

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERSITA
V PRAZE**

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

KATEDRA VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ A ENVIRONMENTÁLNÍHO MODELOVÁNÍ

**POSOUZENÍ MOŽNÉHO VLIVU SOLÁRNÍCH
ELEKTRÁREN NA HYDROLOGICKÝ REŽIM PŮD**

VEDOUcí BAKALÁŘSKÉ PRÁCE: JIRKA PAVLÁSEK

BAKALANT: PETRA HUISLOVÁ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně, pod vedením Jirky Pavláška. Další informace mi poskytli zaměstnanci Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půdy. Uvedla jsem všechny literární prameny, publikace a zdroje, ze kterých jsem čerpala.

V Praze dne:

Podpis:

.....

.....



Fakulta životního
prostředí

Zadání bakalářské práce

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Školní rok: 2010/2011

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

pro: Petru Huislovou

obor: Aplikovaná ekologie

Název tématu: Posouzení možného vlivu solárních elektráren na hydrologický režim p
úd

Název tématu v anglickém jazyce: Assessment of possible influence of solar power
station on soil hydrological regime

Zásady pro vypracování:

1. Zpracování rešerše na téma hydrologický režim půd
2. Zjištění rozsahu stavebních úprav a změn půdního profilu při budování solárních elektráren.
3. Posouzení změn plošného rozložení srážek na lokalitách se solárními panely
4. Stanovení rozdílů infiltrace srážek v místech solárních elektráren
5. Posouzení vlivu solárních elektráren na další hydrologické procesy



ČESKÁ
ZEMĚDĚLSKÁ
UNIVERZITA V PRAZE



Rozsah grafických prací: cca 5 stran

Rozsah průvodní zprávy: cca 30 stran

Seznam odborné literatury:

- Carter M.R., Gregorich E.G., 2008: Soil Sampling and Method of Analysis, Second edition. Canadian Society of Soil Science, Taylor & Francis Group, s. 1224.
- Dingman, S.L. 1993: Physical Hydrology. Macmillan College Publishing Company, New York, s. 575.
- Kodešová R., 2005: Modelování v pedologii. Česká zemědělská univerzita v Praze, s.150.
- Kutílek, M., 1978. Vodohospodářská pedologie. SNTL Praha 04-721-78, s.295.
- Valla M., Kozák J., Němeček J., Matula S., Borůvka L., Drábek O., 2002: Pedologické praktikum, 2. vydání. Česká zemědělská univerzita v Praze, s. 155.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jirka Pavlásek, Ph.D.

Konzultant bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: 10. září 2010

Termín odevzdání bakalářské práce: 29. dubna 2011

L.S.


prof. Ing. Pavel Pech, CSc.
Vedoucí katedry




prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.
Děkan

V Praze dne

Abstrakt:

Práce je zaměřená na hydrologický cyklus půd na pozemcích fotovoltaických elektráren (FVE). Shrnuje všechny nejdůležitější procesy v půdě související s vodou a její distribucí – infiltrace, redistribuce, retence, evapotranspirace. Dále popisuje, jak jsou hydrologické veličiny měřeny. V praktické části je práce zaměřena stavební úpravy pozemků FVE a jejich dopady na vodní půdní režim (VPR). Elementární hydropedologické procesy jsou aplikované na pozemky FVE a je popsán jejich možný průběh. Práce hodnotí i plošné rozložení srážek na těchto pozemcích a jejich následný vliv na infiltraci. Téma práce je zajímavé především z vědeckého hlediska. V praxi se při posuzování vlivu FVE na VPR příliš nepřihlíží. Práce by tedy mohla přinést nový úhel pohledu při ekologickém posuzování vlivu solárních parků na zadržování vody v krajině a to nejen pro státní správu, ale i pro veřejnost.

Klíčová slova: fotovoltaické elektrárny, hydrologie, infiltrace, půda

The work is focused on the hydrological cycle in the soil in plots photovoltaic power (PVP) stations. It summarizes all the key processes in the soil related to water management and distribution – infiltration, redistribution, retention, evapotranspiration. It also describes how are the hydrological variables measured. The practical part of the work is focused alterations of land and their effects on soil water regime. Elementary hydropedological processes are applied to the land described in the PVP and possible progression. The work evaluates the distribution of precipitation on the surface of these lands and their subsequent effect on infiltration. This thesis is particularly interesting from a scientific point of view. In practice, when assessing the impact of the PVP hydrological cycle not be disregarded. The work could thus bring a new perspective when assessing the environmental impact of solar parks in the country and not just for government but for the public.

Keywords: solar power, hydrology, infiltration, soil

Slovník zkratk

FVE - fotovoltaická elektrárna

VPR - vodní půdní režim

ZPF – Zemědělský půdní fond

BPEJ – bonitovaná půdně ekologická jednotka

HJP – hlavní půdní jednotka

Wp – watt peak = Jednotka nominálního výkonu fotovoltaického panelu, výkon vyrobený solárním panelem při energetické hustotě záření 1000W/m², při teplotě 25°C a světelném spektru slunečního záření při bezoblačné obloze.

MWe – megawatt elektrického výkonu

MŽP – Ministerstvo životního prostředí

MZE – Ministerstvo zemědělství

ČHMU – Český hydrometeorologický ústav

VUMOP – Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy

RVK – retenční vodní kapacita

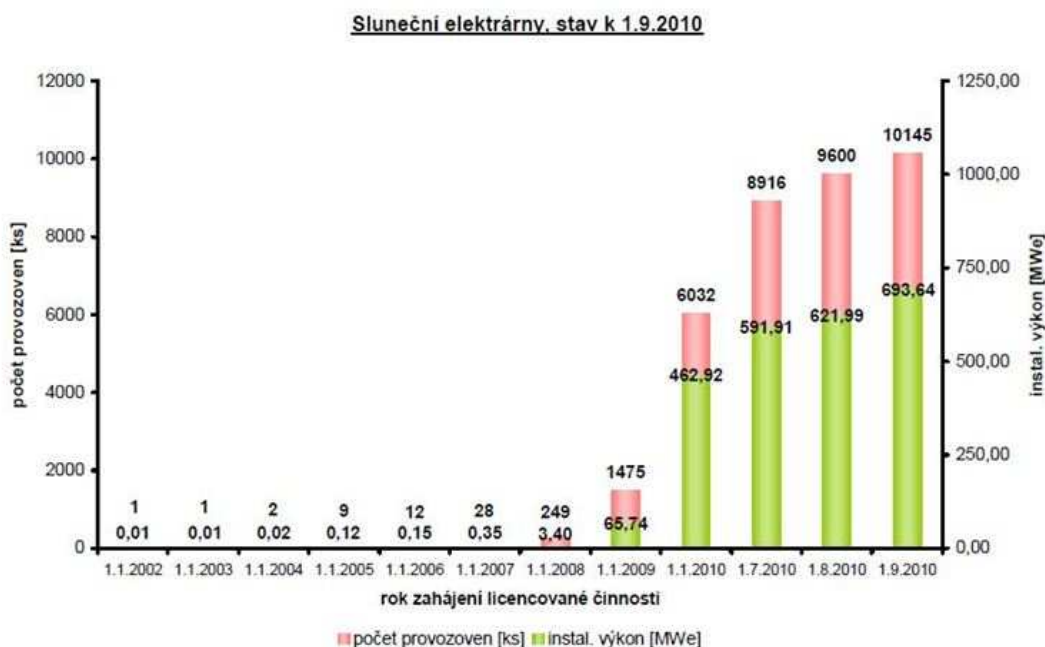
TTP – trvalý travní porost

Obsah

1. Úvod:	8
2. Cíle práce:	10
3. Funkce půdy	11
4. Vodní půdní režim	12
5. Elementární hydropedologické procesy VPR	13
5.1. Infiltrace	13
5.1.1. Měření infiltrace	13
5.1.2. Pórovitost	14
5.1.3. Struktura a stabilita půdy	14
5.2. Redistribuce	15
5.3. Retence	15
5.4.1. Retenční vodní kapacita	16
5.4.2. Retenční křivky	16
5.4.1. Měření půdního potenciálu	17
5.5. Evapotranspirace	18
5.5.1. Měření evapotranspirace	18
6. Ochrana půdy	20
6.1. Zemědělský půdní fond (ZPF)	20
7. Stavební úpravy při budování FVE	22
7.1. Terénní úpravy	22
7.2. Výkopové práce	23
7.3. Kotvení	23
7.3.1. Konstrukce na základových patkách s kotvením šrouby	23
7.3.2. Zavrtávací mikropiloty	24
7.4. Vliv stavby na VPR	24
7.4.1. Ztráta vegetace	24
7.4.2. Zhutňování půdy pojezdy strojů	25
7.4.3. Nežádoucí promísení půdních genetických horizontů	25
7.4.4. Porušení drenážního (závlahového) systému	26
7.4.5. Tvar a velikost pozemku	26
8. Posouzení změn plošného rozložení srážek na lokalitách se solárními panely	27
8.1. Intenzita slunečního záření v ČR	27
8.2. Rozdělení srážek	28
8.2.1. Atmosferické	28
8.2.2. Horizontální srážky	29
8.3. Zastřešení panely	30
8.3.1. Modelový příklad zastřešení na území FVE	31
8.4. Omezení vodní eroze	32
8.4.1. Trvalý travní porost (TTP)	32
8.4.2. Údržba TTP	34
8.4.3. Bonita	35
9. Diskuze	36
10. Závěr	38
ZDROJE	39
Příloha	1
příloha č.1 – Legislativa související s ochranou půdy	1

1. Úvod:

Energie z obnovitelných zdrojů je důležitou složkou trvale udržitelného rozvoje společnosti. Směrnice Evropského parlamentu a Rady č. 2001/77/ES ze dne 27. září 2001 o podpoře elektrické energie z obnovitelných zdrojů na vnitřním trhu s elektrickou energií nás zavazuje k vytvoření podmínek pro pokrytí spotřeby elektřiny obnovitelnými zdroji ve výši 8%. Jedním ze způsobů je i získání energie ze slunečního záření pomocí solárních panelů ve fotovoltaických elektrárnách (FVE). Podle Českého regulačního úřadu je v současné době v ČR 12909 provozoven, jejichž výkon činí 1958,63 MWe (viz obr. č. 1). Jejich životnost je omezena na 20-30 let.



Obr.č.1 Hodnota instalovaného výkonu fotovoltaických elektráren k začátku září 2010 (www.eru.cz)

Fotovoltaika zažila v roce 2010 v ČR obrovský boom díky programu Zelená úsporám a zejména štědré státní podpoře ve výkupu elektrické energie vyrobené ve FVE. To sebou přineslo samozřejmě některé otázky – návratnost investic, recyklace panelů po skončení jejich životnosti a také protesty ochranářů krajinného rázu. Já jsem se zamyslela nad možností změny půdních vlastností a charakteristik na těchto pozemcích.

Minimálně dvacet let budou solární panely pokrývat nezemědělské pozemky nebo pozemky dočasně vyjmuté ze zemědělského půdního fondu. Ve své práci jsem se zaměřila na možnou změnu v hydrologickém cyklu půdy pod solárními panely. Změna může být způsobena náhlou změnou rozložení, a tím i intenzitou srážek. Ke změně může také dojít při přípravě pozemku k instalaci solárních panelů, pojezdy těžké mechanizace, rovnáním plochy a pokládáním kabelů. Navíc je půda většinou zbavena původního vegetačního krytu a nově oseta. Z ekologického hlediska dochází ke změně celého původního stanoviště.

Hydrologický režim těchto půd není panely přímo ohrožen. FVE s sebou přinášejí jistě větší a podstatnější rizika, jakými jsou například kontaminace půdy a změna krajinného rázu, ale z vědeckého hlediska je tato problematika dosud neprozkoumaná a podle mého názoru velice zajímavá. FVE zabírají v ČR nezanedbatelné plochy, největší, u obce Vepřek (na Mělnicku), se rozkládá na pozemku o výměře 82,5ha (viz.obr. č. 2), a proto je potřeba vědět o takto využívané půdě maximum. Negativní změna hydrologického cyklu by mohla vést k nevratnému snížení produkčního potenciálu lokality nebo ke změně chemizmu půdy.

Zdravé , funkční půdy v krajině ubývá, přitom je to jedna z nejdůležitějších složek, která má vliv na hydrologickou bilanci krajiny. Pokusím se nahlédnout objektivně na to, do jaké míry by mohlo dojít ke změně hydrologických procesů a nakolik mají tyto změny škodlivý účinek. Neměli bychom zapomínat na to, že půda je nejen potenciálně trvale udržitelný přírodní zdroj, ale i přírodní zdroj snadno znehodnotitelný, vyčerpitelný a neobnovitelný (Mareš a kol., 1996).

Tato práce by byla jistě hodnotnější a průkaznější, kdyby byly dostupná naměřená konkrétní data. Absence dat je bohužel způsobená tím, že většina elektráren je nových a jejich stáří nepřekračuje jeden rok. O tuto praktickou část bych chtěla svou práci rozšířit v následujícím studiu a v diplomové práci.

2. Cíle práce:

Cílem je shrnutí hydro pedologického vodního režimu, jeho nejdůležitějších složek a jejich podstaty. V praktické části jsem zjišťovala rozsah stavebních úprav na pozemcích FVE. Tuto část jsem zpracovala sběrem informací od různých projekčních a realizačních firem. Snažila jsem se posoudit možný vliv na vodní režim, zejména infiltraci, při stavbě a po instalaci solárních panelů.

Teoretický vliv zastřešení solárními panely na infiltraci jsem demonstrovala pomocí jednoduchého modelu na určité ploše a možného úhrnu srážek. Plošné rozložení srážek jsem popsala podle jejich vlastností a aplikovala na sledované pozemky podle projekčních plánů.

Výsledkem mé práce je teoretické nahlédnutí na problematiku změn vodního režimu půdy nejen při výstavbě fotovoltaických elektráren. Výsledky se dají aplikovat na jiné urbanizační procesy, při kterých dochází k zastřešení půdy. V podstatě se jedná o kostru pro diplomovou práci, ve které bych chtěla připojit experimentální část. Ta by měla obsahovat data elementárních složek vodního režimu odebraná v terénu, tentokrát již na konkrétním území některé z FVE, a získaná vybranou metodou hydro pedologického průzkumu.



Obr. č. 2 FVE u obce Vepřek na Mělnicku, rozloha 82,5ha (<http://www.phonosolar.cz/>)

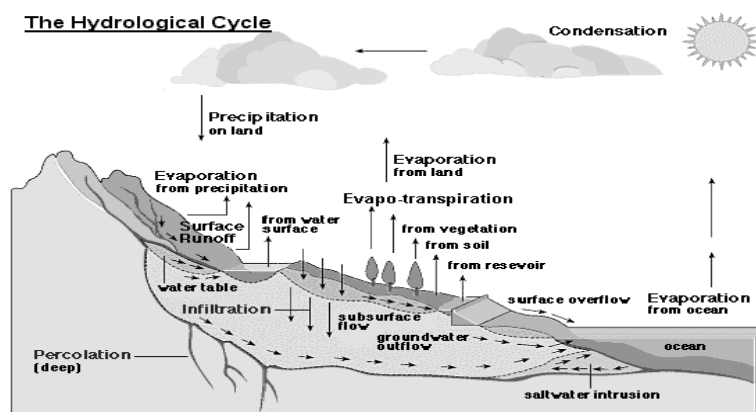
3. Funkce půdy

V minulosti se věnovala pozornost hlavně produkčním a socioekonomickým funkcím půdy. V současné době se ve všech vyspělých zemích světa klade důraz na posuzování funkcí půdy v krajinném ekosystému. Jde hlavně o prostorové a funkční řešení krajiny při realizaci opatření, úprav a staveb krajinného inženýrství (Mareš a kol., 1996). Produkční, prostorové, hydrologické a vodohospodářské, ekologické, sanitární a hygienické, pufrční funkce jsou hlavními sledovanými funkcemi půdy s ohledem na podmínky v České republice.

Na problémy půdní vody se soustřeďuje pozornost nejen u nás, ale i v mezinárodním měřítku, poněvadž půda vedle svého čistě zemědělského využití má také význam, který daleko překračuje tento rámec. Svou schopností zadržovat vodu, svým postavením na rozhraní sfér oběhu vody (viz obr.č. 3) v přírodě zásadně ovlivňuje hydrologickou bilanci (Váša a Drbal, 1975).

Půdní voda má obrovský význam pro suchozemskou vegetaci. Půda zajišťuje příjem vody, rozvádění a rozdělování srážek, případně závlah, zadržování vody (retenci), hromadění (akumulaci) i odvodňování (drenáž), odvodňovací schopnost krajiny a rovnoměrné zásobování kořenů rostlin (Vašků, 2001).

Jednou z nejdůležitějších schopností půdy, která rozhodujícím způsobem ovlivňuje koloběh vody v přírodě a produkční schopnost půdy, je tedy hospodaření s vodou – Vodní půdní režim (VPR). Tato schopnost závisí na parametrech půdy, jako je její zrnitost, mineralogické složení, kvalita a uspořádání půdních horizontů, půdní struktura, obsah a kvalita organické hmoty, a na vlastním prostředí (reliéf, svahovitost, počasí, srážky, hladina podzemní vody) a hloubce půdy (Mati a kol., 2009).



Obr.č.3 Hydrologický cyklus na Zemi (<http://www.thewaterpage.com/>)

4. Vodní půdní režim

Vodní půdní režim (dále jen VPR) je jedním z mnoha režimů, kterým se snažíme popsat chování vody v půdních horizontech. Jedna z definic říká, že VPR je prostorové a časové uspořádání vody, které je výsledkem jevů vnikání vody do půdy, jejího pohybu a zadržení v půdě, vyplývající ze vzájemné souvislosti půdy jako pedosféry s ostatními sférami – litosférou, atmosférou, hydrosférou a biosférou (Váša a Drbal, 1975). Dá se říci, že VPR je posloupností stavů vody v prostoru, ve kterých se nachází po dobu určitého časového intervalu.

Kvantitativně lze VPR vyjádřit v bilanční rovnici:

$$Z_Z + S + P_{PV} + P_{PZ} + K = E + T + O_{PV} + O_{PZ} + Z_K$$

Na jedné straně se nachází přítokové položky (položky, které půdu zvlhčují)

- vzdušné vertikální srážky, kapalné i pevné (S),
- vzdušné horizontální srážky, např. způsobené kondenzací (K),
- povrchový přítok, voda přitékající z vyšších poloh – v kapalném stavu např. voda zaplavující povrch, v pevném skupenství sněhové návěže (P_{PV}),
- podzemní přítok, vztlínání podzemních vod (P_{PZ}).

Na straně druhé se nachází položky odtokové (položky odvádějící vodu)

- evaporace (E),
- transpirace (T),
- povrchový odtok (O_{PV}),
- podzemní odtok (O_{PZ}).

Z_Z , Z_K je zásoba vody půdního profilu na začátku a konci bilančního období. (Váša a Drbal, 1975).

5. Elementární hydropedologické procesy VPR

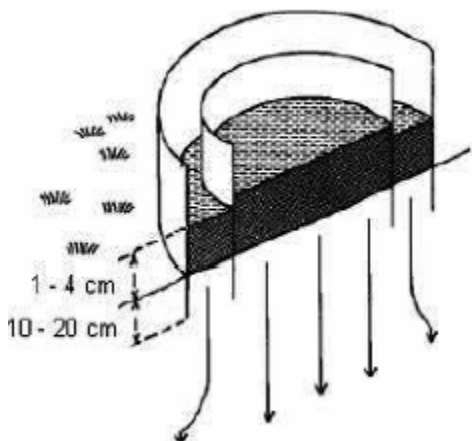
Ve vztahu k půdnímu profilu se VPR, respektive jeho elementární procesy, týká především pedogeneze (tj. souboru půdotvorných procesů, které vedou ke vzniku půdy). Pedogenetické procesy jsou silně ovlivněné vlhkostí a teplotou půdního prostředí (Kutílek a kol., 2006). Tuto skutečnost definuje teorie o vývoji půdy na základě geologických, geochemických, fytoecologických a geomorfologických výzkumů. Všechny tyto vědní obory jsou spojené hydrologickými procesy v půdě.

5.1. Infiltrace

V hydrologickém cyklu lze považovat infiltraci za začátek koloběhu vody v půdě. Je to proces, při kterém dochází k průniku vody do půdního prostředí. Infiltrace určuje podíl srážkové vody na povrchovém odtoku, hypodermickém odtoku a následně i odtoku do podzemních vod. Jednou z nejdůležitějších charakteristik infiltrace je její rychlost, která je ovlivněná několika faktory. Jedná se především o fyzikální vlastnosti a stav půdy, vegetační pokryv, počáteční vlhkost, intenzitu a dobu trvání srážek a v neposlední řadě o chemické látky přidané do půdy.

5.1.1. Měření infiltrace

K měření výtopové infiltrace se používá dvouválcový infiltrometr (viz obr. č. 4, 5), který je složen z těchto částí:



- vnějšího válce, který zachovává svislost proudnic,
- vnitřního válce, v němž se sleduje celkové množství infiltrované vody,
- děrované desky nebo kříže, který slouží proti rozplavování půdy, s měřičem množství dávkované vody,
- palice na zatlačování válců do země.

Obr.č.4 Měření infiltrace
(<http://www.fce.vutbr.cz>)

Měření probíhá tak, že se oba válce zatopí odměřeným množstvím vody tak, aby byla zatopena celá plocha. Zaznamenává se čas a množství vody. Voda se přilévá do obou válců tak, aby byly hladiny vyrovnané, a to do té doby, dokud nedojde k ustálení rychlosti infiltrace. Na začátku každého měření je důležité určit také momentální vlhkost půdy.



Obr. č.5 Dvouválcový infiltrometr
(<http://www.envocoglobal.com>)

5.1.2. Pórovitost

Důležitou fyzikální vlastností půdy, od které se rychlost infiltrace odvíjí, je pórovitost. Velikost pórů ovlivňuje rychlost infiltrace tak, že čím je větší jejich velikost, tím větší je i infiltrační rychlost. Pokud se však velikost pórů během infiltrace nezachová, poklesne její rychlost a dojde k vytvoření tenké (několikamilimetrové) povrchové vrstvy. Tato kompaktní vrstva může také být částečně výsledkem rozrušení půdní struktury kinetickou energií dešťových kapek a částečně třídící činností tekoucí vody po povrchu, která způsobuje ukládání jemných půdních částic okolo větších, přičemž se vytváří relativně nepropustný a hladký půdní povrch (Hrádek a Kuřík, 2008). V tomto případě přichází na řadu vegetační kryt, který je schopen výše zmíněnou destrukci půdního povrchu eliminovat. Tento eliminační účinek je důležitou složkou protierozní ochrany.

5.1.3. Struktura a stabilita půdy

Strukturou půdy se rozumí prostorové uspořádání elementárních částic i agregátů (Valla a kol., 2000). Podmiňuje jí schopnost spojovat pevné částice nebo schopnost rozpadu větších celků. Vznikají tak agregáty různých tvarů, velikostí a stability. Podle tvaru je můžeme rozdělit izometrické (v 3D prostoru přibližně stejné rozměry) a anisometrické (odlišné délky jednoho nebo dvou rozměrů), podle velikosti na mikrostrukturní (agregáty <0,25mm), makrostrukturní (0,25mm-50mm) a megastrukturní (agregáty >50mm) (Kutílek a kol., 2004).

Stabilita půdy ve vodním prostředí se odvíjí od její strukturnosti. Pokud v ní nejsou patrné agregáty, může být půda rozdrčena na pseudoagregáty a hodnotí se jako nestrukturní, tedy i nestabilní ve vodním prostředí. Naproti tomu stabilní půda s vyvinutou strukturou obsahuje agregáty, které se od sebe velmi dobře oddělují.

5.2. Redistribuce

Poté, co povrch půdy infiltruje vodu, dochází díky vysokému gradientu potenciálu mezi provlhčenou vrchní částí půdy a relativně sušší spodní částí půdy k přechodu vody do spodních částí půdního profilu. Tento proces se nazývá redistribuce. Mohlo by se zdát, že redistribuce je totéž jako infiltrace. Rozdíl je však v tom, že pro redistribuci je jediným zdrojem vody zvlhčená vrchní vrstva. Postupem času dochází k poklesu gradientu potenciálu, který byl hnací silou procesu (Kutílek a kol., 2004).

5.3. Retence

Voda je tedy již vsáklá do hlubších částí půdního profilu. Retence představuje kvantitativní hodnocení schopnosti půdy zadržovat vodu. Zpomaluje se tak odtok srážkových vod z území. Tato vlastnost přispívá k vyrovnanějšímu hydrologickému cyklu a v krajině má především vliv při povodňové aktivitě. Významně ovlivňují retenční schopnost krajiny krajinné prvky, jako jsou lesní ekosystémy, přirozené vodní toky a jejich nivy, louky, mokřady, meze, zasakovací pásy atd. Odstraní-li se z krajiny tyto prvky, dochází k rychlému odtoku vody, k erozi, k zatěžování vodních toků splavenou půdou s vysokým obsahem živin (MZE, 2008).

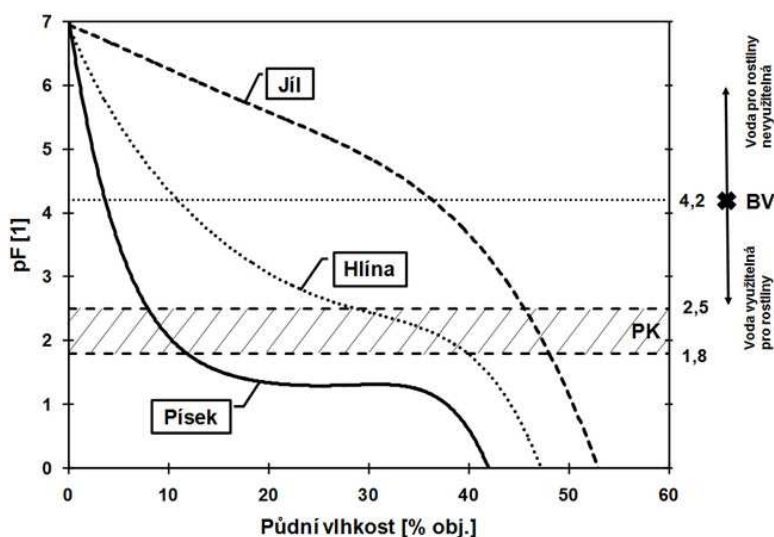
Je důležité si uvědomit, že vodní režim v krajině je zcela jiný než v přirozeném nenarušeném krajinném ekosystému. Retenční schopnost krajiny, půdy se snížila, snížila se plocha mokřadních ekosystémů a omezila se retenční funkce přirozených inundačních prostor (Slavík a Neruda, 2004).

5.4.1. Retenční vodní kapacita

Retenční vodní kapacita (dále jen RVK) je většinou v nepřímém vztahu s infiltrační schopností. Proto půdy s vysokou RVK ji nemusí vždy plně využít, rozhodující je schopnost infiltrace půdního profilu. Hodnocení RVK se dá provádět několika způsoby. ČHMÚ například po povodních na Moravě v roce 1997 hodnotil retenci vody v krajině pomocí databáze bonitovaných půdně ekologických jednotek (dále jen BPEJ), jejich kategorizaci do hydrologických skupin a retenční vodní kapacitě těchto kategorií půd. RVK půd byla srovnávána s množstvím srážek v období povodní. Výsledkem bylo zjištění, že nedošlo k naplnění RVK, a tak docházelo k povrchovému odtoku.

5.4.2. Retenční křivky

Vyjadřují závislost potenciálu půdní vody na vlhkosti (Valla a kol, 2000). Tvar křivek přitom závisí na tom, zda byla data získána při odvodnění nebo zvlhčování půdního materiálu – tento jev se nazývá hystereze hydraulických vlastností (Kodešová, 2005).



Obr. č. 7 Retenční křivky (popř. pF křivky- s logaritmickeou osou potenciálu) (<http://ucebnice.remediace.cz/>)

Retenční čáry jsou přínosné i pro pedotransferové funkce (PTF). PTF je nepřímá metoda pro odhad hydraulických charakteristik půdy. Tato alternativa k nákladným přímým měřením je omezena na odhad retenční čáry a případně nasycené hydraulické vodivosti (Matula, 2009). Proti této metodě se staví Kutílek a kol. (2004), který tvrdí, že se retenční čáry nedají odhadovat ani přibližně. Data pro tento simulovaný model jsou získávána z různých institucí, ale nejvíce z databáze HYPRES (Hydraulic Properties of European Soils), která obsahuje celkem 5521 půdních horizontů z 12 evropských států.

Na zemědělské univerzitě v Turecku byla tato metoda hodnocena ve smyslu důvěryhodnosti výstupních dat (v porovnání s metodou ANN – Artificial Neural Networks) a bylo zjištěno, že ačkoli jsou chyby predikce poměrně velké, mohou být výsledky dostatečně přesné pro většinu území, kde nejsou známy žádné hydraulické parametry. Tato metoda šetří energii a čas v hydropedologickém modelování (Merdun H., 2005).

5.4.1. Měření půdního potenciálu

K měření sacího tlaku se používá tenzometr (viz obr. č. 6)

Ten se skládá z:

- porézní porcelánové nádobky v pouzdře,
- spojovací trubice z plexiskla,
- manometru (měřidlo tlaku),
- plnicího otvoru se šroubovým otvorem.



Obr. č. 6 Tenzometr (UMS, 2011)

5.5. Evapotranspirace

Nyní už se voda dostává do fáze, kdy opouští sledovaný půdní profil. Část závlahy, která se neprofiltruje k hladině podzemní vody, se začne vypařovat. Výpar se dá definovat jako objem vody vypařený za určitý časový interval z určité plochy. Jeho intenzita je závislá na rozdílu napětí vodních par (při určité teplotě) ve vzduchu a ve styčné vrstvě vzduchu s povrchem (Hrádek a Kuřík, 2008). Výpar ovlivňuje teplota, a to jak vzduchu, tak vypařujícího se povrchu. Pokud teplota vypařovaného povrchu klesne pod teplotu vzduchu, výpar končí – nasycením styčné vrstvy, vzduch nad vrstvou nemusí být nasycený. V opačném případě dochází ke kondenzaci a nad povrchem se vytváří mlha.

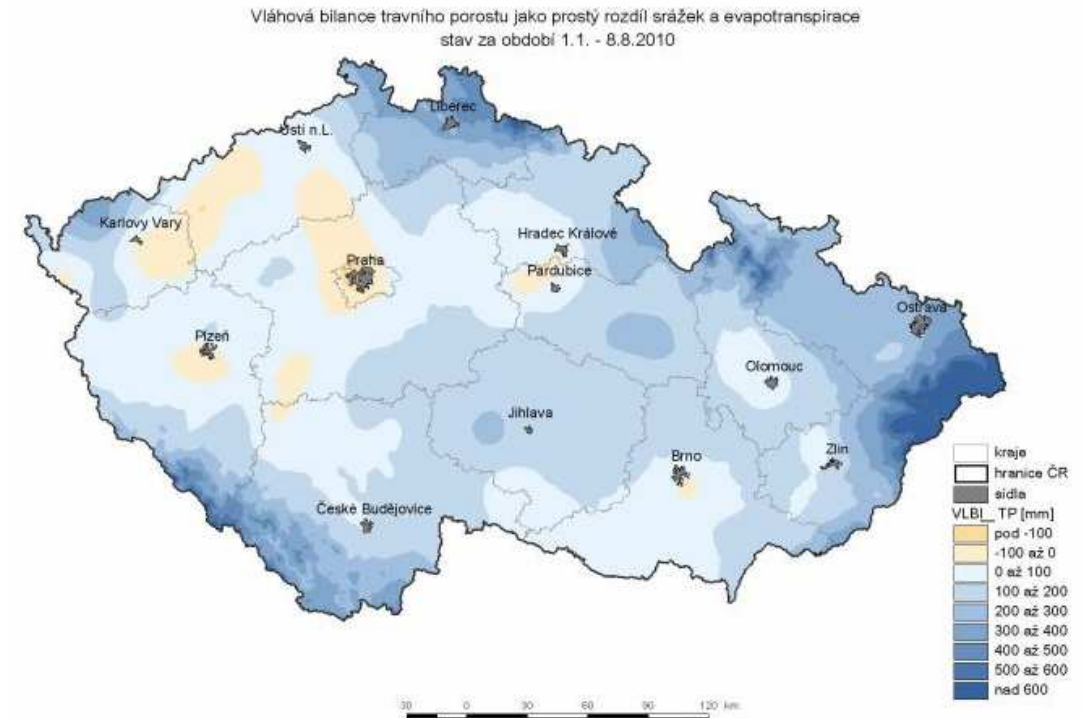
Evapotranspirace znamená spojení dvou procesů – evaporace neboli výpar z půdy a transpirace rostlin (výpar z rostlinných pletiv). Dohromady tvoří vlastně výpar z půdy pokryté vegetací. Tento proces je tedy ovlivňován jak půdními charakteristikami, tak fyziologickými procesy rostlin. Je-li povrch půdy bez vegetace nebo jen s řídkou vegetací, spotřebovává se voda výparem z půdy, a to jen z nejsvrchnější vrstvy. Voda ze spodních vrstev proudí k vypařujícímu se povrchu, dokud není dosaženo lentokapilárního bodu (hranice, při níž se kapilární pohyb vody v půdě mění v pohyb páry), při kterém dochází k prosýchání půdy po vrstvách. Výpar vody se uskutečňuje uvnitř půdy s následujícím transportem par k povrchu. Spotřeba vody vegetací je však mnohem intenzivnější, do mnohem větších hloubek, než u výparu (Váša a Drbal, 1975).

Vegetace ovlivňuje rozrušování půdních agregátů. O vlivu na intenzitu mechanického rozrušování napsal Kutílek a kol., že je vyšší u půdy, která je pouze po krátké období zastíněna vegetací. Čím delší je zastínění povrchu vegetací, tím méně jsou agregáty mechanicky rozrušovány.

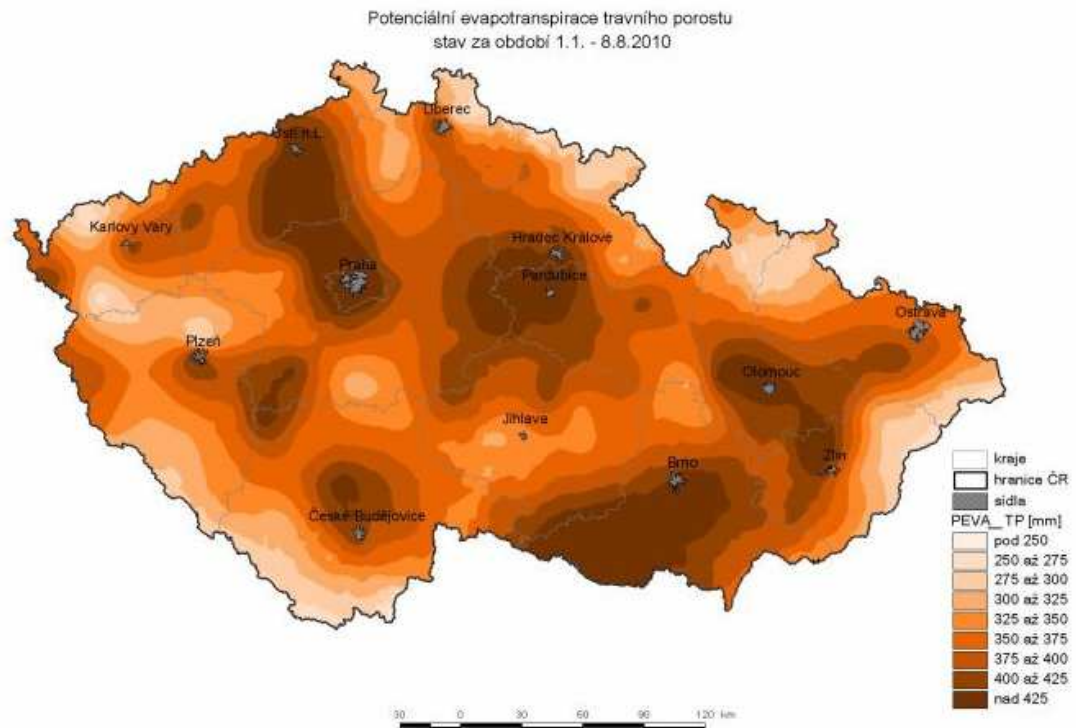
5.5.1. Měření evapotranspirace

Měření se odhadují podle vláhové bilance v krajině, což je vlastně jen rozdíl mezi srážkami a celkovým výparem, kde se však nezohledňuje vliv vody z hlubších vrstev. Modely, které zpracovává ČHMÚ, staví na tom, že celkový výpar se rovná potenciální maximální možné evapotranspiraci travního porostu.

První mapa (obr. č. 8) znázorňuje vláhovou bilanci počítanou za období 1.1.-8.8. 2010, vyjádřenou v mm. Čím je hodnota nižší, tím je sucho větší. Druhá (obr.č.9) znázorňuje sumu potenciální evapotranspirace od počátku roku v mm a v % dlouhodobého průměru (ČHMI, 2010).



Obr.č.8 Vláhová travní bilance travního porostu (ČHMI, 2010)



Obr.č.9 Vláhová travní bilance travního porostu (ČHMI, 2010)

6. Ochrana půdy

Půda je zvláštním hybridním systémem, který obsahuje jak prvky abiotické (pevná půdní fáze, voda, vzduch), tak prvky biotické (půdní flóra a fauna, kořeny rostlin). Především je to systém otevřený, pro který je charakteristická výměna hmoty a energie s okolím (Mareš, 1996). Z této definice vyplývá, jak je tento systém lehce ovlivnitelný a citlivý na změny, z čehož vychází nejen metodiky ochrany půdy, ale také legislativa (viz příloha č.1 – Legislativa související s ochranou půdy).

Půda může být potenciálně negativně ovlivněna během výstavby elektrárny, v průběhu provozu a následně během odstraňování dočasné stavby po ukončení provozu. Může dojít k utužení půdy, k promísení genetických půdních horizontů, k acidifikaci, k porušení drenážního (závlahového) systému, erozi půdy, kontaminaci nebo k úbytku organické hmoty. Veškeré činnosti na ploše tedy musí být prováděny tak, aby se zabránilo škodlivému působení těchto degradačních faktorů. Majitelé elektráren jsou totiž zavázáni k tomu pozemek po ukončení jejich životnosti zrehabilitovat a navrátit ZPF (pokud došlo k odejmutí) bez ztráty produkčních a mimoprodukčních vlastností.

6.1. Zemědělský půdní fond (ZPF)

Pro FVE jsou zákonem 334/92 Sb. stanoveny požadavky na pozemky, které smí být použity na jejich instalaci. Pro nezemědělské účely může být použita pouze nezemědělská půda (kódy BPEJ viz tab. č. 2), nejlépe nezastavěná a nedostatečně využitá v zastavěném území atd.

Podle téhož zákona a odboru ochrany horninového a půdního prostředí Ministerstva životního prostředí (MŽP) je pro výstavbu výroby elektřiny ze sluneční energie umístované na pozemku v zemědělském půdním fondu nutné odnětí této půdy ze zemědělského půdního fondu, neboť provozování výroby elektřiny je nezemědělskou činností. Zákon upozorňuje na to, že pokud je nutné vyjmout pozemek ze ZPF, je důležité, aby se co nejméně narušovaly hydrologické a odtokové poměry na území.

Půdu lze odejmout ze zemědělského půdního fondu trvale nebo dočasně, což vyhovuje stavitelům FVE, protože životnost elektráren je odhadována na 20 let. Dočasně lze však půdu odejmout jen v případě, že po ukončení účelu jejího odnětí bude dotčená plocha rekultivována podle schváleného plánu rekultivace tak, aby mohla být vrácena do zemědělského půdního fondu (právní předpis č. 334/92 Sb).

Jedná-li se o výstavbu na půdách náležících do ZPF, omezuje se rozhodnutí pouze na konstatování, jaká bonitovaně půdně-ekologická jednotka (BPEJ) bude výstavbou dotčena, v jakém plošném zastoupení a do jaké třídy ochrany tato BPEJ spadá. Stranou však zůstává zhodnocení vlivu těchto staveb na půdu samotnou, tedy na její kvalitu (fyzikální, hydrologické, chemické a biologické charakteristiky), úroveň degradace (acidifikace, utužení, vodní eroze půdy, kontaminace) a s tím spojené plnění funkcí produkčních a mimoprodukčních a odpověď na otázku, zda navržená a provedená rekultivace pozemku skutečně vedla k nastolení optimálního stavu půdního prostředí a během provozu FVE tedy nedošlo k jeho degradaci.

Druh pozemku	Kódy BPEJ
Les	00023
Haldy, navážka	00026
Ostatní neplodná půda	00029
Intravilán	00030
Lomy, těžební prostory	00034
Vodní plochy, vosní toky	00035
Vojenské prostory	00070
Nebonitovaná zemědělská půda	00099

Tab. č. 2 Kódy BPEJ pro nezemědělskou půdu (Bartošková a Vlasák, 2007)

7. Stavební úpravy při budování FVE

Pro realizaci staveb obnovitelných zdrojů energie je vyžadováno územní rozhodnutí a stavební povolení, většinou je podmínkou také územní plán. Stavba FVE neznámá pouze solární panely, ale do projekčních plánů je třeba zahrnout i příjezdovou komunikaci, připojení do distribuční soustavy, oplocení, rozvodny, trafostanice atd. (viz obr. č. 10)



Obr. č. 10 Výstavba FVE Bohumilice
(<http://www.eeikasafranek.cz>)

7.1. Terénní úpravy

Pokud se na pozemku určeném k výstavbě FVE nachází nevhodná vegetace (křoviny, stromy), je pro instalaci solárních panelů nutné tuto zeleň odstranit. V některých případech dochází k úplnému odstranění povrchu půdního profilu z důvodu vyrovnání pozemku (viz obr. č. 11). Obnažená půda se válcováním zhutňuje a zpevňuje.



Obr. č. 11 Terénní úprava pozemku pro FVE Unhošť
(<http://www.deponiainvest.cz>)

7.2. Výkopové práce

Výkopové práce se týkají celého pozemku. Elektrická energie je svedena do několika venkovních rozvodnic a z nich je vedena podzemním kabelem do objektu rozvodny. Kabele jsou nejčastěji uloženy ve výkopu hloubky 1m na upraveném pískovém loži (cca 15cm vysoká vrstva písku) (viz obr. č. 12) a na uzemňovacím pásku (FeZn – 30x4mm).



Obr. č. 12 Drážkování pro uzemnění a kabeláže FVE Pesany www.pin292.cz

7.3. Kotvení

7.3.1. Konstrukce na základových patkách s kotvením šrouby

Tato metoda se používá pro měkké nebo kamenité půdy a exponované polohy. Betonové patky se zapustí do připravených výkopů v terénu nebo jsou položeny na terén (viz obr. č. 13). Opěrná konstrukce panelu se připevnila pomocí dvou kotev v patce.



Obr. č. 13 FVE Moravské Budějovice – instalace na betonových patkách (<http://www.fames.cz/>)

7.3.2. Zavrtávací mikropiloty

Šetrnější metoda zemního kotvení konstrukcí je kotvení pomocí mikropilotů (viz obr. č. 14). Mají speciálně navržený tvar (dva oddělené typy šroubovic), jenž umožňuje proniknutí do jakékoli půdy a stabilizaci konstrukce. Oproti metodě se základovými patkami je tento postup rychlejší, nenáročný při zapouštění kotev a šetrnější k půdě. Vrutky o průměru cca 80 mm se zapouštějí do hloubky 1-1,6m a jsou vyrobené z oceli, nehrozí tedy koroze.



Obr. č. 14 Mikropiloty
(<http://www.doznac.cz/>)

7.4. Vliv stavby na VPR

7.4.1. Ztráta vegetace

Při této fázi přípravy pozemku se musí stavitel držet zákona o ochraně přírody a krajiny 114/1992. Některé stavitelské firmy si však neuvědomují, že je nepřijatelné poškozovat přírodu kvůli stavbě ekologického zdroje energie. Například v roce 2009 liberecký oblastní inspektorát České inspekce životního prostředí (ČIŽP) uložil pokutu ve výši 300 tisíc korun za nepovolené kácení dřevin rostoucích mimo les v České Lípě – Svárově. Soukromá společnost je dala vykácet proto, aby mohla na místě postavit fotovoltaickou elektrárnu. Asi 2000 stromů bylo bez povolení vykáceno v listopadu 2009 na ploše přibližně 1,3ha.

Pokud se na pozemku vyskytuje trvalý travní porost (TTP), je většinou silně poškozen pojezdy mechanizace. Po dokončení stavby je pozemek nově oset. K osetí je dobré zvolit především jetelotrávní směsi, obsahující určité procento hluboko kořenících rostlin.

Při realizaci výroby elektřiny vždy dochází k zásahům do rostlého horizontu půdy, a to nejen v místě nosných zařízení, v místě staveb objektů a komunikací, ale také na významné části plochy výroby elektřiny ukládáním vedení pod povrch pozemku. Skutečnost, že plochy, z nichž byly sejmuty kulturní vrstvy půdy, jsou následně z větší části ozeleněny, na posouzení nic nemění.

7.4.2. Zhutňování půdy pojezdy strojů

Zhutňováním (utužením) půdy rozumíme zhoršení fyzikálních charakteristik, které se mohou projevit v ornici, ale i níže uložených půdních horizontech. Půdní struktura je prostorově rozložená do agregátů (makro-, mikroagregáty), které zajišťují půdě stabilitu ve vodním prostředí. V přirozených podmínkách se půda rozpadá do agregátů majících určité zákonité tvary (Kutílek a kol, 2006). Při mechanickém zhutňování, např. pojezdy strojů, dochází k rozpadání, nebo naopak k nadměrnému shlukování agregátů. To vede ke vzniku pseudoagregátů, útvarů nepřirozených, ve vodním prostředí nestabilních a rychle se rozplavujících.

Utužení půdy vede ke zhoršení infiltrační a retenční funkce půdy, tvorbě nepropustných vrstev v profilu a stagnaci vody na povrchu půdy (viz obr. č. 15). Může způsobovat oglejení půdy, snižuje rostlinami využitelný prostor (omezení zakořeňování v hlubších, utužených vrstvách) apod. K této degradaci může dojít během výstavby (ale i při odstraňování stavby), především na místech obslužných cest, zvláště při pojezdu za vlhkostně nevhodných podmínek.



Obr. č. 15 Zhoršení retenčních a infiltračních podmínek

7.4.3. Nežádoucí promísení půdních genetických horizontů

V případě jakéhokoliv výkopu prováděného na půdách náležících do ZPF je nutné provádět skývku odděleně, tedy zvláště skrývat orniční vrstvu půdy (díky vyššímu obsahu humusových látek má výrazně tmavší barvu než horizonty podloží) a zvláště pod ním ležící horizonty. Při zahrnování výkopu je materiál ukládán tak, aby byla na povrch opět rozprostřena původní orniční vrstva.

7.4.4. Porušení drenážního (závlahového) systému

Na území České republiky bylo provedeno odvodnění přibližně na 25% zemědělského půdního fondu, čemuž odpovídá plocha 1 087 539,17ha půdy. Závlahová zařízení byla vybudována na celkem 154 tis. hektarů, tj. přibližně na 4% zemědělského půdního fondu (Jan Vopravil, 2010, in verb). Ačkoliv je rozloha funkčních závlahových systémů odhadována na 50% z původní rozlohy, nesmí být ani závlahové rozvody, ani drenážní systém během výstavby FVE narušen nebo poškozen. V případě odvodnění by při porušení systému mohlo dojít k zamokřování pozemku, k tvorbě podpovrchových jam a následnému propadu terénu v místě narušení drénů. Závlahové rozvody by pak měly být zachovány, neboť klimatická změna může přehodnotit přístup k těmto melioračním zařízením s jejich možným budoucím využitím. Proto je nutné zajistit před výstavbou podklady o přítomnosti melioračních staveb na dotčené ploše nebo zajistit odborné zmapování jejich umístění a funkčnosti.

7.4.5. Tvar a velikost pozemku

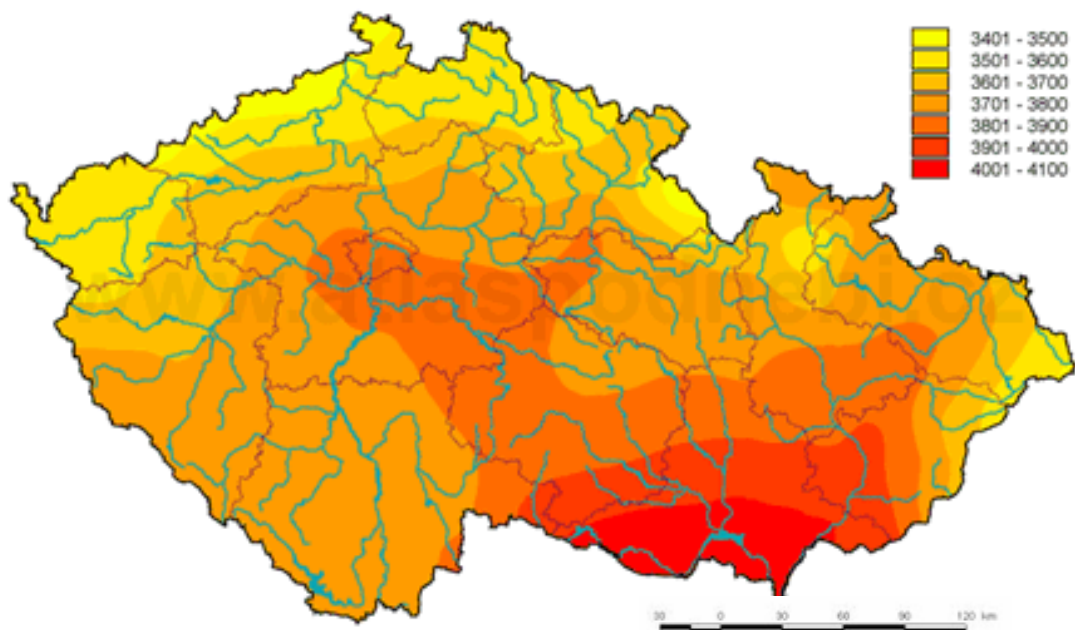
Problémem, týkajícím se VPR, zůstává i tvorba nadměrně velkých celistvých, nenavazujících pozemků v krajině. Tvar povrchu, z něhož dochází k vypařování, má vliv na hodnotu tlaku vodních par ve vzduchu. Nad zakřiveným povrchem je tlak vodních par větší než nad rovinnou plochu, a tím je menší intenzita výparu.

8. Posouzení změn plošného rozložení srážek na lokalitách se solárními panely

V ČR stále ubývá zemědělské půdy. Od roku 1937 se v ČR ztratilo 800 tis. ha, a to především v důsledku zastavování a zastřešování pozemků. Dešťové srážky jsou primárním zdrojem vody pro půdu a zajišťují relativně rovnoměrné rozptýlení vody na povrch. Soustředování srážek může negativně ovlivnit množství infiltrované vody a její retenci v krajině a způsobit destrukci produkčních a mimoprodukčních funkcí.

8.1. Intenzita slunečního záření v ČR

Kde se rozkládají nejpříznivější pozemky pro FVE? Klimatické podmínky v rámci ČR se značně liší dle regionů. Obecně platí, že čím jižněji, tím lépe. Nejvýhodnějším regionem pro fotovoltaické elektrárny je Jižní Morava. Pro sluneční elektrárny dále platí, že čím výše, tím lépe, ve vyšších končinách je řidší vzduch a menší pravděpodobnost inverzí a mlhy. Klimatické podmínky v ČR dovolují získat přibližně 950 kWh/rok z 1 kWp nominálního výkonu (např. nominální výkon FVE Vepřek je 35,1 MWp). Pro srovnání, v ČR průměrná domácnost spotřebuje 140 kWh/rok. Průměrný počet hodin slunečního svitu (bez oblačnosti) se v ČR pohybuje kolem 1550 h/rok (viz obr. č. 16).



Obr. č. 16 Intenzita slunečního záření v ČR v MJ/m²

(<http://www.s-fotovoltaika.cz/prirodni-podminky-fotovoltaika.php>)

8.2. Rozdělení srážek

8.2.1. Atmosferické

Srážky se dělí podle skupenství na pevné a kapalné. Kapalné, ve formě dešťových srážek, dopadají na půdu a díky své kinetické energii a intenzitě mohou vyvolat zvýšení povrchového odtoku. Panely kinetickou energii dešťových kapek zmenšují, ale intenzita díky zastřešení roste. Pevné, sněhové srážky ovlivňují poměrně dlouhou dobu fyzikální vlastnosti půdy a vegetační pokryv. Obsah vzduchu ve sněhové vrstvě způsobuje její sníženou tepelnou vodivost a tím se sněhová pokrývka stává tepelnou izolací půdy. Sníh brání promrzání půdy do větších hloubek a na jaře brání rychlému oteplování (Hrádek a Kuřík, 2008). V solárních parcích sníh komplikuje provoz a ovlivňuje výkonnost. Bez povšimnutí však zůstává půda pod panely, která zůstává odkrytá a vystavená mrazu. Údržba, která by spočívala v pravidelném rozprostření sněhu po celém pozemku FVE je pracná a podle některých provozovatelů i zbytečná. Pokud totiž na panelech leží sníh, dochází ke snížení výroby energie, které je srovnatelné se dny, kdy je zataženo vysokou oblačností (Radek Orság, 2011, in verb). Většinou se tedy čeká, až slunce povrch panelu ohřeje a sníh po hladkém povrchu sjede dolů (viz obr. č. 17). Podle provozního řádu některých elektráren se sníh neodstraňuje, pokud pokrývka nepřesáhne 200mm.



Obr. č. 17 FVE v zimě (<http://www.cechura-elektro.cz/cisteni-a-udrzba-fotovoltaickych-elektren.htm>)

Doba trvání srážek ovlivňuje infiltraci nejvíce. Srážky krátkodobé mají, jak název napovídá, krátkou dobu trvání, ale velkou intenzitu (viz tab. č. 3). Povrch půdy, na který dopadají tyto srážky, se rychle přesytí, půda nestíhá infiltrovat takové množství vody a tvoří se jen málo propustná povrchová vrstva rozpadlých půdních agregátů. V solárních parcích voda dopadá na fotovoltaické články, tím dojde k soustředění většího množství vody a následný odtok po ploše panelu. Půda se tak přesytí mnohem rychleji a zvýší se povrchový odtok.

Dlouhodobé srážky se vyznačují malou intenzitou a dlouhou dobou trvání. Voda stékající po plochách panelů má tedy čas se infiltrací a redistribucí dostat i do míst pod panely. Povrchový odtok se minimalizuje, dochází k němu později, respektive je závislý na době trvání srážky.

Doba trvání deště t (min)	5	10	15	20	25	30	60	90	120
Max. intenzita (mm/min)	5,4	3,82	3,06	2,59	2,27	2,03	1,37	1,09	0,91

Tab. č. 3 Charakteristika přívalových dešťů podle Haeusera (Hrádek a Kuřík, 2008)

8.2.2. Horizontální srážky

Horizontální srážky nemají takový vliv na VPR. Jejich objemy nejsou tak velké jako v případě vertikálních (sníh, déšť). Na pozemcích FVE je třeba se zaměřit na rosu. Tato forma srážek se vyskytuje v podobě malých kapek na povrchu předmětů, které mají špatnou tepelnou vodivost (rychle chladnou), např. kovové předměty, sklo, listy rostlin. Jde o vodní páru, zkondenzovanou díky teplotnímu rozdílu vzduchu a předmětu. Zastřešené pozemky o dotaci těchto srážek přicházejí. Nedochozí pod nimi k tak velkému ochlazení a vodní pára nekondenzuje. Potenciál vzniku rosy se snižuje i v závislosti stavu TTP. Pokud je tráva suchá, pomalu se ochlazuje a rosa se netvoří. Tento druh srážek má významnou termoregulační funkci, neboť se při jejím vzniku uvolňuje skupenské teplo, které chrání rostliny před mrazy v době vegetace (Hrádek a Kuřík, 2008).

8.3. Zastřešení panely

Parametry panelů pro velkoplošné FVE jsou různé, určované dodavatelem a dimenzované pro určitý výkon. Obecně se však dá říct, že pro větší FVE se využívají největší rozměry panelů (cca 1,5m x 1m, o výkonu cca 200W). Většinou se neinstalují na plochu v jedné řadě, ale tvoří se soustavy, kdy se nosné rámy osazují větším počtem panelů, a to jak do vertikálního, tak horizontálního směru. Vznikají tedy soustavy bez mezer, které kompletně zastřeší plochu pod sebou (viz obr. č. 18)

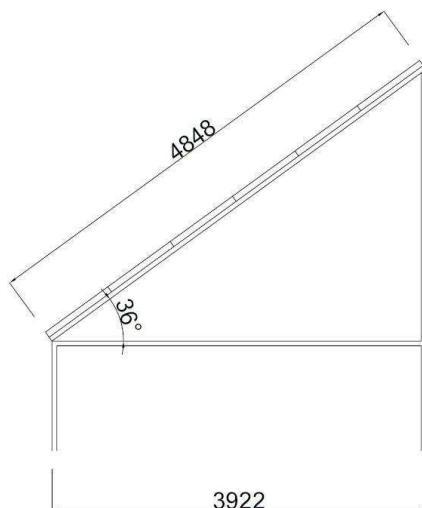


Obr. č. 18 FVE Vepřek (<http://www.phonosolar.cz/>)

Pro umístění solárního parku je potřeba pozemku otevřeného na jihu. Orientace absorpční plochou k jihu, odchylka od jižního směru do 30°, způsobuje zanedbatelné ztráty (do 5%). Úhel sklonu od vodorovné roviny se volí podle období využití: léto 30°, zima 60°, celoroční využití 45°. Dražší, ale výhodnější jsou panely, které se natáčejí podle ročního období tak, aby se maximalizoval výkon.

8.3.1. Modelový příklad zastřešení na území FVE

Již zmiňovaná největší FVE v ČR se rozkládá na ploše 82,5m². Je tvořena 186 960 kusy panelů o rozměrech 1,58m x 0,808m v sestavách po šesti nad sebou. Panely jsou instalovány ve třicetišestistupňovém sklonu (viz obr. č. 19).



Obr. č. 19 Profil panelové soustavy (mm)

Plocha zastřešeného území tvoří 193096m² (cca ¼ území). Čtvrtina území tedy není schopná infiltrace a navíc soustřeďuje srážky do míst pod hranu komplexu panelů. Pokud by tedy došlo na tomto území ke krátkodobé intenzivní dešťové srážce s dobou trvání 5min a intenzitou 5,4mm/min, musela by půda infiltrovat o 5213m³ více vody.

Podle technické zprávy (2009), kterou předkládali zřizovatelé FVE v Olomoučanech Ministerstvu životního prostředí, se množství srážek dopadajících na půdu nemění, a tudíž nehrozí její poškození a není zapotřebí budovat kanalizaci nebo melioračně tento pozemek upravovat. Množství srážek se sice nemění, zato se mění jejich intenzita, která je pro vsak vody určující. Na tento fakt firma specializovaná na ekonomické a provozní poradenství, jež technickou zprávu zpracovala, zapomněla.

Technická zpráva FVE v Olomoučanech ještě uvádí, že vysušená místa pod panely mohou sloužit jako zasakovací prostor pro přívalové deště. Vyschlá půda ale nemusí být pravidlem pro zvýšenou jímavost, zvláště pokud je půda zhutněná. Omezí se tak pórovitost, a tudíž i prostupnost srážkové vody přes půdní povrch.

8.4. Omezení vodní eroze

8.4.1. Trvalý travní porost (TTP)

Jak v takových případech zabránit vodní erozi? Půda je erozi vystavena především, pokud není její povrch pokryt vegetací, také je třeba zpomalit povrchový odtok, zvětšit jímající schopnost půdy, a to především péčí o strukturu. Eroze se eliminuje založením kultury TTP. K osetí je dobré zvolit především jetelotravní směsi, obsahující určité procento hluboko kořenících rostlin. Zmíněné směsi jsou vhodné také proto, že stabilizují povrch půdy, kladně ovlivňují fyzikální charakteristiky půdy a jejich bohatý kořenový systém je zdrojem organických látek. Pravidelné sečení, spásání, obnova TTP a odpovídající agrotechnická a agrochemická opatření musí vést k udržování zapojeného porostu mimo cesty po celé ploše FVE .

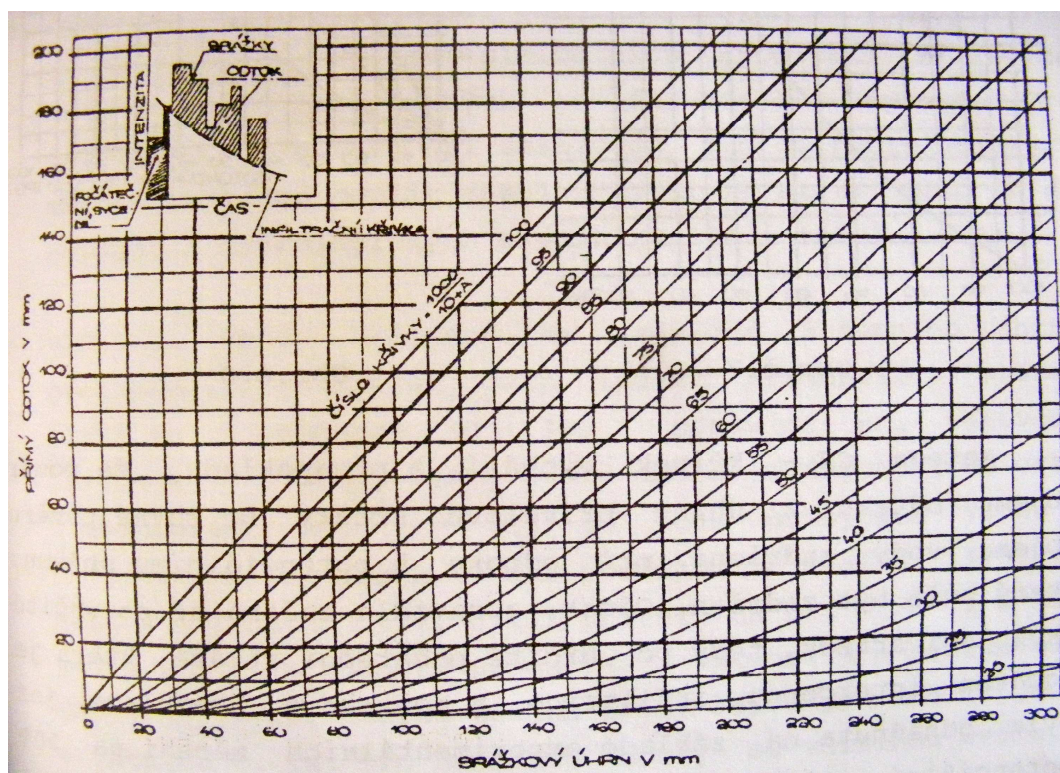
Osetí travinnou směsí je pro takto využívané pozemky vhodné. Trávy brání proplavování živin do podzemních vod, pro zastřešené pozemky jsou jistě vhodnější než betonové či asfaltové povrchy. Umožňují průsak vody do půdy, čímž snižují povrchový odtok dešťových srážek a působí protierozně. Pokud se jedná o sněhové srážky, TTP jsou odolné proti promrzání a při tání zajišťují půdě postupné vsakování vody.

Podle Tomana (1996), jsou TTP účinným protierozním pokryvem, budují se jako záchytné pásy a mohou plnit funkci filtru povrchového smyvu, avšak jen za předpokladu, že je plocha vodorovná nebo jen s malým sklonem. Tabulky č. 4 a č. 5 nám ukazují, že TTP mají pro schopnost snižování povrchového odtoku své limity – určitou velikost srážky, půdní podmínky a velikost předchozí srážky. V tabulce č. 5 jsou hodnoty odtokových křivek přiřazeny podle grafu na obrázku č. 20.

K osetí prostoru pod solárními panely se používá travinná směs, která nejrychleji klíčí (18-21 dnů) – jílek vytrvalý (*Lolium perenne*), kostřava červená (*Festuca rubra*), psineček výběžkatý (*Agrostis stolonifera*), atd. Tím se zmírní období evaporace z holé půdy a rozpadání půdních agregátů při prudkých deštích. Půdnímu profilu jsou traviny schopny poskytovat plnou ochranu až třetí rok vegetace (Svobodová, 2006).

Tab. č. 4 Charakteristika hydrologických vlastností (Toman, 1996)

Charakteristika hydrologických vlastností	Skupina
Půdy s vysokou rychlostí infiltrace ($>0,12 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$) i při úplném nasycení, zahrnující především hluboké, dobře až nadměrně odvodněné písky a štěrko písky	A
Půdy se střední rychlostí infiltrace ($0,06 - 0,12 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$) i při úplném nasycení, zahrnující především středně hluboké, středně až dobře odvodněné, hlinitopísčité až jílovitohlinité	B
Půdy s nízkou rychlostí infiltrace ($0,02 - 0,06 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$) i při úplném nasycení, zahrnující především málo propustnou vrstvu v půdním profilu a půdy jílovitohlinité a jílovité	C
Půdy s velmi nízkou rychlostí infiltrace ($< 0,02 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$) i při úplném nasycení, zahrnující především jíly s vysokou bobtnavostí, půdy s trvale vysokou hladinou podzemní vody, půdy s vysokou vrstvou jílu na povrchu nebo těsně pod ním a mělké půdy nad téměř nepropustným podložím	D



Obr. č. 20 Odtokové křivky (Toman, 1996)

Tab. č. 5 (Toman, 1996) odtokové křivky podle skupin využití půd

Využití půdy	Způsob obdělávání	Čísla odtokových křivek – CN hydrologické skupiny půd			
		A	B	C	D
Úhor	Čerstvě zkpřený	77	86	91	94
Pastviny s travnatým pokryvem	Sklizňové zbytky:				
	<50%	68	79	86	89
	50-75%	49	69	79	84
	>75%	39	61	74	80
Louky	Sklizené	30	58	71	78
Komunikace	Dlážděné, živičné	83	89	92	93

8.4.2. Údržba TTP

Rozložení dešťových srážek zaleží i na péči o vegetaci. Údržba spočívá hlavně v kosení trávy, která by měla zůstat na pozemcích jako mulčovací prostředek. K dosažení toto efektu se používá speciálně tvarovaný nůž, který travní porost rozemele. Tráva potom zetlí na pozemku a dále slouží k hubení plevelů a náletů. Mulč na pozemku tlumí kinetickou energii srážek, zamezuje odtoku vody a udržuje vlhkost povrchu půdy. Navíc se tak do půdy dostává organická hmota, která je důležitá pro její infiltrační a následně i produkční funkci.

8.4.3. Bonita

Úředně není dáno, jakou minimální bonitu by měl mít pozemek pro stavbu FVE (Vopravil, 2011, in verb). Bonita půdy se výrazně podepisuje na jejích infiltračních schopnostech. Co se týká určení infiltračních vlastností, na základě bonitovaných půdně ekologických jednotek (BPEJ) vznikla studie pedologů z Vědeckého ústavu meliorací a ochrany půdy (VÚMOP) Praha. Jedná se o kategorizaci infiltrační kapacity odvozené z kódů BPEJ (viz obr. č. 5). Zohledňovala se hlavní půdní jednotka (HPJ) – dvojčíslí – číslo na 2. a 3. místě kódu BPEJ, sklonitost pozemku – 4. číslice kódu BPEJ, skeletovitost – 4. číslice kódu BPEJ, hloubka půdy – 5. číslice kódu BPEJ a expozice – 5. číslice kódu BPEJ.

Celkový přehled výměr skupin BPEJ po kategoriích infiltrace								
Oblast	Skupina BPEJ	Kategorie infiltrace					Celkem	pozn.
		1 – velmi vysoká	2 – vysoká	3 – střední	4 – nízká	5 – malá		
		výměra (ha)						
Infiltrační	1 – Půdy s nevyvinutým půdním profilem (HPJ 39)	5 342,98	11,82	0,00	0,00	0,00	5 354,80	
	2 – Mělké půdy (HPJ 37, 38)	101 795,53	78 437,72	0,00	0,00	0,00	180 233,25	
	3 – Propustné a propustnější půdy (HPJ 13, 17, 21, 27, 31, 32, 34, 36)	2 342,08	332 943,88	283 896,16	0,00	0,00	619 182,12	
	4 – Středně skeletovité půdy (25-50%) (HPJ 12, 13, 18-36, 46-48, 50, 51, 53)	0,00	290 894,78	940 152,76	504 042,23	5 113,60	1 740 203,37	1
Transportní	5 – Půdy na svahu 7-12°, faktor erodovatelnosti půd > 0,48 (HPJ 08, 14, 15, 19, 24, 25, 26, 43, 47, 48, 49)	0,00	0,00	114 162,35	244 827,89	5179,64	364 169,88	2
	6 – Svažité půdy > 12° (HPJ 40, 41)	0,00	104 490,38	44 908,53	0,00	0,00	149 398,91	
	7 – Půdy na svahu > 17° (HPJ 40, 41)	zařazeno do skupiny č. 6						
	8 – Strže (HPJ 77, 78)	0,00	0,00	1 245,37	601,86	0,00	1 847,23	
Akumulační	9 – Katény glejové (HPJ 69, 74, 75, 76)	0,00	0,00	0,00	21 216,23	564,34	21 780,57	
	10 – Nívní lehké a nívní glejové půdy v klimatickém regionu mírně chladném a chladném (HPJ 53, 55, 56, 58)	0,00	20 078,93	73 697,39	103 645,71	0,00	197 422,03	3
	11 – Zamokřené glejové, rašeliništní, rašelinné půdy (HPJ 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74)	0,00	0,00	4 534,49	154 898,02	4 191,46	163 623,97	4
	12 – Oglejené půdy, nívní půdy glejové, lužní půdy glejové, zkulturněné hydromorfní půdy (HPJ 44, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 58, 59, 62, 63, 64)	0,00	0,00	46 614,78	119 562,78	1 193,50	167 371,06	5
	Chybějící (HPJ 01, 02, 03, 04, 05, 06, 07, 09, 10, 11, 16, 42, 45, 57, 60, 61)	0,00	62 448,70	375 665,20	263 863,19	202,27	702 179,36	
	Celkem	109 480,59	889 306,21	1 884 877,03	1 412 657,91	16 444,81	4 312 766,55	

poznámky:

- 1 – zde nejsou zahrnuty HPJ obsažené již ve skupině 3 : 13, 21, 27, 31, 32, 34, 36
- 2 – zde nejsou zahrnuty HPJ obsažené již ve skupině 4 : 19, 24, 25, 26, 47, 48
- 3 – zde nejsou zahrnuty HPJ obsažené již ve skupině 4 : 53
- 4 – zde nejsou zahrnuty HPJ obsažené již ve skupině 9 : 69, 74
- 5 – zde nejsou zahrnuty HPJ obsažené již v jiných skupinách : 47, 48, 49, 50, 51, 53, 58

Tab. č. 6 Výsledná tabulka kategorizace BPEJ pro celou výměru ČR. Jedná se o stav dle aktualizace BPEJ k 30.6.2003 (http://home.zf.jcu.cz/public/departments/kpu/projects/bpej_2/bpej_2.htm)

9. Diskuze

S rozvojem jakékoli nové technologie přichází i celá řada nových problémů a pohledů na ně. Solární energie je sama o sobě „čistá“ a relativně nevyčerpatelná, ale musí se umět správně, efektivně využít. Kolik ušetříme peněz a fosilních paliv? ptají se ekonomové. Kolik energie se spotřebuje k výrobě jednoho fotovoltaického článku? Kolik odpadu vznikne po ukončení jejich životnosti? Na to se zeptají environmentalisté. Kdo se zeptá, kam zmizela zemědělská půda? Zatím tuto otázku nikdo důrazně nepoložil. To proto, že to dnes není aktuální a viditelný problém.

Půda a její produkční schopnosti jsou bezprostředně vázané na vodu. Režim, který s ní hospodaří, je velmi citlivý a provázaný. Omezí-li se jedna jeho elementární součást, následuje řetězová reakce. Podle informací o technických parametrech solárních parků jde především o infiltraci, která je z hydro-pedologických procesů nejvíce ovlivněna. Primární problém vzniká při soustředěném odtoku dešťových srážek po velké ploše panelových soustav, následným zvýšením intenzity srážek, a tudíž i zvětšováním povrchového odtoku. To by se mělo objevit především v posudku stavby na životní prostředí nebo v technické zprávě. Bohužel se v těchto dokumentech neobjevuje posouzení vlivu na hydrologický cyklus, natož pak problematika soustředěného odtoku. V jediné technické zprávě z Olomoučan (2009) jsem se s posouzením tohoto vlivu setkala. Zmiňuje však pouze, že množství dešťových srážek se nemění a zůstává stejné jako před instalací panelů, což je zřejmé. O množství ale nejde, jde o intenzitu.

Změna intenzity dodávání vody do půdy je způsobena i tím, že se sněhové srážky kumulují celou zimu pod spodní hranou panelů a vertikální srážky, jako je třeba rosa, zde ani vzniknou. Sníh, který napadne, by bylo z hydro-pedologického hlediska dobré z panelů odklidit a nahrnout pod ně, aby se využily jeho izolační vlastnosti a půda mrazem nedegradovala. Dalším důvodem je i zásobení půdního profilu pod panely vodou při jarním tání. Takový postup je bohužel pro majitele neekonomický, jak mě upozornil pan Orság (2011), vedoucímu solární divize společnosti pro realizaci FVE.

Pokud se pozemky solárních parků budou posuzovat z hlediska retenčních schopností, čili schopností zadržet vodu, také příliš neuspějí. Na zvýšení retence vody v krajině, jak uvádí Soukup (2006), má velký vliv členitost krajiny. Ucelené,

nezapojené prvky s velkou rozlohou a s vyšším povrchovým odtokem retenci jistě nepřispívají. FVE se navíc často rozprostírají na zemědělských plochách, kde byla v minulosti provedena meliorace, retenční schopnosti jsou tím pádem minimální.

Velký zábor zemědělské půdy s vysokou bonitou je další úskalí FVE. Daniela Tauberová (2011) v Hranickém deníku uvádí, že např. na olomoucku zabraly FVE již 151ha (250 fotbalových hřišť) úrodné půdy, což je značně alarmující číslo. Důvodem je snadné vyjímání pozemků ze ZPF během roku 2010. Jak je to vůbec možné? Jedním z vysvětlení může být fakt, že podle odst. 2 §11 zákona 334/1992, platí 75% ceny za výkup pozemku ze ZPF žadatel státu (15% Státnímu fondu ŽPČR, 10% rozpočtu obce), a ten by jistě nechtěl přijít o takový způsob dotování statní kasy. S novým rokem mělo dojít ke zpřísnění podmínek, respektive ke zvýšení poplatků za vyjmutí, avšak přesné informace o výši a možné úpravě přerozdělení financí se mi nepodařilo dohledat.

Dočasné vyjímání ze ZPF má podmínku zpětné rekultivace, podle zákona odst. 9 §11 334/1992, nejsou ale přesně stanovené požadavky, v jakém stavu má být pozemek vrácen do ZPF. Je tedy předpokladem, že provozovatel FVE se musí o půdu starat a předcházet možným negativním změnám. Zhlediska hydroopedologie by péče měla začít již v přípravné fázi stavby. Pokud dojde k utužení vrchního horizontu v důsledku pojezdů mechanizace, je nejlepším řešením podle Jana Vopravila (2011) z VÚMOP provést orbu manipulačních míst a až poté pozemek osít doporučenou travní směsí. Zvyšuje se tak infiltrační schopnosti půdy a díky rychlosti růstu travin se snižuje evaporace z hole půdy.

Péče o TTP porost je důležitým faktorem pro VPR. Kosením vzniklý mulč je velkým přínosem pro půdu, ale podle mého názoru by bylo nejlepším řešením materiál z TTP kompostovat. Podle mnohých výzkumů je kompost ideální pro půdy, které ztrácí produkční schopnost (Plíva a Jelínek, 1996). Jeho působení má vliv na fyzikální vlastnosti především na sorpční vlastnosti a zlepšení celého vodního režimu. Dále působí jako pojivo půdních částic, a tak činí půdu odolnější vůči erozi a zlepšuje schopnost půdy zadržovat vodu. Tento způsob péče bude samozřejmě významný i při pozdější rekultivaci pozemku, kdy by se měly rychleji obnovit nebo zlepšit produkční schopnosti půdy, aby pozemek mohl být vrácen do ZPF.

FVE jsou zatím „nováčky“ v krajině, a proto nelze přesně určit jak velký vliv budou mít na hydrologické procesy půdy a následně krajiny. Má práce ověřila, že tyto procesy narušeny budou. Stavitelé, provozovatelé a státní moc nevěnují příliš velkou pozornost možným degradačním vlivům a půda tak přichází o produkční potenciál.

10. Závěr

Práce shrnuje nejdůležitější hydrologické vodní procesy, které ovlivňují půdní prostředí. V aplikaci na konkrétní území (plochy FVE) je vysvětleno, jak mohou být tyto mechanismy stavbou a provozem solárních parků ohroženy. Samostatnou kapitolu jsem věnovala posouzení dopadu nepřírodně rozložených srážek na půdní profil a následné půdní hospodaření s vodou. Tyto cíle jsem si na začátku zvolila jako prioritní a myslím, že je práce dostatečně prozkoumala.

Upozorňuje na nedostatky v legislativě týkající se ochrany půdy a ZPF. Dále pak poukazuje na lhostejnost projekčních firem k problematice hospodaření s vodou v krajině. Nastíňuje nový možný pohled na důležitost hodnocení vlivů těchto staveb na VPR. To je hlavním přínosem mé práce pro veřejnost, státní správu ale i vědu.

Výsledky je možné zahrnout do projekčních plánů pro FVE a hodnocení vlivu staveb na životní prostředí. Návrhy na zlepšení péče o pozemky se dají využít zejména při přípravě pozemku ale také při provozu.

ZDROJE

Knihy:

BARTOŠKOVÁ K., VLASÁK J., 2007: Pozemkové úpravy, České vysoké učení technické v Praze, Praha.

CARTER M.R., GREGORICH E.G., 2008: Soil Sampling and Method of Analysis, Second edition. Canadian Society of Soil Science, Taylor & Francis Group.

DINGMAN S.L., 1993: Physical Hydrology. Macmillan College Publishing. Company, New York.

DRBAL J., VÁŠA J., 1975: Retence, pohyb a charakteristiky půdní vody, Výzkumný ústav vodohospodářský: práce a studie, Praha.

DOLEŽAL F., 1976: Modely vodního režimu půdy, Výzkumný ústav meliorací, Praha.

HRÁDEK F., KUŘÍK P., 2008: Hydrologie, Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.

HSAJ-YANG FANG, JOHN L- DANIELS, 2006: An enviromental perspective, Tailor & Francis Group, New York.

JANEČEK M., 2008: Základy erodologie, Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.

KODEŠOVÁ R., 2005: Modelování v pedologii, Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.

KUTÍLEK M., KURÁŽ V.,CÍZLEROVÁ M., 2004: Hydropedologie 10, České vysoké učení technické v Praze, Praha.

MAREŠ S., 1996: Geofyzikální metody v ochraně a tvorbě životního prostředí, Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Ostrava.

MATULA S., 2009: Předpovědní půdně-agrohydrologické modely retence vody v půdě a ČR a jejich integrace do databází EU, Ministerstvo zemědělství ČR – Národní agentura pro zemědělský výzkum, Praha.

MEZERA J., STŘÍTECKÝ L., PAPUŠEK A., 1993: Pozemkové úpravy, Agroprojekt PSO, spol s r.o, Brno.

PLÍVA P., JELÍNEK A., 1996: Technické prostředky používané při finalizaci v kompostovacích linkách In Kompostování, moderní zpracování rostlinných zbytků, Sborník referátů ze semináře pořádaného Ústavem zemědělské techniky Zahradnické fakulty MZLU v Brně, VÚZT Praha, MZe a Vinopol Velké Bílovice s.r.o., Velké Bílovice.

SOUKUP M., 2006: Opatření v zemědělské krajině pro zlepšení vodních útvarů, Výzkumný ústav hydromeliiorací a ochrany půdy Praha, Praha.

SVOBODOVÁ M., 2006: Trávníky, Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.

TOMAN F., 1996: Protierozní ochrana půdy, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Brno.

VALLA M., KOZÁK J., NĚMEČEK J., MATULA S., BORŮVKA L, DRÁBEK O., 2000: Pedologické praktikum, Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.

VAŠKŮ Z., 2008: Základní druhy průzkumů pro krajinné inženýrství, využití a ochranu přírody, Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.

Články:

BĚLOHRADSKÝ J., 2010: Veřejnoprávní smlouva o umístění a zřízení stavby, Ledec nad Sázavou, s. 3-8.

MATI R., KOTOROVÁ D., NAŠČÁKOVÁ J., 2009: Vyhodnotenie a ocenenie vodoretenčných schopností pod východoslovenskej nížiny, Agriculture (Poľnohospodárstvo), s. 189–196.

MERDUN H., CINAR. O., MERAL R., MEHMET A., 2005: Comparison of artificial neural network and regression pedotranfer functions for prediction of soil water retention and Saturn hydraulic conductivity, Science Direct, s. 108-116.

MOTOMA, S.R.O., 2009: Technická zpráva k žádosti o všeobecné vyjádření odboru životního prostředí Městského úřadu Blansko, Olomučany, s. 3-10.

VAŠKŮ Z., 2001: Čekají nás sucha? Aktuální problémy sucha atmosférického i půdního, Vesmír 80, s. 143-145

VAŠKŮ Z., 2004: Půda je naším největším bohatstvím, Neprodávejme pole, může se nám hodit, Vesmír 83, s. 93-98.

Zákony:

ZÁKON Č. 180/2005 SB. o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a o změně některých zákonů (zákon o podpoře využívání obnovitelných zdrojů), v platném znění.

ZÁKON Č. 167/2008 SB. o předcházení ekologické újmy a o její nápravě a o změně některých zákonů, v platném znění.

ZÁKON Č. 334/1992 SB. o ochraně zemědělského půdního fondu, v platném znění.

Internetové zdroje:

ČHMI, 1997: Vyhodnocení povodňové situace v červenci 1997, Souhrnná zpráva projektu, Český hydrometeorologický ústav, Praha, online: <http://voda.chmi.cz/pov97/kap4.html>, cit. 3. 4. 2011.

ČHMI, 2010: Vypočtená základní bilance srážek a evapotranspirace pro travní porost, Praha, online: <http://frailea.chmi.cz/meteo/ok/aviso.html>, cit. 16.4.2011.

MŽP, 2008: Zpráva RU 2008 Příloha 1 - Literární rešerše, Výzkumný ústav zemědělské techniky, Praha, online: www.mze-vyzkum-infobanka.cz/DownloadFile/52981.aspx, cit. 5.4.2011.

JČU, 2003: Software pro stanovení a kategorizaci infiltrační schopnosti půd na základě syntézy materiálů BPEJ, České Budějovice, online: http://home.zf.jcu.cz/public/departments/kpu/projects/bpej_2/bpej_2.htm, 3.3.2011.

DANIELA TAUBEROVÁ, 2011: Sluneční elektrárny zabraly v kraji už 151 hektarů, Hranický deník, online: http://hranicky.denik.cz/zpravy_region/, cit. 2. 2. 2011.

ERU, 2011: Informace o výrobě elektřiny ze solárních zdrojů, Jihlava, online: www.eru.cz, cit. 4. 1. 2011.

PHONOSOLAR, 2010: Jedna z největších fotovoltaických elektráren na světě zahajuje provoz, Praha. online: <http://www.phonosolar.cz/reference/jedna-z-nejvetsich-fotovoltaickych-elektren-na-svete-zahajuje-provoz/>, cit. 6. 4. 2011.

UMS, 2010: General questions about Tensiometer, München, online: <http://www.ums-muc.de/en/products/tensiometer/t5.html>, cit. 28. 4. 2011.

ČIŽP, 2011: Pokuta za nepovolené kácení dřevin, Praha, online: http://www.cizp.cz/2888_Pokuta-za-nepovolene-kaceni-drevin, 16. 4. 2011.

Příloha

příloha č.1 – Legislativa související s ochranou půdy

- Zákon na ochranu ZPF č. 334/92 Sb., jeho prováděcí vyhláška č.13/1994 Sb.
- Zákon č. 144/1992 Sb. o ochraně přírody a krajiny
- Zákon č. 167/2008 Sb. o předcházení ekologické újmě a o její nápravě a o změně některých zákonů
- Zákon č. 139/2002 Sb. o pozemkových úpravách a pozemkových úřadech
- Vyhláška č. 545/2002 Sb. o postupech při provádění pozemkových úprav a náležitostech návrhu pozemkových úprav
- Zákon č. 100/2001 Sb. o posuzování vlivů na životní prostředí a o změně některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů. Zákon se uplatňuje v preventivních opatřeních v případech provádění procedury EIA (vybrané stavby a projekty), kdy je součástí hodnocení též posouzení půdních podmínek a vlivů na půdu.
- Zákon č. 423/2002 Sb. o pozemkovém fondu
- Zákon č. 92/1999 Sb. o podmínkách převodu zemědělských a lesních pozemků z vlastnictví státu na jiné osoby
- Vyhláška č. 327/1998 Sb., kterou se stanoví charakteristika bonitovaných půdně ekologických jednotek a postup pro jejich vedení a aktualizaci.
- Nařízení vlády č. 72/1999 Sb. o stanovení způsobu úhrady nákladů souvisejících s vedením a aktualizací bonitovaných půdně ekologických jednotek a nákladů spojených s oceněním věcí, identifikací parcel a vyměřením pozemků
- Nařízení vlády č. 241/2004 Sb. o podmínkách provádění pomoci méně příznivým oblastem a oblastem s ekologickými omezeními.