

Řízená umělá infiltrace jako nástroj proti suchu i povodním – její perspektivy v České republice

RNDr. Zbyněk Hrkal, Ph.D.

Výzkumný ústav vodohospodářský TGM, v.v.i., Podbabská 2582/30, 160 00 Praha 6, hrkal@vuv.cz

Úvod

Klimatická změna je realitou. Klima na naší planetě nikdy nebylo stabilní a poučení z dávné geologické historie říká, že šanci na přežití mají jen ta společenstva, která jsou schopna se přizpůsobovat, jsou adaptabilní. Nové tisíciletí je ve znamení vodohospodářských extrémů, katastrofální povodně jsou v krátkém časovém horizontu střídány suchem. Klesají hladiny podzemní vody, vysychají studny a povrchové zdroje v řadě regionů nejsou především v letních měsících schopny uspokojovat požadavky na pitnou vodu. Zásoby jedné ze strategických surovin, podzemní vody, dlouhodobě klesají. Nárůst teplot totiž zvyšuje ztráty způsobené evapotranspirací, a tak i přes neměnní se celkové průměrné srážky, klesá objem vody infiltrované do podzemí. Při povodních voda rychle a bez užitku odtéká po povrchu, a v letních měsících se více odpařuje se a je spotřebována vegetací.

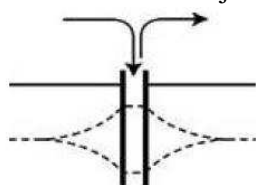
Jedním z účinných adaptačních opatření je umělá infiltrace, technologie, která má v Čechách dlouhou tradici, nicméně v posledních desetiletích byla prakticky zcela zapomenuta. Jedná se o unikátní technologický postup, který je schopen současně řešit oba výše zmíněné klimatické a následně i hydrologické extrémy – suchu i povodně. Navíc se jedná o aktivitu z hlediska ochrany přírody nekonfliktní, na jejíž prospěšnosti se shodnou jinak často antagonistické tábory – vodohospodáři a ekologické iniciativy. Tento příspěvek charakterizuje nejnovější aktivity na tomto poli v České republice

Přehled technologických postupů umělé infiltrace

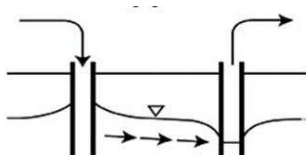
V obecné rovině je pod pojmem umělá infiltrace chápán jakýkoliv technologický proces, kterým dochází k řízenému zasakování povrchové vody do podzemí. Pod tímto pojmem je v Čechách nejčastěji spojována břehová infiltrace, resp. využití zasakovacích nádrží v Káraném. Nabídka technologických postupů je však podstatně širší, přičemž každá z nich má svá specifika uplatnění v různých přírodních podmínkách nebo v závislosti na požadavcích uživatele.

Infiltrace za účelem intenzifikace významných odběrů pitných vod

Zřejmě původní a nejstarší motivací pro aplikaci umělé infiltrace je „uskladnit“ dočasné momentální přebytky povrchové vody do podzemí, odkud bude možno podzemní vodu znovu čerpat v období nedostatku srážek, nebo zvýšené spotřeby. V principu lze použité metody infiltrace za tímto cílem rozdělit do následujících dvou základních skupin:



V prvním případě povrchovou vodu zasakuji na stejném místě, kde ji budu následně využívat

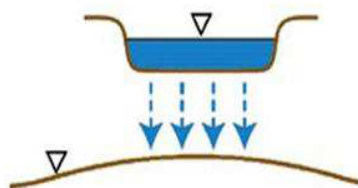


V případě druhém k exploataci dochází jinde, než k infiltrace a místa využívání a zasakování do sebe mohou být často velmi vzdálená. V takovém případě sice může docházet k větším únikům a ztrátám, výhodou ale je využití filtrační schopnosti horninového prostředí a zvyšování kvality infiltrované vody.

Co se týče způsobu zasakování povrchové vody do podzemí lze vyčlenit tři typy:

Prvním je bodový, využívající vrty. Infiltrační vrtané studně nebo vrty se používají především v případě, kdy cílová zvodně je překryta mocnějším izolátorem. Infiltrační vrty jsou také výhodné tam, kde jsou vysoké ceny pozemků. Hlavním technickým problémem využití vrtů, který je v řadě případů až zcela fatálním, je kolmace, mechanické, biologické i chemické zanášení vrtů. V případě injektáže vrtem jsou proto obvykle výrazně vyšší požadavky na kvalitu infiltrační vody, než u doplňování podzemních vod prostřednictvím plošné infiltrace.

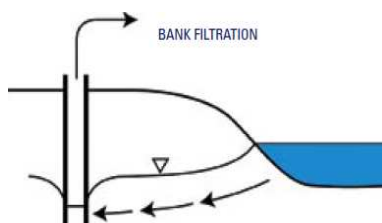
Druhým typem jsou liniové stavby, drenáže, příkopy, případně infiltrační jámy. Tyto stavby jsou používány k infiltraci do mělkých freatických zvodní a dále tam, kde povrchové vrstvy mají nízkou propustnost a proto plošné infiltrační metody nejsou účinné. Infiltrační jámy a příkopy jsou používány v málo konsolidovaném materiálu v případech, kdy mocnost nepropustných materiálů překrývající zvodně je maximálně 15 m (Bouwer, 1996). Příkopy musí touto nepropustnou vrstvou proniknout, aby tak poskytly přímý přístup k podložní zvodni. K usnadnění horizontálního přítoku infiltrační vody do zvodně, by měly mít příkopy nebo šachty minimální plochu dna a maximální plochu na stěnách. (Murray a Tredoux, 1998). Příkopy mohou být vyplněny hrubozrnným pískem nebo jemným šterkem. Zařízení by měla být v ideálním případě zakryta, aby byla chráněna vůči slunečnímu záření, zvířatům a lidské aktivitě. Infiltrační jámy a příkopy jsou poměrně nákladná zařízení a infiltrují jen omezené objemy vody. Proto jejich efektivní použití je většinou omezeno jen na případy, kdy vhodné struktury jsou již k dispozici v podobě opuštěných lomů, šterkoven atd.



Konečně třetím a současně nejefektivnějším způsobem je infiltrace plošná. Plošná infiltrace vody se použije v případech zvodně s volnou hladinou, která je blízko povrchu. Intenzita infiltrace v případě celoročního provozu může dosáhnout 30 m/rok pro jílovité hlíny, 100 m/rok pro písčité půdy, 300 m/rok pro středně zrnité písky a 500 m/rok pro hrubozrné písky (Bouwer 2002). Problémem jsou ztráty evaporací, která však bývá s ohledem na intenzitu infiltrace v podmínkách mírného klimatického pásma přijatelná. Faktor, který zásadním způsobem rozhoduje o efektivitě provozu je sedimentace a zanášení dna nádrže. Tento problém se dá eliminovat nebo alespoň zpomalit následujícími způsoby:

- Použitím rotačního systému infiltrace a sušením s následným odstraňováním nánosů na dně nádrže. Sušení likviduje řasy, což v kombinaci se čištěním dna nádrže obnovuje infiltrační schopnost.
- Mechanickým zpracováním infiltrační vody primární sedimentací, aby se odstranily suspendované pevné částice. Usazovací účinnost může být zvýšena přidáním flokulačních chemikálií.
- Chlorováním infiltrační vody a čímž se sníží mikrobiální aktivita.
- Mechanickou úpravou půdy orbou ke zvýšení propustnosti.
- Pokrytím dna pánve vrstvou středně zrnitého písku, který působí jako filtr odstraňující nerozpuštěné látky.

Zřejmě nejúčinnější variantou umělé infiltrace je tzv. nucená břehová infiltrace, velmi populární například v Maďarsku na Dunaji (Simonffy 2003) nebo v Německu na Labi a Rýně. Princip břehové infiltrace je v podstatě jednoduchý. Skládá se z řady příkopů nebo linie jámacích vrtů, které jsou situovány paralelně s vodním tokem. Čerpání má za následek snížení hladiny podzemní vody a změna hydraulického spádu vyvolá zvýšenou indukci povrchové vody do kolektoru (nejčastěji vysoce propustných teras). Průtokem horninovým prostředím jsou odstraňovány rozpuštěné kontaminanty, suspenze, zlepšuje se i biologická kvalita jímané vody.



Břehová infiltrace se používá v nejrůznějších měřících, nejčastěji se však jedná o rozsáhlé regionální projekty pokrývající spotřebu pitné vody pro velké sídelní aglomerace. Například v oblasti povodí Rýna

je tímto způsobem zásobováno více než 20 milionů obyvatel. Hlavní výhodou břehové infiltrace je možnost čerpání velkých objemů kvalitní podzemní vody bez negativního dopadu na okolí.

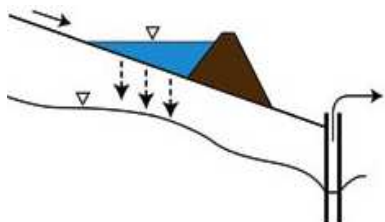
Odebírané množství vody je omezeno pouze filtrační kapacitou břehů; průtok v řece bývá řádově několikanásobně větší, než odebíraný objem. S výjimkou nároků na čistotu povrchové vody není ze strany zdroje prakticky žádné omezení, což dává tomuto systému jímání vysokou zabezpečení, zvláště ve srovnání s citlivostí jiných zdrojů podzemních vod ke změně klimatu. Výhodou oproti přímému odběru povrchové vody jsou snížené nároky na úpravu jímané vody.

Zasakování na lokální úrovni za účelem zpomalení odtoku a zvýšení zásob podzemní vody

Účel, použitá technická řešení i měřítko těchto typů umělé infiltrace se od předchozích případů diametrálně liší, odlišné proto budou i nároky na přírodní podmínky. Ve světě je využívána celá řada technologií umělé infiltrace, která je chápána jako součást protipovodňové ochrany, ale současně funguje jako zařízení, které v období sucha zvyšuje zásoby podzemní vody. Většinou se jedná o technicky vcelku jednoduché stavby s nenáročnou technologií, které jsou aplikovatelné v lokálním měřítku.

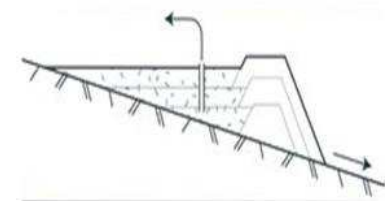
Vsakovací nádrž

První možností je výstavba malých přehrad napříč korytem vodoteče, jejichž účelem je zabránit erozi nebo destrukci infiltračních zařízení. Zemní hráze zpomalují průtok vody v toku a tím umožňují zvyšují efektivitu infiltrace a snižují půdní erozi. Série takových drobných hrází podél linie odvodnění snižuje erozi po přívalových deštích, zabraňuje odnosu sedimentů a zvyšuje podíl infiltrované vody.



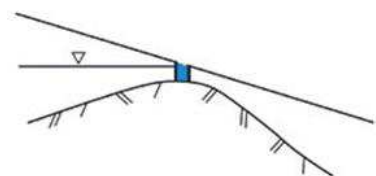
Zemní hráze

Variantu předchozího řešení představují zemní hráze situované v morfoloicky členitém terénu. Velmi populární jsou tato zařízení v aridních klimatických podmínkách, kde k odtoku dochází ve formě přívalových povodní. Hráz bývá založena ve skalním podloží přes celou šířku koryta, aby zpomalila přívalové povodně nebo delší občasné průtokové události. Tím se hrubší materiál usazuje a hromadí za hrází. Hráz může být zvýšena po každé následné povodni, výška zdi tak určuje povodňový průtok a množství nahromaděného materiálu.



Aby byl zajištěn odtok jemnozrnného materiálu, musí být u takových hrází umožněn dostatečný přetok (Murray, Tredoux, 1998). V ideálním případě by místní hornina měla zvětrávat na hrubozrnné písčité zvětraliny. Postupem času vytvoří povodňové vlny umělý kolektor. Vodu lze z něho odčerpávat, nicméně zasakovací přehrady je možné rovněž umístit nad propustným skalním podložím a tak zvyšovat zásoby podzemní vody původní podložní zvodně.

1 Podzemní hráze

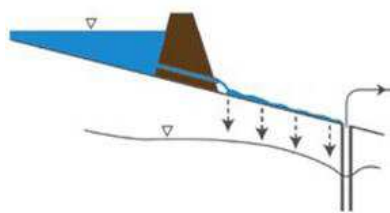


je pak následně čerpána studněmi nebo vrty.

V aluviálních zvodních mohou být k zadržení vody použity podpovrchové (podzemní) hráze. V místech, kde elevace morfologie nepropustného podloží omezuje průtok, je v podloží vybudován příkop, který přes celé koryto zasahuje až do podloží. Příkop se vyplní materiálem s nízkou propustností a tak se výrazným způsobem omezí odtok podzemní vody. Podzemní voda

2 Polopropustné hráze

V řadě případů je obtížné zabránit tomu, aby voda odtékala mimo infiltrační strukturu dřív, než stačí doplnit zvoďeň. Tento problém může vyřešit vhodná konstrukce přehrad tím, že se usnadní sedimentaci. Voda se postupně a řízeně vypouští potrubím po proudu řeky, do vybraného prostoru infiltrace a doplňování zásob podzemních vod. Variace na toto téma je výstavba polopropustných přehrad ze štěrkových stěn s potrubím vedoucím skrz přehradu (Kahlow, 2004). Tyto stavby zadržují prudké přívaly, zvyšují usazování suspendovaných sedimentů a uvolňují vodu prostřednictvím polopropustné stěny do řeciště pod sebou.



Dosavadní zkušenosti s umělou infiltrací v České republice

V České republice se umělá infiltrace poprvé začíná využívat na přelomu 19. a 20. století. Tehdy se začínají využívat indukované a umělé zdroje vodárny v Káraném, jejíž první část byla vybudována v letech 1906-1913 v dolním Pojizeří podle projektu A. Thiema z Lipska. Od roku 1968 využívá káranická vodárna také vodu získanou umělou infiltrací (podrobněji viz článek M. Skalického v tomto sborníku).

Mimo vodárnu v Káraném se však umělá infiltrace v České republice využívá velmi sporadicky. Podle Kněžka (1989) byly v praktickém provozu mimo Kárané koncem 80. let pouze umělé infiltrace u Nového Bydžova, Luhu u Sušice, Přerov - Lýsky a Hrachovec u Valašského Meziříčí. Spíše jako "divoké" infiltrace byly provozovány objekty u Rokycan, Frýdku-Místku, Rožnova pod Radhoštěm a v Kněžpoli u Uh.Hradiště.

Zájem o umělou infiltraci se zvětšováním důrazu na výstavbu vodárenských nádrží a zásobování ze zdrojů povrchových postupně slábl. Renesanci zájmu přináší až počátek nového tisíciletí a to v souvislosti s prohlubujícími hydrologickými extrémami, které mají negativní dopad především na zdroje povrchových vod.

Kde v České republice budeme moci umělou infiltraci využívat?

Řízená umělá infiltrace je na první pohled jednoduchou a velice efektivní technologií. Nicméně aby splňovala požadavky, které jsou na ni kladeny, je třeba vyřešit velmi komplikovaný soubor kvantitativních i kvalitativních otázek. Především je třeba nalézt hydrogeologickou strukturu, která je dostatečně propustná, jinými slovy má odpovídající akumulaci schopnost. „Skladovací“ prostor, průliny a pukliny, však musí být prázdné, to znamená, že hladina podzemní vody musí být ve větší hloubce.

Výběr vhodné lokality nejvíce komplikuje médium, které chceme v podzemí ukládat. Voda je totiž do té míry mobilní, že musíme nalézt strukturu, která bude na bázi a pokud možno i na bocích těsná – jinak infiltrovaná voda bez užitku odtéká. Umělou infiltraci proto nelze chápat jako statické skladování, ale jedná se o proces s různým stupněm dynamiky.

Zcela klíčovou otázkou efektivity fungování umělé infiltrace je nesmírně složitá biogeochemická interakce mezi vodou, atmosférou a horninovým prostředím, která způsobuje zanášení, sedimentaci a kolmataci zasakovacích objektů. Pro eliminaci těchto negativních jevů je proto nezbytné dokonalé pochopení probíhajících procesů. Toto studium je o to komplikovanější, že každá lokalita se chová zcela specificky. Proto je nutno návrh managementu zasakování vždy přizpůsobit místním poměrům.

Další nezbytnou podmínkou pro funkční lokalitu s umělou infiltrací je zdroj kvalitní vody. Tradičním zdrojem je říční voda, nicméně ve světě se stále častěji používá vyčištěná odpadní voda a voda srážková.

V roce 2010 byla zhodnocena perspektivita území České republiky z hlediska vhodnosti umělé infiltrace (Hrkal et al 2010). Toto hodnocení probíhalo v rámci projektu technické asistence Operačního programu životního prostředí, který si kladl za cíl připravit podklady pro následné průzkumné práce.

Hodnocení proběhlo ve dvou měřítkových rovinách, regionální, vztahující se na celé území České republiky a místní, jejímž cílem bylo vytipovat konkrétních perspektivní lokality. V obou případech musela vhodná struktura pro umělou infiltraci splňovat následující podmínky.

V první řadě se musí jednat o strukturu s dostatečnou propustností, především průlinovou nebo kombinovanou, průlinovo-puklinovou. Znamé jsou však i případy efektivní infiltrace do puklinového kolektoru. Protože na umělou infiltraci se nekladou jen kvantitativní kritéria, ale infiltrace by se měla podílet i na čištění zasakováných vod, nejsou obvykle jako ideální považována extrémně propustná prostředí jako je kras nebo hrubozrnné šterky. Nicméně umělá infiltrace do obou těchto litologických typů je ve světě běžně využívána.

Druhou základní podmínkou je dostatečná mocnost kolektoru a mocnost nenasatované zóny. Tyto parametry rozhodují o tzv. „skladovacím“ objemu. Je-li hladina podzemní vody blízko terénu, pak je problematické využití i vysoce propustného a mocného kolektoru. V takovém případě se nabízí jen možnost tzv. dynamického využívání, při kterém se hladina snižuje intenzivním čerpáním a tím se vytváří prostor pro infiltraci.

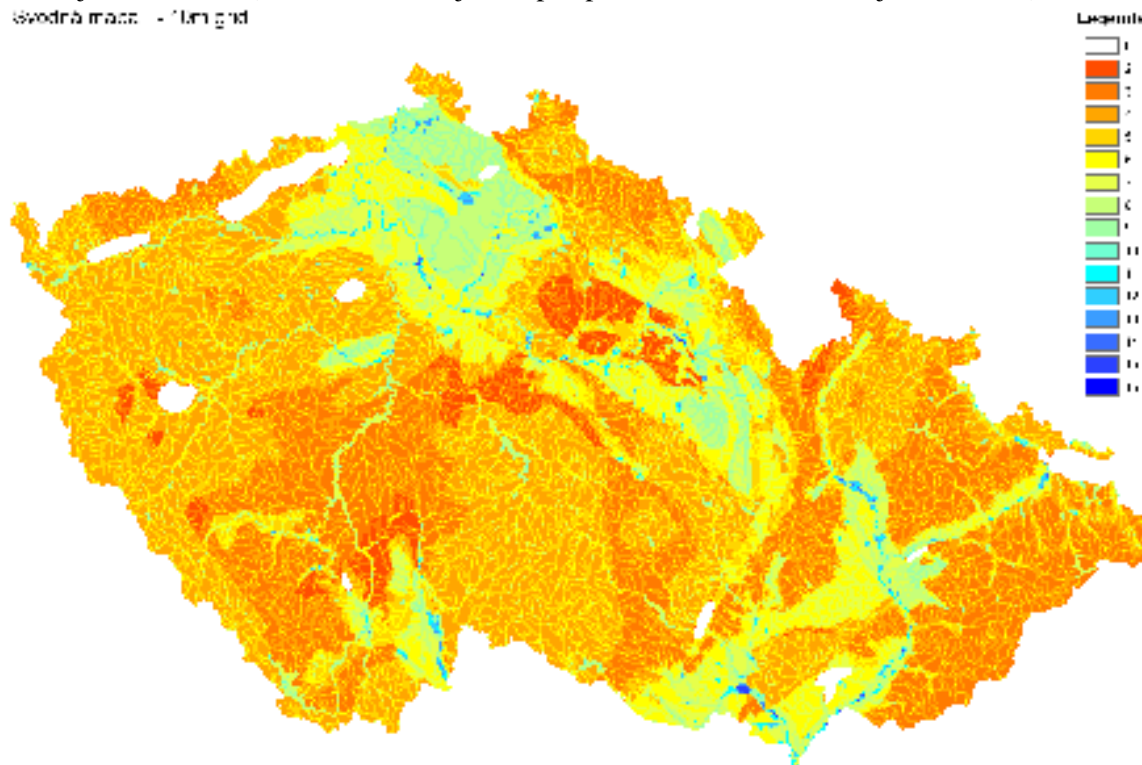
Třetí podmínku představují vhodné strukturálně geologické podmínky. Je třeba najít takovou strukturu, které sice umožní vodu zasáknout, ale současně dovolí ji po čase znovu vyčerpat. Zcela nezbytné je nepropustné podloží, které zabrání nekontrolovanému úniku infiltrované vody. Optimální, ale ne již zcela nezbytná, je uzavřená hydrogeologická struktura, která je přírodní nepropustnou bariérou uzavřena v bocích. V případě částečně otevřené struktury, je možné zabránit únikům infiltrované vody hydraulickou bariérou.

Čtvrtou podmínkou je přítomnost dostatečného zdroje vody s odpovídající kvalitou. Splnění této podmínky není nutné při infiltraci odpadních vod, kde jediným kritériem je efektivita čištění.

Konečně pátou podmínkou je vyloučení oblastí, kde podzemní voda je již v současné době znečištěná do té míry, že injektáž povrchové vody by její kvalitu nedokázala zlepšit na požadovanou úroveň.

Výsledek plošného hodnocení perspektivnosti území ČR pro umělou infiltraci je znázorněn na následujícím obrázku (červená barva nejméně perspektivní, modrá barva nejvíce vhodná)

svodná mapa - 1 km grid



V detailním měřítku byly pro průzkumné práce, plánované na období 2011 – 2015, vytypované následující pilotní lokality. (Pro všechny lokality byl připraven detailní projekt technických prací včetně rozpočtu):

Pilotní lokalita fluviální kvartérní kolektor Labe v prostoru mezi Poděbrady a Čelákovicemi

Uživatel výstupu pilotních lokalit: Povodí Labe, VaK Nymburk

Cíl prací na pilotní lokalitě:

- 1/ Získání informací o efektivitě a dynamice infiltrace v období povodňových stavů jako podklad pro návrh suchých poldrů a jejich začlenění do protipovodňové ochrany
- 2/ Studium dopadu dlouhodobé infiltrace na okolní prostředí a optimalizace využívání břehové infiltrace a různých vodních stavů v řece.

Pilotní lokalita Litá

Uživatel výstupu pilotní lokality: VaK Hradec Králové, Povodí Labe

Cíl prací na pilotní lokalitě:

- 1/ Testování efektivitě a dynamiky infiltrace přebytků povrchových vod v období povodňových stavů do prostředí České křídové pánve
- 2/ Představení umělé infiltrace jako nástroje umožňující významné odběry podzemních vod v prostředí s chráněnými ekosystémy závislémi na vodě

Pilotní lokalita kvartér Lužnice u Majdalény

Uživatel výstupu pilotní lokality: ČeVaK České Budějovice, Povodí Vltavy

Cíl prací na pilotní lokalitě:

- 1/ Získání informací o efektivitě a dynamice infiltrace v období povodňových stavů jako podklad pro návrh suchých poldrů a jejich začlenění do protipovodňové ochrany

2/ Studium dopadu dlouhodobé infiltrace na okolní prostředí a optimalizace využívání břehové infiltrace a různých vodních stavů v řece.

Pilotní lokalita Lednice

Uživatel výstupu pilotní lokality: VaK a.s. Břeclav

Cíl prací na pilotní lokalitě:

- 1/ Získání informací o efektivitě a dynamice infiltrace v období povodňových stavů jako podklad pro návrh suchých poldrů a jejich začlenění do protipovodňové ochrany
- 2/ Eliminace negativních dopadů lidské činnosti do vodního režimu zpomalením odtoku povrchových a podzemních vod a jejich zdržením v povodí kvartérních teras.

Pilotní lokalita Meziboří

Uživatel výstupu pilotní lokality: Obecní úřad Meziboří

Cíl prací na pilotní lokalitě:

Zmírnění až eliminace obou klimatických extrémů, povodní a sucha, v lokálním měřítku zpomalením odtoku povrchových a podzemních vod a jejich zdržením v prostředí krystalinika.

Závěr: Jaké výhody by přinesla řízená umělá infiltrace technologie?

- Umělá infiltrace je ve své podstatě přírodní proces, který vodohospodář zefektivňuje. V závislosti na použité technologii a místních přírodních podmínkách je technicky a ekonomicky relativně nenáročná a z pohledu „Náklady – Užitek“ vysoce efektivní.
 - Jedná se o unikátní postup, který je schopen současně reagovat na tak protichůdné vodohospodářské problémy, jako jsou povodně a sucho a který řeší jak otázky kvantitativní, tak i kvalitativní. Nezanedbatelným přínosem řízené umělé infiltrace je totiž využití filtrační schopnosti horninového prostředí, a která vede ke zlepšování kvality jímané vody.
 - V současné době již řízenou umělou infiltraci nemůžeme chápat jen jako postup, při kterém „ukládám“ vodu pro její pozdější využití. Jedná se o technologii, která řeší celou řadu vodohospodářských i ekologických otázek a ve svém konečném důsledku i národohospodářské a ekonomické problémy.
 - Umělá infiltrace je jedna z mála, ne-li jediná technologie, která sjednocuje zájmy vodního hospodářství a ochrany životního prostředí. V zahraničí jsou běžné případy, kdy zasakování bylo jediným způsobem, jak zachránit biosférické rezervace mokřadel, a to aniž by se muselo omezovat využívání zdrojů podzemní vod.
- Výše uvedená rozpracovaná strategie, zahájená v roce 2010 však bohužel ztratila podporu státních orgánů a etapy prací projektované na období let 2011 – 2015 se nikdy nerealizovaly**

Literatura:

Bouwer, H. (2002): Artificial recharge of groundwater: Hydrogeology and engineering. Hydrogeology Journal, Volume: 10, Issue: 1, Pages: 121-142.

Hrkal, Z. et al. (2010): Metodika hodnocení území České republiky z hlediska vhodnosti pro řízenou dotaci podzemních vod vodami povrchovými a možností umělé infiltrace vycištěných odpadních vod a aplikace této metodiky na území ČR. MS VUV TGM Praha.

Tredoux, G., Murray, E C. and Cave, L C. (2003): From Chapter 8. Infiltration systems and other recharge systems in Southern Africa. "Management of Aquifer recharge and Subsurface Storage." NCC-IAH Publication. No. 4.

Simonffy Z. 2003. From Chapter 5 of "Management of Aquifer Recharge and Subsurface Storage." NCC-IAH Publication. No. 4

Kahlow, M A. 2004. Leaky dam to rejuvenatedepleting aquifers in BalochistaIn:I. Gale editor Strategies for Managed Aquifer Recharge (MAR in semi arid areas IAH.

Kněžek, M. Umělá infiltrace ve světě a v ČSSR. Praha, ČSVTS, 1989.