závisia od dreva, čím systematicky odlesňujú plochy v okolí miest.

Hýrenie  
vodou  
v mestách

Odvodňovanie a odlesňovanie spôsobuje, že mestá pri svojom raste postupne menia mikroklimatické podmienky pôvodného územia. Stávajú sa horúcimi ostrovmi, nad ktorými rastie horúci klimatický

Zmena  
klimatických  
podmienok

<sup>37</sup> Sid Perkins, Paved Paradise? Impervious surfaces affect a region's hydrology, ecosystems – even its climate, Science News, Week of Sept. 4, 2004; Vol. 166, No. 10, p. 152

dáždnik (*obr. 16*). Tieto „ostrovky“ pomaly, ale isto menia prúdenie oblačnosti a pohyby vetrov nad svojim územím i v jeho okolí. Predovšetkým v lete vytlačajú zrážky do chladnejších horských oblastí, čo následne zvyšuje riziko vzniku extrémnych privalových dažďov v horských oblastiach a povodní ohrozujúcich horské údolia, ale aj sídla v nížinách pozdĺž riek. A tu máme oveľa priamejšiu a logickejšiu kauzalitu zmien klímy a rastu extrémov počasia, ako je vplyv 30 % nárastu nepatrného obsahu CO<sub>2</sub> v ovzduší za posledných 150 rokov.

Dnes žije viac ako polovica obyvateľov Zeme v mestách a tento podiel obyvateľstva bude naďalej narastať. Mestá sa totiž stali akýmiś novodobými továrňami ekonomickej prosperity, ktoré pomaly a postupne pohlcujú svoje okolie.<sup>38</sup> Takto si človek spolu s poľnohospodárskou pôdou a prostredím inak pretváraným človekom „osvojil“ už vyše 40 % rozlohy všetkých kontinentov. Treba zdôrazniť, že na uvedené problémy existuje riešenie. Populačný rast sám osebe nie je v rozpore s trvalo udržateľným rozvojom. V rozpore s trvalo udržateľným rozvojom je súčasný spôsob hospodárenia s vodou v krajine.

Hospodárenie s vodou neudržateľné
---



### **Obr. 13 Kanalizovanie dažďovej vody**

Pôvodným zámerom vlastníkov bolo dosiahnuť „sucho a teplo“. Splnenie tohto zámeru im začína prerastať cez hlavu.

<sup>38</sup> Urban sprawl in Europe - The ignored challenge, ISBN 92-9167-887-2, EEA Report No 10/2006





**Obr. 14 Obrovské plochy pokryté nepriepustnými materiálmi**

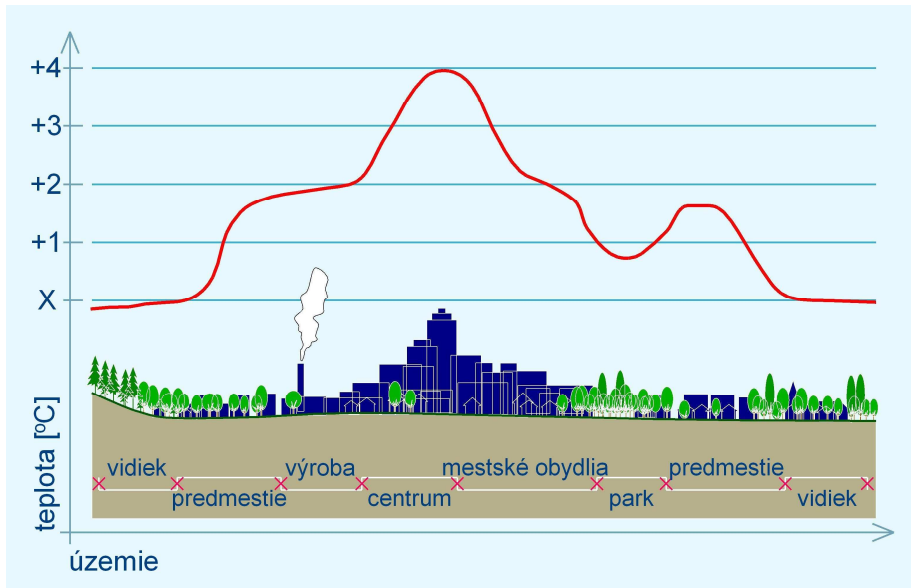
Za slnečných dní sa stávajú „horúcimi ostrovmi“, ktoré premieňajú väčšinu dopadajúceho slnečného žiarenia na teplo.



**Obr. 15 Asfaltová cesta a dokonale vybetónovaný kanál v mestskom prostredí**

Niektoré riešenia nedávajú vsakovaniu vody ani najmenšiu šancu.





**Obr. 16 Horúci klimatický dáždňik urbánneho priestoru**

Teplota závisí od pomeru medzi zastavanou plochou a plochou pokrytou vegetáciou.

## 5 DÔSLEDKY ÚBYTKU VODY V MALOM VODNOM CYKLE

*Nič na svete nie je mäkkšie a poddajnejšie ako voda,  
a predsa ak zaútočí, nič tvrdé a silné jej nedokáže vzdorovať  
a nemôže zaujať jej miesto.  
Každý pod nebom vie, že slabé víťazí nad silným  
a mäkké nad tvrdým,  
ale nikto podľa toho nejedná...*

Lao-c', *Kniha o Tao a ctnosti*, LXXVIII

Urýchlenie odtoku dažďovej vody z územia, zníženie infiltrácie vody do pôdy a nedostatok vegetácie spôsobujú prehrievanie povrchu krajiny a postupnú zmenu mikroklimatických podmienok príslušného územia. V tejto kapitole sa venujeme mechanizmu, ktorým rastúce teplotné rozdiely spôsobujú rast extrémov počasia i na územiach ľudskou činnosťou (takmer) nedotknutých. Urýchlenie odtoku vody z územia a odvodňovanie krajiny prispieva aj k stúpaniu hladín svetových oceánov, ktoré pôsobi paralelne s roztápaním ľadovcov vplyvom globálneho otepľovania. V závere kapitoly konštatujeme rast globálneho napätia vyplývajúceho z nedostatku vody v malom vodnom cykle a neschopnosť preferovaných teórií poskytnúť uspokojujúce vysvetlenie a riešenie.

### 5.1 Vplyv úbytku vody v malom vodnom cykle na rast extrémov klímy

V predchádzajúcich častiach sme hovorili o tom, ako pretváranie prírodnej krajiny na kultúrnu urýchľuje odtok dažďovej vody z územia. Intenzita skanalizovania dažďovej vody z kontinentov je rozdielna. Závisí od populačnej hustoty, rozlohy a štruktúry poľnohospodárskej a urbánnej krajiny, ale najmä od citlivosti zaobchádzania s ňou. Možno povedať, že úpravy poškodzujú krajinu vtedy, keď nezohľadňujú výpadok vody potrebnej pre vegetáciu, výpar a vsakovanie na pretváraných územiach. Úbytok vody z malého vodného cyklu súvisí priamo s rastom extrémov počasia a s klimatickými zmenami.

Škodlivé  
pretváranie  
krajiny

Špecifikum výpadku vody spočíva v tom, že nech je akokoľvek malý, prejaví sa takmer okamžite nasýtenosťou povrchu pôdy vodou, pretože prebieha od vrchnej časti pôdneho profilu či hladiny podzemnej vody smerom dole k nepriepustnému podložiu. Znížením nasýtenosti povrchu pôdy vodou sa znižuje schopnosť krajiny odparovať vodu a zvyšuje sa podiel slnečnej

Špirála  
vysušovania  
krajiny

energie, ktorá sa mení na cititeľné teplo. Viac vysušená a zároveň vytvrdnutá pôda prijíma pri ďalších zrážkach novú dažďovú vodu ťažšie a zastavané plochy dažďovú vodu automaticky odvádzajú čo najrýchlejšie preč zo svojho územia. Vysušená pôda sa prehrieva a vytvára tepelné ostrovy, ktoré mierne odsúvajú zrážkovú činnosť mimo svojho územia. Každou ďalšou obrátkou vodného cyklu sa pôsobením týchto faktorov objem vody vo vodnom cykle nad príslušným územím o malé množstvo zníži (*obr. 17*). Pri dlhodobom pozorovaní môžeme zaznamenať trend trvalého a systematického poklesu vodnej bilancie hodnoteného územia (v priebehu storočia to môže byť aj niekoľko percent). Keďže postupné, ale systematické pretváranie povrchu Zeme má globálny charakter, nastáva synergický efekt, mikroprocesy prerastajú do makroprocesov – jasne rozoznateľných, rozsiahlych a neustále sa prehlbujúcich regionálnych, kontinentálnych až globálnych klimatických zmien.

Pôvodné prírodné oblasti alebo chladnejšie a vlhšie oblasti a teritóriá dnes predstavujú stabilnejšie časti prostredia kontinentov. Napriek tomu sa im zmeny zrážkových úhrnov a extrémne prejavy počasia nevyhýbajú. Ako je to možné? Teplejší vzduch nad suchými a horúcimi mestskými a poľnohospodárskymi platňami (popri kompletne odvodnených teritóriách, ako sú polopúšte a púšte) vytláča zrážkovú činnosť do chladnejšieho prostredia tvoreného lesnými a vodnými útvarmi, resp. do polôh s vyššou nadmorskou výškou (*obr. 18*). Interakcia tzv. presušených „horúcich platní“ (poľnohospodársko-urbánna krajina) s chladnejšími a vlhkejšími oblasťami (napr. horskými) spôsobuje koncentráciu mračien nad uvedenými oblasťami.<sup>39</sup> Voda z mračien takto vo veľkej miere spadne v chladnejších (horských) oblastiach (*obr. 19*), kde vznikajú tragické povodňové vlny. Povodne zasahujú aj nížinné poľnohospodársko-urbánne oblasti napriek tomu, že v nich prší len málo.

Prírodné  
oblasti tiež  
zasiahnuté

V horských oblastiach Slovenska v 20. storočí bilančný úhrn zrážok vzrástol, naopak, v nížinných oblastiach poklesol (*obr. 20*). Navyše sa skraca čas, keď väčšina zrážok vypadne, a predlžujú sa obdobia nízkeho úhrnu zrážok<sup>40</sup> (*obr. 21, 22*). Tento efekt interakcie teplejších a chladnejších území funguje aj v menšej mierke (napr. interakcia mesta a jeho okolia), ale aj vo väčšej, až kontinentálnej škále. Ročný úhrn zrážok sa v 20. storočí podľa pozorovaní zvýšil o 10 – 40 % nad severnou Európou, kým v Stredomorí klesol o 20 %.<sup>41</sup> Výskyt extrémnych horúčav a intenzívnych zrážok sa zvýšil nad väčšinou pevniny a je pravdepodobné, že tento trend bude pokračovať.

Interakcia  
teplých  
a chladných  
území

<sup>39</sup> Pozri napr. Roger A. Pielke Sr., Influence of the Spatial Distribution of Vegetation and Soils on the Prediction of Cumulus Convective Rainfall, American Geophysical Union, Reviews of Geophysics, 39, 2 / May 2001, s. 151–177

<sup>40</sup> Analýzu týchto trendov vid' v: M. Kravčík, Voda pre tretie tisícročie: neubližujme vode, aby ona neubližovala nám. Košice, Občianske združenie Ľudia a voda. ISBN 80-968031-3-1, 2000

<sup>41</sup> Climate Change 2007: The Physical Science Basis – Summary for Policymakers, 10th Session of Working Group I of the IPCC, Paris, February 2007

Rast extrémov počasia je najničivejším prejavom prebiehajúcich klimatických zmien, ktoré ostro kontrastujú s dlhodobou vyrovnanými pôvodnými klimatickými podmienkami územia. Poruchy v počasi sa prejavujú jeho náhlymi zmenami a často ich násilným charakterom. Častejšie sú extrémne búrky, prívalové dažde a veterné smršte, mení sa časové a priestorové rozdelenie zrážok<sup>42</sup>, predlžujú sa obdobia neznesiteľných horúčav a veľkého sucha. Regióny, ktoré sú najviac presušené, sú i najviac postihované extrémnymi prejavmi počasia. Potvrďuje to povodie Dunaja (*obr. 23*), ale aj Moravy, Tisy a Prutu. Paradoxne vznik ničivejších a častejších povodní ľuďom bráni vidieť, že ich kraj sa odvodňuje. To je veľký omyl. Práve niektoré zo starovekých príbehov ľudstva, ako sumersko-akkádsky Epos o Gilgamešovi alebo starozákonná Biblia, ktoré pochádzajú z odvodňujúcich sa krajín Úrodného polmesiaca, reflektujú tému potopy sveta. Táto reflexia musela mať základ v reálnej skúsenosti.

Rast extrémov počasia

Paradoxom je aj to, že pôda čiastočne nasýtená vodou je schopná absorbovať ďalšiu vodu lepšie ako presušená pôda. Ak spadnú zrážky na zhutnenú a presušenú pôdu, vsakovanie do hlbších vrstiev nastane až o niekoľko desiatok minút. V prvých minútach sa pôda správa ako nepriepustný povrch. Pri extrémnych zrážkach tak nastáva rýchly odtok a koncentrácia zrážok do koryt tokov. Tá istá zrážka, ktorú by krajina zdravo nasýtená vodou ľahko absorbovala, mení v presušenej krajine potoky a bystriny na dravé riečky, vznikajú extrémne prietoky a povodňové situácie. To znamená, že povrch bez možnosti odparovať vodu vytvára nielen priaznivé podmienky na vznik extrémnych prejavov počasia, ale stupňuje aj ich následky.

Suchá pôda pomáha odtoku

Dlhodobé sucho spúšťa špirálu dezertifikácie, t. j. premeny na polopúšť alebo púšť. V zmysle tejto publikácie môžeme púšť a polopúšť chápať i ako úplne odvodnenú časť kontinentu s minimálnym alebo s nijakým obehom vody v malom vodnom cykle. Polopúšť či púšť môže vzniknúť aj v klasickej prírodnej krajine s vegetáciou a dostatkom vody deštrukciou malého vodného cyklu nad územím ľudskou činnosťou (môže ísť napr. o prílišné urbánne zaťaženie, príliš intenzívne poľnohospodárstvo či neúmerný chov dobytka s nadmerným spásaním vegetácie).<sup>43</sup> Tento osud možno postihol aj prímorský pás stoviek miest v severnej Afrike, ktorý bol kedysi obilnicou Rímskej ríše. Postupný proces premeny pôvodnej prírodnej krajiny s dostatkom vodných zdrojov na odvodnenú krajinu môžeme nazvať konvergenciou územia na polopúšť či púšť.

Premena krajiny na púšť

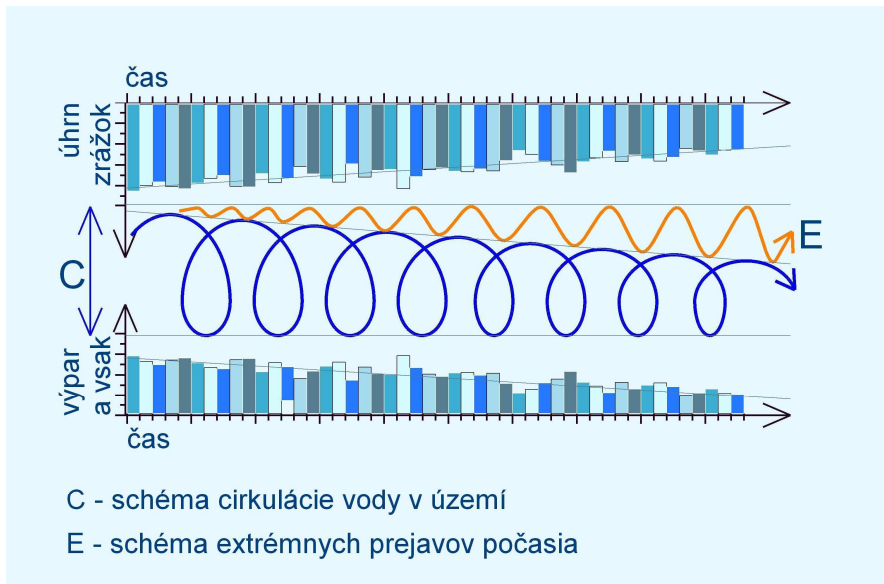
Následkami extrémnych prejavov počasia sú časté lesné požiare, povodne, degradácia, erózia a zosuvy pôdy, ako aj rôzne ekologické a iné katastrofy (*obr. 24 a 25*). Tieto javy ohrozujú životy a zdravie ľudí a

Následky extrémnych prejavov počasia

<sup>42</sup> P. Faško, J. Pecho, K. Mikulová, P. Šťastný, Prípady vysokých denných, mesačných a sezónnych úhrnov atmosférických zrážok na Východnom Slovensku na konci 20. a na začiatku 21. storočia v kontexte s historickými údajmi. Zb. príspevkov z medzinárodnej konferencie Ochrana pred povodňami. Podbanské, 2006, s. 153 –158

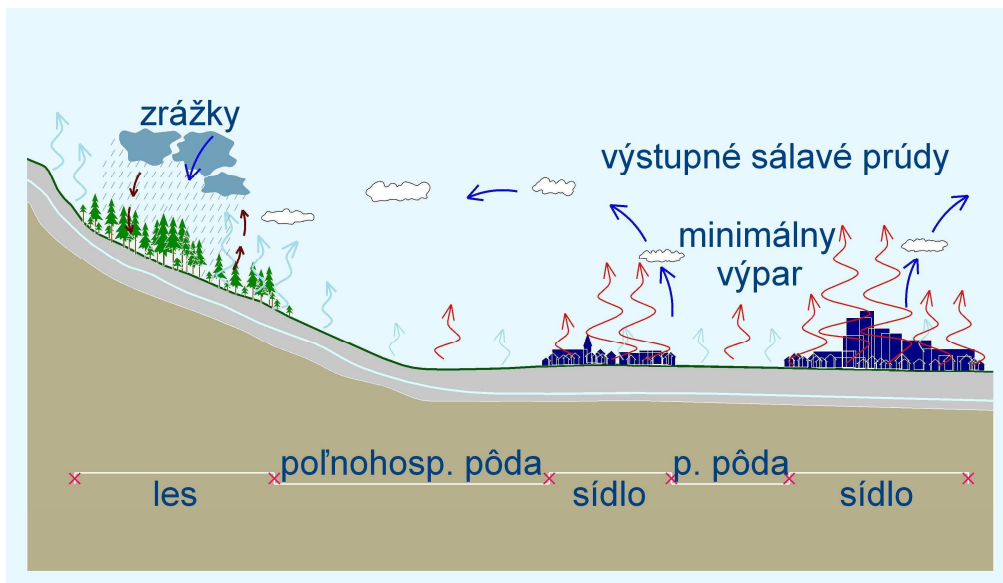
<sup>43</sup> Richard van Noorden, More plants make more rain, Satellite observations suggest vegetation encourages rainfall in Africa; www.nature.com, September 25, 2006

spôsobujú rozsiahle hospodárske škody. Pri opakovaní extrémov počasia sa postupne a trvalo znižuje konkurencieschopnosť územia, čo sa prakticky prejavuje napríklad tým, že poisťovne odmietajú poisťovať majetok v takýchto lokalitách, bankový sektor obmedzuje pôžičky a záruky na projekty v tomto území a pod. Povodne, suchá, víchrice a iné extrémne prejavy počasia sú syndrómom krajiny využívanaj a obývanej človekom pri jeho terajšom prístupe k povrchovej a dažďovej vode.



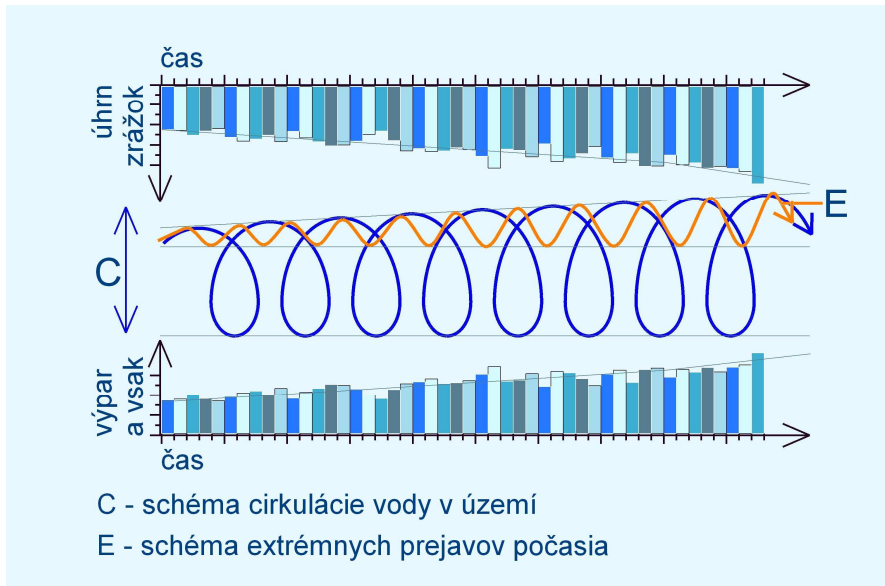
**Obr. 17 Rast extrémov počasia pri úbytku vody v malom vodnom cykle**

Úbytkom vody v systéme vznikajú teplotné rozdiely, ktoré vyvolávajú extrémny počasia rôzneho druhu.



**Obr. 18 Deštrukcia malých vodných cyklov vplyvom pretvárania krajiny**

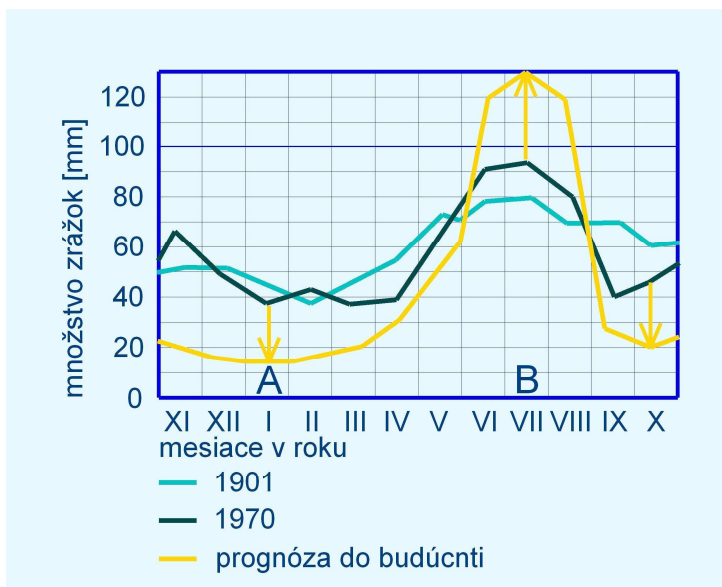
Výstupné sálavé prúdy vytlačujú oblaky do chladnejšieho prostredia.



**Obr. 19** Rast extrémov počasia vo vlhšom a chladnejšom prostredí – koncentrácia zrážkovej činnosti jej vytlačaním zo suchších území

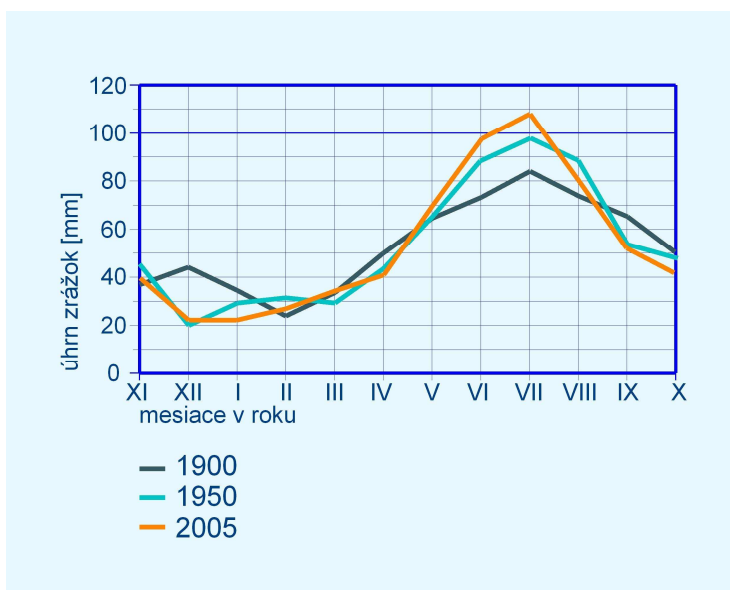


**Obr. 20** Rast zrážkovej činnosti v horských a severných oblastiach a pokles zrážkovej činnosti na juhu krajiny a v nížinách – príklad Slovensko



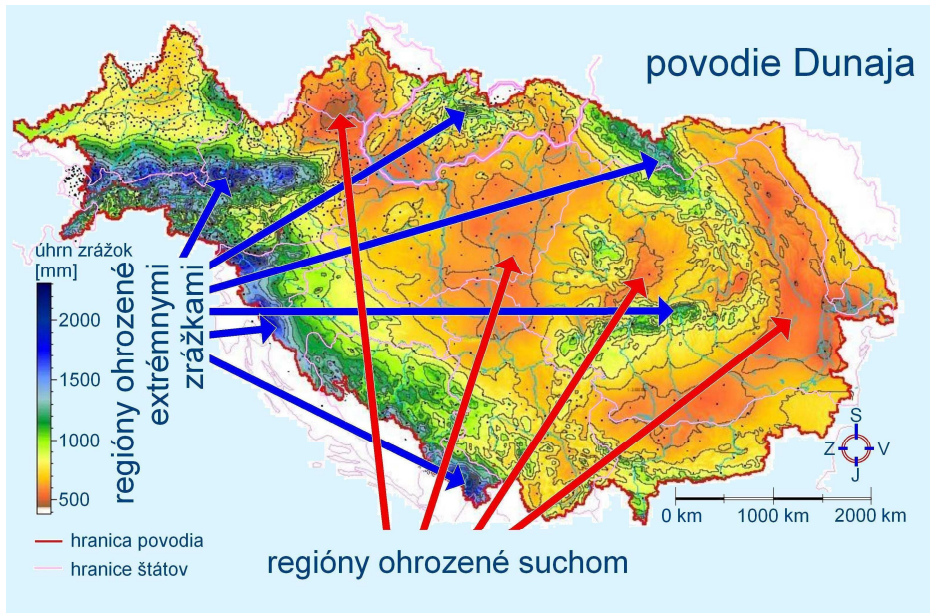
**Obr. 21 Trend zrážok na Slovensku**

Predlžuje sa obdobie „sucha“ (A) a skracuje sa čas, keď väčšina zrážok vypadne (B).

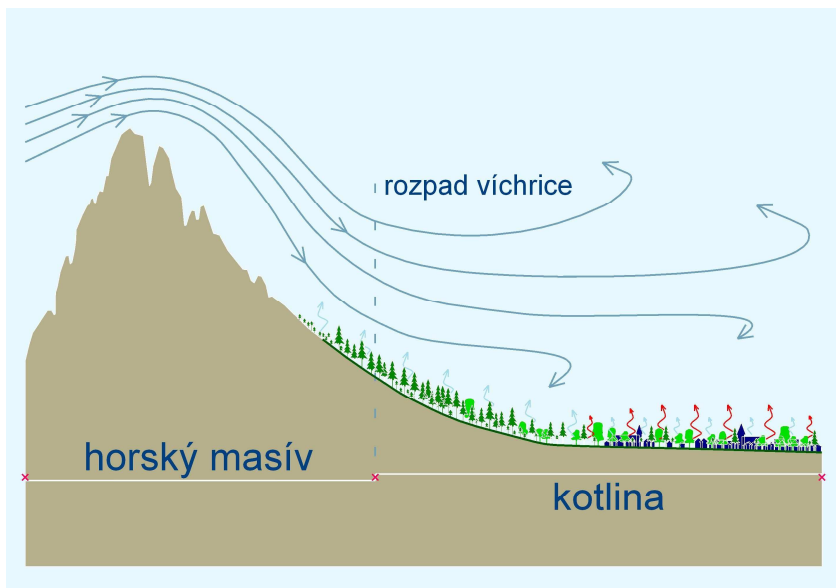


**Obr. 22 Úhrn zrážok v Prešove**

Podobá sa priemernému trendu na celom Slovensku.



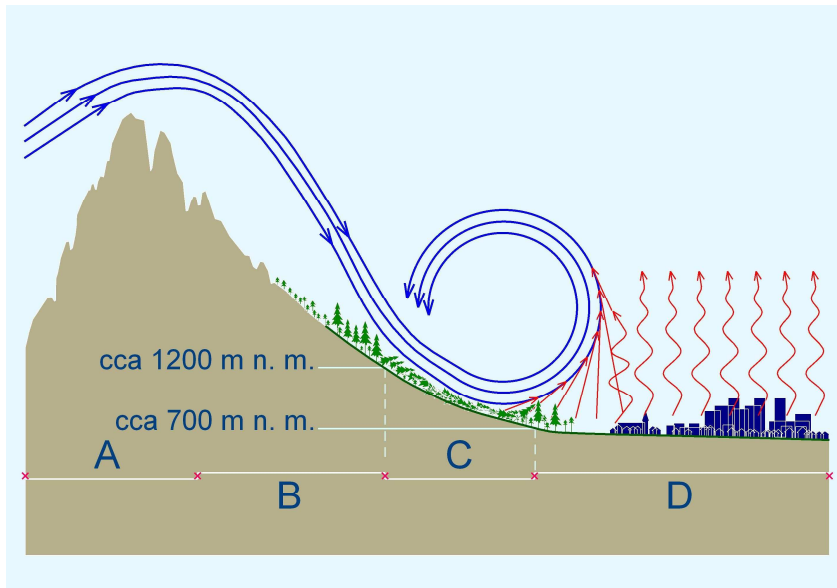
**Obr. 23 Rast zrážkovej činnosti v horských oblastiach a pokles v nížinných oblastiach – povodie Dunaja<sup>44</sup>**



**Obr. 24 Vpád studeného vzduchu do oblasti Vysokých Tatier (tatranská bóra) - predpokladaný stav okolo roku 1800**  
 Stav krajiny pod horstvom umožňoval pozvoľné rozptýlenie prúdenia.

<sup>44</sup> Z. Kostka, L. Holko, P. Petrovič, K. Badurová; Ústav hydrológie SAV, VÚVH, 2004





**Obr. 25 Veterná smršť vo Vysokých Tatrách, Slovensko, 19. november 2004**

Výstupné sálavé prúdy prehriatej poľnohospodársko-urbánnej krajiny (zóna D) akcelerovali prúdenie vzduchu pri náhlom vpáde studeného frontu cez hrebeň Vysokých Tatier. Rýchlosti vetra v zónach:  $v(A) \approx 150 - 200 \text{ km/h}$ ,  $v(B) < 100 \text{ km/h}$ ;  $v(C) \approx 200 - 250 \text{ km/h}$ ,  $v(D) < 150 \text{ km/h}$ .

## 5.2 Vplyv úbytku vody v malom vodnom cykle na stúpanie hladín oceánov

V minulosti, keď vodný cyklus ešte nebol známy, si ľudia kládli otázku, ako je možné, že hladiny morí a oceánov nestúpajú, hoci do nich neustále prúdia všetky rieky sveta. V dnešných časoch, keď vodný cyklus poznáme a hydrologické merania ukazujú, že hladiny morí a oceánov stúpajú, akoby nikoho ani nenapadlo, že príčinou tohto javu môžu byť aj vody riek, ktoré do nich prúdia (obr. 26). Stúpanie hladín oceánov sa pripisuje zvyčajne roztápaniu ľadovcov následkom globálneho otepľovania. Jednotlivé informačné zdroje sa rozchádzajú v názoroch na mieru stúpania hladín oceánov v 20. storočí, ale väčšina z nich uvádza číslo 10 cm alebo viac, čo je priemerne o 1 mm ročne. Začiatkom 20. storočia rýchlosť stúpania hladín pravdepodobne nepresahovala 1 mm za rok, na konci tohto storočia však výrazne presiahla 1 mm za rok. V súčasnosti dosahuje stúpanie hladín oceánov za rok až 2,4 mm.<sup>45</sup>

Rýchlosť  
stúpania  
hladín  
oceánov

Sledovanie ľadovcov je logické. Nejde totiž o malé objemy, voda ukrytá v permanentnom ľade a snehu tvorí okolo 1,7 % svetových zásob vody a takmer 70 % svetových zásob sladkej vody. Rozsah zaľadnenia v histórii Zeme korešpondoval s teplotnými pomermi na nej a tomu zodpovedalo i kolísanie hladín oceánov. Udáva sa, že hladina svetového oceánu na vrchole poslednej doby ľadovej pred 20 000 rokmi bola približne o 125 m nižšie ako dnes. Najviac ľadu sa v súčasnosti nachádza v Antarktíde – takmer 90 % ľadu uskladneného v pevninských ľadovcoch sveta; v Grónsku je to okolo 10 %. Roztopenie všetkých ľadovcov, ktoré sa nachádzajú v Antarktíde a Grónsku, by podľa výpočtov spôsobilo stúpnutie hladiny svetového oceánu o 60 – 80 m, kým roztopenie ľadovcov na všetkých ostatných pevninách len okolo 0,5 m. Roztápajúci sa ľad nepevninského pôvodu (napr. v Severnom ľadovom oceáne), ktorý pláva na hladine oceánu, naopak, jeho hladinu nijako nezvyšuje. Platí tu Archimedov zákon rovnako ako v prípade voľne plávajúcej kocky ľadu v pohári s nápojom.

Voda  
uskladnená  
v ľadovcoch

Pre stabilitu ľadovca je dôležité to isté čo pre stabilitu hydrologických pomerov v krajine – vyrovnaná bilancia. V prípade ľadovca ide o rovnováhu medzi akumuláciou najmä vplyvom sneženia a ubúdaním najmä vplyvom topenia a sublimácie. Žiaľ, komplexnejšia ľadovcová bilancia sa skúma skôr na (menších) ľadovcoch mimo ťažko dostupných teritórií Grónska a Antarktídy. Väčšina z nich skutočne zaznamenáva väčší alebo menší úbytok objemu. Čo sa týka Grónska a Antarktídy, predstavy širokej verejnosti sa formujú predovšetkým na základe mediálne populárnych a emocionálne silných scén ulamovania a trieštenia ľadovcov v okrajových častiach oceánu. Tieto zábery sa robia zvyčajne z okrajov ľadovcov, ktoré sú pomerne ľahko dostupné médiám a výpravám. Často sa nepresne

Bilancia  
ľadovcov

<sup>45</sup> Zdroj: NASA, <http://sealevel.jpl.nasa.gov/gallery/presentations/public-presentation/03-GP-science-apps.ppt#19>

interpretuje aj príčina odlamovania ľadovcov. Odlamovanie v okrajových častiach kontinentálnych ľadovcov priamo zasahujúcich do oceánov a morí a praskanie ľadovcov nepevninského pôvodu má veľa ráz mechanický pôvod a prispieva k nemu napríklad neustále kolísanie (zvyšujúcej sa) hladiny oceánov vplyvom prílivu a odlivu.

Výskumy ľadovcov v Antarktíde a Grónsku ukazujú, že vo vnútrozemí sa permanentne zvyšuje hrúbka ľadu, pretože v prostredí permanentného mrazu sa sneh ukladá a neroztápa. Údaje o vyrovnanosti bilancie ľadovcov v Antarktíde a Grónsku nie sú jednotné, v poslednom čase sa v prípade Grónska čoraz viac konštatuje celkový úbytok ľadu.<sup>46</sup> Je logické, že pri súčasnom trende prehrievania kontinentov ľadovce napríklad rýchlo ubúdajú v Alpách, keďže sú obkolesené „horúcimi platňami“ priemyselných regiónov Európy. Ľadovcová voda sa v tomto prípade stáva súčasťou odtoku a končí sa v mori, pričom prispieva (čiastočne) k zvýšeniu jeho hladiny.

Pevninské  
ľadovce

Ďalším logickým vysvetlením stúpania hladín oceánov okrem zvýšeného odtoku z ľadovcov je zvýšenie odtoku vody pevninského neľadovcového pôvodu a jej následného ukladania do oceánov. Kým odtok z topenia ľadovcov sa prakticky bez námietok prijíma ako vysvetlenie stúpania hladín oceánov, vysvetlenie prostredníctvom úbytku vody z krajiny naráža na obrovské predsudky a mentálny odpor. Pritom nepatrné, sotva pozorovateľné (cca 1 %) zvýšenie ročného odtoku do oceánov (v porovnaní s vyrovnanou bilanciou) prostredníctvom riek, na úkor hladín podzemnej vody, pôdnej vlhkosti a rastu vegetácie, by predstavovalo objem vody, ktorý by za sto rokov zväčšil objem oceánov o 36 146 km<sup>3</sup> vody, čo zodpovedá stúpnutiu ich hladín o 10 cm (pri zanedbaní zvýšeného odparovania z hladín oceánov či objemovej expanzie vody vplyvom zvýšenej teploty a ďalších faktorov).

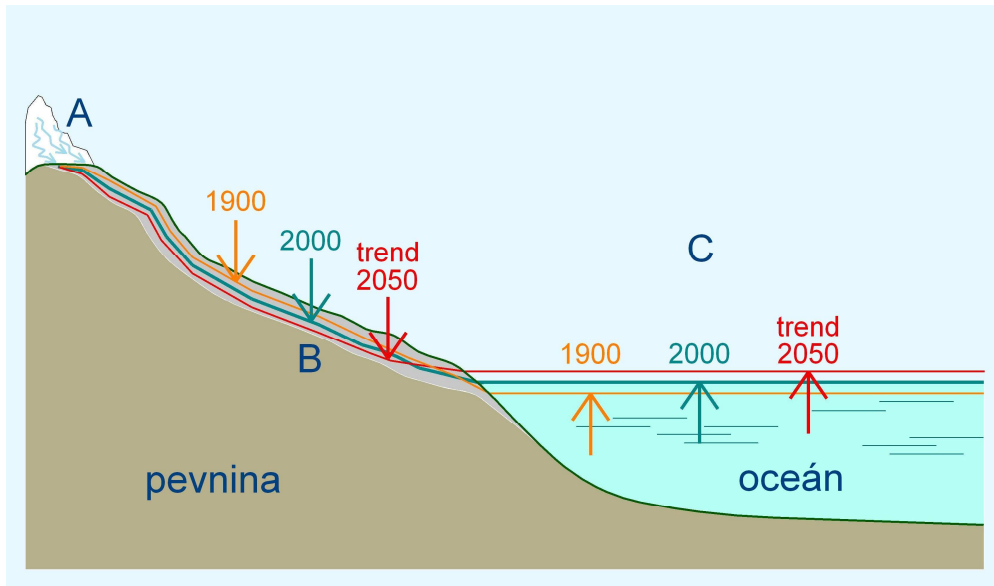
Odvodňovaní  
e krajiny  
a rast hladín  
oceánov

Ďalšie centimetre vody v oceánoch mohli pribudnúť počas kultúrnej histórie ľudstva z vody, o ktorú početné civilizácie pripravili svoje územia – z vody európskeho klimaxového lesa vyrúbaného za posledných tisíc rokov či z vody, ktorá v časoch Rímskej ríše zavlažovala mestá a polia severnej Afriky. Ak niekto popiera, že táto voda je v oceánoch, potom by mal povedať aj to, kde je. Je isté, že vo väčšine prípadov nie je v tom istom množstve na územiach, ktoré človek „civilizoval“. Podiel vody ľadovcového a neľadovcového pôvodu na stúpaní hladín oceánov momentálne nepoznáme. Vedecká obec by sa mala zaoberať vodou pevninského neľadovcového pôvodu zvyšujúcou hladiny svetového oceánu o to intenzívnejšie, o čo viac nám v krajine táto voda chýba v porovnaní s vodou z ľadovcov.

Chýbajúca  
voda  
v krajine

---

<sup>46</sup> Pozri napr. Greenland's Ice Melt Grew by 250 Percent, Satellites Show, National Geographic, September 20, 2006, <http://news.nationalgeographic.com/news/2006/09/060920-greenland-ice.html>



**Obr. 26** Vplyv topenia ľadovcov (A) a poklesu zásob vody na kontinentoch (B) na stúpanie hladín oceánov (C)

### 5.3 Vplyv úbytku vody v malom vodnom cykle na rast globálneho napätia

V 20. storočí vzrástla priemerná ročná teplota vzduchu na Slovensku asi o 1,1 °C (v zime ešte viac). Priemerný pokles ročných úhrnov atmosferických zrážok bol 5,6 % (na juhu pokles aj viac ako 10 %, na severe rast do 3 % za celé storočie). Zaznamenal sa aj výrazný pokles relatívnej vlhkosti vzduchu (do 5 %). Charakteristiky potenciálneho a aktuálneho výparu, vlhkosti pôdy, globálneho žiarenia a radiačnej bilancie potvrdzujú, že najmä juh Slovenska sa postupne vysušuje (rastie potenciálna evapotranspirácia a klesá vlhkosť pôdy).<sup>47</sup> Priestorovú koncentráciu spadu zrážok sprevádza aj koncentrácia v časovom rozdelení zrážok. Predlžuje sa obdobie „sucha“ a skracuje sa čas, keď väčšina zrážok vypadne. Vznikajú povodňové vlny zasahujúce prehriate nížinné oblasti, kde takmer nezaprší. Malé Slovensko, ktoré zďaleka nepatrí medzi najproblémovjšie krajiny sveta, s uvedenými trendmi a s hrozbami, ktoré z nich vyplývajú, ilustruje typické hydrologické problémy súčasného sveta.

Slovensko  
ako ilustrácia  
problémov

Čo sa týka klímy a obehu vody na svete v 21. storočí, OSN zverejňuje neradostné až katastrofické vyhladky: „Existujúce globálne otepľovanie sa podľa predpovedí ešte zvýši a spôsobí obrovské zmeny vo výpare a v zrážkach, spojené s nevyspytateľným správaním hydrologického cyklu.

Prognóza  
ďalšieho  
zhoršovania  
klímy

<sup>47</sup> Štvrtá národná správa SR o zmene klímy a Správa o dosiahnutom pokroku pri plnení Kjótskeho protokolu. Slovenská republika, Ministerstvo životného prostredia SR, SHMÚ, Bratislava, 2005

Vyššie teploty vzduchu zvýšia odpar zo svetových oceánov, obeh vody sa zintenzívni. Vyššie teploty budú znamenať aj vyšší odpar z pôdy, takže do riek sa dostane menej vody. Tieto zmeny budú spojené so zmenami režimu zrážok a s rastom extrémnych udalostí vrátane záplav a súch.<sup>48</sup> Týmto posunom k typu podnebia s veľkou prevahou vplyvu veľkého vodného cyklu nad malým vodným cyklom sa galéria hrôz podľa OSN nevyčerpáva. Popri predpovedi, že suché oblasti sveta budú v budúcnosti ešte suchšie, sa však výpočet hrozieb končí konštatovaním, že v nepredvídateľnom svete budúcnosti je predvídateľný nárast skupiny krajín s nedostatkom vody.

Priama osobná spotreba vody na pitie a hygienu je relatívne malá a pohybuje sa rádovo v desiatkach litrov na osobu denne, ale množstvo vody potrebné na vyprodukovanie dennej dávky potravín sa na osobu pohybuje rádovo v tisíckach litrov a má tendenciu rásť. Spotreba vody v priemysle v 20. storočí mala tiež stúpajúcu tendenciu. Dostupnosť 1 700 m<sup>3</sup> vody na osobu ročne je definovaná ako spodná hranica na uspokojenie kombinovaných potrieb ľudí, poľnohospodárstva, priemyslu a životného prostredia. V tomto ponímaní možno objem medzi 1 700 a 1 000 m<sup>3</sup> vody dostupnej na osobu ročne považovať za stav napätia a objem pod 1 000 m<sup>3</sup> za stav nedostatku vody. Krajiny s menej ako 500 m<sup>3</sup> vody na jedného obyvateľa ročne sa považujú za krajiny s katastrofálnym nedostatkom vody. K takýmto krajinám patrí Somálsko či územie Palestíny, ktoré majú k dispozícii iba 320 m<sup>3</sup> vody na jedného obyvateľa ročne. V súčasnosti žije v stave napätia v súvislosti s vodou 700 miliónov ľudí v 43 krajinách sveta, najmä na Blízkom Východe a v subsaharskej Afrike.

Spotreba  
a potreba  
vody

Pri súčasnej tendencii rastu miest možno očakávať rast osobnej a priemyselnej spotreby vody. Zároveň možno očakávať rast potreby vody na produkciu potravín v najchudobnejších rozvojových krajinách. Tieto krajiny s vysokým prírastkom obyvateľstva a s nízkym finančným kapitálom už dnes spotrebujú viac než 80 % vody v poľnohospodárstve a navyše budú vystavené rastúcim extrémom počasia. Možno očakávať stratu živobytia pre milióny roľníkov a rastúcu závislosť od prísunu potravín z vyspelých krajín. Potreba vodných zdrojov rastie nielen pre znižovanie ich počtu a výdatnosti, ale i pre znižovanie ich kvality. Na rastúce požiadavky ľudí, poľnohospodárstva a priemyslu zvyčajne najviac dopláca životné prostredie a ak nenastane zmena, zrejme bude i naďalej doplácať. Podľa správy OSN by sa počet ľudí žijúcich v stave napätia v súvislosti s vodou mal do roku 2025 zvýšiť na viac ako 3 miliardy a 14 krajín by sa malo presunúť z kategórie napätia do kategórie nedostatku vody.<sup>49</sup>

Prognózy  
potreby vody  
v budúcnosti

Niektoré prejavy nedostatku vody sú viditeľné už dnes. Z rôznych kútov sveta prichádzajú správy o katastrofálnych suchách, zasolovaní pôd veľkých území, regiónoch s rapídny poklesom hladiny podzemných vôd a o vysychajúcich riekach a jazerách či rozširujúcich sa púšťach. Zvyšovanie priemerných alebo sezónnych teplôt môže mať vážne následky na zdravie a psychiku

Absencia  
riešení

<sup>48</sup> Human Development Report 2006. Published for the United Nations Development Programme (UNDP) – Beyond scarcity: Power, poverty and the global water crisis

<sup>49</sup> Tamže

ľudí a spôsobovať problémy pri ich adaptácii. Scenár adaptácie je to jediné, čo medzinárodné organizácie dokážu zatiaľ ponúknuť svetovej verejnosti. Tento scenár však dokumentuje rezignáciu a priznanie neschopnosti riešiť problém. Presun obrovského množstva obyvateľov, sídiel a výroby do chladnejších oblastí je tiež takmer nerealizovateľný, pričom by bol spojený s nenahraditeľnou stratou kultúrneho a prírodného dedičstva opustených sídiel a krajiny.

V takejto atmosfére napätia čoraz viac autorov opakuje slová bývalého generálneho tajomníka OSN Butrus Butrus-Ghaliho, ktorý sa vyjadril, že vojny 21. storočia budú vojnami o vodu. Voda sa už de facto začala používať ako zbraň medzištátneho politického nátlaku, v neposlednom rade na území niekdajšej Mezopotámie. Turecký projekt GAP (Rozvojový projekt juhovýchodnej Anatólie) ráta s výstavbou 21 nádrží a 19 hydroelektrární na riekach Eufrat a Tigris. Masívne využívanie ich vôd a vôd ich prítokov na intenzívne poľnohospodárstvo na obrovských plochách má zvýšiť počet i objem úrod za rok. Vyrobené poľnohospodárske produkty sa majú vyvážať do zahraničia. Sýria a Irak, ktoré ležia nižšie po prúde, sa vážne obávajú možnosti vydierania znížením množstva (ako sa už viac ráz stalo) a kvality (vyššie zasolenie) vody. Situácii neprospeievajú ani vyjadrenia niektorých tureckých predstaviteľov, že tak ako ich nenapadne, aby si robili nárok na ropu, ktorej zdroje sú v Iraku, tak si Irak nemôže nárokovať na vodu, ktorá pramení v Turecku...

Vojny  
o vodu?

Pesimisti sa v otázke vojen o vodu odvolávajú na zápis z roku 2 450 pred Kristom o takejto vojne medzi dvoma sumerskými mestskými štátmi Lagaš a Umma v dolnej Mezopotámii. Optimisti poukazujú na skutočnosť, že aj keď bola voda (ako takmer všetko na svete) často predmetom vnútroštátnych sporov i ozbrojených bojov, okrem uvedeného prípadu v histórii nie sú známe ďalšie medzištátne ozbrojené konflikty, v ktorých by boli zdroje vody uznané za strategický a nie „iba“ za taktický cieľ. Je dobré byť optimistom, hoci sa hovorí, že optimista je len horšie informovaný pesimista. V perspektívach zásobovania vodou v 21. storočí sa však obidve skupiny často zhodujú, že doterajší vývoj obsahuje viac hrozieb než príslubov riešení.

Pesimistické  
vyhliadky

**Tab.6 Možné indikátory príčin a dôsledkov úbytku vody v malom vodnom cykle**

– trend poklesu minimálnych prietokov vo vodných tokoch
– trend rastu extrémnych prietokov (povodňových vln) vo vodných tokoch
– trend dlhodobého poklesu zrážkového úhrnu v odvodňovaných územiach, – priestorové a časové zmeny rozdelenia zrážok v území – trend rastu extrémnej zrážkovej a búrkovej činnosti
– trend dlhodobého rastu hladín oceánov – trend dlhodobého poklesu hladín podzemných vôd
– trend poklesu pôdnej vlhkosti – trend poklesu objemu zásob podzemných vôd – rozširovanie suchých území, polopúšti a púšti
– rast počtu populácie so zhoršeným prístupom k pitnej a úžitkovej vode – pokles biodiverzity územia

– rast nerovnováhy v ekosystémoch
– prehrievanie územia a rozširovanie plôch „horúcich urbánnych a poľnohospodárskych platní“ – trend rastu teplotných rozdielov horúcich platní a zachovaných prírodných území s vegetačnou pokrývkou – trend rozširovania zastavaných plôch, nepriepustných povrchov, plášťov budov a iných obostavaných priestorov
– skracovanie dĺžky vodných tokov (úpravami tokov, odrezávanie ramien) – trend poklesu percenta vodných útvarov (jazier, rybníkov a ostatných vodných plôch v intravilánoch a extravilánoch sídiel) a zamokrených území (mokradí) z celkovej plochy krajiny – trend rastu odvodnených plôch (budovami a pevnými povrchmi) – trend poklesu plôch zalesnených území
– rast počtu poisťných udalostí a objemu vyplatených poisťiek za živelné pohromy a za škody spôsobené extrémnymi prejavmi počasia a ich dôsledkami

## 6 STARÁ A NOVÁ VODNÁ PARADIGMA

*Kde dážd' svojho otca má,  
a kto splodil rosy kvapôčky?*

*Biblia, Jób 38, 28*

*Vyvierať budú vody na púšti  
a potoky na pustatine,  
vyschnutá zem bude jazerom  
a suchá pôda prameňom vôd...*

*Biblia, Izaiáš 35, 6 – 7*

Filozofi, historici a myslitelia sa rozchádzajú v názoroch na mnohé záležitosti modernej doby v Európe, zhodujú sa však v tom, že ju charakterizuje silný dôraz na racionálne myslenie a vedecké poznanie. Tento, možno trochu arogantný prístup modernej doby narazil na realitu problémov súvisiacich s nedostatkom donedávna zdanlivo všadeprítomnej skromnej vody. Od opatrnej kritiky starého nazerania na otázky vody prejdeme v tejto kapitole k predstaveniu nového vzťahu k vode, ktorý vodu a jej funkciu v životnom prostredí viac rešpektuje.

### 6.1 Stará vodná paradigma

Modernú dobu charakterizuje presvedčenie, že ľudským rozumom možno vyriešiť všetky problémy a že veda a technika nezvratne povedú k nepretržitému pokroku a stále k lepšiemu a šťastnejšiemu svetu. Dve svetové vojny a ďalšie vojny v 20. storočí, holokaust, atómová bomba, vznik totalitných režimov, podiel vedy na vývoji ničivých zbraní, priemyselné ekologické katastrofy a mnohé iné faktory však nahlodali vieru vo veda a v nevyhnutný pokrok do tej miery, že mnohí myslitelia pokladajú obdobie rokov 1965 – 1975 za začiatok skeptickej postmodernej doby, ktorá okrem iného pripúšťa, že vývoj môže ísť aj späť, prípadne sa môže pohybovať v cykloch či špirálach.

Viera vo veda a v pokrok
-----------------------------

Odraz pôvodne biblického a v 20. storočí silne sekularizovaného myslenia typu „človek, pán tvorstva, mení beh prírody“ môžeme pozorovať aj vo vodnom hospodárstve. Nad možnosťou budúceho nedostatku vody sa v krajinách s dostatkom vody len málokto zamýšľal. Občasné hlasy

Človek mení beh prírody
----------------------------



za zodpovednosť v hospodárení s vodou sa často stratili v optimizme založenom na domnejšej všemohúcnosti vedeckých a technických riešení. Inžinierske riešenia dokázali prepraviť vodu na veľké vzdialenosti. Na jej akumuláciu sa stavali veľké vodné diela, ktoré mali popri vodárenskom využití aj energetický význam a slúžili i na protipovodňovú ochranu. Voda v krajine a v pôde znamenala skôr prekážku. Aby sa získala poľnohospodárska pôda, vysušovali sa mokrade, vyrovnávali toky a odstraňovali meandre a mŕtve ramená. Toky sa kanalizovali, aby vodu čo najrýchlejšie odviekli. Rozorávali sa medze a odstraňovali sa hydromorfne krajinné prvky, čím sa získavali rozsiahle súvislé plochy, ktoré boli synonymom modernej veľkovýroby. Cieľom odvodňovania pôdneho fondu bolo rozšíriť plochy, zvýšiť výnosy niektorých suchomilných obilnín, a tak dosiahnuť sebestačnosť v produkcii chleba. V prípade potreby závlah bol k dispozícii dostatok povrchovej vody.

Dažďová voda v mestách mala podobný osud ako voda v krajine. Stojaca voda či blato v meste sa stali symbolom hanby a prejavom nižšej kultúrnosti. Preto sa čo najväčšie plochy betónovali, asfaltovali a dažďová voda z nich a zo striech sa odvádzala kanalizáciou do najbližšieho toku. Všetka voda pre obyvateľstvo bola veľkoryso dodávaná ako pitná, bez ohľadu na to, že len malá časť sa z nej využívala na konzumáciu. Voda sa využívala jednorazovo a po vyčistení putovala do mora. Zásobovaniu vodou z vodovodu a kanalizácii miest a dedín sa určite právom pripisovali úspechy pri potlačení niektorých nákazlivých chorôb. Aj preto sa ich rozšírenie pre všetko obyvateľstvo stalo strategickým cieľom. Takýto spôsob nazerania na vodu a zaobchádzania s ňou slávil veľké úspechy. Pre rozvojové krajiny sa stal vzorom poriadku a civilizovanosti a najmä v krajinách s relatívnym dostatkom vody sa vo veľkom využíval.

Zdanlivé  
víťazstvo nad  
prírodou

Naznačená „stará paradigma“ je skôr tradíciou a praxou ako takto artikulovanou teóriou. Napriek tomu ako myšlienkové pozadie reálne existuje a nachádza svoj odraz v učebniciach i v praxi. Kedysi sľubovala pokoj, bezpečie a prosperitu. S časovým odstupom môžeme povedať, že tento sľub nespĺnila. Ak by sme hľadali učebnicový príklad zlyhania inžinierskych prístupov manažmentu vody v modernej dobe, najdrastickejší príklad by sme našli pravdepodobne v bývalom Sovietskom zväze. Komunistický režim v tejto krajine sa v istom zmysle cítil ako stelesnenie „racionalizmu“ modernej doby a katastrofu vnútrozemského Aralského mora, hoci nie vo všetkých aspektoch typickú, možno pokladať za esenciu arogantného zaobchádzania s vodou v druhej polovici 20. storočia. Pre 3 500 rokov obývané úrodné územie medzi riekami Amudarja a Syrdarja bohatými na vodu znamenalo 30 rokov márnivého drancovania vody na závlahy ekologickú katastrofu – čiastočné vyschnutie mora a riek, deštrukciu ich ekosystémov, rapídne zníženie biodiverzity (v Aralskom mori už nežijú ryby) a celkové odvodnenie a spustnutie regiónu, ktoré završuje vietor roznášajúci po krajine soľ a pesticídy z odkrytého morského dna. Z veľkej časti vyschnuté Aralské more prestalo zmiernovať rozdiely teplôt medzi zimou a letom. S rastom rozdielu teplôt sa zvýšila rýchlosť vetrov a intenzita prachových búrok. Degradáciu životného prostredia sprevádzal ekonomický úpadok a dlhý zoznam súvisiacich zdravotných problémov približne 3 miliónov obyvateľov v bezprostrednom a 35 miliónov obyvateľov v širšom okolí mora.

Prvé veľké  
zlyhania

Necitlivé narábanie s vodou však nie je iba problémom Strednej Ázie. U nás ho poznáme skôr ako činnosť človeka v lesnom a vodnom hospodárstve, v poľnohospodárstve a v urbánnych zónach, ktorá vychádza z filozofie čo najrýchlejšieho odvádzania vody z povodia.

Pukliny  
avizujúce pád  
konštrukcie

Niektoré následky sme už v tejto publikácii spomínali. Znižovanie retenčnej schopnosti povodí spôsobilo vyprázdňovanie malého vodného cyklu v prírode, pokles vlhkosti pôdneho profilu, pokles hladín podzemných vôd, ako aj prehrievanie celých území. Polia bez prirodzených prekážok odtoku dažďovej vody sú v horských a podhorských oblastiach ideálnym prostredím na pôdnu eróziu a vznik lokálnych povodní. Ďalší výpočet negatív zahŕňa rýchle zanášanie vodných nádrží, znižovanie zásob podzemných vôd, pokles minimálnych prietokov v zrážkovo deficitnom období, narastajúci trend kulminačných povodňových prietokov atď. Vodohospodári sa už ani nesnažia zakryvať, že ak by sa požadované extrémne nároky na štátny rozpočet na opatrenia, ktoré navrhujú, skutočne poskytli, situácia by sa nezlepšila, resp. zlepšila by sa len málo. Naše mestá sa postupne premieňajú na vysušené „horúce ostrovy“, kde ľudia trpia alergiami na prach a peľ a kde počas letných horúčav starší ľudia zomierajú na zlyhanie srdca. Mestá, ktorých lokalita bola voľakedy zvolená s ohľadom na bohatý zdroj vody, dnes s veľkými ťažkosťami dopravujú a čistia vodu z veľkých vzdialeností, zatiaľ čo kanalizujú dažďovú vodu, ktorá im padá na hlavu.

Meteorologické pozorovania konštatujú, že jedenásť z posledných dvanástich rokov (1995 – 2006) patrí medzi dvanásť zaznamenaných najteplejších rokov z hľadiska priemernej teploty zemského povrchu. Podľa hlavného prúdu súčasnej vedy globálne otepľovanie neprestane

Rast  
extrémov  
počasía

ešte niekoľko storočí po zaniknutí jeho údajných príčin. Tými majú byť CO<sub>2</sub> a ďalšie skleníkové plyny pochádzajúce z ľudskej činnosti, ktoré spôsobujú radiačné zosilnenie slnečného žiarenia v atmosfére. So zvýšením teploty atmosféry a oceánov súvisí adekvátne zvýšený obsah vodných pár v atmosfére (na každý stupeň Celzia zvýšenia teploty môže vzduch teoreticky absorbovať o 7 % viac vodnej pary), ktoré spôsobuje početné dlhotrvajúce klimatické zmeny regionálneho a kontinentálneho významu. Výskyt extrémnych horúčav a intenzívnych zrážok sa zvýšil nad väčšinou pevniny a je pravdepodobné, že tento trend bude pokračovať.<sup>50</sup> Výrazné vysušovanie zasiahlo rozsiahle oblasti Európy, Ázie, Kanady, západnej a južnej Afriky a východnej Austrálie. V druhej polovici 20. storočia sa na celom svete významne zvýšil počet veľkých povodní (100 – 200-ročná voda).<sup>51</sup>

Vedecké poznanie, na ktoré sa spoliehala moderná doba, momentálne šíri skôr strach z budúcnosti ako nádej na riešenie. Súčasná veda pripisuje väčšinu spomínaných i viacerých ďalších negatív globálnemu otepľovaniu. Rast extrémov klímy je v jej očiach podmnožinou, ak nie

Globálne  
otepl'ovanie  
ako hlavný  
nepriateľ

<sup>50</sup> Climate Change 2007: The Physical Science Basis – Summary for Policymakers. 10th Session of Working Group I of the IPCC, Paris, February 2007

<sup>51</sup> CRS Report for Congress, Climate Change: Science and Policy Implications. Order Code RL33849, January 25, 2007

priamo synonymom globálneho otepľovania, ktoré sa má v tomto storočí ešte zintenzívniť. A predsa sa z klimaticko-historického pohľadu dnes ako najlepšie v Európe javí obdobie medzi 9. a 13. storočím, ktoré bolo v niektorých desaťročiach a v niektorých oblastiach výrazne teplejšie ako 20. storočie. Vinič sa na komerčnej báze pestoval 300 – 500 km na sever od hranice jeho pestovania v 20. storočí a Vikingovia osídľovali Grónsko. Bolo to však najmä obdobie klimatickej stability, len epizodicky narušovanej extrémnejšími prejavmi počasia. Tento klimaticky „zlatý vek“ umožnil veľký hospodársky rozmach, stavbu katedrál, ale i ďalšie rozširovanie poľnohospodárstva so sprievodným odlesňovaním. Naopak, ochladenie, po ktorom dnes tak túžime, prinieslo Európe v čase „malej doby ľadovej“ (s určitými výkyvmi od 14. až do polovice 19. storočia) vysokú nestabilitu počasia sprevádzanú neúrodou, biedou, hladomormi a inými nešťastiami.<sup>52</sup> Rast extrémov klímy teda nie je totožný s globálnym otepľovaním a stabilizácia klímy s jej ochladením.

Je zarážajúce, že kým vedecké publikácie a konferencie zdôrazňujú dopady globálneho otepľovania na obeh vody v prírode, takmer úplne mlčia o vplyve vodného cyklu na klimatické zmeny. Fascinácia CO<sub>2</sub> je taká veľká, že dominuje aj tomu relatívne malému počtu vedeckých článkov, ktoré sa zaoberajú vzťahom vegetácia – klíma. Mechanizmus odovzdávania tepla vodnej pary v hornej časti troposféry, podobne ako účinkov mrakov na tepelnú bilanciu Zeme, sú málo preskúmané.<sup>53</sup> Čo púta pozornosť vedcov je albedo, t. j. pomer odrazeného slnečného žiarenia k celkovému dopadajúcemu žiareniu. Tu sa vegetácia dostáva do nemilosti, pretože pohlcuje viac (odráža menej) slnečného žiarenia ako pôda zbavená vegetácie.<sup>54</sup> Je logické, že za daného stavu poznania mnohí vedci nepatria medzi nadšencov zavodňovania a zalesňovania kontinentov, aj keď to málokedy otvorene hovoria. Sami však iný recept na záchranu planéty, okrem už spomínaného málo perspektívneho znižovania obsahu CO<sub>2</sub> v atmosfére (znižovaním jeho produkcie priemyslom, nie jeho pohlcovaním vegetáciou) nemajú. Nečudo, že v tejto zúfalej situácii sa vedci a politici viac orientujú na metódy adaptácie sa „nevyhnutným“ negatívnym zmenám než na ich odvrátenie.

Trendy vo vedeckom výskume

Nielen v modernej dobe, ale pravdepodobne v celej doterajšej histórii sprevádzal ľudí v regiónoch oplývajúcych vodou pocit, akoby táto hojnosť nikdy nemala skončiť. Nedostatok vody bol u nás ešte pred niekoľkými desaťročiami ťažko predstavitel'ny podobne ako náhla zmena klímy. V 20. storočí však ľudstvo dosiahlo taký stupeň rozvoja, ktorý mu umožňuje vedome či nevedome vodný cyklus meniť v nebyvalom rozsahu. Zmena vodného cyklu a klímy ľudskou činnosťou (popri mnohých externých faktoroch) je evidentná a stále prebieha. Stará paradigma, ktorá považovala vodu za neobmedzený obnovitel'ny zdroj, zlyhala.

Potreba novej paradigmy

<sup>52</sup> Brian Fagan, Malá doba ľadová – Jak klima formovalo dějiny v letech 1300-1850, Academia, Praha, 2007

<sup>53</sup> Wigley, T. M. L., V. Ramaswamy, J. R. Christy, J. R. Lanzante, C. A. Mears, B. D. Santer, C. K. Folland, Temperature Trends in the Lower Atmosphere – Understanding and Reconciling Differences, Executive Summary, A Report by the Climate Change Science Program and the Subcommittee on Global Change Research, 2006

<sup>54</sup> Pozri napr. Trees to offset the carbon footprint? Lawrence Livermore National Laboratory, April 10, 2007, [http://www.llnl.gov/PAO/news/news\\_releases/2007/NR-07-04-03.html](http://www.llnl.gov/PAO/news/news_releases/2007/NR-07-04-03.html)

Pravdou je, že voda je obnoviteľný zdroj, pokiaľ je vodný cyklus funkčný. Je potrebná nová paradigma, ktorá bude krehkú rovnováhu vodného cyklu starostlivo chrániť.

## 6.2 Nová vodná paradigma

To, čo sme uviedli v predchádzajúcej kapitole, neznamená absolútne odmietnutie všetkého, čo stará vodná paradigma hlásala a čo dosiahla. Opak je pravdou. Vieme, že v dejinách myšlienok dopadli zle systémy, ktoré sa snažili negovať všetko, čo im predchádzalo. Vieme tiež, že aj taký veľký vedec ako Sir Isaac Newton skromne vyhlásil: „Ak vidím ďalej, je to len vďaka tomu, že stojím na pleciach obrov.“ Stará vodná paradigma dosiahla mimoriadnu efektívnosť v riešení okamžitých a partikulárnych problémov vody. Ak to bolo potrebné, dokázala vodu zadržať, dopraviť na veľké vzdialenosti, využiť, vyčistiť a odvieť. Stará vodná paradigma úspešne rieši tieto úlohy dodnes a nepochybne by to robila ešte dokonalejšie v budúcnosti. Tak ako kresťania v prvých storočiach používali kamene z pohanských chrámov na stavbu nových chrámov, tak bude rodiaca sa nová vodná paradigma využívať mnohé výdobytky starej. Nová vodná paradigma ich však musí využívať v novom duchu.

Zásluhy starej  
paradigmy

Nová vodná paradigma sa musí poučiť z chýb starej paradigmy. K najväčším chybám starej paradigmy z nášho hľadiska patrí to, že vodu, s ktorou narába, vníma ako izolovanú entitu. Zanedbáva jej interakciu v rámci celého ekosystému, najmä pokiaľ ide o vodu ľudskému oku skrytú (voda v pôde, v atmosfére, v rastlinách), a zanedbáva synergický účinok aj drobných opatrení regulujúcich stav a obeh vody v krajine. Čitatelia, ktorí nezačali čítať našu publikáciu až od tejto kapitoly, ale prečítali si aj predchádzajúci text, vedia, aké opatrenia a aké dopady máme na mysli. Stará paradigma považuje vodu v krajine za fixne daný obnoviteľný zdroj, ktorý síce podlieha výkyvom globálnej klímy, ba je jej hračkou, ale sama globálnu klímu významnejšie neovplyvňuje. Obeh vody podľa starej vodnej paradigmy možno sotva ovplyvniť ľudskou činnosťou a ak áno, tak len okrajovo a nepriamo ovplyvňovaním iných parametrov, ktoré majú na globálnu klímu údajne väčší dopad ako voda. Slepota starej paradigmy voči klimatickým dopadom vodohospodárskych opatrení je navyše korunovaná ignorovaním významu malého vodného cyklu. Pri danom stave poznania sa nemožno čudovať, že vodohospodári, ale i tí, čo prichádzajú s vodou do styku, zanedbávajú vodnú bilanciu na všetkých úrovniach, zle s ňou hospodária a likvidujú najmä malý vodný cyklus.

Poučenie  
z chýb

V novej vodnej paradigme je vodná bilancia na všetkých úrovniach – na území jednotlivých obcí, vnútri miest, v lesoch i na poľnohospodárskych pozemkoch – ústrednou témou. Nová vodná paradigma upozorňuje, že popri globálnom otepľovaní prebieha na úplnom okraji záujmu vedeckej obce a verejnosti odvodňovanie kontinentov alebo ich významných

Len trvale  
vyrovnaná  
bilancia je  
udržateľná

častí. Odvodňovanie s následným prehrievaním kontinentov urýchľuje prirodzené prírodné procesy, ktoré prebiehajú v istej náväznosti a rovnováhe.<sup>55</sup> Odvodňovanie je spôsobené urbanizáciou s rýchlym odvádzaním dažďových vôd do morí a oceánov, poľnohospodárskou činnosťou a odlesnením stále väčších plôch zemského povrchu. Odvodňovanie vytvára „horúce platne“ s celým reťazcom následkov – s prehrievaním kontinentov, destabilizáciou vodného cyklu a rastúcimi extrémami počasia. To spôsobuje rozsiahle hospodárske a civilizačné škody. Výpočet, systematické sledovanie, stráženie a udržiavanie vyrovnanej vodnej bilancie sa preto stávajú imperatívom už na miestnej úrovni. Človek vo svojej histórii doteraz o tejto podmienke udržateľného hospodárskeho a civilizačného rastu neuvažoval.

Nová paradigma však bilanciu vody nielen ráta, ale zároveň ponúka riešenie na doplnenie jej deficitu. Stratenú vodu môžeme vrátiť späť na kontinenty zadržiavaním dažďovej vody v masovom meradle v mieste jej spadu, no najmä na tých plochách, kde bolo odvodňovanie spôsobené činnosťou človeka. Tak ako vplyvom ľudskej činnosti (ako jej neplánovaný vedľajší účinok) prebieha rozklad malého vodného cyklu, tak možno zámernou ľudskou činnosťou prispieť k jeho obnove nad krajinou a k zabezpečeniu dlhodobu stabilnej vodnej bilancie územia s dostatkom vodných zdrojov. Ak sa doterajší spôsob hospodárenia s dažďovou vodou v krajine zmení a začne sa realizovať zadržiavanie dažďovej vody v krajine prostredníctvom opatrení na zvýšenie vodozadržnej schopnosti celého povodia (často sú i protieróznymi opatreniami) a povrchovými vodnými tokmi sa budú odvádzat iba prebytky vody v území, potom sa s každou obrátkou vody pri obnove malého vodného cyklu budú postupne zlepšovať zásoby vody v území, zvyšovať objemy zrážkovej činnosti a znižovať extrémne prejavy počasia.

Doplnenie deficitu bilancie
-----------------------------

Rozličné formy vodozadržných opatrení používalo ľudstvo tisícročia na získavanie dodatočných zdrojov vody. Poznanie ich širšieho dopadu na ozdravenie vodného cyklu a klímy je síce často súčasťou ľudskej intuície, vedecky však nie je opísané. Klasické systémy získavania vody v 20. storočí boli postavené na budovaní vodných nádrží, v ktorých sa zbierala voda, vyrovnávala vodný režim riek a následne sa využívala na zásobovanie obyvateľstva, fungovanie priemyslu a na výrobu energie a potravín. V našom prípade je však cieľom zozbierať dažďovú vodu a podľa možností ju vrátiť do malého vodného cyklu. Hlavným princípom spočíva v umožnení vsaku vody do pôdy, v jej nasýtení, vo vytvorení zásob podzemných, ale aj povrchových vôd a v podpore rastu vegetácie, ktorá pôsobí ako klimatizačný ventil medzi pôdou a atmosférou. Kapacita pôdy (a podložia) je zvyčajne rádovo väčšia ako objem tých najväčších umelých nádrží v krajine. Proces nasycovania malého vodného cyklu opakujeme dovtedy, kým sa hydrologický režim povodia nestabilizuje. Opatrenia však treba vykonávať masovo. Ponechanie neošetrených veľkých „horúcich platin“ znižuje účinok opatrení vykonaných v ich blízkosti, ba niekedy ich priamo ohrozuje. Potrebné opatrenia sú v podstate jednoduché, efektívne a lacné a musia sa aplikovať na území každej obce a mesta. Do programu zadržiavania

Princíp nasycovania vodného cyklu
-----------------------------------

<sup>55</sup> Pozri napr. A new paradigm for assessing the role of agriculture in the climate system and in climate change, Roger A. Pielke Sr., Jimmy O. Adegoke, Thomas N. Chase, Curtis H. Marshall, Toshihisa Matsui, Dev Niyogi, *Agricultural and Forest Meteorology* 142 (2007), 234 – 254

dažďovej vody na kontinentoch by sa mali podľa možnosti zapojiť všetky komunity na svete.

V súvislosti so zadržiavaním vody v krajine sa vynára viacero paradoxov. Ľudia, ktorí sa obávajú povodní, môžu mylne očakávať, že veľkú vodu lepšie vsiakne odvodnená krajina a že do krajiny nasýtenej vodou sa už ďalšia voda „nezmestí“. Pokusy a skúsenosti ukazujú opak. Po zemi spálenej slnkom tečie voda ako po nepriepustnej fólii, kým do pôdy udržiavanej vegetáciou v zdravom stave vsakuje dobre. Navyše mierne teplotné rozdiely povrchu krajiny pokrytej zdravou vegetáciou neindukujú prívalový typ spadu zrážok, ako sa to deje v prehriatej a presušenej krajine. Jedným z paradoxov je teda to, že proti vode sa najlepšie bráni vodou.

Vodou proti vode

Iným zdanlivým paradoxom je skutočnosť, že metóda zadržiavania vody v krajine neoberá o vzácnu vodu susedov ďalej po prúde, ako sa to môže zdať. Rozdiel je podobný ako medzi statickou priamou ekonomikou a rozvíjajúcou sa slobodnou ekonomikou; prvá delí stále ten istý malý koláč a väčší kus pre jedného znamená nedostatok pre druhého, druhá delí koláč, ktorý stále rastie, v prospech všetkých. Zadržiavanie vody v krajine susedom pomáha. Odtok dažďovej vody z krajiny nezastavuje úplne, len ho spomaľuje. Namiesto okamžitých, dažďom diktovaných a často extrémne malých či extrémne veľkých prietokov najmä z povrchového odtoku odovzdáva susedom oveľa vyrovnanjší odtok sytený z podzemných vôd. Mierny dažď z malého vodného cyklu ovlažuje v krajine nasýtenej vodou i mestá, polia a lesy susedov, ktorým sa otvára príležitosť hospodáriť s vodou podobne. Metóda zadržiavania vody v krajine namiesto vysušených kaskád vytvára kaskády povodí a ich častí bohaté na vodu.

Rastúci koláč

Nová vodná paradigma znamená rozvíjať, využívať a podporovať plošné ekosystémové zadržiavanie dažďovej vody v povodiach, aby ekosystémy „vyrábali“ dostatok kvalitnej vody pre človeka, potraviny i pre prírodu, aby čistili znečistenú vodu, zmierňovali riziká výskytu živelných pohrôm, povodní, súch a požiarov, stabilizovali klímu, posilňovali biodiverzitu a boli súčasťou ekonomických udržateľných rozvojových programov. Nová vodná paradigma ponúka presadzovanie a podporu takej kultúry využívania krajiny, ktorá bude permanentne obnovovať vodu vo vodnom cykle prostredníctvom nasycovania pôdy dažďovou vodou. Nová vodná paradigma znamená nielen prinavrátenie prirodzenej zodpovednosti za stav vody na svojom území, ale môže priniesť i nový rozmer solidarity a tolerance medzi ľuďmi a komunitami v povodí.

Nová kultúra zodpovednosti za vodu

Nová vodná paradigma obsahuje niekoľko mimoriadne dobrých správ. Nová ekonómia vody sľubuje, že dokáže vyrovnať dlh, ktorý vznikol v minulosti, znížiť nepriaznivé účinky tohto dlhu prejavujúce sa v podobe extrémov počasia, ozdraviť hospodárenie s vodou a zabezpečiť jej dostatok.<sup>56</sup> Kontinenty so zadržanou dažďovou vodou sa teplotne a klimaticky stabilizujú a extrémny v počasí – najmä povodne a suchá – sa zmiernia (obr. 27). Zvyšovanie vodozadržnej kapacity krajiny a zachytávanie zrážok v mieste ich spadu sú sami osebe

Prísľuby novej paradigmy

<sup>56</sup> Pozri napr. Oldřich Syrovátka, Miloslav Šír a Miroslav Tesař. Změna přístupů ke krajině – podmínka udržitelného rozvoje (2002). K dispozici na [www.changenet.sk/ludiaavoda/sprava.stm?x=66907](http://www.changenet.sk/ludiaavoda/sprava.stm?x=66907)

účinnými protipovodňovými opatreniami. Živelné pohromy budú ľudstvo zrejme sprevádzať vždy, ale s výnimkou pôsobenia externých faktorov bude rast hospodárskych a civilizačných škôd spôsobených počasím značne eliminovaný. Tieto vyjadrenia sa týkajú aj možnosti oživenia polopúští a púští prostredníctvom dažďovej vody (obr. 28, 29, 30). V tomto prípade sa predpokladá mimoriadne dlhý a ťažký proces, pretože odparená voda bude so zreteľom na teplotné rozdiely unášaná do iných oblastí. V prípadoch, keď zmena nastala ľudskou činnosťou, ju možno zámernou ľudskou činnosťou uviesť do predchádzajúceho stavu. Pomalé a postupné oživenie polopúští a púští prostredníctvom dažďovej vody, predovšetkým na miestach, kde ešte relatívne nedávno kvitli civilizácie, by to nemalo byť nemožné.

Táto myšlienka predstavuje vzrušujúcu výzvu i program zároveň. Naši predkovia sa snažili v zápase s prírodou získať kus nekultivovanej zeme a scivilizovať ho. Aby ich civilizačné úsilie nevyšlo nazmar, my sa musíme snažiť získať vodu z oceánu, o ktorú sme v tomto zápase prišli.

Vzrušujúce  
výzvy

Začať môžeme od relatívne najmenších objemov zachytávaním dažďovej vody na vyschnutý trávnik pred naším domom. Podstatne náročnejšia je nájsť spôsob, ako vrátiť späť vodu, ktorá niekedy existovala na území mesta a bola od čias priemyselnej revolúcie deponovaná do oceánu. Najväčšou a na našom území maximalistickou požiadavkou by bolo navrátenie vody, ktorá v ekosystéme našej krajiny existovala v čase klimaxového lesa pokrývajúceho väčšinu nášho územia ešte pred necelými 1 000 rokmi. Mimo nášho teritória by sa dalo ísť aj ďalej – napríklad prinavrátiť vodu a obnoviť vodný cyklus v Stredomorí či na územiach bývalého Úrodného polmesiaca.

Treba si uvedomiť objektívnu skutočnosť, že voda sama osebe predstavuje finančnú hodnotu a že zhodnocuje krajinu. Skúsme si teda predstaviť, že ľudí žijúci v povodí alebo v jeho časti sú zamestnancami relatívne samostatnej filiálky veľkej firmy, ktorá zahŕňa celé ľudstvo.

Paralela  
s finančným  
hospodárením

Firma sa zaoberá zhodnocovaním sladkej vody, ktorú si pre tento prípad môžeme predstaviť ako synonymum peňazí. Najväčšiu hodnotu bude mať voda v živých organizmoch. Čím viac vody bude v živých organizmoch, tým viac bude života, biodiverzity, potravín, a tým lepšia bude ochrana všetkých ostatných prostredí vody. Vodu v živých organizmoch môžeme prirovnať k vzácnemu pokladu, ktorého sa nechceme vzdať za žiadnych okolností. Voda v pôde je vkladom na účte s vysokým úrokom. Ak sú peniaze na účte, úžitok z nich vďaka úroku rastie. Ak sa však dostaneme do mínusu pôdnej vlahy a nechceme prísť o poklad vody v živých organizmoch, špirála nových a nových pôžičiek z iných prostredí vody na splácanie úrokov nás tlačí a hrozí nám krach. Odvodnenie pôdy je životom na dlh. Voda zrážok z veľkého vodného cyklu je ako štátna subvencia. Prichádza zadarmo, ale nepravidelne, neadresne a v neadekvátnom množstve. Svojím charakterom narobí niekedy viac škody ako osohu. Spoliehať sa na ňu je riskantné, pretože dnes je, ale zajtra nemusí byť. Len voda zrážok v malom vodnom cykle pochádza z činnosti firmy, aj keď niekedy z iných filiálok a často sa o podstatnú časť dnešného zisku svojou prácou zaslúžili predchádzajúce generácie zamestnancov firmy. Voda v riekach je to, čo si vyššie položené spoločensvá posielajú ako dar na odovzdanie nižším. Spoločenstvo, ktoré je jeho poštárom, by sa ho nemalo snažiť vyrábať, ale odovzdať ďalej v dôstojnom alebo zveladenom stave....

Nová vodná paradigma radšej sľubuje zníženie extrémov počasia ako zastavenie globálneho otepľovania, aj keď výpar vody do atmosféry ochladzuje miestnu klímu. Má to dva dôvody. Napriek obrovskému priestoru, ktorý poskytujú médiá populárnym teóriám o údajných príčinách globálneho otepľovania, tieto teórie nie sú dostatočne preskúmané ani z hľadiska súčasnosti, ani z hľadiska minulosti, ani z hľadiska vplyvu na človeka a ani z hľadiska príčin mimo neho. Druhým dôvodom je to, že narastajúce extrémny počasia a podnebia na územiach s nedostatkom vody vnímame ako oveľa väčšiu hrozbu pre ľudstvo ako globálne otepľovanie. Skutočnosť, že sa pre neobjasnenosť niektorých mechanizmov bilancií energetických tokov nehlásime k receptu na globálne ochladenie planéty, nemení nič na našom tvrdení, že nasýtený vodný cyklus je jej chladiaci mechanizmus. Dažďová voda ponechaná v ekosystémoch ochladzuje zemský povrch výparom, vegetácia výrazne vyrovnáva teploty a optimalizuje výpar a mračná vytvárajú tieň, čo stabilizuje teplotu zemského povrchu.

Rast extrémov horší ako otepľovanie

Samozrejme, nová vodná paradigma nie je všemocná. Nedokáže zabrániť veľkým či náhlym zmenám vo vodnom cykle a v klíme, ktorých pôvod je mimo činnosti človeka. Takýmito javmi sú cykly slnečnej aktivity, výkyvy zemskej osi, pády meteoritov, výbuchy vulkánov a pod. Ich následky však môže zmierniť. Doménou novej vodnej paradigmy sú zmeny spôsobené činnosťou človeka a toto pole je oveľa širšie ako v chápaní starej vodnej paradigmy. Všetko ostatné je dobré vnímať cez prizmu klasika stoicizmu Epikteta: „Niektoré veci sú v našej moci, iné nie sú... ak si budeme žiadať niektorú z vecí, ktorá nie je v našej moci, budeme nevyhnutne nešťastní.“<sup>57</sup>

Zmeny, ktoré nie sú v našej moci

**Tab.13 Porovnanie východísk a prístupov starej a novej vodnej paradigmy**

Stará vodná paradigma	Nová vodná paradigma
Voda v krajine nemá vplyv na globálne otepľovanie; to je spôsobené zvyšovaním koncentrácie ľudskou činnosťou produkovaných skleníkových plynov.	Dôležitým faktorom globálneho otepľovania môže byť zmena vodného cyklu vplyvom odvodňovania kontinentov ľudskou činnosťou a ich následné prehrievanie.
Predmetom skúmania je vplyv klimatickej zmeny na vodný cyklus.	Predmetom skúmania je vplyv zmien vodného cyklu na klimatickú zmenu.
Rozsah urbanizácie, priemyselňovania a hospodárskeho využívania krajiny má minimálny vplyv na vodný cyklus.	Urbanizácia, priemyselňovanie a hospodárske využívanie krajiny (cca 40 % rozlohy kontinentov) má zásadný vplyv na ovplyvňovanie vodného cyklu.
Vplyv človeka na vodný cyklus je zanedbateľný, jeho zmeny sú ľudskou činnosťou nezvratné.	Vplyv človeka na vodný cyklus je v súčasnosti značný, jeho zmeny môžu ísť obidvoma smermi.
Nepriaznivé klimatické trendy sa budú stupňovať, zmiernenie možno očakávať v perspektíve storočí.	V prípade aplikácie nového prístupu k vode možno očakávať ozdravenie klímy v perspektíve desaťročí.
Dominuje záujem o veľký vodný cyklus, ktorý sa dá veľmi ťažko ovplyvňovať; význam malého vodného cyklu sa bagatelizuje.	Dominuje záujem o malý vodný cyklus.
Príčinou rastu extrémov klímy je globálne	Príčinou rastu extrémov klímy sú zmeny vodného

<sup>57</sup> Epiktétos, *Rukojeť*. Svoboda, 1972, s. 27 – 28



otepl'ovanie.	cyklu.
Globálne otepl'ovanie a rast extrémov počasia sú nerozlučne spojené.	Môže existovať globálne otepl'ovanie bez rastu extrémov počasia a rast extrémov počasia bez globálneho otepl'ovania.
Globálne otepl'ovanie je hlavným klimatickým problémom ľudstva.	Rast extrémov počasia je hlavným klimatickým problémom ľudstva.
Vegetácia nie je z hľadiska globálneho otepl'ovania ideálna, pretože má nízke albedo (odrazivosť), vodná para zasa zvyšuje skleníkový efekt.	Voda i vegetácia zmierňujú nežiaduce teplotné rozdiely; oblačnosť zmierňuje intenzitu dopadu slnečného žiarenia na povrch Zeme.
Hovorí o skleníkovom obale Zeme.	Hovorí o ochrannom obale Zeme.
Stúpanie hladín oceánov je spôsobené topením ľadovcov.	Stúpanie hladín oceánov je spôsobené nielen topením pevninských ľadovcov, ale i poklesom vody v pôde, hladín podzemných vôd a stavu ostatných vôd na kontinentoch.
Dažďová voda je problémom, treba sa jej rýchlo zbaviť.	Dažďová voda je aktívum, ktoré treba zadržať v pôde a rastlinách. <sup>58</sup>
Hlavným zdrojom a rezervou vody sú koncentrované zásoby povrchových vôd.	Hlavným zdrojom a rezervou vody sú podpovrchové vody.
Existuje neosobný vzťah vlastníkov a užívateľov pôdy (obyvateľov, firiem, úradov) k dažďovej vode v území.	Mení sa anonymný prístup k dažďovej vode na vlastných pozemkoch a vytvára sa vzťah spoluzodpovednosti za vodné zdroje územia.
Voda sa používa len na jeden účel; po použití sa kanalizuje.	Voda sa viacnásobne využíva, potom sa čistí a recykluje. <sup>59</sup>
Voda sa dodáva do sídiel predovšetkým cez jednu sústavu rozvodov v kvalite „pitná“.	Voda sa dodáva cez delené dodávacie sústavy osobitne pre pitnú a úžitkovú vodu.
Vzájomná izolovanosť verejných politík vo vzťahu k vode.	Politika vo vzťahu k vode je založená na komplexnom vnímaní vody v rámci fungujúceho vodného cyklu v krajine.
Sektorový prístup v riadení vodných zdrojov v území.	Integrovaný manažment povodí a ekosystémové riadenie vodných zdrojov v území.

Axel Kleidon, Klaus Fraedrich a Martin Heimann predstavili v roku 2000 výsledky matematického modelovania globálnej klímy na našej planéte v dvoch extrémnych okrajových podmienkach: 1. simulácia „Púštného sveta“, pri ktorej boli pri súčasnom rozložení oceánov a kontinentov na všetkých nezaľadnených pevninách dosadené hodnoty zodpovedajúce parametrom povrchu púšte; 2. simulácia „Zelenej planéty“, pri ktorej bol povrch pevnín pokrytý vegetáciou.<sup>60</sup> Aj keď si uvedomujeme, že každý model je zjednodušením skutočnosti, výsledky modelovania sú veľmi zaujímavé.

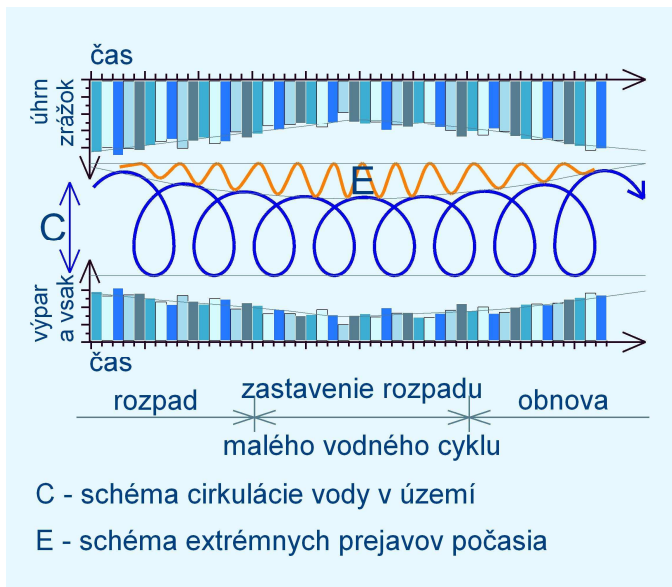
Zrážky nad pevninou „Zelenej planéty“ sa rovnali dvojnásobku zrážok „Púštného sveta“. Na „Zelenej planéte“, kde bol výpar až trojnásobný a obsah vodných pár v atmosfére o tretinu vyšší, bol paradoxne o štvrtinu menší povrchový odtok ako v „Púštnom svete“.

<sup>58</sup> A Paradigm Shift for Water Management. Rocky Mountain Institute, www.rmi.org

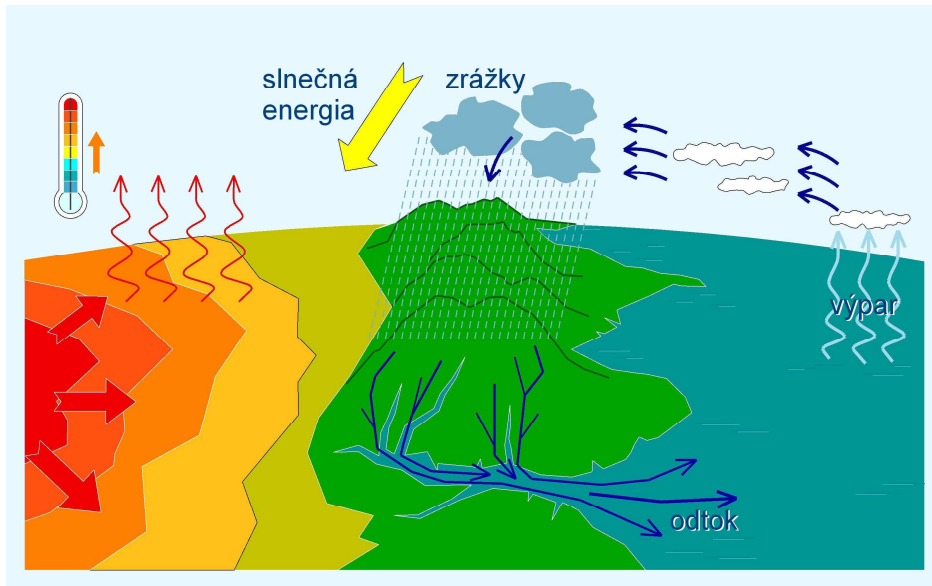
<sup>59</sup> Tamže

<sup>60</sup> A. Kleidon, K. Fraedrich a M. Heimann. A Green Planet versus a Desert World: Estimating the Maximum Effect of Vegetation on the Land Surface Climate, Climatic Change 44, Kluwer Academic Publishers, s. 471 – 493, 2000

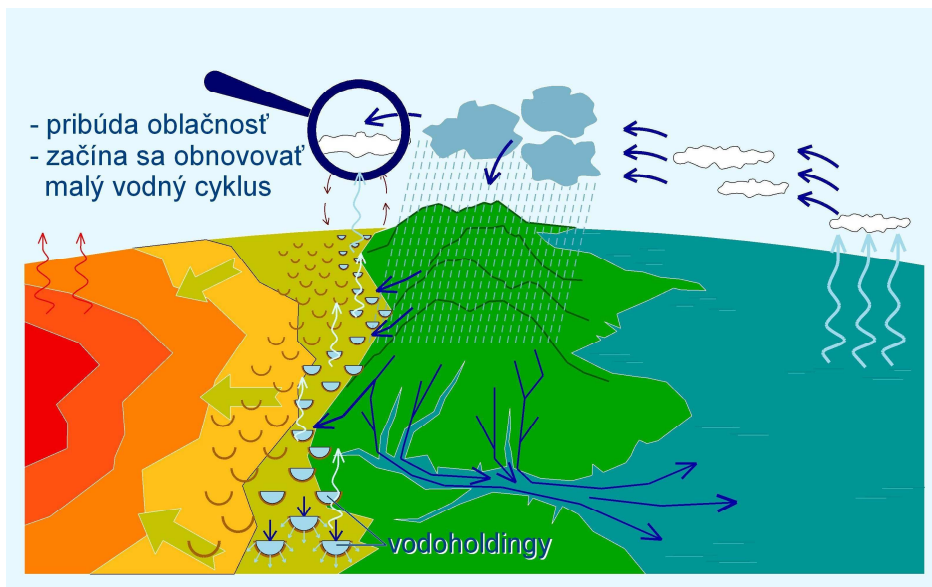
Priemerná ročná povrchová teplota bola na celej „Zelenej planéte“ (vrátane oceánov) o 0,3 °C nižšia ako v „Púštnom svete“ a povrchová teplota pevnín bola o 1,2 °C nižšia. Nad pevninami „Zelenej planéty“ bola o 8 % väčšia oblačnosť. Je zaujímavé, že väčšia oblačnosť na „Zelenej planéte“ spôsobila o niečo menšie vyparovanie z oceánov a o niečo menšie zrážky nad nimi. Väčšia oblačnosť na „Zelenej planéte“ spôsobila približne len o 5 % väčšiu absorpciu slnečného žiarenia, čo je prekvapujúco málo so zreteľom na viac než 20 % rozdiel v albede (odrazivosti) oboch svetov. Podstatné zmeny nastali na veľkých plochách v púštnych oblastiach Afriky, južnej Ázie a Austrálie, kde sa v simulácii „Zelenej planéty“ vytvorila lesná klíma...



**Obr. 27** Priebeh od deštrukcie malého vodného cyklu nad krajinou až po jej zastavenie a obnovu na pôvodnú úroveň

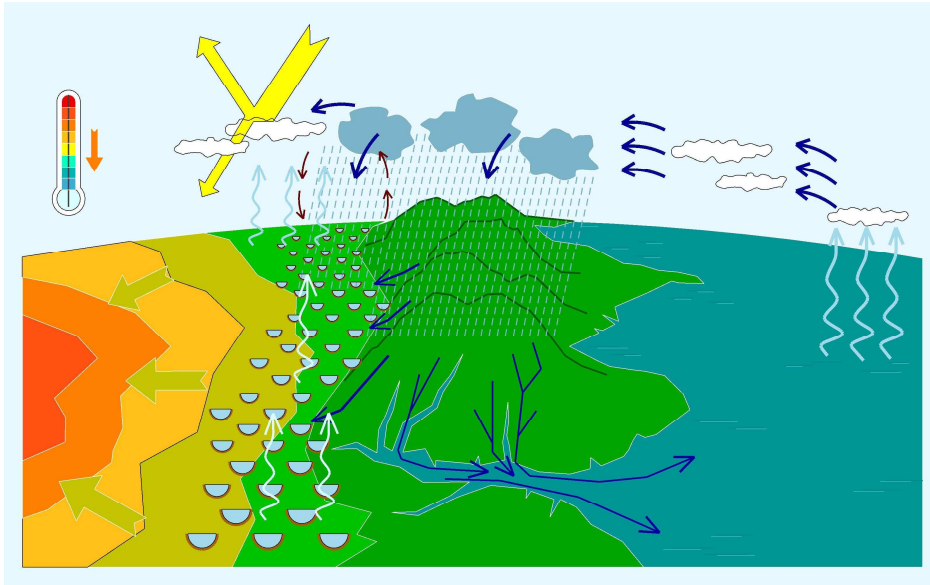


**Obr. 28** Schéma rozširujúcej sa púšte alebo polopúšte s rozpadnutým malým vodným cyklom



**Obr. 29** Vodozadržné opatrenia (vodoholdingy) na okraji kritického územia

Ich úlohou je zachytiť a zadržať vodu z malého vodného cyklu susedného územia, prípadne vodu z veľkého vodného cyklu (i na púšťach občas prší). Obdobie, v ktorom sa obeh vody obnoví, závisí na viacerých okolnostiach (hydrologické a pedologické pomery, úspešnosť rastu ochrannej vegetácie atď.).



**Obr. 30 Zmenšovanie plochy púšte**

Územie s obnoveným malým vodným cyklom sa klimaticky stabilizuje a možno ho využiť ako predpolie na ďalšie rozširovanie hydrologicky ozdraveného územia.

## 7 INŠTITUCIONÁLNA PODPORA VYUŽÍVANIA DAŽĎOVEJ VODY

*Postupne bude zavedená povinnosť zachytávať dažďovú vodu v určenom období na všetkých územiach, ktoré sú pod mestskou a obecnou správou. Zákon sa bude týkať aj niektorých kategórií budov a rozvojových projektov a bude sa silne presadzovať vo všetkých administratívnych okrskoch. Investície do tohto nedostatočne využívaného zdroja budú slúžiť celoživotne a budú darom i ďalším generáciám. Preto ekonomické zisky vysoko prevážia náklady. O financovaní projektov na zachytávanie dažďovej vody v masovom meradle, ako aj na zabezpečenie výhodných pôžičiek a mikropôžičiek pre staviteľov budov sa bude rokovať s domácimi i so zahraničnými finančnými inštitúciami...*

*Štátna politika zachytávania dažďovej vody, Vláda Republiky Srí Lanka, 2005*

Valašskú kolonizáciu Slovenska sprevádzalo brutálne odlesňovanie. Napriek tomu sa možno poučiť z vodozádržných opatrení, ktorými účinne kompenzovala negatívne následky svojej činnosti na odtok vody z krajiny. Ďalšia časť kapitoly je venovaná pomerne jednoduchým riešeniam zachytávania dažďovej vody v krajine, od ktorých si nová vodná paradigma sľubuje návrat stratenej rovnováhy kolobehu vody v prírode a zmiernenie klimatických negatívnych javov, ktoré trápia dnešné ľudstvo. Uplatnenie novej vodnej paradigmy v praxi (jej implementáciu) sa nemôže zaobiť bez patričných legislatívnych, organizačných a finančných opatrení na lokálnej, národnej a medzinárodnej úrovni. V tejto časti naznačujeme možné rámce reformy nášho vzťahu k vode v prospech politiky, ktorá by mala odrážať novú kultúru civilizačného vzťahu k vode.

### 7.1 Zadržovanie dažďovej vody v našej histórii

Zadržovanie vody v krajine nie je nový jav. Ľudstvo zachytávalo a zadržovalo atmosférickú vodu po tisícročia. India má 4 000 rokov starú tradíciu zachytávania dažďovej vody na spotrebu v domácnostiach i v poľnohospodárstve a v Číne je táto tradícia ešte staršia (6 000 rokov). Cisterny na zachytávanie dažďovej vody spomínané aj v Biblii boli rozšírené v celom Stredomorí. V oblastiach polopúští boli takéto cisterny pri každej dedine a ich zasypanie znamenalo urobiť územie neobývatelným. Zachytávanie dažďovej vody zo striech domov praktizovali už Féničania a Kartáginci 500 rokov pred Kristom.

Zachytávanie/ zadržovanie vody v dávnej minulosti
--

Na túto techniku získavania vody boli dlho odkázaní aj obyvatelia Benátok a pravdepodobne i mnohých ďalších národov.<sup>61</sup>

Ľudia zachytávali vodu rozličnými spôsobmi, ktoré sa líšili podľa prostredia, potreby vody a možností. Čím viac bolo prostredie vyschnuté, tým sofistikovanejšie metódy museli ľudia vyvinúť (napr. techniky zachytávania vody na sklonených mikropovodiach používané obyvateľmi Negevskej púšte alebo Indiánmi na juhozápade dnešných USA). V krajinách bohatých na vodu, resp. tam, kde bolo potrebné chrániť pôdu na svahoch pred vodnou eróziou, sa vyvinulo vytváranie terás. To je známe najmä v súvislosti s čínskymi ryžovými poliami, ale používalo sa v rozličnej miere aj v iných častiach sveta vrátane nášho územia. Ide o veľmi zaujímavé spôsoby zadržievania vody, pretože využívajú vsakovanie do pôdy a podľa možností voľnú výmenu vody medzi pôdou a atmosférou prostredníctvom vegetácie.

Rozličné metódy

Ako sme už spomenuli, územie strednej Európy v minulosti netrpelo vďaka klimaxovému lesu suchom. Principiálna premena prírodnej krajiny na kultúrnu krajinu sa v našom geografickom priestore udiala od 13. storočia zásluhou rozvoja poľnohospodárstva, ktorému sa venovala väčšina obyvateľstva. Rozhodujúci vplyv na poľnohospodárstvo mali zmeny v rozvrstvení pozemkového vlastníctva, najmä v prideľovaní konkrétnej pôdy jednotlivým užívateľom i tam, kde sa dovtedy nepraktizovalo. Základnou výrobnou jednotkou boli drobné hospodárstva, ktorých výmera stačila na užitie rodiny výrobcov. Pre včasnostredoveké jednotky (dvorce i domíniá) bolo typické úsilie o sebestačnosť. So zvyšovaním počtu obyvateľstva sa pôda delila medzi viaceré rodiny (vlastníkov či užívateľov) a vznikali drobné plochy pôdy. Pôda okolo jednotlivých osád, oddelená od susedov pevnými medzami, tvorila chotár rozdelený na viac častí – na role pri dvojpoľnom systéme obsiate oziminami a jarinami, na úhory, ktoré boli doplnkom pasienka, na lúky, na pasienky a na lesné plochy. Každá takáto samostatná jednotka plnila alikvotnú čiastku vodného hospodárstva. Z toho vyplýva, že ak si každý užívateľ pôdy individuálne zadržal vodu na vlastnom pozemku, bola rovnomerne nasýtená vodou plošne celá krajina.

Rozvoj poľnohospodárstva u nás

Zvyšovanie hospodárskeho rastu nastalo po osídľovaní a dosídľovaní nášho územia v 14. storočí. Stretávame sa aj s prvými valašskými osadníkmi, etnicky prevažne rusínsko-ukrajinského (častočne aj poľského), zriedkavejšie balkánsko-románskeho pôvodu, ktorí prenikali do Užskej stolice a neskôr na Zemplín, Šariš a Spiš. Postupne prechádzali k pevnému usídľovaniu a zakladaniu dedín. Vo veľkej miere išlo o územia s nadmorskou výškou od 300 do 600 m, ktoré boli dovtedy osídlené len riedko, resp. neboli osídlené vôbec. Valašské osídľovanie nášho územia, pre ktoré bolo typické zakladanie usadlostí od horských chrbtov (aj uprostred lesov v okolí prameňov, a tak rozširovanie plochy bezlesia...), široko zasiahlo dnešné územie nášho štátu. Zastavilo sa až v Bielych Karpatoch a Javorníkoch na slovensko-moravskom pomedzí. Veľké lesy stredného

Valašská kolonizácia

<sup>61</sup> Brad Lancaster, Rainwater Harvesting for Drylands, s. 7

Slovenska, ale i Hornej Nitry a Tekova svojou činnosťou značne zredukovali. V 14. storočí sa čoraz viac presadzoval valašský chov dobytka (pasenie), ktorý predstavuje hospodárske využívanie vyššie položených pôd, nevhodných na poľnohospodárske obrábanie. Aj tu môžeme sledovať postupné systematické budovanie medzí, brániacich spontánnej erózii pôdy. Toto opatrenie bolo racionálnou kompenzáciou ničivého odlesnenia územia (prevažne kľčováním a žiarením). Rozsiahle holé vrchy, upravené vodozadržnými priehradkami, môžeme ešte stále vidieť napríklad na Spiši.

V odľahlých, najmä podhorských častiach nášho územia sa dodnes môžeme stretnúť s tradičným terasovitým usporiadaním pôdy. Charakteristické úzke pásy pôdy rozdelené medzami členia v horizontálnych líniách svahovitý terén, ktorý vďaka svojej neprístupnosti nezasiahla kolektivizácia. Odhliadnuc od ich dlhodobého zanedbaného stavu sú tieto nepatrné územia miestami ekologickej stability. Napriek dlhodobému odlesneniu prejavujú úctyhodnú vitalitu. Podobné územia nájdeme i v okolitých krajinách strednej Európy. Pozoruhodne dobre je zachovaný charakter kultúrnej krajiny v Sedmohradsku (dnešné stredné Rumunsko), kde obrovská mozaika drobných poličok pripomína štruktúru jemne diferencovaných a vzájomne sa dopĺňujúcich buniek zdravého tkaniva. Napriek skutočnosti, že väčšina tamojších vodných tokov nie je regulovaná, táto „zaostalá“ časť Rumunska nebola postihnutá povodňami v čase, keď zvyšok krajiny s ničivými povodňami zápasil (*obr. 31*).

Funkčnosť  
starých  
opatrení

Parcelácia, ktorá celé stáročia tvorila životné a pracovné prostredie našich predkov, odrážala nielen vlastnícke vzťahy, ale najmä vyzretú a životaschopnú štruktúru umožňujúcu pestrú formu viacerých spôsobov hospodárenia. Schopnosť krajiny zadržiavať a odparovať vodu bola v minulosti podstatne vyššia napriek tomu, že parcelácia nebola na tento účel vyvinutá. Intenzívna hospodárska činnosť človeka v takomto systéme nenarušovala prirodzené vodné cykly v území, pretože bola kompenzovaná opatreniami, ktoré zachovali schopnosť krajiny udržať vodu. Systém bunkového usporiadania pochádzajúci z „temného“ stredoveku sa za ostatných niekoľko desiatok rokov pod diktátom „vedeckých“ teórií a možno inde a inokedy aj „neviditeľnou rukou trhu“ zmenil na rozľahlé monokultúry. Krajina sa stala monotónnou, málo štruktúrovanou. Súčasné obrovské odvodnené plochy sídiel, monokultúrne poľnohospodárstvo na rozľahlých nečlenených plochách, zdecimované lesy a regulované toky schopnosť udržať vodu v krajine stratili.

Ignorácia  
skúseností  
predkov

## 7.2 Princípy, spôsoby a výhody zadržiavania vody v krajine

Ak si človek uvedomí, že svojím doterajším pôsobením v krajine urýchlil odtok dažďových, povrchových a podpovrchových vôd, a tým poškodil malý vodný cyklus so všetkými dopadmi uvedenými v tejto publikácii, mal by byť pripravený realizovať opatrenia na obnovu a ozdravenie tohto cyklu. Jadro praktického riešenia zmien klímy a

Potreba  
vodozdržných  
a protierózny  
ch opatrení

nedostatku vody zapríčinených ľudskou činnosťou spočíva v obnoviteľnosti malého vodného cyklu dôslednou realizáciou plošných opatrení v katastrálnych územiach jednotlivých obcí a miest. Ide o opatrenia, ktoré zamedzujú urýchlený odtok vody, zvyšujú vodozadržnú schopnosť povodí a zlepšujú vodnú bilanciu územia. Často sú totožné s protieróznymi opatreniami a zachytávaním dažďa už v mieste, kde padá, a prv, než sa jeho kvapky spoja v nekontrolovateľný prúd, vynikajúco plnia protipovodňovú funkciu. Sú to jednoduché opatrenia v teréne, ktoré sa podobajú procesom krajinného plánovania a modelovania krajiny.

Tieto opatrenia majú technický, biotechnický a technologicko-preventívny charakter. Technické opatrenia predstavujú vsakovacie priekopy po vrstevniciach (pozdĺžne plytké rigoly), využitie svahových depresí ako vsakovacích a zádržných plôch, budovanie depresí, vsakovacích jám, vodoholdingov a limanov, zlepšovanie povrchov na zadržiavanie a vsakovanie dažďovej vody, drobné prehrádzky, resp. stupne na vodných tokoch, bystrinách, v roklinách či v stržiach, výstavba a údržba suchých nádrží – poldrov, zachovanie a využívanie meandrov vodných tokov a slepých ramien, objekty na líniových ochranných hrádzach na vypúšťanie vôd do záplavového územia, budovanie malých prietochných vodných nádrží a rybníkov, hradenie bystrín a protierózne opatrenia v lesoch a pod. (obr. 32, 33, 34, 35, 36). Biotechnické opatrenia sú podobné, ale prekážku povrchovému odtoku spájajú s použitím vegetácie – medzí, trávnatých pásov, pásov krovísk a stromov, zatrávňovanie a zalesňovanie nevyužívaných plôch a pod.

Technické/  
biotechnické  
opatrenia

Ako príklady technologicko-preventívnych a hospodárskych opatrení možno uviesť aplikáciu vhodných postupov obrábania pôdy (napr. orba po vrstevnici), zabezpečenie dopĺňania odobratej vody z územia späť do územia odberu, obmedzovanie nevegetačného spevňovania plôch v zastavanom území, nahradzovanie nepriepustných povrchov priepustnými, budovanie ochranných hrádzi čo najďalej od osi vodného toku, zákaz holorubov, ochranu lesa pred škodcami v lesoch (napr. kôrovcom), optimálne zloženie a kvalitu lesov, krajinné plánovanie či nové členenie poľnohospodárskej pôdy, uplatňovanie integrovaného manažmentu a citlivejšie využívanie krajiny s ohľadom na vodozadržné a protierózne opatrenia a pod.

Technologick  
o-preventívne  
opatrenia

Pri zadržiavaní vody v krajine treba mať na pamäti niekoľko princípov. Prvým z nich je princíp *solidarity* (princíp vodnej tolerancie), ktorý znamená, že pri návrhu a realizácii opatrení, ktoré majú vplyv na odtokové pomery z územia, je potrebné prihliadať na celé povodie. Opatrenia realizované na jednom území nemôžu zhoršovať situáciu nižšie alebo vyššie položených oblastí v povodí.

Tolerancia,  
partnerstvo a  
subsidiarita

Princíp *partnerstva* znamená, že analýza situácie v oblasti odtokových pomerov z územia (obce, mesta, regiónu, povodia a pod) a dôležité rozhodnutia týkajúce sa návrhu opatrení na zvyšovanie vodozadržnej schopnosti povodia a znižovanie erózných procesov sa uskutočňujú po prerokovaní a vzájomnej dohode všetkých rozhodujúcich partnerov v povodí – správcov vodných tokov, poľnohospodárov, lesníkov, zástupcov obcí, miest, vlastníkov pôdy a expertov. Spoločne v partnerstve sa pripravujú a realizujú aj projekty



protieróznych opatrení a technických opatrení na zvyšovanie retenčnej schopnosti povodia na území obce.

Princíp *subsidiarity* definovaný ešte v stredoveku a aplikovaný v EÚ v tomto prípade znamená, že pri praktickej správe a ochrane vodných zdrojov územia a povodia by mala platiť zásada, že to, čo môže byť lepšie zabezpečené nižším stupňom verejnej správy, nech je zabezpečené týmto stupňom. Tento princíp poukazuje na potrebu efektívnej decentralizácie aktivít a kompetencií, ktoré môžu byť lepšie, rýchlejšie a lacnejšie zabezpečené lokálnou prípadne regionálnou územnou samosprávou.

Popri predchádzajúcich princípoch viazaných na činnosť ľudí, spomenieme ešte princíp *autoregulácie prírodných procesov*, ktorý znamená, že efekt prvotnej a jednorazovej investície do realizácie opatrení zameraných na zlepšovanie vodnej bilancie územia by sa mal postupne každý rok prejavovať zlepšovaním kvality prírodného prostredia a mal by zvyšovať účinnosť ďalších realizovaných plošných opatrení v území. Na tento princíp nadväzuje princíp *udržateľného riešenia*. Realizáciou spomínaných opatrení sa odstraňujú niektoré príčiny nepriaznivých klimatických zmien spôsobených ľudskou činnosťou. Tým sa vytvoria lepšie životné podmienky a prostredie pre budúce generácie, pričom sa nebude znižovať prírodný potenciál územia a zachovávajú sa ochranné a autoregulačné funkcie ekosystémov.

Obnovenie autoregulácie prírodných procesov
--

### 7.3 Občiansky sektor

Alexis de Tocqueville vo svojom diele *Demokracia v Amerike* v prvej polovici 19. storočia napísal, že kým vo Francúzsku je na čele nových veľkých projektov vláda a v Anglicku aristokracia, v USA sú to občianske združenia.<sup>62</sup> Občan je v demokratickej spoločnosti tou najdôležitejšou „inštitúciou“. Má oveľa dôležitejšiu funkciu, ale aj väčšiu zodpovednosť ako občan v nedemokratickej spoločnosti. Tak ako my veríme skôr veľkému množstvu skromných kvapiek dažďa než ich koncentrácii v riekach, tak má pri uplatňovaní novej vodnej paradigmy vôľa a presvedčenie obyčajných občanov väčší význam než nariadenie vlády (hoci vláda má podobne ako rieka tiež svoju funkciu). Podobne ako vo všetkých ostatných prípadoch aj v prípade zadržiavania vody v krajine by sa úlohy a kompetencie mali deliť v súlade s princípom subsidiarity, t. j. danou vecou by sa mali zaoberať inštitúcie na vyššej úrovni len vtedy, keď daný problém nemožno efektívnejšie riešiť na nižšej úrovni. Potreba zadržiavať vodu v krajine je celosvetová, a preto sa do nej musia zapojiť inštitúcie na všetkých úrovniach vrátane národnej a medzinárodnej. Záleží však aj na iniciatíve občanov, aby určili, ktoré aktivity zvládnu sami, v ktorých je intervencia zhora kontraproduktívna a v ktorých potrebujú pomoc vyšších úrovní. Individuálny občan či občan v spojení s inými má otvorený priestor na to, aby robil viac, než je jeho povinnosť.

Občan – najdôležitejší a inštitúcia
---

<sup>62</sup> Alexis de Tocqueville. *Demokracia v Amerike*, II, Kap. V

Občania, ktorí si osvoja myšlienku novej vodnej paradigmy, budú obhajovať ochranu vody vo svojom životnom priestore a aktívne sa domáhať prípravy a realizácie opatrení zameraných na obnovu vodného režimu krajiny zo strany verejnej správy. Obyvatelia miest a obcí sa budú pozerat' na vodu vo svojom okolí ako na termoregulátor klimatických podmienok a na dažďovú vodu ako na hlavného „zabezpečovateľa“ dostatku vodných zdrojov v území. Budú podporovať potrebu budovania vsakovacích, depresných a odparovacích plôch v území pri obnove krajiny a územnom plánovaní. Budú si žiadať delenú dodávku pitnej a úžitkovej vody a podporovať viacnásobné využívanie vody.

Možnosti  
angažovanosti  
i občanov

Neziskové organizácie, ktoré si osvojili myšlienku novej vodnej paradigmy, budú informovať verejnosť o potrebe nového prístupu k vode a dožadovať sa prístupu k informáciám o uplatňovaní nového prístupu v praxi. Môžu iniciovať rôzne lokálne projekty zamerané na zlepšenie verejného a občianskeho záujmu o vodné zdroje územia (typu čistá rieka a jej okolie, zalesňovanie nevyužívaných pozemkov, neplaťme za odvádzanie dažďovej vody – zadržme dažďovú vodu v území, čisté podzemné vody, lepšie využívanie úžitkovej vody na rôzne účely – ochrana pitnej vody). Niektoré z nich sa môžu zamerať na podporu líderstva a na budovanie kapacít občianskej a komunitnej angažovanosti v danej problematike. Okrem toho môžu vytvárať nový priestor na rozvoj firemnej filantropie a darcovstva v súvislosti s uplatňovaním nového prístupu k vode tak pre vyspelé, ako aj pre rozvojové krajiny.

Možnosti  
neziskových  
organizácií

Vlastníci a spoluvlastníci bytov, budov a pozemkov v intravilánoch obcí a miest by mali v záujme koordinácie a zabezpečenia zadržiavania dažďovej vody na zastavaných pozemkoch vytvárať vodné spoločenstvá. V extravilánoch miest a obcí, najmä na poľnohospodárskej a lesnej pôde by mohli vzniknúť vodné družstvá za aktívnej účasti vlastníkov a užívateľov týchto pozemkov s cieľom zadržiavať vodu v krajine a miestna územná samospráva by mohla na svojom území tieto opatrenia efektívne koordinovať. Vodné spoločenstvá a vodné družstvá môžu medzi sebou budovať aj samostatní vlastníci susediacich budov a pozemkov na území jednotlivých miest a obcí, ak im takáto forma spolupráce uľahčí a zjednoduší realizáciu technických a biotechnických opatrení zameraných na zvýšenie vodozádržnej schopnosti povodí a na zníženie erózných procesov v danom území. Spolupráca sa týka aj údržby takto vybudovaných systémov. Protierózne a vodozádržné opatrenia slúžia na dlhodobú ochranu a zvelaďovanie ich vlastného majetku.

Vlastníci  
nehnutelností

Nezávislé médiá by sa mohli v diskusiách o zmenách klímy zamerať na doteraz prehliadaný význam vody. Ak si médiá osvoja princípy novej vodnej paradigmy, mohli by sa stať „strážnymi psami“ proti ľahostajnému a koristníckemu zaobchádzaniu s vodou v krajine, ktoré rozličným spôsobom poškodzuje záujmy väčšiny občanov.

Nezávislé  
médiá

## 7.4 Hospodársky sektor

Nová vodná paradigma predstavuje svojou ekonomickou a hospodárskou dimenziou zásadnú inováciu v doterajšej hospodárskej praxi, preto sa stáva pilierom globálnej znalostnej ekonomiky. Zároveň poskytuje ušľachtilý a spoločensky užitočný impulz pre hospodársky sektor a znamená prínos pre súkromné a štátne vodohospodárske, poľnohospodárske a lesnícke spoločnosti. Keďže z pohľadu novej paradigmy sú dôležitými hospodármi krajiny, bude aj v ich záujme zabezpečiť dostatok vodných zdrojov, minimalizovať extrémne prejavy počasia a zvyšovať hospodársky úžitok krajiny. Sú dôležitými sociálno-ekonomickými partnermi pri príprave integrovaných plánov manažmentu povodí, ako aj ich implementácii. Zvyčajne presadzujú sektorové politiky, ale v zmysle novej vodnej paradigmy získavajú zastrešujúcu úlohu pri integrovanom manažmente vodných zdrojov v krajine.

Inovácia  
a ušľachtilý  
impulz

Prípravu na integrovaný manažment povrchových a dažďových vôd v krajine a jeho implementáciu treba akcelerovať za účasti kompetentných centier a v úzkej spolupráci s územnou samosprávou. Vodárenské spoločnosti by sa mohli zamerať na budovanie delených systémov dodávky pitnej a úžitkovej vody v území a decentralizovaných systémov sústav čistenia splaškových vôd s využitím rôznych recirkulačných systémov. Odobratá voda z územia by sa po niekoľkonásobnom využití mohla vyčistená vracieť do ekosystémov.

Integrovaný  
manažment  
a kompetenčné  
centrá

Prijatím novej paradigmy sa pre zamestnávateľov vytvára priestor na realizáciu pomerne jednoduchých a nenáročných prác nebyvalého rozsahu vo verejnom i vlastnom záujme z hľadiska ochrany majetku (pôda, budov, hnutelné veci) v území. Zamestnávanie pracovníkov na prípravu, realizáciu a údržbu protieróznych a vodozádržných opatrení v území vytvorí plošne a globálne v prosperujúcom i rozvojovom svete užitočnú zamestnanosť, ktorá bude impulzom pre hospodársky a sociálny rast a elimináciu chudoby v ekonomicky slabých regiónoch a v regiónoch s nedostatkom vody.

Zmysluplné  
zvýšenie  
zamestnanosti

Pre krajinných inžinierov, architektov, urbanistov, stavebných inžinierov a plánovačov vznikne nová výzva, pretože nastane nová éra územného a krajinného plánovania sídiel a celých teritórií. Vznikne potreba komplexného plošného prehodnotenia odtokových pomerov a návrhu protieróznych a vodozádržných opatrení v území. Ratingovým agentúram sa naskytuje príležitosť na nezávislé hodnotenie vodnej bilancie územia a na určovanie bonity a konkurencieschopnosti územia z hľadiska vodných zdrojov. Vedecké spoločnosti by mohli venovať pozornosť detailnému zmapovaniu mechanizmu vodného cyklu, ako aj predikcii vývoja zmien klímy pri poznaní novej paradigmy.

Krajinné  
plánovanie

Developeri by mali pri realizácii novej výstavby na zelenej lúke, bytovej výstavbe, regenerácii a obnove pôvodných historických a urbanistických štruktúr, pri obnove starých a výstavbe nových priemyselných parkov,

Developeri

nákupných a zábavných centier zakomponovať do urbanistickej a architektonickej stratégie týchto projektov dva princípy: „Zadrž dažďovú vodu na týchto pozemkoch!“, „Umožni jej výpar a vsakovanie do pôdy!“ Dažďovú vodu a zeleň by mali zaradiť medzi hlavné aktíva na zatraktívnenie prostredia budovaných centier a parkov.

Stavebné, záhradné a dizajnérske spoločnosti môžu využiť impulz novej vodnej paradigmy na plošnú realizáciu opatrení protipovodňovej prevencie v území, na obnovu vodného režimu krajiny a na uplatnenie nových prístupov a technológií, ktoré vytvoria dobré podmienky na zadržiavanie, vsakovanie a odparovanie dažďovej vody v kombinácii s vegetáciou. Dodávateľské spoločnosti sa môžu zamerať na rozšírenie potrebného sortimentu nástrojov, materiálov, technológií a služieb pri realizácii potrebných opatrení v území, ako aj na ich následnú údržbu.

Stavebné  
spoločnosti

Nová paradigma vyvoláva potrebu rýchleho prefinancovania prípravy projektov a realizácie vodozádržných a protierózných opatrení v území. Bankový sektor môže účinne pomôcť systémom pôžičiek tak verejnému, ako aj súkromnému sektoru. V posledných rokoch zaznamenali poisťovne prudký nárast poistných udalostí, preto by sa mohli zamerať na podporu vytvárania kompetenčných centier, ktoré umožnia komukoľvek získať znalosti potrebné na hodnotenie stavu vodného cyklu nad vlastnými pozemkami a nehnuteľnosťami, ako aj na prípravu a realizáciu potrebných opatrení v teréne. Ponuku služieb môžu rozšíriť o nové komplexné produkty s vhodnými motivačnými schémami pre svojich klientov.

Banky a  
poisťovne

## 7.5 Inštitúcie verejného sektora

Doterajší vzťah spoločnosti k vode možno chápať ako súbor vzájomne izolovaných politík a rôznorodých osobných postojov a vzťahov (získavanie a vypúšťanie vody, výroba a dodávka pitnej vody, čistenie odpadovej vody, voda pre poľnohospodárstvo, voda pre výrobu a priemysel, povrchová voda a vodné útvary, ochrana pred povodňami, protipožiarna voda, pitná voda v domácnostiach, voda pre moju záhradu, dažďová voda z mojej strechy atď.). Doterajší sektorový, rezortný a odborný prístup k vode je charakteristický vnútornou a vzájomnou izolovanosťou (expertne, odborovo a dodávateľsko-odberateľsky) a striktné vymedzený kompetenciami jednotlivých orgánov verejnej správy. Každý úrad sa zaoberá vodou iba z určitého hľadiska. Rámcová smernica EÚ pre vodu sa už usiluje prekonať takýto prístup a poukazuje na potrebu integrovaného prístupu.

Doterajší  
prístup versus  
politika EÚ

Prijatím novej vodnej paradigmy získava ochrana, vnímanie a využitie vody reálne integrovaný a holistický charakter v kontexte poznania významu vodného cyklu a podmienok toho-ktorého povodia. Pochopenie základov obehu vody v prírode je pomerne jednoduchá vec, ktorá je presne opísateľná a kvantifikovateľná. Adaptácia tohto poznatku pre politické rozhodnutia si však vyžaduje zásadné kvalitatívne a systémové

Paradigma  
ako rámec pre  
integrovateľný  
prístup

prehodnotenie doteraz izolovaných verejných politík na integrované politiky vodného manažmentu krajiny. Pre správcov povodí vzniká príležitosť prehodnotiť manažment spravovaných vodných útvarov a infraštruktúry v území. V zmysle novej vodnej paradigmy môžu klásť dôraz na protipovodňovú prevenciu (protierózne opatrenia a opatrenia na zvýšenie vodozádržnej schopnosti všetkých mikropovodí administrovaného územia), a tak vytvoriť v spolupráci so samosprávou inštitucionálne východisko pre integrovaný manažment povodí.

Vzdelávacie inštitúcie by mali zahrnúť poznatky o novej vodnej paradigme do učebných osnov, systému školskej výchovy a celoživotného vzdelávania a vzdelávanie prepájať s potrebami praxe. To zahŕňa aj podporu vzdelávania predstaviteľov územnej samosprávy a podporu medzinárodnej výmeny skúseností. Štúdium o vode v zmysle novej vodnej paradigmy by sa mohlo stať predmetom zamerania samostatných univerzít či ich fakúlt, so všetkými aspektmi vedeckých, výskumných a najmä študijných programov.

Možnosti  
vzdelávacích  
inštitúcií

Mestá a obce sú kľúčovým partnerom pre praktické zavedenie nového prístupu k vode a implementáciu potrebných technických, biotechnických a hospodárskych opatrení v území. Na svojom území môžu veľmi účinne presadzovať príslušné opatrenia aj s rešpektovaním princípov partnerstva, solidarity a subsidiarity. Mestá a obce najviac znášajú následky povodní a klimatických zmien, ktoré zhoršujú ich konkurencieschopnosť. Mali by sa zamerať na presadzovanie medzisektorového a integrovaného prístupu k obnove vodného režimu vlastného územia ako východiska hospodárskeho rozvoja svojho sídla. V praxi môžu uplatňovať také nástroje, ako zostavovanie štúdií a projektov na zvyšovanie vodozádržnej schopnosti územia svojho sídla (intravilánu alebo extravilánu) a znižovanie vodnej erózie pôdy, na tvorbu a uplatnenie motivačných ekonomických programov pre obyvateľstvo a vlastníkov pozemkov na území sídla (územná samospráva môže napríklad poskytnúť za každý vytvorený 1 m<sup>3</sup> vodozádržného objemu alebo protieróznou úpravu na pozemkoch na území obce konkrétnu daňovú úľavu alebo jednorazovú dotáciu) alebo na posudzovanie dopadov investičnej činnosti na odtokové pomery v území. Susediace sídla, združenia miest a obcí, ako aj regióny môžu vytvoriť a koordinovať spoločný systém protipovodňovej prevencie a podporovať vytváranie vlastných poradenských, informačných a kompetenčných centier pre mestá a obce i pre vlastníkov pozemkov a budov. Táto spolupráca by mohla mať formu „samosprávy povodí“ organizovanú v hraniciach hydrologických povodí.

Možnosti  
miest a obcí

Podstatou opatrení, ktoré treba prijať na národnej úrovni, je vykonanie štrukturálnej reformy vodohospodárskych a hospodárskych politík (vrátane poľnohospodárskej a lesníckej politiky), ktoré ovplyvňujú odtokové pomery v území. Nová vodná politika by sa mala zamerať na plošnú ochranu územia s cieľom zlepšovať vodnú bilanciu realizáciou opatrení na zvyšovanie vodozádržnej schopnosti povodia a znižovanie erózných procesov v území. Štát by mal vytvárať podmienky a rámce pre systémovú integráciu doteraz izolovaných sektorových politík týkajúcich sa vody a súvisiacu harmonizáciu dotačných politík. Komplexný prístup k vode si vyžaduje prijímanie novej generácie zákonov vrátane

Možnosti  
vládnej  
politiky

prijatia zákona o ochrane a obnove malého vodného cyklu v krajine, ktorý by okrem iného zaviedol posudzovanie vplyvov investičnej činnosti na vodnú bilanciu územia. Môžu vzniknúť nové finančné podporné a motivačné nástroje na implementáciu nového prístupu k vode. Štátny rozpočet môže poskytnúť podporu na realizáciu protieróznych a vodozádržných opatrení, podporu na prípravu a realizáciu projektov obcí, ako aj na výskumné aktivity a monitorovanie novonavrnutých a realizovaných opatrení v území.

Ak si spoločnosti štátov (Európska únia) a globálne inštitúcie (napr. OSN) osvoja novú vodnú paradigmu, mohli by uplatniť svoju autoritu a deklarovat podporu nového prístupu k ochrane a zadržiavaniu dažďovej vody v krajine. Naznačené inštitúcie v niektorých prípadoch disponujú prostriedkami medzinárodného práva, ktoré by sa pri rešpektovaní princípu subsidiarity mohlo využiť v prípade potreby a v nevyhnutnej miere. Tak ako sa OSN dokázala zaktivizovať pri podpore výskumu zmien klímy vo vzťahu ku skleníkovým plynom (IPPC) a ku konkrétnym krokom v rámci implementácie záverov tohto výskumu (napr. *Kjótsky protokol*), podobne by mala postupovať aj vo vzťahu k úlohe vody a potrebe obnovy malých vodných cyklov nad kontinentmi. Aktualizácia rozvojovej pomoci krajín či spoločenstiev štátov rozvojovým krajinám by sa mohla rozšíriť o túto novú dimenziu. V záujme monitoringu procesov by bolo potrebné doplniť ukazovatele udržateľného rozvoja v *Agende 21* o sledovanie obnovy malého vodného cyklu nad krajinou (nad kontinentmi, regiónmi a sídlami) a realizácie systémových plošných opatrení na zvýšenie vodozádržnej schopnosti povodia a plošných protieróznych opatrení. Obnova malého vodného cyklu a integrovaný manažment vodných zdrojov v povodiach by sa mohli stať novým pilierom poľnohospodárskej, lesníckej a vodohospodárskej praxe, politiky súdržnosti a politiky rozvoja vidieka (možnosti zmysluplnejšej reformy Spoločnej poľnohospodárskej politiky EÚ). V súčasnosti prebiehajúca kampaň Európskej komisie *Vaše ovplyvňovanie klimatických zmien* prostredníctvom štyroch aktivít – uberte, vypnite, kráčajte a recyklujte – by sa mohla rozšíriť o piatu aktivitu – zadržiavajte dažďovú vodu v krajine.

Možnosti  
medzinárodných  
inštitúcií

*„Není daleko den, kdy se všeobecně nahlédne omyl, že by se inženýr neznající důkladně biologii a zvláště ekologii směl pustit s logaritmickým pravítkem do krajiny, aby ji upravil ...Proti přírodní krajině postavily takové kořistnické úpravy krajinu tak zchátralou, povrchově zcivilizovanou, že pocítí vbrzku každý potřebu vrátit naši krajině její vlastní smysl a hodnotu. Ale jak to provést? Prostým návratem k původnímu stavu to není možné. Nemůžeme smazat z povrchu zemského obyvatelstvo, ani nemůžeme snížit jeho hospodářskou pokročilost, životní úroveň, včleněnost do světového provozu výrobního. Nic z toho, co naši dobu odlišilo od doby před sto lety minulé nemůžeme zrušit, naopak všechno máme povznést do úrovně dokonalejší. Proto také nemůžeme udržovat krajinu v etapě hospodářského primitivismu. Nezbude, než aby se nynější stav překonal krajinou rovněž upravenou, ale upravenou důmyslněji, přirozeněji, odborněji. A to je úkol tak vznešený, že všechno poslání století devatenáctého před ním bledne.“*

Vladimír Úlehla<sup>63</sup>

<sup>63</sup> Citát je z publikácie Míchala I. *Ekologická stabilita*, s. 217, Veronica, Brno, 1994

## 7.6 Finančné náklady a posúdenie scenárov

Ekonomické a systémové posúdenie výhodnosti novej vodnej paradigmy možno rozdeliť do troch oblastí – ide o bilančné prepočty, ekonomické prepočty a posúdenie sociálnych a environmentálnych nákladov a úžitkov jednotlivých scenárov. Bilančné prepočty umožňujú sledovať vodnú bilanciu územia a analyzovať bilančné rady (vývoj teplôt, vývoj zrážkového úhrnu, vývoj odtoku z územia, vývoj výšky hladín podzemných vôd, vývoj pôdnej vlhkosti, početnosť a výskyt extrémnych prejavov počasia). Ekonomické prepočty pri jednotlivých scenároch očakávaného vývoja zahŕňajú adaptačné náklady, škody z extrémnych prejavov počasia a zníženie ekonomickej výkonnosti územia. Posúdenie sociálnych a environmentálnych aspektov zahŕňa aj rôzne finančne ťažko vyjadriteľné prínosy.

Aspekty  
posúdenia  
výhodnosti

Dva hlavné scenáre z hľadiska novej vodnej paradigmy sú odvodené od hlavných predpokladaných príčin klimatických zmien. Scenár vychádzajúci z rozhodujúcej úlohy rastúcej koncentrácie CO<sub>2</sub> v atmosfére,<sup>64</sup> ktorý je široko vedecky spracovaný a politicky preferovaný, predpokladá, že na klimatické zmeny je potrebné odpovedať adaptáciou a vylepšovaním technológií znižujúcich produkciu CO<sub>2</sub>. V rámci tohto scenára sa do konca 21. storočia očakáva zvýšenie globálnej teploty pri povrchu Zeme o + 5 až + 6 °C, stúpnutie hladín morí a oceánov o 50 – 100 cm, rast extrémnych prejavov počasia, hospodárske škody a náklady do výšky 1 – 5 % ročného hrubého domáceho produktu každej krajiny s možnosťou ich akcelerácie pri najnepriaznivejšom vývoji až na úroveň 20 %.<sup>65</sup> Zatiaľ nie sú známe všetky finančné náklady na adaptáciu, predpokladá sa však ich postupný rast.

Scenár IPCC

Scenár vychádzajúci z rozhodujúcej úlohy vody pri ozdravovaní klímy prostredníctvom obnovy malého vodného cyklu zaujíma aktívnejší prístup a v prípade implementácie opatrení novej vodnej paradigmy svetovým spoločenstvom sľubuje zásadné celoplošné zníženie extrémnych prejavov počasia v území, rovnomernejšie rozloženie zrážok na kontinentoch, účinnú ochranu pred povodňami a suchom, ozdravenie klímy v krajine a urbánnom prostredí, zabezpečenie dostatku vody pre rastúcu svetovú populáciu, ako aj pokles hospodárskych škôd zapríčinených extrémnymi prejavmi počasia. Čo sa týka zvýšenia globálnej teploty Zeme a stúpania hladín morí a oceánov, sľubuje zmiernenie ich rastu do tej miery, do akej pochádzajú z ľudskej činnosti pri pretváraní povrchu krajiny. V chápaní novej vodnej paradigmy je to významná časť z toho, čo môže človek reálne ovplyvniť.

Scenár  
s využitím  
vody

Nová vodná paradigma predstavuje finančne a časovo zvládnuteľnú investíciu vo vzťahu k ozdravovaniu klímy a zabezpečovaniu dostatku

Finančná  
a časová  
nenáročnosť

<sup>64</sup> <http://www.ipcc.ch/>

<sup>65</sup> [http://www.hm-treasury.gov.uk/independent\\_reviews/stern\\_review\\_economics\\_climate\\_change/](http://www.hm-treasury.gov.uk/independent_reviews/stern_review_economics_climate_change/)

vody. Na realizáciu potrebných opatrení v krajine by mali postačiť investičné náklady vo výške zhruba 0,1 % ročného hrubého domáceho produktu krajiny s realizáciou programu 10 – 15 rokov. Tieto náklady sú ekvivalentné k nákladom, ktoré sú potrebné na prípravu a realizáciu plošných opatrení protipovodňovej prevencie (protierózne a vodozadržné opatrenia) v krajine. Priemerné náklady na obnovu malého vodného cyklu (zvýšenie vodozadržnej schopnosti povodia a zníženie erózných procesov) na plošnú jednotku územia závisia od charakteru, morfológie a potreby intervencie. Sú to rôzne technické a biotechnické opatrenia, ktoré si nevyžadujú masívne investície a investičnú výstavbu, naopak, sú nenáročné na realizáciu a využívajú miestny materiál a pracovnú silu. Údržba realizovaných opatrení v území by zostávala na vlastníkoch pôdy, bola by to však len zlomková cena, ktorá by vytvárala užitočnú mieru primárnej a následne sekundárnej zamestnanosti na globálnej úrovni. Priemerné náklady na implementáciu novej vodnej paradigmy na 1 km<sup>2</sup> územia predstavujú 0,1 % ročného hrubého domáceho produktu krajiny vynásobeného počtom rokov implementácie a vydeleného rozlohou krajiny (v km<sup>2</sup>). Tento prístup je lacnejší ako doterajšie či navrhované riešenia.



**Obr. 31 Terasovité svahy v rumunskom Sedmohradsku**

Územia upravené týmto starodávnym spôsobom preukázali obdivuhodnú odolnosť proti záplavám.

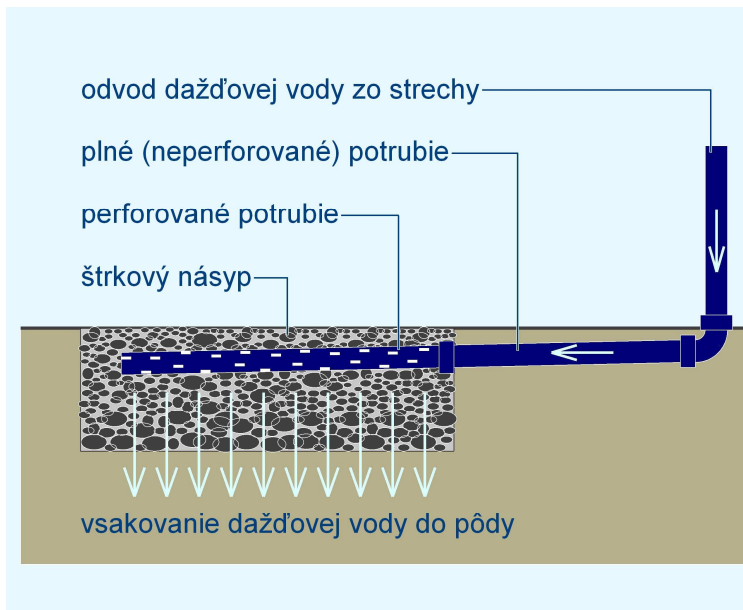




**Obr. 32** Príklad kaskádovitých zemných telies zachytávajúcich dažďovú vodu na svahoch



**Obr. 33** Schémy technických opatrení na protieróziu ochranu územia a zadržiavanie dažďovej vody v území



**Obr. 34 Detail zavedenia rúry s dažďovou vodou do štrkového trativodu<sup>66</sup>**  
 Používa sa na vsakovanie dažďovej vody zo striech domov do pôdy a podložia.



**Obr. 35 Vodný les vo Vysokých Tatrách – budovanie vodozadržných opatrení na území zničenom prírodnou katastrofou**  
 Príklad obnovy vegetácie a hydrologickej stabilizácie územia prostredníctvom zadržiavania vody v krajine.

<sup>66</sup> City of Tucson – Water Harvesting Guidance Manual, Ordinance Number 10210, October 2005, s. 16



***Obr. 36*** Sídliisko KVP v Košiciach – ochrana objektov pod svahom pomocou zemných hrádzok vedených po vrstevnici

## 8 ZÁVEREČNÉ ZHRNUTIE

Obeh vody v prírode sa uskutočňuje cez veľký a malý vodný cyklus. Človek svojou činnosťou a systematickým pretváraním prírodnej krajiny na kultúrnu krajinu urýchľuje odtok dažďovej vody z územia. Obmedzením výparu a vsaku vody do pôdy sa znižuje dotácia vody do malého vodného cyklu. Narušuje sa rovnováha vodnej bilancie v malom vodnom cykle a postupne dochádza k jeho rozpadu nad územím.

Narušenie rovnováhy vodného cyklu

Obrovské toky slnečnej energie sa pri nedostatku vody v pôde, na povrchu a v rastlinách nemôžu transformovať do skupenského tepla vyparovania vody, ale menia sa na citeľné teplo. Povrch územia sa čoraz viac prehrieva a nadväzne vznikajú aj poruchy dotácie vody z veľkého vodného cyklu nad takto poškodeným územím. Lokálne procesy na obrovských plochách obývaných a využívaných človekom sa menia na globálne procesy a spolu s procesmi, ktoré pôsobia bez príspevku človeka, spoluvytvárajú fenomén označovaný ako *globálna klimatická zmena*. Časť globálnej klimatickej zmeny spôsobená ľudskou činnosťou teda z veľkej časti spočíva v odvodnení územia. Následný rast tepelných rozdielov spúšťa mechanizmy, ktoré spôsobujú rast extrémov klímy. Sprievodnými javmi rozpadu malého vodného cyklu sú narastajúce extrémny v počasí, postupný pokles zásob podpovrchových vôd, častejšie povodne, predĺžovanie období sucha a prehlbovanie nedostatku vody v území.

Klimatická zmena, rast extrémov počasia

Tú časť klimatickej zmeny, ktorá je dôsledkom ľudskej činnosti (odvodnenia územia), možno zámernou ľudskou činnosťou (zavodnením územia) zvrátiť. Zavodnenie územia sa dá dosiahnuť nasycovaním malého vodného cyklu nad územím pomocou plošného zadržiavania dažďovej vody v krajine a umožnením jej vsaku a výparu. Tým možno dosiahnuť obnovu malého vodného cyklu nad územím a zásadne zmeniť trend vývoja klimatických podmienok – zvrátiť nastúpený trend regionálneho otepľovania, zmierniť extrémne prejavy počasia a zabezpečiť rast zásob vody v území.

Možnosť obnovy vodného cyklu

Obnova malého vodného cyklu nad územím závisí nielen od rozsahu jeho poškodenia, ale aj od niektorých ďalších faktorov. V podmienkach Slovenska možno pri aplikovaní opatrení očakávať výrazné výsledky už v relatívne krátkom časovom horizonte niekoľkých rokov, prípadne jednej či dvoch dekád. Finančné náklady pri zachovaní účelnosti použitia prostriedkov predstavujú objemy, ktoré sa dajú vyčleniť z bežných štátnych, verejných a súkromných rozpočtov. Podporu realizácie plošných opatrení v krajine je potrebné viazať na každý 1 m<sup>3</sup> vybudovaného objemu vodozadržných plôch v území alebo realizovaných protieróznych opatrení. Realizácia vodozadržných opatrení by mala až do obnovy malého vodného cyklu nad krajinou a vytvorenia stabilnej vodnej bilancie územia v maximálnej možnej miere nahradiť doterajšie investičné opatrenia, ktoré urýchlili odtok vody z územia.

Relatívna finančná a časová nenáročnosť

Zadržiavanie dažďovej vody v území „in situ“ a odvádzanie len prirodzených prebytkov vody v území je „condicio sine qua non“ – podmienka nevyhnutná pre zabezpečenie environmentálnej bezpečnosti, globálnej stability a udržanie rastu ekonomiky. Naplnenie tejto podmienky by malo byť záujmom každého jednotlivca, každej komunity. V dejinách ľudskej civilizácie je to prvý raz, keď sa budú musieť hodnotiť dopady činnosti človeka na vodný cyklus a úbytok vody v ňom. Výrok kráľa Srí Lanky Parakramabahu Veľkého – „ani jediná dažďová kvapka nesmie odísť do mora bez toho, aby poslúžila ľuďom“ – je najlepším zhrnutím novej vodnej paradigmy, ktorá by sa v najbližších desaťročiach mala stať programovým vyhlásením ľudstva na udržanie civilizácie.

Na každej kvapke záleží
-------------------------

