

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ
Katedra elektroenergetiky a ekologie

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Analýza procesu návrhu fotovoltaického systému

Bc. Martina Kajlová

2014

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta elektrotechnická
Akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Martina KAJLOVÁ**
Osobní číslo: **E12N0101P**
Studijní program: **N2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Technická ekologie**
Název tématu: **Analýza procesu návrhu fotovoltaického systému**
Zadávající katedra: **Katedra elektroenergetiky a ekologie**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Popište současný stav technologie fotovoltaických zdrojů pro výrobu elektrické energie.
2. Uveďte nástroje a metody pro modelování a optimalizaci procesů.
3. Pomocí vybraného nástroje vytvořte a optimalizujte model návrhu a provozu fotovoltaického systému.
4. Zhodnoťte ekonomický přínos fotovoltaických systémů.

Rozsah grafických prací: podle doporučení vedoucího

Rozsah pracovní zprávy: 30 - 40 stran

Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:


1. ŘEPA, V.: Podnikové procesy, procesní řízení a modelování, Grada Publishing, 2007, ISBN 978-80-247-2252-8
2. Dokumentace k platformě ARIS (IDS Scheer)
3. REMMERS, K. H.: Velká solární zařízení - Návrh, provoz, realizace, Praha, ERA GROUP, 2008, ISBN 978-80-7366-110-6
4. MURTINGER, K., BERANOVSKÝ, J., TOMEŠ, M.: Fotovoltaika, elektřina ze Slunce, 2. vyd. Praha, Eko WATT, 2007, ISBN 978-80-7366-100-7
5. Internetové zdroje

Vedoucí diplomové práce: Ing. Tomáš Řeřicha, Ph.D.
Katedra technologií a měření

Datum zadání diplomové práce: 14. října 2013
Termín odevzdání diplomové práce: 12. května 2014


Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.
děkan




Doc. Ing. Karel Noháč, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 14. října 2013

Anotace

Předkládaná diplomová práce se zabývá analýzou procesu návrhu fotovoltaické elektrárny. První část je věnovaná FV technologii a popisu jednotlivých částí FVE.

Druhá část obsahuje nástroje a metody pro modelování a optimalizaci procesů, včetně podrobnějšího popisu modelovacího softwaru ARIS. Tento software používám v praktické části mé práce, pro modelování návrhu a provozu fotovoltaického systému.

Poslední část diplomové práce obsahuje jednotlivé procesy výstavby fotovoltaické elektrárny pomocí EPC diagramů a její ekonomickou bilanci.

Klíčová slova

Fotovoltaika, fotovoltaický panel, fotovoltaická elektrárna, výkon, sluneční svit, výstavba, proces, cash flow.

Annotation

This dissertation thesis deals with the analysis of the design of photovoltaic plant. The first part is about photovoltaic technology and description of each parts of PVP.

The second part is contained of tools and methods for modeling and processes optimization, closer view to modeling software ARIS. This software is used in practical part of my work for modeling of design and operation of PV system.

The last part of the thesis includes the particular processes of construction of photovoltaic plant, EPC diagrams and her economic balance.

Keywords

Photovoltaic, photovoltaic panel, photovoltaic plant, sunshine, performance, construction, process, cash flow.

Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě elektrotechnické Západočeské univerzity v Plzni. Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce. Dále prohlašuji, že veškerý software použitý při řešení této diplomové práce je legální.

V Plzni dne 12. května 2014

Bc. Martina Kajlová

Poděkování

Touto cestou bych chtěla poděkovat mému vedoucímu diplomové práce panu Ing. Tomáši Řeřichovi, Ph.D. za konzultace a cenné rady při zpracování a také firmě SPCH s.r.o. za ochotu, poskytnuté informace a data, nezbytná pro vypracování mé diplomové práce.

Ráda bych také poděkovala rodině, která mě po celou dobu podporovala.

Obsah

Obsah	7
Seznam použitých symbolů a zkratk	9
Úvod.....	10
1 Fotovoltaické systémy	11
1.1 Původ solární energie	11
1.2 Princip FV článku	13
1.3 Zapojení FV článků v solárních modulech	15
1.4 Jednotlivé části FVE	16
1.4.1 FV panely křemíkové.....	16
1.5 Nosná konstrukce	18
1.6 Kabeláž.....	19
1.7 Střídače.....	20
2 Nástroje a metody pro modelování a optimalizace procesů	23
2.1 Charakteristika procesů.....	23
2.2 Průběžné zlepšování.....	23
2.3 Reengineering	23
3 Metodika ARIS (ARchitecture of integrated Information Systems).....	25
3.1 Základní pohledy.....	25
3.1.1 Organizační pohled	26
3.1.2 Funkční pohled	26
3.1.3 Datový pohled.....	27
3.1.4 Pohled produktů a služeb (výkonový pohled)	27
3.1.5 Procesní pohled.....	27
3.2 Druhy metod modelování.....	28
3.2.1 Organigram	28
3.2.2 Funkční strom	29
3.2.3 Model tvorby přidané hodnoty	29

3.2.4	EPC diagram	29
4	Optimalizace modelu návrhu a provozu FV systému.....	31
4.1	Projekt	31
4.2	Stavba.....	32
4.3	Předávání díla.....	33
4.4	Normální (běžný) provoz	33
5	Diagnostika poruch.....	35
6	Model návrhu a provozu fotovoltaického systému pomocí EPC diagramu	36
6.1	Použití základních elementů v EPC diagramu	36
6.2	Jednotlivé procesy výstavby FVE.....	39
7	Ekonomická bilance	46
	Závěr	49
	Použitá literatura a internetové zdroje	50
	Zdroje obrázků:.....	51
	Seznam obrázků.....	52
	Seznam tabulek a grafů.....	52
	Přílohy.....	53

Seznam použitých symbolů a zkratek

UV	ultrafialové záření
°C	stupeň Celsia
AC	střídavý proud
DC	stejnoseměrný proud
Wm ⁻²	watt na metr čtvereční
EVA	etylvinylacetát
FV	fotovoltaický
FVE	fotovoltaická elektrárna
kWh	kilowatt hodina
MWh	megawatt hodina
kWm ⁻²	kilowatt na metr čtvereční
MPP	maximální výkon
nn	nízké napětí
vn	vysoké napětí
V	volt
SMA	název firmy
OŽP	ochrana životního prostředí
EPC	diagram procesu řízeného událostmi
SW	software
kWp	jedná se o špičkový výkon fotovoltaické elektrárny při standardních testovacích podmínkách
ERÚ	Energetický regulační úřad
BOZP	bezpečnost a ochrana zdraví při práci
PV	photovoltaic
PVP	photovoltaic plant

Úvod

V dnešní době není získávání elektrické energie z fotovoltaických systémů žádnou novinkou. Fotovoltaiky využilo již mnoho investorů, kteří si postavili vlastní FVE. Úspěšně realizovat proces výstavby fotovoltaické elektrárny není ale vždy jednoduché. Je třeba dbát na určité zásady, dodržovat sled událostí a věnovat pozornost potencionálním rizikům. Nedodržení těchto zásad může způsobit fatální následky pro správné fungování elektrárny a ve svém důsledku zapříčinit obrovské náklady na opravu nebo dokonce krach záměru.

V předkládané diplomové práci se zabývám tím, jaký by měl proces výstavby FVE být, co vše by měl obsahovat, jaký je sled událostí a jaké mohou být potencionální rizika. Proces výstavby FVE je zde popsán od projektu až po uvedení do provozu a jsou zde popsány kritické místa výstavby. Celý tento proces je modelován v softwaru ARIS EXPRESS, který slouží k modelování procesů, tj. k utváření různých pohledů, pomocí kterých lze modelovat jednotlivé situace. Pro vytváření modelu jsem si zvolila nejpoužívanější metodu a to pomocí EPC diagramu. EPC je grafický modelovací jazyk, který zobrazuje posloupnost funkcí v daném procesu.

Závěrečná část mé diplomové práce obsahuje ekonomickou bilanci fotovoltaické elektrárny. Jako příklad jsem si vybrala porovnání skutečných a plánovaných hodnot elektrické energie naměřených při instalovaném výkonu 44 kWp za rok 2010. V příloze můžete vidět předpokládaný cash flow dané FVE od roku 2011 až do roku 2024.

1 Fotovoltaické systémy

Díky dotacím na pořízení solárních systémů se s nimi setkáváme čím dál častěji, pořád ale tato technologie není běžná a nemůže se na trhu srovnat s jinými zdroji bez zvýhodněných dotací. Můžeme ale očekávat, díky stálému zlevňování solárních technologií a souběžnému růstu cen klasických energií, že tato technologie se stane konkurenceschopnou i bez dotací. V této kapitole se zabývám samotným fotovoltaickým jevem, popisem solárních článků a jejich zapojení až po jednotlivé části FVE.

1.1 Původ solární energie

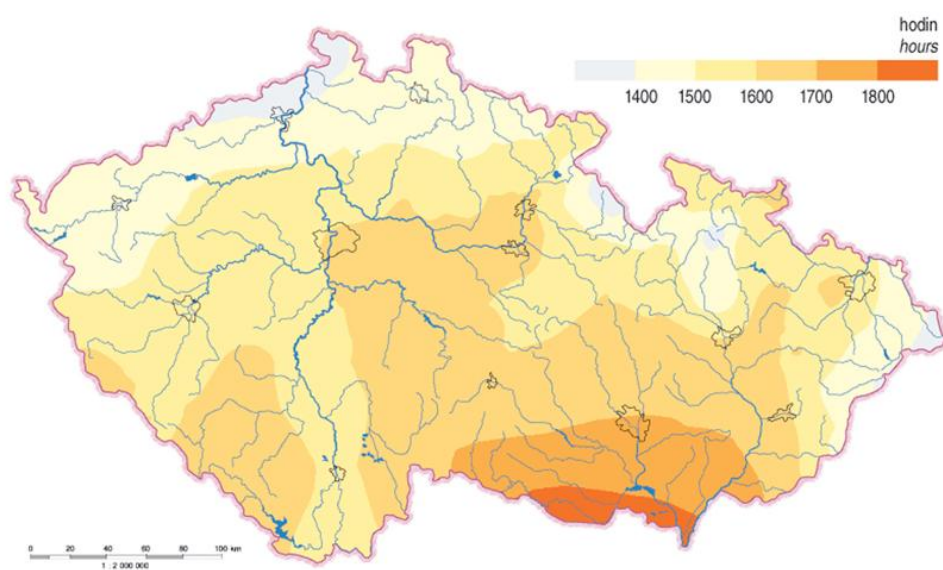
Energie je jednou z nejdůležitějších věcí na planetě, proto je pro život na zemi nepostradatelná. Veškerá činnost, pohyb a vývoj závisí na dostatku energie na zemi.

Veškeré sluneční záření přicházející na zemský povrch se nazývá globální záření. Globální záření zahrnuje záření všech vlnových délek ze všech možných směrů. Prakticky ale rozlišujeme záření přímé a difuzní, při zatažené obloze se vyskytuje pouze difuzní složka. [2]

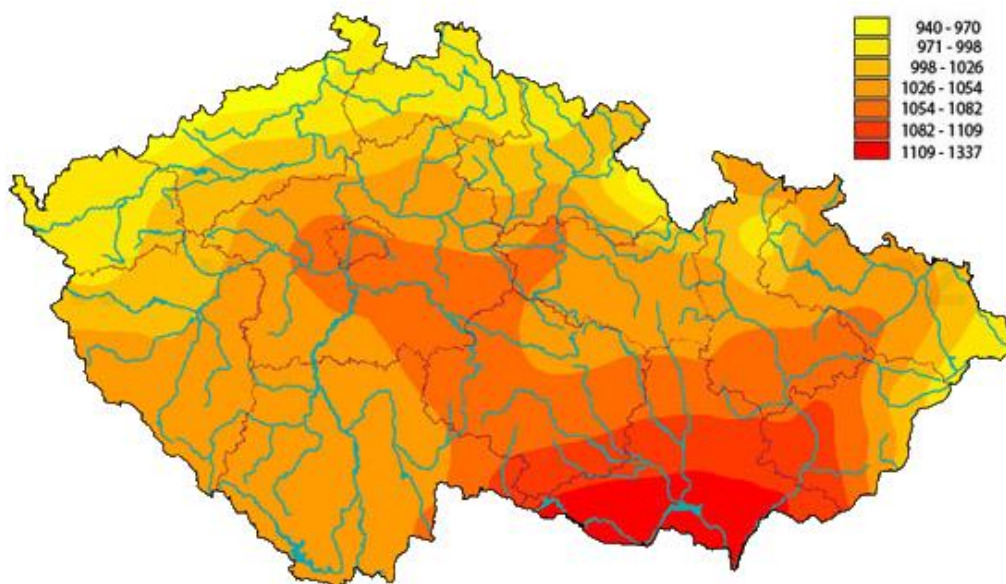
Na Zemi je sluneční energie přenášena ve formě elektromagnetického záření, nejvýznamnější je pro nás oblast viditelného záření přibližně 400–650 nm. Na hranici zemské atmosféry můžeme změřit hustotu dopadajícího záření tzv. solární konstantu, která činí $1,4 \text{ kWm}^{-2}$. [1]

Mapa globálního slunečního záření (obrázek č. 1) nejlépe vystihuje vhodnost lokality pro využití solární energie, údaje vychází z dlouhodobého meteorologického měření. Existuje však několik faktorů, které mohou velikost dopadajícího záření ovlivňovat. Mezi tyto faktory patří oblačnost, délka slunečního svitu, roční období, zeměpisná šířka a geografická poloha dané lokality a v neposlední řadě i čistota ovzduší.

Vzhledem k výpočtu návratnosti investice do FV systémů je hodnota ročního úhrnu globálního slunečního záření velmi důležitá. Na 1 m^2 vodorovné plochy dopadne za rok v České republice zhruba 950–1340 kWh energie. Celková doba slunečního svitu (bez oblačnosti), je zobrazena níže na obrázku č. 2 a to od 1 400 do 1 700 hodin za rok. [3]



Obrázek 1: Mapa trvání slunečního svitu v ČR. [1]

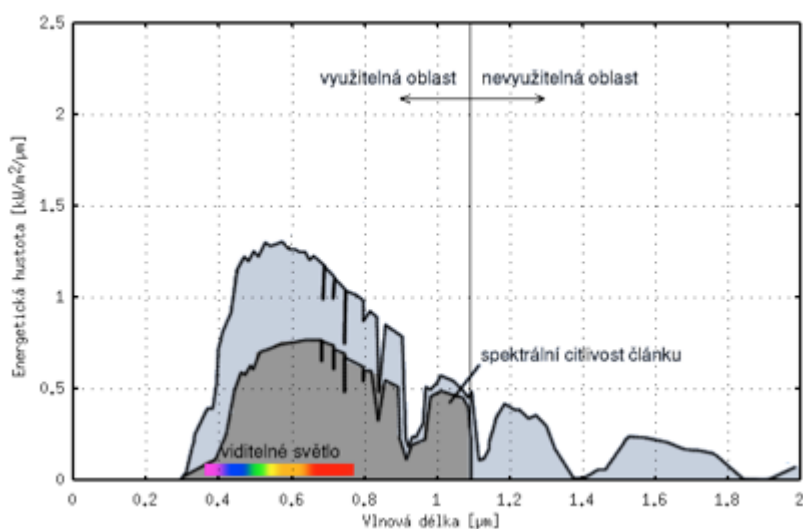


Obrázek 2: Roční úhrn globálního slunečního záření v ČR [Wm^{-2}]. [1]

1.2 Princip FV článku

Fotovoltaický jev vzniká na rozhraní dvou polovodičů, na které dopadá světlo, které indukuje elektrické napětí. Světlo se skládá z tzv. nosičů energie (fotonů). Dopadnou-li tyto fotony na solární článek, v křemíkovém polovodiči působením světla (fotonů) se uvolňují vazebné elektrony.[4] Tento jev může nastat i u jiných polovodičů (např. v dopovaném křemíku, selenu, germaniu, siričku kadmia aj.). [1]

Nejpoužívanější materiál, který se používá pro výrobu FV článku je bezpochyby křemík. Křemík je pevná krystalická látka s vlastnostmi polovodiče, která dokáže absorbovat světlo o kratší vlnové délce než zhruba 1 mikrometr (fotony o větší energii než zhruba 1,1 elektronvoltage) tzn. část infračerveného, viditelného a ultrafialového spektra viz obrázek č. 3. [5]

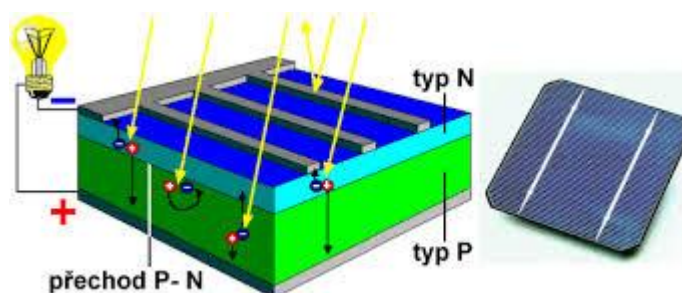


Obrázek 3: Absorpce slunečního spektra křemíkem. [2]

Pokud má foton dopadající na křemík energii menší než 1,1 elektronvoltage, projde křemíkem a není absorbován. Chceme-li aby byl foton absorbován, musí mít energii větší než 1,1 elektronvoltage (hodnota energie odpovídá šířce zakázaného pásu a tedy absorpční hraně křemíku). Absorpcí fotonů se ve struktuře polovodiče generují nosiče nábojů (dvojice elektron–díra). Dopováním křemíku fosforem vznikne polovodič typu N (má nadbytečné elektrony). Přidáním boru vznikne polovodič typu P (má nadbytečné díry). Nosiče nábojů

jsou od sebe odděleny vnitřním el. polem PN přechodu. Toto rozdělení má za důsledek rozdílné napětí mezi předním a zadním kontaktem FV článku. [1]

Fotovoltaický článek můžeme považovat za velkoplošnou diodu. Vnější obvodem (mezi oběma kontakty) protéká stejnosměrný elektrický proud. Velikost protékajícího proudu je přímo úměrná ploše a intenzitě dopadajícího slunečního záření. Na PN přechodu dojde k separaci elektronů a děr. Na kontaktech vznikne napětí, dáno použitým polovodičem (u křemíku je přibližně 0,6 V).[1]



Obrázek 4: Řez FV článkem. [3]

Články mají svoji funkci plnit několik let, proto je nutné, aby byly chráněny před znečištěním, korozí či mechanickými poškozeními. Proto jsou složeny z několika vrstev. Většina moderních článků má antireflexní vrstvu, která pomáhá snižovat ztráty světla odrazem. Na obou stranách článku se nacházejí kontakty (sběrnice), které slouží k odvádění vzniklého elektrického proudu. Jednotlivé vrstvy FV panelu jsou: hliníkový rám, těsnění, tvrzené sklo, folie EVA, FV článek z křemíku a vodotěsná folie z umělé hmoty. [2]

Na přední straně je sběrnice ve tvaru mřížky, aby nebránila průchodu světla (oproti zadní straně, kde je použita souvislá vrstva povlaku, která slouží i jako odrazová vrstva). Jednotlivé články se do FV panelů skládají v sérioparalelním zapojení. Celý panel je hermeticky uzavřen. Použití EVA folie nám zaručí dokonalou těsnost modulu, protože křemíkový PN přechod je nutné ochránit před vniknutím vody (vlhkosti) a znečištěním. Články se nejčastěji usazují do pevného (většinou hliníkového) rámu tak, aby byly schopné vydržet nápor větru či sněhu a nedošlo k deformaci nebo dokonce prasknutí modulu. Rám také slouží k uchycení článku na podstavec či střechu. [2]

1.3 Zapojení FV článků v solárních modulech

Na obrázku níže můžete vidět zapojení solárních modulů. V jednotlivých modulech jsou zapojovány solární články do série, to zajišťuje, že všemi články teče stejný proud. Celý modul proto udává proud, jaký vyrábí nejhůře osvětlený článek. Je důležité, aby žádný článek v modulu nebyl úplně zastíněný. Jinak dojde k tomu, že díky zastíněnému článku nepoteče žádný proud a tudíž nebude dodáván žádný výkon, přestože by na ostatní články dopadalo optimální množství slunečního záření.



Obrázek 5: Zapojení FV panelů do solárních modulů.

Optimální sklon FV panelů, aby zaručovaly přijatelný celoroční energetický zisk je 35° k jihu. Nakloněním panelů můžeme energetické zisky v jednotlivých ročních obdobích zvětšovat. Pro získání větších energetických zisků v letním období je nutné použít sklon 30° . Použitím většího sklonu od ideálních 35° o 10° zvýšíme zisk v zimním období. Slunce v tomto ročním období nevystoupá tak vysoko na oblohu, proto je nutné sklon panelu zvětšit, abychom docílili co nejkolmějšího směru dopadu paprsků na panel. [1]

1.4 Jednotlivé části FVE

V této kapitole popisují jednotlivé části FVE. Kapitola obsahuje: druhy fotovoltaických panelů vyráběných z křemíku, popis nosné konstrukce, na níž jsou panely upevněné, kabeláž používanou ve fotovoltaických systémech a možnosti využití střídače.

1.4.1 FV panely křemíkové

V současné době je většina používaných panelů vyráběných z křemíku a to díky jeho vhodným vlastnostem pro fotovoltaiku. Nejčastěji se setkáme se třemi typy křemíkových článků: monokrystalické, polykrystalické a amorfni. V praxi používáme většinou polykrystalické panely díky tomu, že je schopen vyrábět elektrickou energii i bez přímého osvětlení na základě difúzního záření, které je v ČR převládající. [1]

Monokrystalický křemík

Fotovoltaické (solární) články z monokrystalického křemíku mají obvykle osmiúhelníkový tvar a sytě modré až černé zbarvení. V praxi, tyto články dosahují účinnosti okolo 14 až 16 %.

Při výrobě monokrystalických článků se používají ingoty (tyče) z polykrystalického křemíku a jsou zpracovávány metodou tzv. pomalým tažením zárodku krystalu z tavenin velmi čistého křemíku. Ingoty monokrystalického křemíku se seřezou na tenké plátky (přibližně na 0,25–0,35 mm). V poslední době se tloušťka destiček snížila na 0,1mm. Jednotlivé plátky se vyleští a odleptají, tím se zbaví nečistot a nepravidelností. Poté se na člancích vytvoří kladný pól tvořený tenkou hliníkovou folií ze zadní strany a záporný pól, tvořený vodivými drahami na přední straně. Tento postup je ale energeticky i technologicky náročnější, výroba těchto článků je tak dražší. Řešením je tedy výroba solárních článků z polykrystalického křemíku.[2]

Polykrystalický křemík

Dnes nejpoužívanější typy článků s výraznou krystalickou strukturou, ta je dána přítomností většího množství menších krystalů. Polykrystalické solární články mívají o trochu nižší účinnost, ale lépe dokážou proměňovat difúzní světlo, které dopadá na článek z boku. Proto můžeme říci, že v dnešní době jsou prakticky zcela rovnocenné s články monokrystalickými. Výroba těchto článků se provádí pomocí odlévání čistého křemíku do forem a následným řezáním ingotů na plátky, proto je v porovnání s výrobou monokrystalických článků (vyráběnými tažením monokrystalu) podstatně jednodušší a rychlejší. Účinnost těchto panelů je okolo 14–15 %.

Amorfní křemík

Fotovoltaické články z amorfního křemíku jsou vyráběny ve vakuové komoře, kde je napařením nanesena vrstva amorfního křemíku na skleněnou tabuli. Teplota ve vakuové komoře se pohybuje kolem 200 °C. Materiál, na který je nanášena vrstva amorfního křemíku může být i plast či kov. Tloušťka článků nepřesahuje 0,001 mm, proto se také používá označení tenkovrstvá technologie. [6]

Tyto články mají výhodu v tom, že spotřeba materiálu je oproti mono či polykrystalickým článkům o mnoho menší, proto je jejich výroba levnější. Další výhodou amorfního křemíku je schopnost pojmout širší spektrum slunečního záření a vyrábět elektrický proud i z rozptýleného neboli difuzního záření, které vzniká rozptylem přímého záření v mracích a na částech v atmosféře. Dalším plusem je i menší ohřívání a pomalejší klesání účinnosti při zahřívání panelu. Nevýhodou těchto panelů je potřeba dvojnásobné plochy a jejich malá účinnost okolo 8 %.

Dalším problémem může být nestabilita, která může být zčásti způsobena přítomností vodíku (narušuje se vnitřní struktura, například oxidací vzdušným dusíkem), tj. dochází k postupnému zhoršování vlastností.[2]

1.5 Nosná konstrukce

Slouží k upevnění a orientaci solárních modulů. Ta může být buď samostatně stojící na zemi, nebo jako součást stavby (střecha, stěna apod.). V případě volně stojících modulů se konstrukce spojuje pevně se zemí pomocí závrtných šroubů, pozinkovanými profily zatlačenými do země nebo betonovými základy. Způsob upevnění se volí dle podloží na daném místě. Konstrukce by měla být dimenzována tak, aby unesla tíhu panelů, kabeláže a dalších součástí a zároveň vydržela nápor silného větru či tíhu napadaného sněhu. Nejčastěji je k vidění kovové provedení nosné konstrukce, kde je zapotřebí dbát na vhodnou protikorozní povrchovou úpravu. Řešením je i dřevěná konstrukce (k vidění na obrázku č. 6), u té je ale nutné dbát na ochranný nátěr, který dřevo chrání hlavně proti vlhkosti, degeneraci a různými plísněmi.

Připojovací box s konektorem nebo svorkovnicí na modulu by měl být při montáži umístěn nahoře. Důležitá je ventilační mezera mezi rámem modulu a pevnou plochou, která by měla být nejméně 5 cm. V některých případech je dobré rámy modulů a kovovou nosnou konstrukci vhodným způsobem uzemnit, zejména v oblastech se zvýšeným rizikem atmosférických výbojů. [1]



Obrázek 6: Dřevěné konstrukce se solárními moduly. [5]

1.6 Kabeláž

Ve fotovoltaických systémech můžeme rozdělovat dva základní typy kabelů. Kabel značený DC pro moduly a řetězce modulů slouží pro přenos stejnosměrného proudu a kabel s označením AC jako výstupní kabel ze střídače je určený pro přenos střídavého proudu.

Je nutné, aby při výstavě fotovoltaických systémů byly dodrženy průřezy a délky jednotlivých kabelů na základě projektové dokumentace zpracované autorizovaným projektantem pro elektrická zařízení. Na obrázku číslo 7 je příklad uložení AC kabelu. Je-li nesprávně proveden výpočet či konstrukční návržení jednotlivých tras proudů (například ještě s nevhodně zvoleným kabelem) hrozí porucha střídače nebo destrukce FV panelů.



Obrázek 7: Příklad uložení AC kabeláže v pískovém loži s ochrannou folií, nad kabeláží je vidět holá nosná konstrukce připravená na osazení panely.

DC kabely pro moduly jsou umístěny ve venkovním prostředí, proto musí být odolné vůči mechanickému namáhání, UV záření, vlivům počasí a velkým teplotním rozdílům (cca od -35 až do 60°C). Záporný a kladný vodič je veden oddělenými kabely (hrozí nežádoucí uzemnění). [1]

1.7 Střídače

Střídače zajišťují přeměnu stejnosměrného proudu i napětí na střídavé (lze použít také označení DC–AC převodník). Mezi základní funkce zařízení patří: přeměna stejnosměrného proudu na střídavý, tak, aby zajistil přizpůsobení pracovního bodu požadavkům sítě.

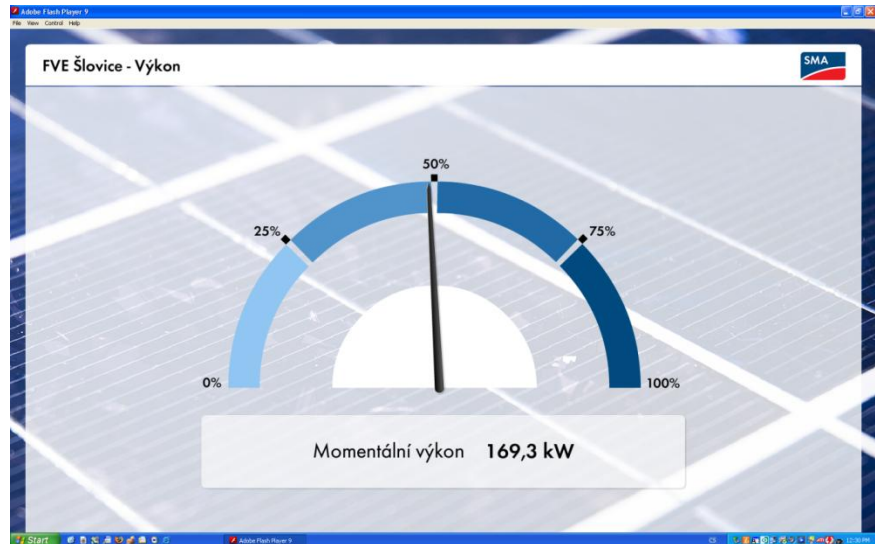
Mají ovšem i řadu doplňkových funkcí, například monitoring sítě a provozních údajů, ochranné funkce atd. Střídačů se na trhu vyskytuje celá řada, pořízením levného střídače si investor může několikanásobně zaplatit v následných opravách, bez dostatečné záruky kvalitních servisních služeb nebo se to projeví sníženým výkonem fotovoltaického systému.

Na datových listech, které nám dodá výrobce střídače, rozeznáváme nejčastěji účinnost maximální a evropskou. Účinnost střídačů (tzv. euroúčinnost) se pohybuje v rozmezí 86–95 %. Evropská účinnost je průměrem účinnosti při různých stupních zatížení střídače (reálnější hodnoty). Důležitá je z hlediska množství vyrobené energie vysoká euroúčinnost v celém pracovním rozsahu MPP a přesnost MPP trackeru. [12]

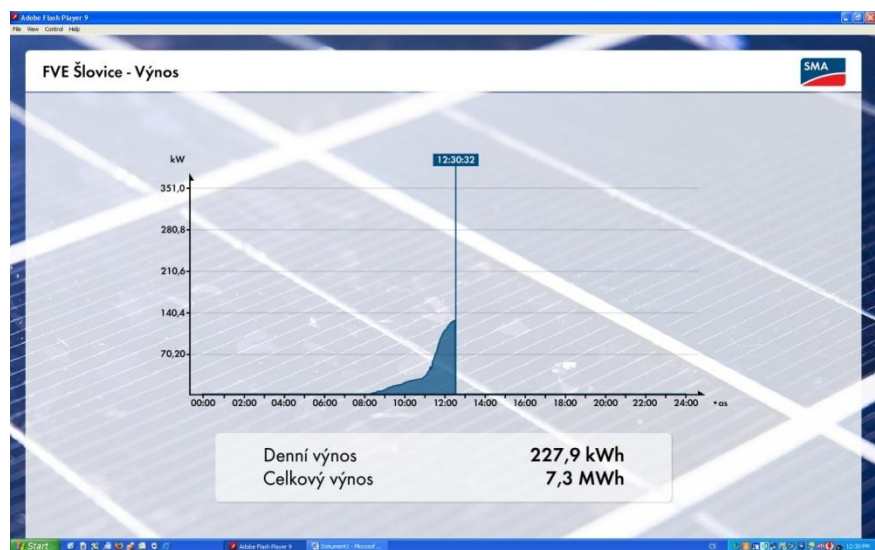
MPP tracker nám udává rozsah napětí, ve kterém by měl střídač optimálně pracovat. Je důležité, aby si střídač držel co nejvyšší účinnost, konstantně v celém pracovním rozsahu při změně vstupního napětí. Možné odchylky v hodnotách jsou nežádoucí. [12]

Účinnost přizpůsobení MPP je velmi důležitý parametr udávající, jak rychle dokáže střídač měnící se klimatické podmínky zaregistrovat a na změnu adekvátně a přesně reagovat. Čím delší je prodleva, tím horší jsou výsledky a větší ztráty.

Další funkcí střídače je možný sběr dat, která jsou potřebná k analýze dat o výrobě el. energie, aktuálním el. výkonu, teplotě střídače, účinnosti střídače porovnáním AC a DC strany střídače. Pomocí komunikačních a datových zařízení, kterých dnes výrobci střídačů nabízejí celou řadu, se sledování výroby a poruch stává snadným. Nejprve se stáhnou požadovaná data na počítač, poté dojde k zobrazení na displeji pomocí kabelových či bezdrátových technologií (např. bluetooth). Chybové hlášky se pak odesílají pomocí SMS nebo e-mailu. Sledovat údaje o výrobě je pak možné všude tam, kde je připojení na internet. Na obrázcích číslo 8 a 9 uvádím pro příklad jednoduché grafické vyjádření výkonu a výroby střídačů SMA pro drobné střešní instalace.



Obrázek 8: Ukázka zobrazení výkonu střídače SMA.



Obrázek 9: Grafické zobrazení výroby střídače SMA.

„Jednotlivé panely jsou zapojeny ve smyčce podle konfigurace příslušného střídače v závislosti na jeho výkonu podle proudové a napěťové charakteristiky. Tyto smyčky

označujeme pracovně jako „stringy“ tzn. smyčky vedoucí stejnosměrný proud do jednotlivých střídačů.“ [7]



Obrázek 10: Transformace napětí na hladinu 22 kV – olejový sloupový transformátor.

Jednofázové či třífázové DC kabely jsou vedeny do nn rozvaděče, v závislosti na fázových charakteristikách střídače. Z nn rozvaděčů umístěných na konstrukci jsou kabely vedeny v pískovém loži do hlavního rozvaděče FVE a transformátoru (obrázek č. 10). [1]

2 Nástroje a metody pro modelování a optimalizace procesů

2.1 Charakteristika procesů

Proces je obecně definovaný jako soubor činností, které slouží k přeměně vstupů na výstupy. K úplnému popisu procesu je třeba znát jeho průběh, zdroj a především výsledek. Důležitou součástí procesu je zpětná vazba, která nám umožňuje zpětnou „kontrolu“, zda byl proces úspěšný či nikoliv.

Dnešní trend je takový, že procesy v rámci firmy musí být neustále zlepšovány, aby firma neztrácela schopnost konkurovat ostatním firmám a byla schopná na trhu se udržet. Zákazníci požadují stále lepší výrobky či služby (důležitou roli hraje samozřejmě i cena) na což musí podniky reagovat a své procesy neustále zlepšovat, protože v případě neuspokojení zákaznických potřeb hrozí riziko, že zákazník využije konkurenční firmu nabízející lepší výrobek či službu. Zlepšení podnikových procesů lze dvěma základními postupy a to průběžným zlepšováním či metodou reengineeringu.

2.2 Průběžné zlepšování

Tento přístup je založen na rozboru původního procesu, ze kterého následně vyplývají postupy, které mají zlepšit dosavadní proces. Zdokonalování u jednotlivých procesů probíhá postupně, nedochází k náhlým a rozsáhlým změnám, jedná se proto o tzv. přírůstkové zlepšení. U tohoto způsobu zlepšování ale hrozí riziko, že zlepšování procesu bude příliš pomalé a nebude stačit zvětšujícím se nárokům zákazníků.

2.3 Reengineering

Stejně jako u předcházející metody u reengineeringu dochází k postupnému zlepšování procesů, rozdíl je ale v tom, že se jedná o změny razantní. Filozofie reengineering spočívá v tom, že stávající procesy jsou špatné tudíž nevyhovující a je třeba je zcela změnit. Výhodu tedy mají začínající firmy, které své procesy teprve utvářejí pomocí nejnovějších technologií.

Problematičtější je přizpůsobení se novým změnám u starších, již zavedených podniků. Nevýhodou této metody je určitá nejistota, kterou sebou nese použití větších inovací. Může dojít ke zvýšení rizika neúspěšného zavedení reengineeringu, časová náročnost implementace inovace a především vznik vysokých jednorázových nákladů.

U metody reengineeringu se neklade důraz na pevnou organizační strukturu podniku (pevně dané pravomoci, odpovědnosti atd.), ale naopak se klade důraz na jednotlivé procesy. Myšlenka reengineeringu tedy je, že právě jednotlivé procesy složí k vytvoření přidané hodnoty. Procesy se dělí na klíčové, ty slouží k vytvoření přidané hodnoty pro zákazníka a podpůrné, které těmto procesům pomáhají. Pravomoci a odpovědnosti se vztahují na konkrétní procesy a jejich vlastníkem může být za dané situace jeden ze zaměstnanců.

Z hlediska procesních změn je výhodné tzv. zplošťování organizační struktury, které usnadňuje komunikaci a řízení procesu, kdy se určí pouhé dva stupně řízení a to "strategické vedení podniku a podnik samotný". Procesně založené řízení podniku zajišťuje rychlý tok informací a zpětné vazby, což je klíčové pro správné fungování procesu. Důležité je také vytvářet co největší počet míst, která jsou schopná reagovat na potřebné změny a přijímat informace potřebné k řízení daného procesu.

Postupem času vzniklo několik druhů procesního reengineeringu, které se od sebe liší rozsahem, implementováním, časovou náročností, použitou informační technologií či úhlem pohledu na daný problém. Mezi klasické metody, které kladou důraz na definování cílů a zlepšování řízení podniků je metodika Hammera a Champyho, naopak například metodika T. Davenporta klade důraz na informační technologii. Jednou z dalších metod reengineeringu je metodika ARIS prof. Scheera.

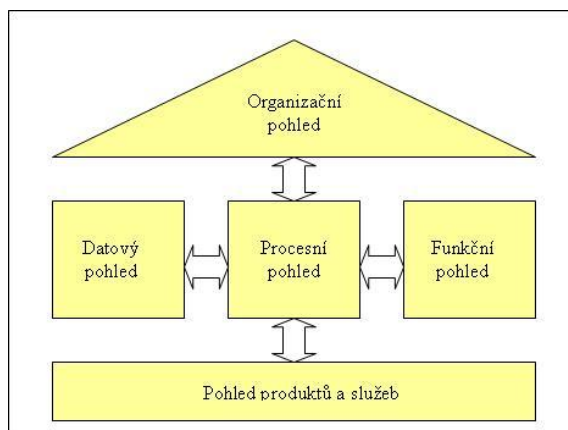
3 Metodika ARIS (ARchitecture of integrated Information Systems)

Zkratka ARIS znamená v překladu Architektura integrovaných informačních systémů. Tato metoda klade důraz na informační technologie, pomocí kterých podporuje řízení procesů. Metodika ARIS slouží k modelování procesů tj. k utváření různých pohledů, pomocí kterých lze modelovat jednotlivé situace. Zbývá se ale i zpracováním informačních technologických systémů, které pomáhají k řízení podniku. ARIS obsahuje celou řadu nástrojů jako například ARIS Easy Design, ARIS Simulation, ARIS Toolset a další. Díky tomu, že ARIS dokáže modelovat procesy pomocí různých pohledů, se výsledek stává přehledným a srozumitelným. Jednotlivé pohledy jsou úzce významově provázané, přesto fungují odděleně (zjednodušuje se tím celý model), v závěru se jednotlivé pohledy prováží vzájemnými vztahy a vznikne komplexní pohled.

3.1 Základní pohledy

Metoda ARIS se sestává ze třech základních pohledů tzv. popisné úrovně: organizace, funkcionalita, informace a řízení. První úrovní je „čistě“ podnikový model, který popisuje pouze průběh a činnost procesu, jedná se o **definici požadavků**. Druhou úrovní je tzv. **specifikace návrhu**, zde se skrývá přechod mezi reálným průběhem procesu a informační technologií, což znamená například zpracování dat. V třetí nejvyšší úrovni tzv. **implementaci** se jedná o softwarovou strukturu informační technologie daného systému.

Na obrázku č. 11 je znázorněný tzv. Dům ARIS, kde je znázorněno 5 základních analytických pohledů (organizační, funkční, datový, pohled produktů a služeb a procesní). Jak již bylo zmíněno výše, rozdělením jednotlivých pohledů vede ke zjednodušení modelu, ale dochází také ke ztrátě vazeb mezi jednotlivými pohledy. Proto se zde uplatňuje procesní pohled, který slouží k popisu vztahů mezi jednotlivými pohledy, tím se ARIS odlišuje od jiných metodik.



Obrázek 11: Základní pohledy v ARISu. [6]

3.1.1 Organizační pohled

Je model zachycující jednotlivé vazby v určitém oddělení podniku a mezi jednotlivými organizačními složkami. Předpoklad je, že podnik má určitou organizační strukturu, nejčastěji používané hledisko je členění pomocí funkční struktury, každé oddělení v podniku spravuje určité úkony (reklama, prodej, mzdy a další). Organizační strukturu lze vytvořit ale i podle jiných faktorů jako například podle geografických oblastí, produktů, orientace na úlohy a projekty a mnoho dalších, záleží tedy na nás, jaké faktory použijeme k definování organizační struktury podniku.

3.1.2 Funkční pohled

Funkcí můžeme nazývat technický úkol nebo činnost, která vede k dosažení cílů podniku. Obecně funkční pohled zachycuje jednotlivé funkce, které se podílí na určitém procesu. Metodika ARIS (ve srovnání s ostatními metodikami) obsahuje pouze funkční pohledy funkce a jejich propojení a neřeší spojitost mezi funkcí a událostmi či daty. ARIS nejsložitější funkce označuje jako podnikové procesy či řetězce. K rozkladu na jednotlivé funkce a elementární funkce dochází postupnou analýzou procesu. Následné rozřazení úrovní funkcí záleží na použité metodě modelování.

3.1.3 Datový pohled

Je v ARISu tvořen stavy a událostmi a jeho tvorba je složitější než u předchozích pohledů. Zobrazuje objekty koncové a počáteční události procesu a popisy jejich stavů. Události mohou způsobit spuštění určité činnosti, postupu nebo procesu. Změny stavů objektů (dat) tedy způsobují události. ERM model (Entity Relationship) je nejpoužívanější datový pohled. V datovém pohledu se také vyskytují tzv. entity (abstraktní či reálné), jedná se o popisovaný datový objekt, tím může být myšleno například zákazník, mapy či určitý proces. Entity lze podrobněji popsat pomocí tzv. atributů. V ARISu se entity značí jako obdélníky, naopak atributy se zobrazují jako ovály či kružnice. Stejně jako v ostatních pohledech i v datovém se vyskytují vazby, které spojují jednotlivé entity. Vazby se v datovém pohledu dají slučovat do skupin. Uživatel si poté tyto vazby pojmenuje podle potřeby, pouze musí dodržovat směr vazby (směr je důležitý z hlediska posloupností jednotlivých kroků v procesu).

3.1.4 Pohled produktů a služeb (výkonový pohled)

Slouží k popsání produktů a služeb v rámci podniku a také jako nástroj pro průběžné zlepšování procesů. Modelovat v ARISu lze službu (služba = nehmotný produkt, který vzniká a zároveň se spotřebovává) nebo určitý produkt. Pro popis služeb či produktů v podniku, ARIS poskytuje celou řadu modelů. Obdobně jako u předchozího datového pohledu se může k modelu produktu přidat atribut (podrobnější informace o produktu).

3.1.5 Procesní pohled

Popisuje vztahy mezi jednotlivými pohledy, proto je procesní pohled nejdůležitější ze všech zmíněných pohledů. Při jeho modelování se nejdříve vytvářejí vztahy jen mezi dvěma pohledy a až následně se přidávají vazby dalších pohledů. Strukturu modelu definují tzv. metodici procesního řízení, ti také řídí proces z hlediska aktualizací, pomáhají uživatelům poskytování rad a přidělují uživatelská práva. Další osobou v rámci procesního řízení je

tzv. zpracovatel, ten se zabývá aktualizacemi. Důležité je zmínit, že každý proces má svého vlastníka, ten může schvalovat změny a aktualizace daného procesu podle svého uvážení a potřeb.

ARIS nabízí celou řadu modelů, nepoužívanějším je EPC diagram, kterému se budu více věnovat v následujících kapitolách. Další typy používaných procesních modelů jsou Mapa znalostí či oprávnění, Model komunikace, Matice procesů či Model tvorby přidané hodnoty.

3.2 Druhy metod modelování

ARIS nabízí několik metod modelování, které slouží k namodelování námi vybraného pohledu. Kritéria pro volbu metody modelování je již zmíněná jednoduchost a srozumitelnost. Nepoužívanější typy metod jsou: PCD (schéma procesních řetězců), Organigramy, EPC model, Model tvorby přidané hodnoty a další.

3.2.1 Organigram

Je vlastně zobrazení organizační struktury v podniku pomocí diagramu či modelu s jednoduchou přehlednou strukturou stromovou či pro složitější organizační struktury liniovou. Mapuje celou organizační strukturu a vzájemné vazby jednotlivých pracovních pozic či osob v podniku. Organigram také zobrazuje hierarchii, stupně řízení a rozsahy odpovědností jednotlivých pozic a lze z něj vyčíst, o jaký způsob řízení se v podniku jedná a jaký typ organizační struktury se v organizaci vyskytuje. Známe několik druhů organigramů a to: organigramy funkcionální (liniové, maticové, štábně–liniové) organizační struktury.

3.2.2 Funkční strom

Je nejpoužívanější nástroj pro modelování funkčních pohledů, zachycuje hierarchii funkcí a vazby mezi nimi. Funkční strom má, tři možné zaměření a to: objektové, procesně orientované a orientované na provádění. Funkce se v ARISu rozlišují podle toho, zda potřebujeme od uživatele zadat informace či vstupní data, či nikoliv.

3.2.3 Model tvorby přidané hodnoty

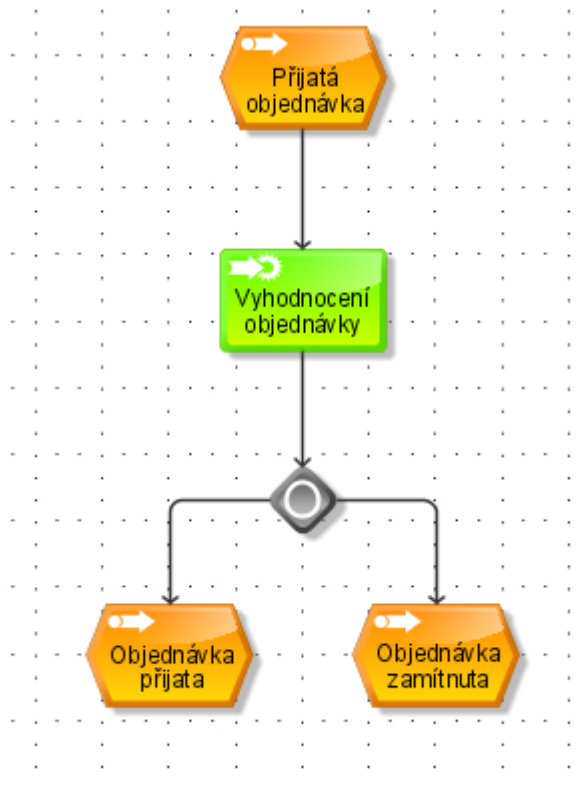
Je diagram procesního pohledu, který je často využíván a slouží k orientaci v procesech (zobrazuje nám jejich přehled) a zobrazení návaznosti mezi jednotlivými procesy. Důležitou částí modelu tvorby přidané hodnoty je vlastní funkce či proces, která nám vytváří, nebo se podílí na vzniku požadované přidané hodnoty. V ARISu jsou tyto funkce značeny jako obdélníky po bočních stranách seříznuté. Směr seříznutí nám ukazuje směr, kterým nám vzniká přidaná hodnota. [8]

3.2.4 EPC diagram

EPC (Event-driven Process Chain) je grafický modelovací jazyk, který zobrazuje posloupnost funkcí v daném procesu. Procesní řetězec EPC je řízený událostmi, slouží k popisu procesů a pracovních postupů. V ARISu se používají k modelování základní elementy jako události a aktivity, které nám jednoduchým a efektivním způsobem popíší daný proces. Události vyjadřují stav a popisují danou situaci před nebo po vykonání aktivity. Jsou tedy vzájemně propojené s aktivitami a popisují, které aktivity je spustily a okolnosti spuštění. V EPC digramu události představují oranžové šestiúhelníky.

Aktivity vyjadřují děj, jejich úlohou je modelovat činnosti v rámci procesu a určovat, co má být v procesu vykonáno. V EPC diagramu může nastat situace, že aktivita bude mít více následků, v tomto případě využijeme tzv. logických spojek. V ARISu se využívá

nejčastěji těchto logických spojek: AND (obě události musí proběhnout), OR (alespoň jedna událost musí proběhnout) a XOR (musí proběhnout právě jedna událost). U logických operátorů je třeba dbát na směr šipek, mohlo by poté dojít k narušení posloupnosti a logiky. Aby procesní řetězec dobře fungoval, musí vždy začínat a končit událostí. Další zásada je taková, že vždy po události musí následovat aktivita, nelze se tedy setkat se dvěma po sobě jdoucími událostmi bez přítomnosti aktivity. To samé platí i naopak.



Obrázek 12: Ukázkový EPC diagram.

4 Optimalizace modelu návrhu a provozu FV systému

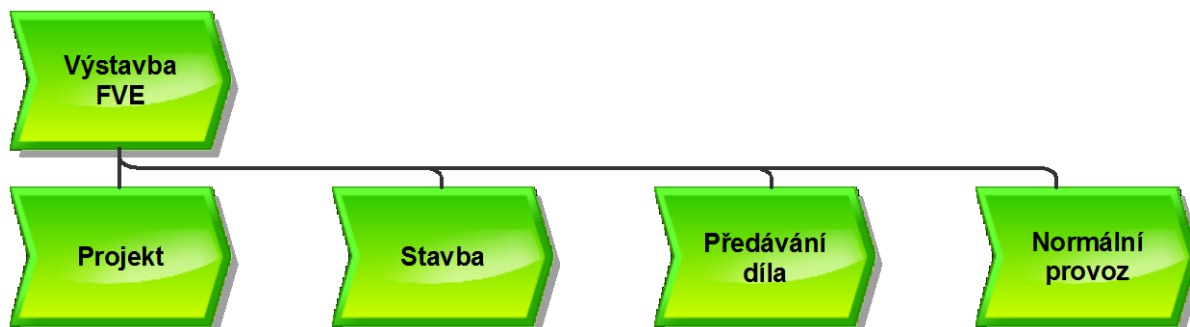


Schéma návrhu výstavby FVE se skládá z několika procesů, tyto procesy jsou chronologicky řazeny od projektu, stavby, předávání díla až po normální provoz. Jednotlivé procesy jsou popsány v kapitolách níže.

4.1 Projekt

Zásadní kritérium k realizaci stavby FVE, které je třeba mít na zřeteli, jako předpoklad budoucího úspěchu projektu, je kvalitně zpracovaný záměr do podoby realizačního projektu. Je důležité držet se několika základních (ovšem v tomto případě zcela zásadních) bodů, kterými se budu zabývat dále.

Předpoklady úspěšné realizace:

- a) vhodnost pozemku pro stavbu z hlediska potřebné infrastruktury dopravní a energetické,
- b) kvalita pozemku pro vlastní uložení vrtaných základů FVE – měření únosnosti nosných konstrukcí při zemní instalaci (geologický průzkum podloží),
- c) soulad s územně plánovací dokumentací (územní plány obce a kraje), souhlas obce (obecní úřad dává kladné nebo záporné stanovisko) a souhlasné rozhodnutí orgánu ochrany životního prostředí a přírody (minimalizace vlivu na ŽP),
- d) ekonomická rozvaha a návratnost projektu (**rozhodující kritérium pro investora**)
 - prostou návratnost (bez ceny peněz – úroky) uvažujeme na úrovni odpisové sazby
 - vnější vlivy: výkupní ceny energie, dotační politika státu,

- e) zvolená technologie – ovlivňuje provozní náklady běžného provozu, provozuschopnost a bezporuchovost při provozu, zajištění kvalitního a rychlého servisu (zajišťuje většinou dodavatel technologie včetně pozáručního servisu),
- f) výběrové řízení na zhotovitele stavby podle zvolené technologie, kritéria výběrového řízení stanovit podle zásady správnosti a úplnosti zadání například: cena díla 50 %, termín zhotovení 20 %, bonita zhotovitele 20 %, servisní smlouva 10 %,
- g) provedení celého díla bez vad – záruka provedení práce formou záručního servisu.

4.2 Stavba

Zásadní body pro případný vznik problému (ovšem ne vždy na první pohled patrné) jsou zde:

- a) předání staveniště zhotoviteli a převzetí díla (stavby) objednatelem,
- b) postup prací při výstavbě podle projektové dokumentace stavby.

Důležitými kroky jsou předání vlastního staveniště (počátek běžení lhůt výstavby) a převzetí samotné stavby (bez nedodělků, v požadované kvalitě, provedení podle projektové dokumentace, zrevidované hlavní technologické části, po vykonaných provozních zkouškách, zkušebním provozu nebo odzkoušení hlavních funkcí). Stejně tak podstatný je i druhý bod, který vyjadřuje skutečnost, aby postup prací při výstavbě byl vykonán a dodržen podle prováděcí projektové dokumentace. Je zde nezbytná kontrola plnění (dozor nad prováděním stavby tzv. audit stavebních prací – supervizor, nejedná se v tomto případě o stavební dozor, neboť zhotovitelem je odborná firma s potřebnou licencí pro stavební a technologické práce), aby nedocházelo k odchýlkám při výstavbě od této projektové dokumentace (materiálové provedení, technologické prohřešky nedodržením stanoveného postupu prací, umělé zvyšování ceny díla tzv. vícepracemi, ohrožení BOZP a negativní vliv na životní prostředí). V následujících letech provozu stavby se totiž mohou projevit závažné chyby vlivem nedostatečného stavebního dozoru tím, že nejsou dodrženy očekávané parametry výroby v kritériu kvality, spolehlivosti a bezporuchovosti. V nejhorším případě může nedostatečný stavební dozor způsobit fatální následky pro správné fungování stavby a ve svém důsledku zapříčinit obrovské náklady na opravu nebo dokonce krach záměru.

4.3 Předávání díla

U předávání díla zhotovitelem stavby objednateli jsou kritická místa popsána v několika důležitých bodech:

- a) předávání díla investorovi (objednateli) od zhotovitele v požadované kvalitě díla (pozor na nedodělávky, špatné zapojení komponentů či jiné kvalitativní prohřešky),
- b) provedení zkušebního provozu při předávání FVE (nutná kontrola všech funkcí ochranných a bezpečnostních prvků technologie, připojení k distribuční síti),
- c) revize a kolaudace (kolaudační souhlas vydává stavební úřad).

4.4 Normální (běžný) provoz

Při běžném (ostrém) provozu je nutný monitoring všech podstatných činností a stavů, ve kterých se výroba během výroby nachází. V podstatě se jedná o kontrolu parametrů dodávané elektřiny, diagnostika bezvadného provozu jednotlivých generátorů komparativním (porovnávacím) přístupem na základě tzv. kybernetického pohledu řízení, kdy je při znalosti požadovaných parametrů výstupu a zjištění odchylce (na výstupu) úměrně tomuto upravena technologie výroby elektrické energie (mnohdy několikanásobně) až do stavu při kterém zjištěná odchylka zmizí.

Jako příklad uvádím diagnostiku výroby FVE:

Měsíc 3/2013 – naměřené ¼ hodinové profily FVE– výroba elektřiny

Činná energie dodávka	
Den	20. 3. 2001
Hodina	11:15:00
Max. hodnota	764 kW
Průměr	138 kW
Celkem	103 585 kWh

¹ [9]

Výše dosahované parametry výroby zaručují bezvadný chod, plánovanou návratnost a ekonomickou rentabilitu, ovšem až po ukončení zkušebního provozu.

Ukončení zkušebního provozu nastává dnem, kdy náběhová křivka indikující parametry očekávané (plánované nebo předpokládané) konverguje se skutečnou (výrobna pracuje podle projektovaných hodnot v očekávané kvalitě a množství).

V rámci běžného provozu je velmi důležité stanovit provozní a odpovědnostní řád, plánovat revize zařízení podle předepsaných norem a plnit veškeré administrativní předpoklady spojené s uvedením do provozu (licence, odpovědná osoba, oběh dokladů), účetnictví, výkaznictví, statistika ERÚ.

5 Diagnostika poruch

Pro diagnostiku bezvadného chodu, tj. chod bez poruch je velmi důležitá provozní zásada: **jedna malá chyba může generovat mnoho obrovských problémů**. V principu je diagnostika poruchy hledání, nalezení a odstranění změny stavu oproti normálu (běžný stav, kdy výroba pracuje podle projektovaných hodnot v očekávané kvalitě a množství). Svoji záměrnou činností v rámci kybernetického pohledu řízení zjistíme odchylku oproti normálu kontrolou na výstupu (kontrolují přesně stanovené parametry výstupu tj. kvalitu a množství vyrobené elektřiny). Tímto způsobem diagnostikujeme poruchu.

Na vyskytlý problém (poruchu) bychom měli reagovat podle rozsahu a závažnosti poruchy (odpovědný pracovník v rámci delegované odpovědnosti a pravomoci), kdy například prasklé sklo FV panelu způsobí nestandardní spojení s ostatními FV panely v sérii a tím tento řetězec (string) generuje na střídači (generátoru) menší proud oproti ostatním stringům. Takto se detekuje místo poruchy (podle označení střídače např. číslem řady se vyhledá daný střídač a kontrolou k němu připojených stringů se najde poškozený string a v něm poškozený FV panel).

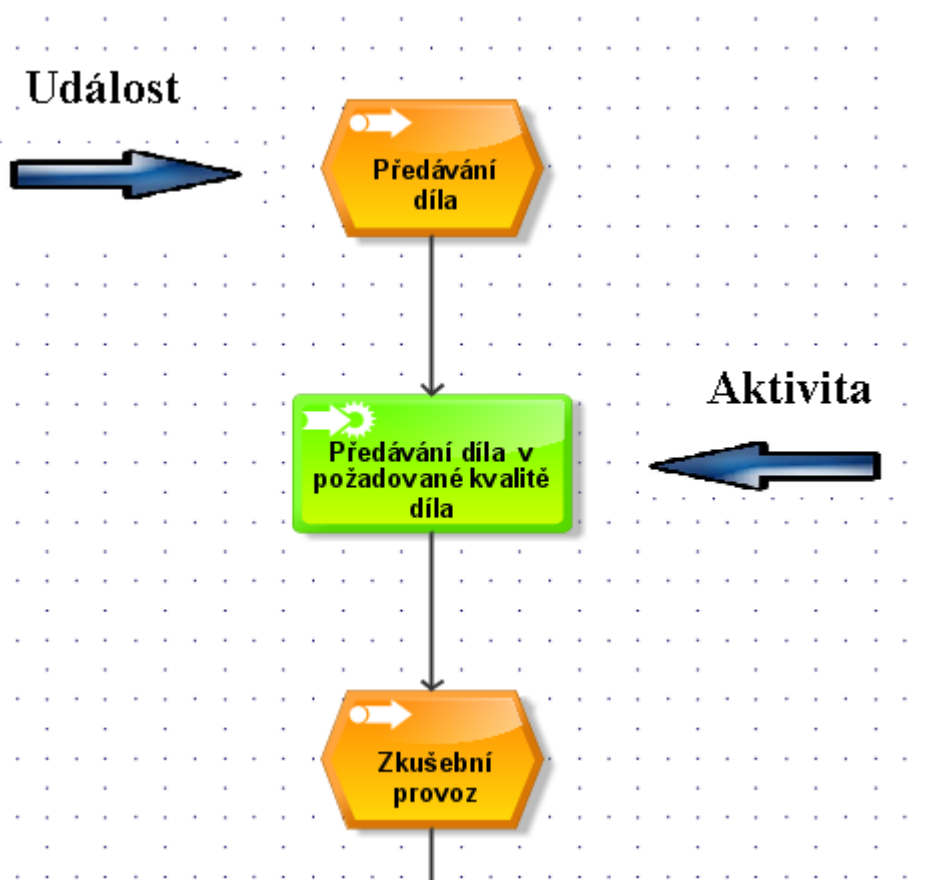
Odstranění poruchy je otázkou podmínek servisní smlouvy (záruční či pozáruční servis). Vadný díl je odborným způsobem a kvalifikovanou firmou vyměněn nebo opraven. Důležitá zásada pro předcházení poruch je provádění preventivních kontrol (systém profylaktických kontrol). [9]

6 Model návrhu a provozu fotovoltaického systému pomocí EPC diagramu

Tato kapitola se věnuje praktické části mé práce, což bylo, modelování návrhu a provozu fotovoltaického systému. Přesto, že ARIS nabízí několik metod pro modelování, vybrala jsem si pro jeho efektivnost a přehlednost EPC diagram. Obecně jsem se EPC diagramem zabývala již v kapitole Druhy metod modelování.

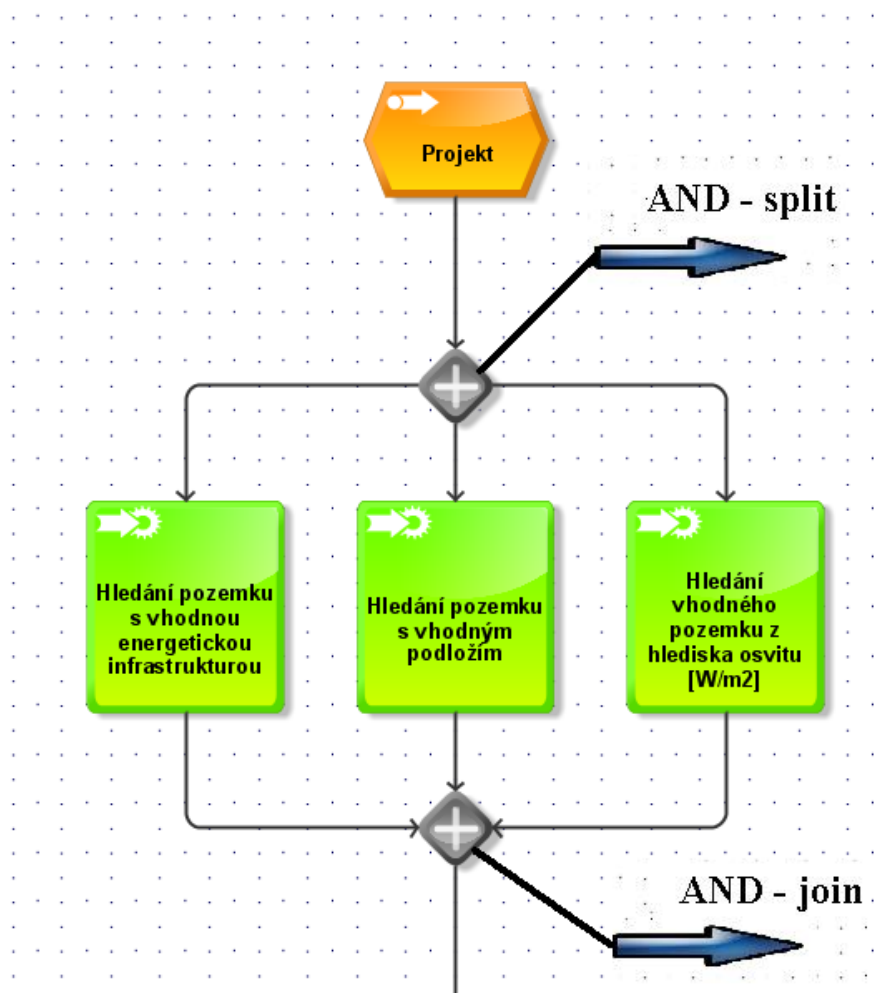
6.1 Použití základních elementů v EPC diagramu

Na obrázku č. 12 je zobrazeno použití již zmíněných základních elementů EPC diagramu a to události a aktivity. Aktivitu nám představuje Předávání díla v požadované kvalitě => informuje nás o činnosti, která má být v procesu vykonaná. Událost zde reprezentuje Předávání díla => informuje nás o stavu, popisuje nám situace před a po vykonání aktivity.



Obrázek 13: Použití základních elementů v EPC diagramu.

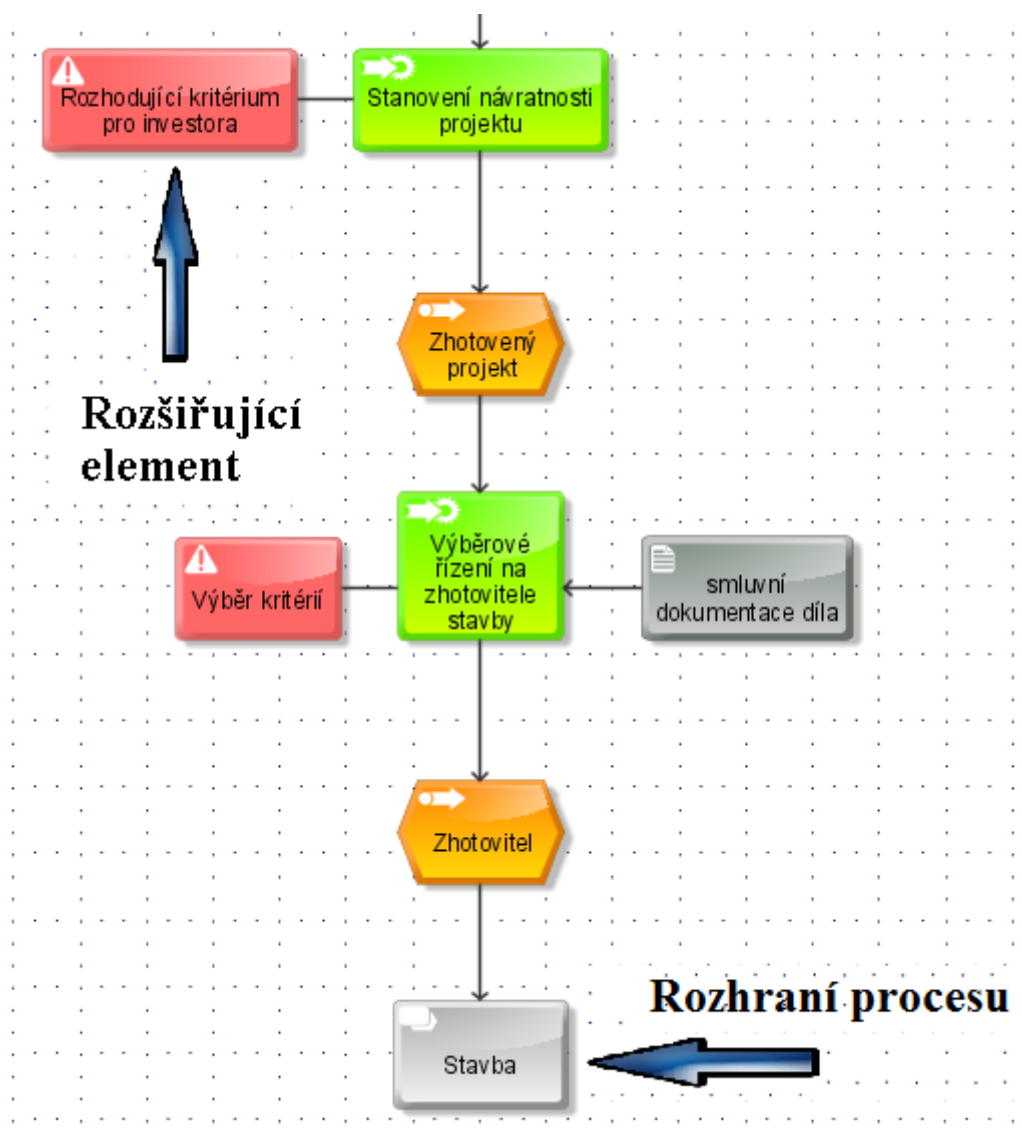
Další používaný elementární prvek je logický operátor, jehož použití je k vidění na obrázku č. 14. Zde jsou použity logické operátory AND – split a AND – join. Tyto logické operátory se používají k rozdělení toku činností (AND – split), nebo je mohou slučovat (AND – join). Význam těchto operátorů je takový, že proces může pokračovat jedině tehdy, až se rozdělené toky (3 aktivity) opět sloučí. U jednotlivých aktivit, kterými jsou: Hledání pozemku s vhodnou energetickou infrastrukturou, Hledání pozemku s vhodným podložím a Hledání vhodného pozemku z hlediska osvitu nezáleží na pořadí těchto činností, proto mohou být řazeny vedle sebe.



Obrázek 14: Použití základních elementů v EPC diagramu.

Rozšiřující elementy v EPC diagramu nám poskytují další informace o daném procesu. Rozšiřující se nazývají proto, že nám poskytnou další informace o dané aktivitě, například rozšiřující element tzv. Risk na obrázku č. 1 nám říká, že při aktivitě Stanovení návratnosti projektu, je zde třeba dát pozor, protože to může být pro investora rozhodující kritérium, zda může výstavbu FVE realizovat.

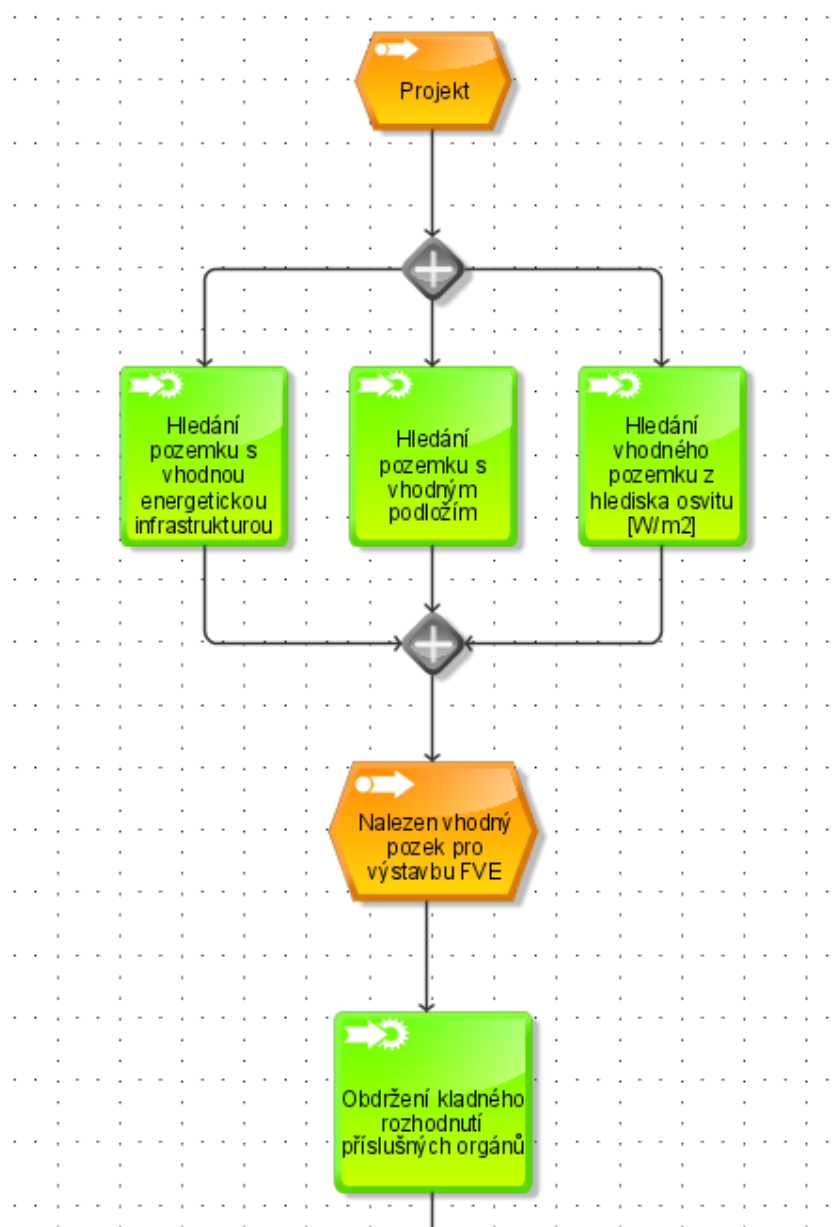
Poslední element, který jsem používala při modelování v EPC diagramu bylo rozhraní procesu. Definuje odkaz na jiný proces a používá se u delších diagramů, kde zlepšuje přehlednost. Na obrázku níže reprezentuje rozhraní procesu ikona Stavba, která nám říká, že následující proces se bude týkat stavby.

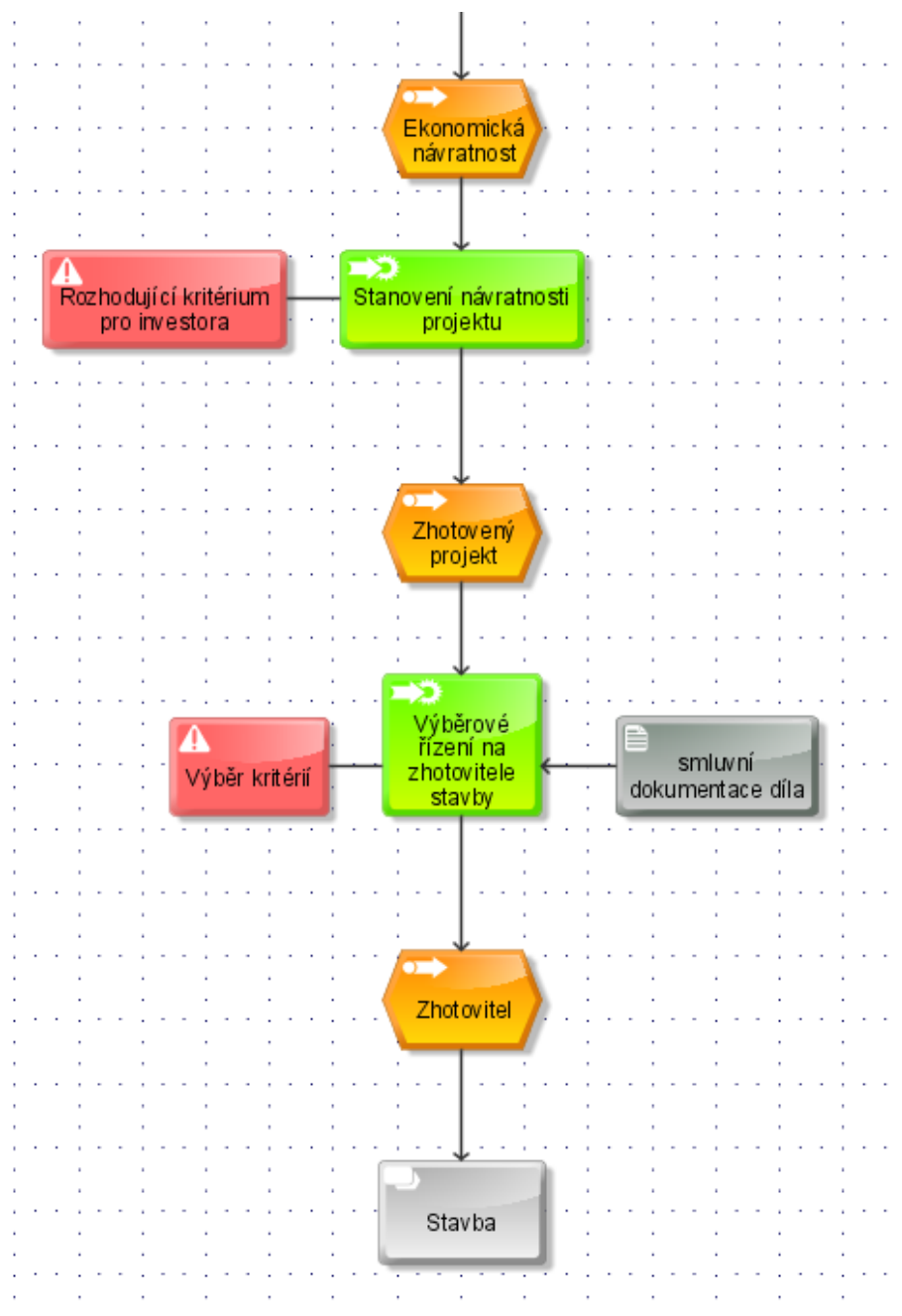


Obrázek 15: Použití základních elementů v EPC diagramu.

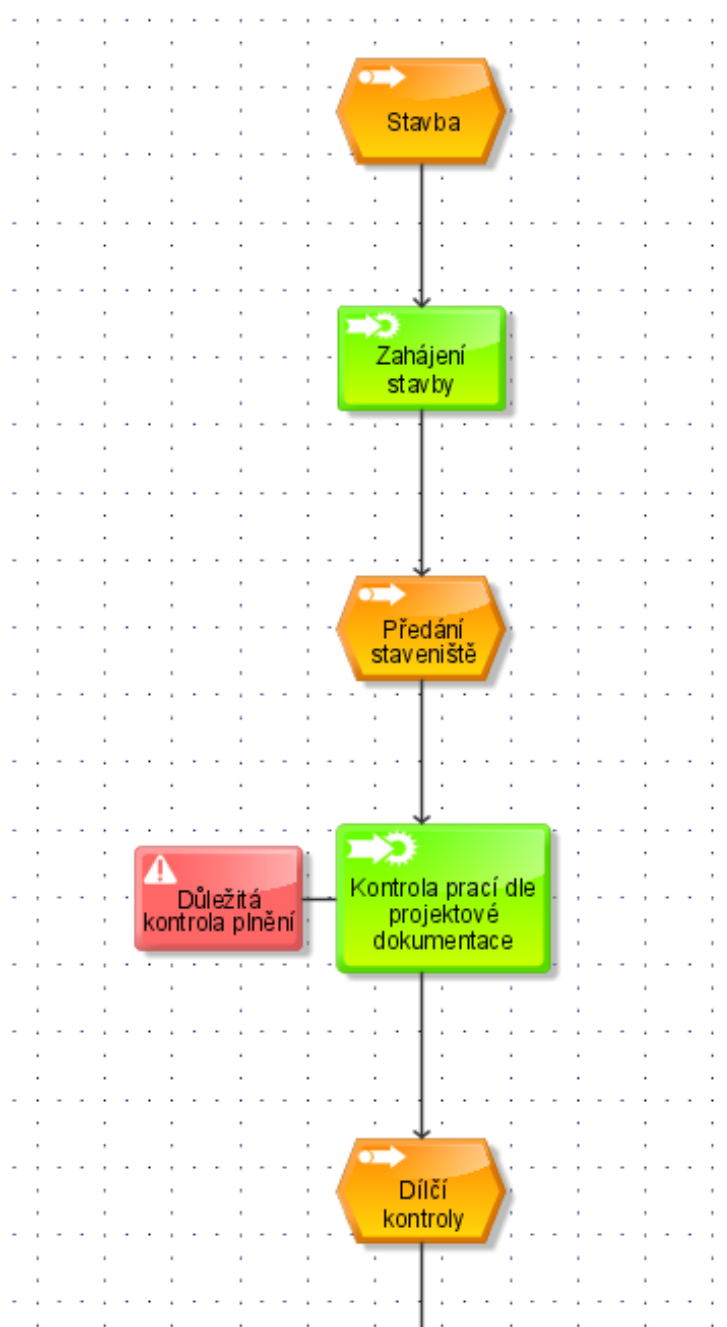
6.2 Jednotlivé procesy výstavby FVE

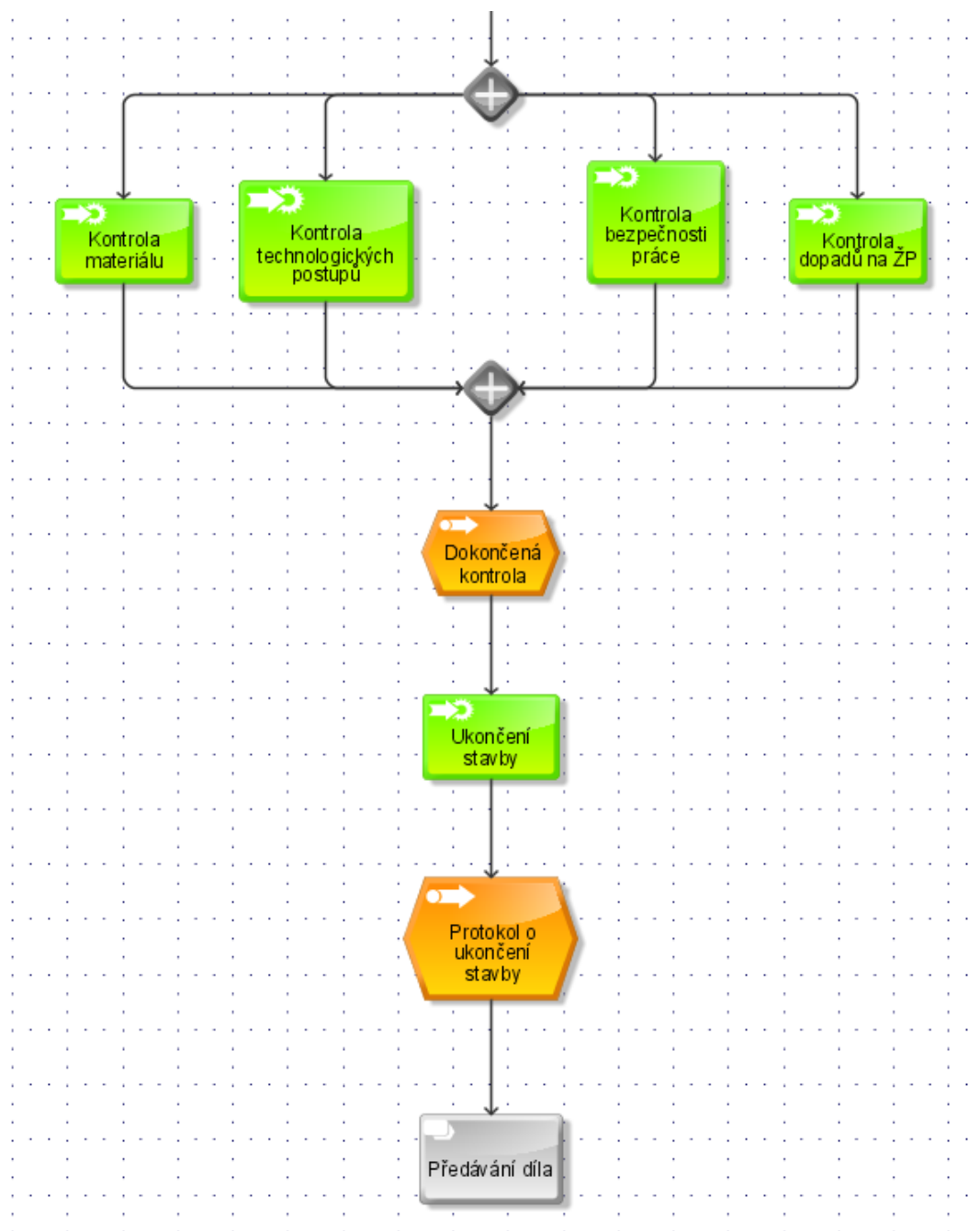
První EPC diagram je věnovaný projektu, kdy nejprve hledáme vhodný pozemek z hlediska energetické infrastruktury, podloží a osvit. Pokud takový pozemek nalezneme, dalším krokem je získání kladného stanoviska od obecního úřadu a souhlasné rozhodnutí orgánu OŽP. Dalším bodem je Stanovení návratnosti projektu, tato aktivita je velice důležitá, proto je zde zdůrazněno, že tento krok je rozhodující kritérium pro investora. Pokud máme projekt hotový, je potřeba najít vhodného zhotovitele stavby, to nám reprezentuje aktivita Výběrové řízení na zhotovitele stavby, kde je kladený důraz na výběr kritérií, podle kterých si vybíráme zhotovitele FVE.



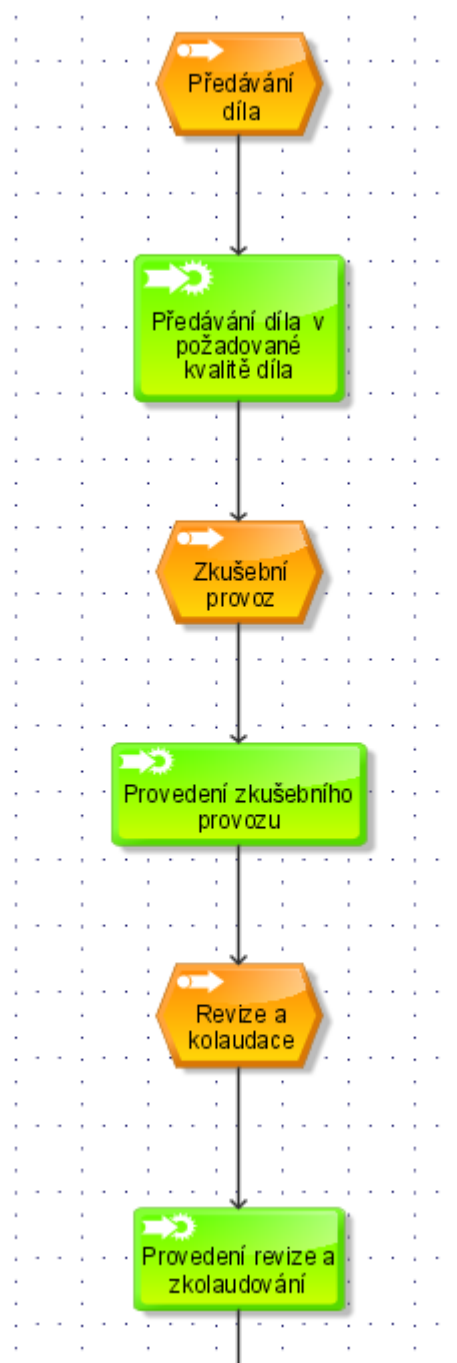


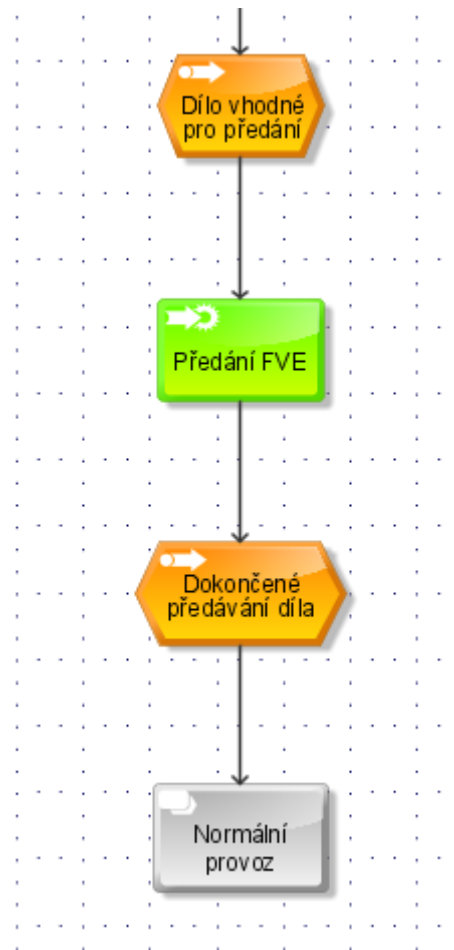
V pořadí druhý proces je věnovaný výstavbě FVE. Celý tento řetězec začíná zahájením stavby a následným předáním staveniště zhotoviteli, kterého jsme si v předchozím řetězci vybrali na základě výběrového řízení. Po předání staveniště je důležitá kontrola prováděných prací dle projektové dokumentace, ta je opět zdůrazněna políčkem Důležitá kontrola plnění. Není to ale jediná kontrola, kterou je třeba provádět. Důležitými kroky jsou kontroly použitého materiálu, technologických postupů, dodržování zásad bezpečnosti práce a dopadů na životní prostředí. Pokud jsou provedeny všechny zmíněné kontroly a nebyly nalezeny žádné odchylky od projektové dokumentace či jiné prohřešky, stavba může být ukončena a může být vystaven protokol o ukončení stavby.



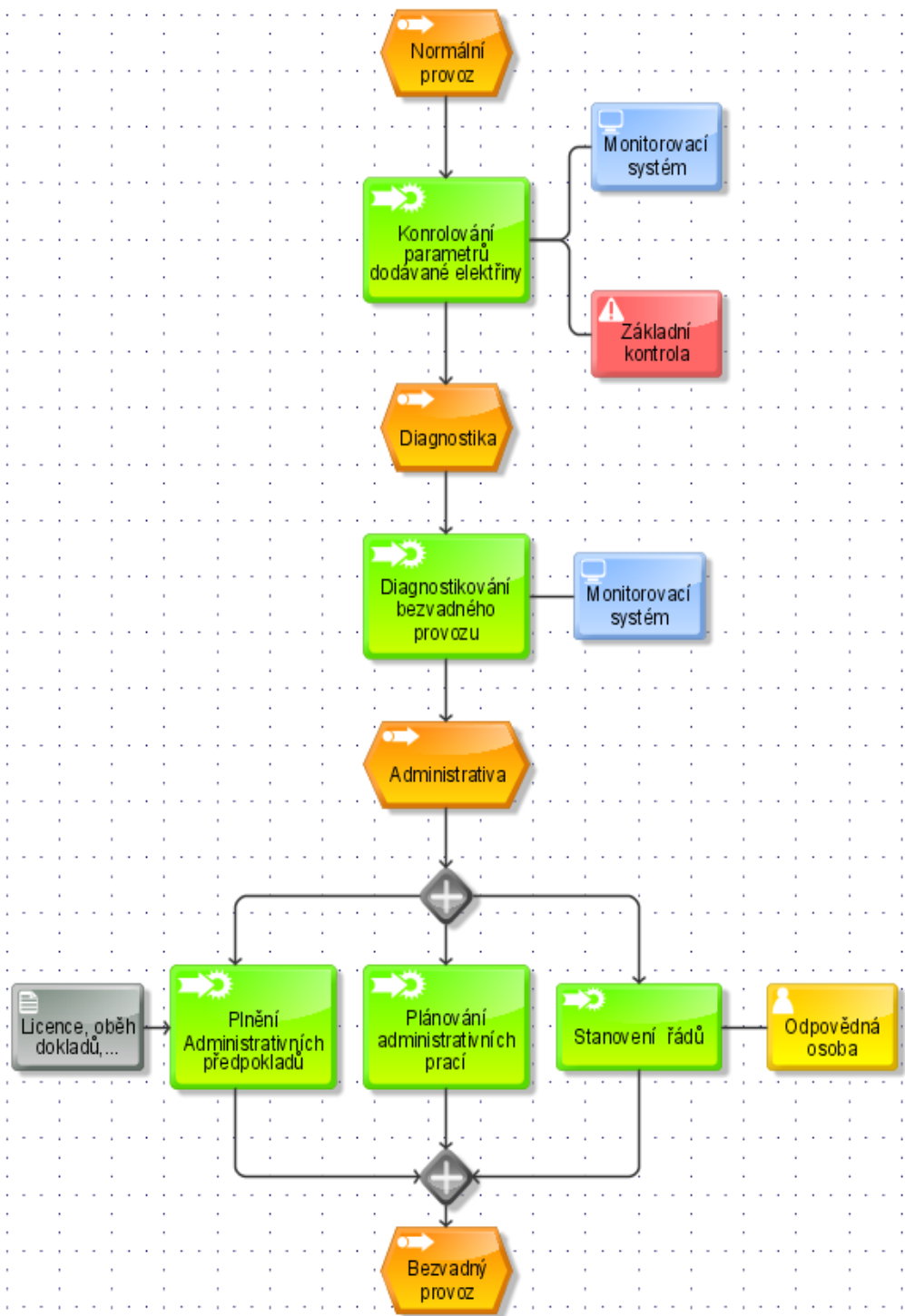


Třetím procesem je předávání díla, zde je nezbytné, aby předávané dílo bylo provedeno v požadované kvalitě, tzn. bez nedodělávek a špatného zapojení komponentů či jiného prohřešku. Pokud je dílo v požadované kvalitě, dalším krokem je provedení zkušebního provozu. To znamená kontrolu všech funkcí ochranných či bezpečnostních prvků technologie a připojení k distribuční síti. Po zkušebním provozu je potřeba získat kolaudační souhlas od stavebního úřadu a provést revizi. Poté je dílo vhodné pro předání a může se uskutečnit samotné předávání FVE a tím se dokončí jeho předávání.





Poslední proces se týká normálního provozu, u kterého je důležité kontrolování parametrů dodávané elektřiny, které se provádí pomocí monitorovacího systému, a diagnostikování bezvadného provozu viz kapitola 4.4. Normální provoz. Důležitá je v tomto procesu i administrativa, kde je nezbytné stanovit provozní a odpovědnostní řád, plánování administrativních prací (revize, účetnictví) a plnění administrativních předpokladů jako jsou: licence, určení odpovědné osoby, oběh dokladů a další. Tento proces je zakončen bezvadným provozem, kdy dodávaná elektřina má požadované parametry, nebyl diagnostikován žádný problém a byla splněna veškerá administrativa.



7 Ekonomická bilance

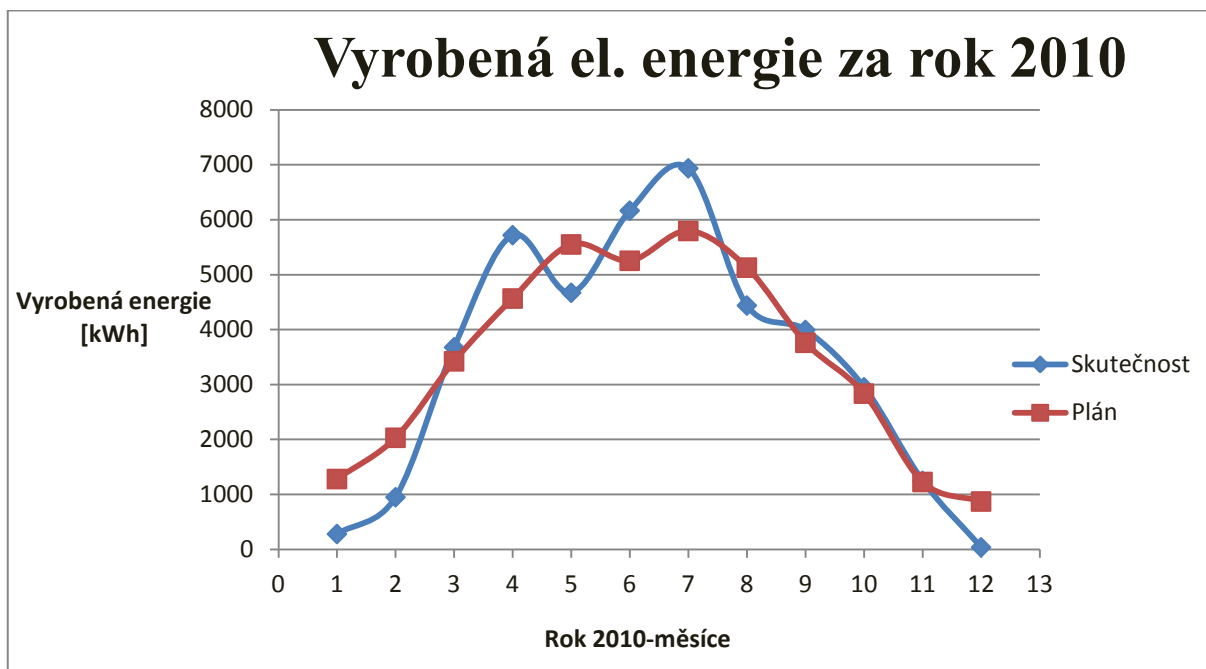
Předkládám ekonomickou rozvahu pro rozhodovací proces investora z hlediska návratnosti investice FVE při těchto základních parametrech:

- 1) investice celkem 80.330.000,–
- 2) vlastní zdroje 19.410.000,–
- 3) úvěr 60.000.000,–
- 4) instalovaný výkon 1.040 kWp
- 5) výkupní cena vn 13.320,– Kč/MWh, nn 12.400,– Kč/MWh dle ERÚ
- 6) předpokládaná výroba 1.005 MWh/rok
- 7) odhadované náklady ve struktuře podle tabulky do 8%

FVE je členěna do dvou nezávislých částí, kdy jedna část o výkonu 44 kWp je připojena do nn distribuční sítě a druhá část o výkonu 996 kWp je připojena do vn distribuční sítě. Jako příklad jsem si vybrala porovnání skutečných a plánovaných hodnot el. energie naměřených při instalovaném výkonu 44 kWp za rok 2010. Celkově se za tento rok vyrobilo 41.081 kWh, předpokládaná výroba činila 41.736 kWh. Měsíční plánované hodnoty se počítaly jako násobek plánované denní produkce a počtu dnů v měsíci. Tyto hodnoty jsou stanoveny dle plánu energetického auditu, viz tabulka č. 2. Celkový výnos za rok 2010 byl 538.736,23 Kč. V tabulce č. 1 uvádím základní přehled financování, k umoření úvěru dochází v roce 2022. FVE byla spuštěna roku 2010, z toho plyne, že návratnost u fotovoltaiky je zhruba 12let. Celý přehled je uveden v příloze (tabulka č. 9 až 12) – Cash flow. Grafické porovnání skutečných a naměřených hodnot el. energie za rok 2010 je k vidění níže, na grafu č. 1.

Investice	80 330 000,–
Úvěr	60 920 000,–
Vlastní prostředky	19 410 000,–

Tabulka 1: Přehled financování.



Graf 1: Srovnání skutečné a plánované výroby el. energie v roce 2010.

Období	ELEKTROMĚŘ			PLÁN DLE ENERG. AUDITU			
	Počáteční stav (kWh)	Konečný stav (kWh)	Rozdíl stavů (kWh)	Plán denní produkce (kWh)	Počet dnů	Instalovaný výkon (kWp)	Plán měsíční produkce (kWh)
9.09	0	1 968	1 968	2,85	14	44	1 756
10.09	1 968	4 261	2 293	2,08	31	44	2 837
11.09	4 261	5 958	1 697	0,93	30	44	1 228
12.09	5 958	6 603	645	0,64	31	44	873
1.10	6 603	6 884	281	0,94	31	44	1 282
2.10	6 884	7 835	951	1,65	28	44	2 033
3.10	7 835	11 514	3 679	2,51	31	44	3 424
4.10	11 514	17 234	5 720	3,46	30	44	4 567
5.10	17 234	21 906	4 672	4,07	31	44	5 551
6.10	21 906	28 072	6 166	3,98	30	44	5 254
7.10	28 072	35 008	6 936	4,25	31	44	5 797
8.10	35 008	39 448	4 440	3,76	31	44	5 129
9.10	39 448	43 443	3 995	2,85	30	44	3 762
10.10	43 443	46 396	2 953	2,08	31	44	2 837
11.10	46 396	47 645	1 249	0,93	30	44	1 228
12.10	47 645	47 684	39	0,64	31	44	873
Součet			41 081				41 736

Tabulka 2: Skutečné hodnoty elektroměru a plánované, dle energetického auditu.

Období	Vyrobená energie (kWh)	Výnos (Kč)
1.10	281	3 685,03
2.10	951	12 471,41
3.10	3 679	48 246,41
4.10	5 720	75 012,08
5.10	4 672	61 268,61
6.10	6 166	80 860,92
7.10	6 936	90 958,70
8.10	4 440	58 226,16
9.10	3 995	52 390,43
10.10	2 953	38 725,64
11.10	1 249	16 379,39
12.10	39	511,45
Součet	41 081	538 736,23

Tabulka 3: Vyrobená el. energie a zisk za rok 2010.

Závěr

Úvodní část předkládané diplomové práce je věnována teorii týkající se fotovoltaiky. Zde je popsán samotný fotovoltaický jev, složení FV článku a popis jednotlivých částí FVE. Další část se týká nástrojů a metod pro modelování a optimalizaci procesů, zejména průběžnému zlepšování a reengineeringu. Na tuto část navazuje kapitola věnovaná softwaru ARIS, který slouží k modelování procesů a používám jej v praktické části mé práce, pro modelování návrhu a provozu fotovoltaického systému. Tento návrh je vyjádřen pomocí přehledných EPC diagramů.

Hlavní část mé práce obsahuje teorii o výstavbě a provozu FVE. Pro vypracování mého modelu návrhu FVE mi byly poskytnuty informace od firmy SPCH s.r.o.. Návrh FVE obsahuje tyto části: projekt, stavba, předávání díla a normální provoz. Jednotlivé části návrhu fotovoltaické elektrárny jsou popsány a namodelované v SW ARIS pomocí EPC diagramů.

Závěrečná část práce se zabývá ekonomickou bilancí, která obsahuje srovnání skutečných a plánovaných hodnot elektrické energie naměřených při instalovaném výkonu 44 kWp za rok 2010. Celkově se za zmíněný rok vyrobilo 41 081 kWh, přičemž předpokládaná výroba činila 41 736 kWh. Hodnoty vyrobené energie a zisky během roku 2010, včetně grafického porovnání obou hodnot je uvedeno v téže kapitole.

Skutečné a plánované hodnoty dle energetického auditu v období od září 2009 do března 2014 a předpokládaný cash flow dané FVE od roku 2011 až do roku 2024 uvádím v příloze. Všechny tyto podklady mi byly opět poskytnuty již výše uvedenou firmou.

Použitá literatura a internetové zdroje

- [1] KAJLOVÁ, Martina. *Vliv klimatických faktorů na provoz a efektivitu FVE*. Plzeň 2011/2012. Bakalářská práce. *Západočeská univerzita v Plzni. Fakulta elektrotechnická.*
- [2] MURTINGER, Karel; BERANOVSKÝ, Jiří; TOMESŠ, Milan. *Fotovoltaika. Elektrina ze slunce*, Brno: ERA group spol. s.r.o. 2007. ISBN 978–80–7366–100–7.
- [3] *IsofenEnergy* [online]. 2. 12. 2013. Dostupné z www: <http://www.isofenenergy.cz/Slunecni-zareni-v-CR.aspx>
- [4] *Solarenavi* [online]. 4. 12. 2013. Dostupné z www: <http://www.solarenavi.cz/slunecni-elektrarny/slunecni-energie/>
- [5] MURTINGER, Karel; TRUXA, Jiří. *Solární energie pro váš dům*. Brno: ComputerPress, a.s., 2010. ISBN 978–80–251–3241–8.
- [6] *Solarenavi*[online]. 3. 12. 2013. Dostupné z www: <http://www.solarenavi.cz/slunecni-elektrarny/technicke-informace/alternativni-technologie-amorfni-kremik/>
- [7] KAJLOVÁ, Martina. *Vliv klimatických faktorů na provoz a efektivitu FVE*. Plzeň 2011/2012. Bakalářská práce. *Západočeská univerzita v Plzni. Fakulta elektrotechnická. Str. 22 CITACE*
- [8] *Home.zcu* [online]. 10. 2. 2014. Dostupné z www: <http://home.zcu.cz/~mjanuska/index.html>
- [9] Firma SPCH s.r.o.

Zdroje obrázků

- [1] *IsofenEnergy* [online]. 19. 4. 2014. Dostupné z www:
<http://www.isofenenergy.cz/Slunecni-zareni-v-CR.aspx>

- [2] *Českáenergetika* [online]. 19. 4. 2014. Dostupné z www:
http://www.ceskaenergetika.cz/konference_a_vystavy/termofotovoltaicke_systemy.html

- [3] *Čez* [online]. 19. 4. 2014. Dostupné z www:
<http://www.cez.cz/edee/content/microsites/solarni/k32.htm>

- [4] *Solar-tour* [online]. 19. 4. 2014. Dostupné z www:
<http://solar-tour.eu/index.php/2011/sklon-solarnich-panelu-a-maximalni-vyteznost/>

- [5] *Highland-castle* [online]. 19. 4. 2014. Dostupné z www:
http://highland-cattle.eu/?page_id=266

- [6] *Home.zcu* [online]. 19. 4. 2014. Dostupné z www:
http://home.zcu.cz/~mjanuska/html/zakladni_pohledy.html

Seznam obrázků

Obrázek 1: Mapa trvání slunečního svitu v ČR. [1]	12
Obrázek 2: Roční úhrn globálního slunečního záření v ČR [Wm^{-2}]. [1]	12
Obrázek 3: Absorpce slunečního spektra křemíkem. [2].....	13
Obrázek 4: Řez FV článkem. [3]	14
Obrázek 5: Zapojení FV panelů do solárních modulů.	15
Obrázek 6: Dřevěné konstrukce se solárními moduly. [5]	18
Obrázek 7: Příklad uložení AC kabeláže v pískovém loži s ochrannou folií, nad kabeláží je vidět holá nosná konstrukce připravená na osazení panely.	19
Obrázek 8: Ukázka zobrazení výkonu střídače SMA.	21
Obrázek 9: Grafické zobrazení výroby střídače SMA.....	21
Obrázek 10: Transformace napětí na hladinu 22 kV – olejový sloupový transformátor.....	22
Obrázek 11: Základní pohledy v ARISu. [6].....	26
Obrázek 12: Ukázkový EPC diagram.....	30
Obrázek 13: Použití základních elementů v EPC diagramu.	36
Obrázek 14: Použití základních elementů v EPC diagramu.	37
Obrázek 15: Použití základních elementů v EPC diagramu.	38

Seznam tabulek a grafů

Tabulka 1: Přehled financování.	46
Tabulka 2: Skutečné hodnoty elektroměru a plánované, dle energetického auditu.....	47
Tabulka 3: Vyrobená el. energie a zisk za rok 2010.....	48
Graf 1: Srovnání skutečné a plánované výroby el. energie v roce 2010.	47

Přílohy

Tabulka 4: Skutečné hodnoty elektroměru a plánované, dle energetického auditu (období 09.09 – 5.11).....	54
Tabulka 5: Skutečné hodnoty elektroměru a plánované, dle energetického auditu (období 6.11 – 2.13).....	55
Tabulka 6: Skutečné hodnoty elektroměru a plánované, dle energetického auditu (období 3.13 – 12.14).....	56
Tabulka 7: Celkové Skutečné hodnoty elektroměru a plánované, dle energetického auditu od září 2009 – březen 2014.....	57
Tabulka 8: Cash flow FVE (období 2011 – 2017) – první část.	59
Tabulka 9: Cash flow FVE (období 2011 – 2017) – druhá část.	60
Tabulka 10: Cash flow FVE (období 2018 – 2024) – první část.	61
Tabulka 11: Cash flow FVE (období 2018 – 2024) – druhá část.	62
Tabulka 12: Tabulka nám poskytuje informace o předpokládané účinnosti článků, výrobě v MWh, výkupních cenách a celkové tržbě.	63
Graf 2: Výroba el. energie FVE o výkonu 44 kWp od září 2009 do března 2014.	58
Obrázek 16: Ukázka EPC diagramu v modelovacím prostředí ARIS.	64

Období	ELEKTROMĚŘ			PLÁN DLE ENER. AUDITU				SROVNÁNÍ				
	Počáteční stav (kWh)	Konečný stav (kWh)	Skutečnost ELM Rozdíl stavů (kWh)	Plán denní produkce (kWh)	Počet dnů	Instalovaný výkon (kWp)	Plán měsíční produkce (kWh)	Rozdíl měsíční, skutečnost-plán (kWh)	Plán kumulativně (kWh)	Skutečnost kumulativně (kWh)	Rozdíl kumulativní (kWh)	Měsíční plnění plánu v %
9.09	0	1 968	1 968	2,85	14	44	1 756	212	1 756	1 968	212	112
10.09	1 968	4 261	2 293	2,08	31	44	2 837	-544	4 593	4 261	-332	81
11.09	4 261	5 958	1 697	0,93	30	44	1 228	469	5 820	5 958	138	138
12.09	5 958	6 603	645	0,64	31	44	873	-228	6 693	6 603	-90	74
1.10	6 603	6 884	281	0,94	31	44	1 282	-1 001	7 975	6 884	-1 091	22
2.10	6 884	7 835	951	1,65	28	44	2 033	-1 082	10 008	7 835	-2 173	47
3.10	7 835	11 514	3 679	2,51	31	44	3 424	255	13 432	11 514	-1 918	107
4.10	11 514	17 234	5 720	3,46	30	44	4 567	1 153	17 999	17 234	-765	125
5.10	17 234	21 906	4 672	4,07	31	44	5 551	-879	23 551	21 906	-1 645	84
6.10	21 906	28 072	6 166	3,98	30	44	5 254	912	28 804	28 072	-732	117
7.10	28 072	35 008	6 936	4,25	31	44	5 797	1 139	34 601	35 008	407	120
8.10	35 008	39 448	4 440	3,76	31	44	5 129	-689	39 730	39 448	-282	87
9.10	39 448	43 443	3 995	2,85	30	44	3 762	233	43 492	43 443	-49	106
10.10	43 443	46 396	2 953	2,08	31	44	2 837	116	46 329	46 396	67	104
11.10	46 396	47 645	1 249	0,93	30	44	1 228	21	47 557	47 645	88	102
12.10	47 645	47 684	39	0,64	31	44	873	-834	48 429	47 684	-745	4
1.11	47 684	48 274	590	0,94	31	44	1 282	-692	49 712	48 274	-1 438	46
2.11	48 274	50 195	1 921	1,65	28	44	2 033	-112	51 744	50 195	-1 549	95
3.11	50 195	54 881	4 686	2,51	31	44	3 424	1 262	55 168	54 881	-287	137
4.11	54 881	60 595	5 714	3,46	30	44	4 567	1 147	59 735	60 595	860	125
5.11	60 595	67 916	7 321	4,07	31	44	5 551	1 770	65 287	67 916	2 629	132

Tabulka 4: Skutečné hodnoty elektroměru a plánované, dle energetického auditu (období 09.09 – 5.11).

Období	ELEKTROMĚR			PLÁN DLE ENERG. AUDITU				SROVNÁNÍ				
	Počáteční stav (kWh)	Konečný stav (kWh)	Skutečnost ELM Rozdíl stavů (kWh)	Plán denní produkce (kWh)	Počet dnů	Instalovaný výkon (kWp)	Plán měsíční produkce (kWh)	Rozdíl měsíční, skutečnost-plán (kWh)	Plán kumulativně (kWh)	Skutečnost kumulativně (kWh)	Rozdíl kumulativní (kWh)	Měsíční plnění plánu v %
6.11	67 916	74 131	6 215	3,98	30	44	5 254	961	70 540	74 131	3 591	118
7.11	74 131	79 593	5 462	4,25	31	44	5 797	-335	76 337	79 593	3 256	94
8.11	79 593	85 248	5 655	3,76	31	44	5 129	526	81 466	85 248	3 782	110
9.11	85 248	89 975	4 727	2,85	30	44	3 762	965	85 228	89 975	4 747	126
10.11	89 975	93 065	3 090	2,08	31	44	2 837	253	88 065	93 065	5 000	109
11.11	93 065	94 270	1 205	0,93	30	44	1 228	-23	89 293	94 270	4 977	98
12.11	94 270	95 160	890	0,64	31	44	873	17	90 166	95 160	4 994	102
1.12	95 160	96 488	1 328	0,94	31	44	1 282	46	91 448	96 488	5 040	104
2.12	96 488	98 327	1 839	1,65	28	44	2 033	-194	93 481	98 327	4 846	90
3.12	98 327	103 018	4 691	2,51	31	44	3 424	1 267	96 904	103 018	6 114	137
4.12	103 018	108 123	5 105	3,46	30	44	4 567	538	101 471	108 123	6 652	112
5.12	108 123	115 213	7 090	4,07	31	44	5 551	1 539	107 023	115 213	8 190	128
6.12	115 213	121 412	6 199	3,98	30	44	5 254	945	112 277	121 412	9 135	118
7.12	121 412	127 232	5 820	4,25	31	44	5 797	23	118 074	127 232	9 158	100
8.12	127 232	133 520	6 288	3,76	31	44	5 129	1 159	123 202	133 520	10 318	123
9.12	133 520	138 141	4 621	2,85	30	44	3 762	859	126 964	138 141	11 177	123
10.12	138 141	140 799	2 658	2,08	31	44	2 837	-179	129 801	140 799	10 998	94
11.12	140 799	142 090	1 291	0,93	30	44	1 228	63	131 029	142 090	11 061	105
12.12	142 090	143 051	961	0,64	31	44	873	88	131 902	143 051	11 149	110
1.13	143 051	143 631	580	0,94	31	44	1 282	-702	133 184	143 631	10 447	45
2.13	143 631	144 561	930	1,65	28	44	2 033	-1 103	135 217	144 561	9 344	46

Tabulka 5: Skutečné hodnoty elektroměru a plánované, dle energetického auditu (období 6.11 – 2.13).

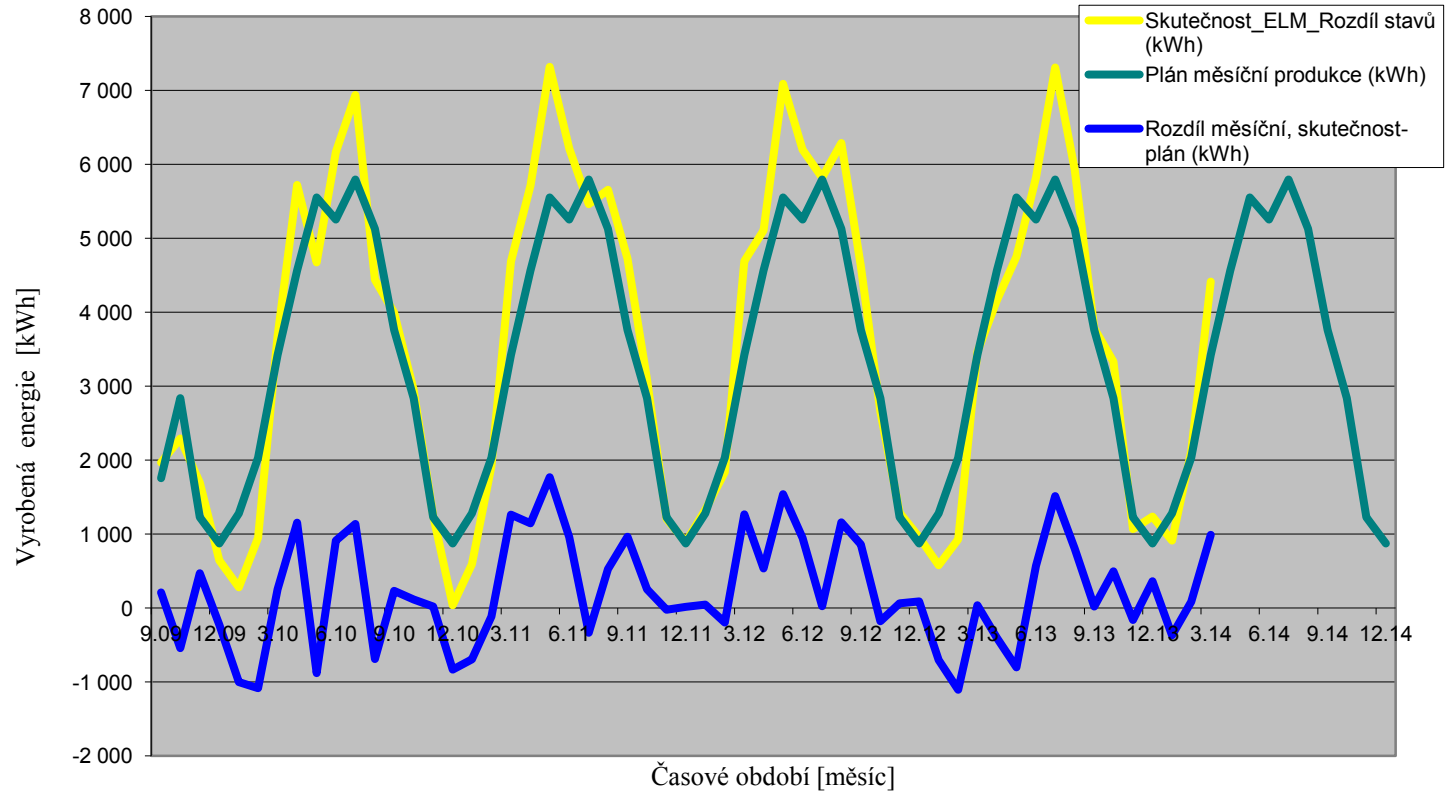
Období	ELEKTROMĚŘ			PLÁN DLE ENERG. AUDITU				SROVNÁNÍ				
	Počáteční stav (kWh)	Konečný stav (kWh)	Skutečnost ELM Rozdíl stavů (kWh)	Plán denní produkce (kWh)	Počet dnů	Instalovaný výkon (kWp)	Plán měsíční produkce (kWh)	Rozdíl měsíční, skutečnost-plán (kWh)	Plán kumulativně (kWh)	Skutečnost kumulativně (kWh)	Rozdíl kumulativní (kWh)	Měsíční plnění plánu v %
3.13	144 561	148 024	3 463	2,51	31	44	3 424	39	138 640	148 024	9 384	101
4.13	148 024	152 187	4 163	3,46	30	44	4 567	-404	143 208	152 187	8 979	91
5.13	152 187	156 937	4 750	4,07	31	44	5 551	-801	148 759	156 937	8 178	86
6.13	156 937	162 759	5 822	3,98	30	44	5 254	568	154 013	162 759	8 746	111
7.13	162 759	170 070	7 311	4,25	31	44	5 797	1 514	159 810	170 070	10 260	126
8.13	170 070	176 001	5 931	3,76	31	44	5 129	802	164 938	176 001	11 063	116
9.13	176 001	179 783	3 782	2,85	30	44	3 762	20	168 700	179 783	11 083	101
10.13	179 783	183 117	3 334	2,08	31	44	2 837	497	171 538	183 117	11 579	118
11.13	183 117	184 184	1 067	0,93	30	44	1 228	-161	172 765	184 184	11 419	87
12.13	184 184	185 419	1 235	0,64	31	44	873	362	173 638	185 419	11 781	141
1.14	185 419	186 332	913	0,94	31	44	1 282	-369	174 920	186 332	11 412	71
2.14	186 332	188 451	2 119	1,65	28	44	2 033	86	176 953	188 451	11 498	104
3.14	188 451	192 867	4 416	2,51	31	44	3 424	992	180 377	192 867	12 490	129
4.14				3,46	30	44	4 567					
5.14				4,07	31	44	5 551					
6.14				3,98	30	44	5 254					
7.14				4,25	31	44	5 797					
8.14				3,76	31	44	5 129					
9.14				2,85	30	44	3 762					
10.14				2,08	31	44	2 837					
11.14				0,93	30	44	1 228					
12.14				0,64	31	44	873					
CELKEM			192 867				215 374	12 490				

Tabulka 6: Skutečné hodnoty elektroměru a plánované, dle energetického auditu (období 3.13 – 12.14).

Období	ELEKTROMĚR			PLÁN DLE ENERG. AUDITU				SROVNÁNÍ				
	Počáteční stav (kWh)	Konečný stav (kWh)	Skutečnost ELM Rozdíl stavů (kWh)	Plán denní produkce (kWh)	Počet dnů	Instalovaný výkon (kWp)	Plán měsíční produkce (kWh)	Rozdíl měsíční, skutečnost-plán (kWh)	Plán kumulativně (kWh)	Skutečnost kumulativně (kWh)	Rozdíl kumulativní (kWh)	Měsíční plnění plánu v %
CELKEM			192 867				215 374	12 490				
Celkem r. 2009			6 603				6 693	-90				99
Celkem r. 2010			41 081				41 736	-655	absolutně v průběhu roku		procentuelně z celoročního plánu	98
Celkem r. 2011			47 476				41 736	5 740	absolutně v průběhu roku		procentuelně z celoročního plánu	114
Celkem r. 2012			47 891				41 736	6 155	absolutně v průběhu roku		procentuelně z celoročního plánu	115
Celkem r. 2013			49 816				83 472	1 341	absolutně v průběhu roku		procentuelně z celoročního plánu	60
Celkem r. 2014			7 448				41 736	709	absolutně v průběhu roku		procentuelně z celoročního plánu	18

Tabulka 7: Celkové Skutečné hodnoty elektroměru a plánované, dle energetického auditu od září 2009 – březen 2014.

Výkonnost FVE Vodokrty od počátku, 44 kWp



Graf 2: Výroba el. energie FVE o výkonu 44 kWp od září 2009 do března 2014.

Instalovaný Výkon									
MW									
Celkem		Investice		80.330.000,-					
0,044	NN	Dotace		0					
0,996	VN	Kč/kW		80.650,-					
Provoz			2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
hod	Kč/MWh	Tržby							
		Účinnost článků	1	0,99	0,98	0,97	0,96	0,95	0,94
NN	13320	Výroba MWh NN	41,65	41,23	41	40	40	40	39
VN	12 400	Výroba MWh VN	962	953	943	933	924	914	904
		Úprava výkupní ceny	0,00	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
		Výkupní cena NN	13 320	13 586	13 858	14 135	14 418	14 706	15 000
		Výkupní cena VN	12 400	12 675	12 956	13 242	13 533	13 831	14 135
		Tržby total	12 485 317	12 633 275	12 781 119	12 928 789	13 076 225	13 223 363	13 370 138
Náklady	Údržba	2 % tržeb	249 706	252 666	255 622	258 576	261 524	264 467	267 403
	Opravy					100 000			100 000
	Pojistka	0,2 % investice	132 000	132 000	132 000	132 000	132 000	132 000	132 000
	Os. náklady	2 % meziroč. nárůst	82 200	83 844	85 521	87 231	88 976	90 755	92 571
	Náklady na záruku	0,0%	200 000	0	0	0	0	0	0
	Administr.	2 % meziroč. nárůst	120 000	126 333	128 859	131 437	134 065	136 747	139 482
	Nájem pozemku		250 000	250 000	255 000	260 100	265 302	270 608	276 020
	Odpisy	240M	4 016 500	4 016 500	4 016 500	4 016 500	4 016 500	4 016 500	4 016 500

Tabulka 8: Cash flow FVE (období 2011 – 2017) – první část.

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Tržby	12 485 317	12 633 275	12 781 119	12 928 789	13 076 225	13 223 363	13 370 138
Náklady celkem	951 706	760 998	771 482	882 112	792 892	803 822	914 905
Mimořádný vklad akcionářů	0	0	0				
Přidaná hodnota	11 533 610	11 872 277	12 009 637	12 046 676	12 283 333	12 419 541	12 455 233
Os. náklady	82 200	83 844	85 521	87 231	88 976	90 755	92 571
Odpisy celkem	4 016 500	4 016 500	4 016 500	4 016 500	4 016 500	4 016 500	4 016 500
Odvody ze slun.energie 26%	3 246 182	3 284 652	3 323 091				
Provozní HV	4 188 728	4 487 281	4 584 525	7 942 945	8 177 857	8 312 285	8 346 163
Úrok 0,061	3 593 616	3 344 145	3 077 480	2 793 698	2 492 919	2 172 756	1 830 815
Základ daně DPPO	595 112	1 143 136	1 507 045	5 149 247	5 684 937	6 139 529	6 515 348
Daň z příjmu DPPO	0	0	0	978 357	1 080 138	1 166 511	1 237 916
Net profit	595 112	1 143 136	1 507 045	4 170 890	4 604 799	4 973 019	5 277 432
Splátky	3 980 136	4 235 619	4 507 503	4 796 838	5 064 745	5 432 417	5 778 763
Stav úvěru	56 939 864	52 704 245	48 196 742	43 399 904	38 335 159	32 902 742	27 123 979
Zdroje tvořené	4 611 612	5 159 636	5 523 545	8 187 390	8 621 299	8 989 519	9 293 932
Investice	80 330 000						
Úvěř	60 920 000						
Vlast. Prostředky (bez finanč. Rez. Na úroky)	19 410 000						
rezerva na inventory	1 110 000	1 110 000	1 110 000	1 110 000	1 110 000	1 110 000	1 110 000
Rezervní fond	0	3 880 000					
Free CF bez rezerv	631 476	924 017	1 016 042	3 390 552	3 556 554	3 557 102	3 515 169
Cum CF bez rezerv	631 476	1 555 493	2 571 535	5 962 088	9 518 642	13 075 744	16 590 912
Free CF v roce	-478 524	-4 065 983	-93 958	2 280 552	2 446 554	2 447 102	2 405 169
Cum CF (včetně rezervy inv.)	631 476	-2 324 507	-1 308 465	2 082 088	5 638 642	9 195 744	12 710 912

Tabulka 9: Cash flow FVE (období 2011 – 2017) – druhá část.

Provoz			2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
hod	Kč/MWh	Tržby							
		Účinnost článků	0,93	0,92	0,91	0,90	0,89	0,88	0,87
NN	13320	Výroba MWh NN	39	38	38	37	37	37	36
VN	12 400	Výroba MWh VN	895	885	876	866	856	847	837
		Úprava výkupní ceny	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
		Výkupní cena NN	15 300	15 607	15 919	16 237	16 562	16 893	17 231
		Výkupní cena VN	14 444	14 760	15 083	15 411	15 746	16 088	16 437
		Tržby total	13 516 481	13 662 322	13 807 588	13 952 201	14 096 084	14 239 154	14 381 327
Náklady	Údržba	2 % tržeb	270 330	273 246	276 152	279 044	281 922	284 783	287 627
	Opravy				100 000				
	Pojistka	0,2 % investice	132 000	132 000	132 000	132 000	132 000	132 000	132 000
	Os. náklady	2 % meziroč. nárůst	94 422	96 310	98 237	100 201	102 205	104 249	106 334
	Náklady na záruku	0,0%	0	0	0	0	0	0	0
	Administr.	2 % meziroč. nárůst	142 271	145 117	148 019	150 979	153 999	157 079	160 220
	Nájem pozemku		281 541	287 171	292 915	298 773	304 749	310 844	317 060
	Odpisy	240M	4 016 500	4 016 500	4 016 500	4 016 500	4 016 500	4 016 500	4 016 500

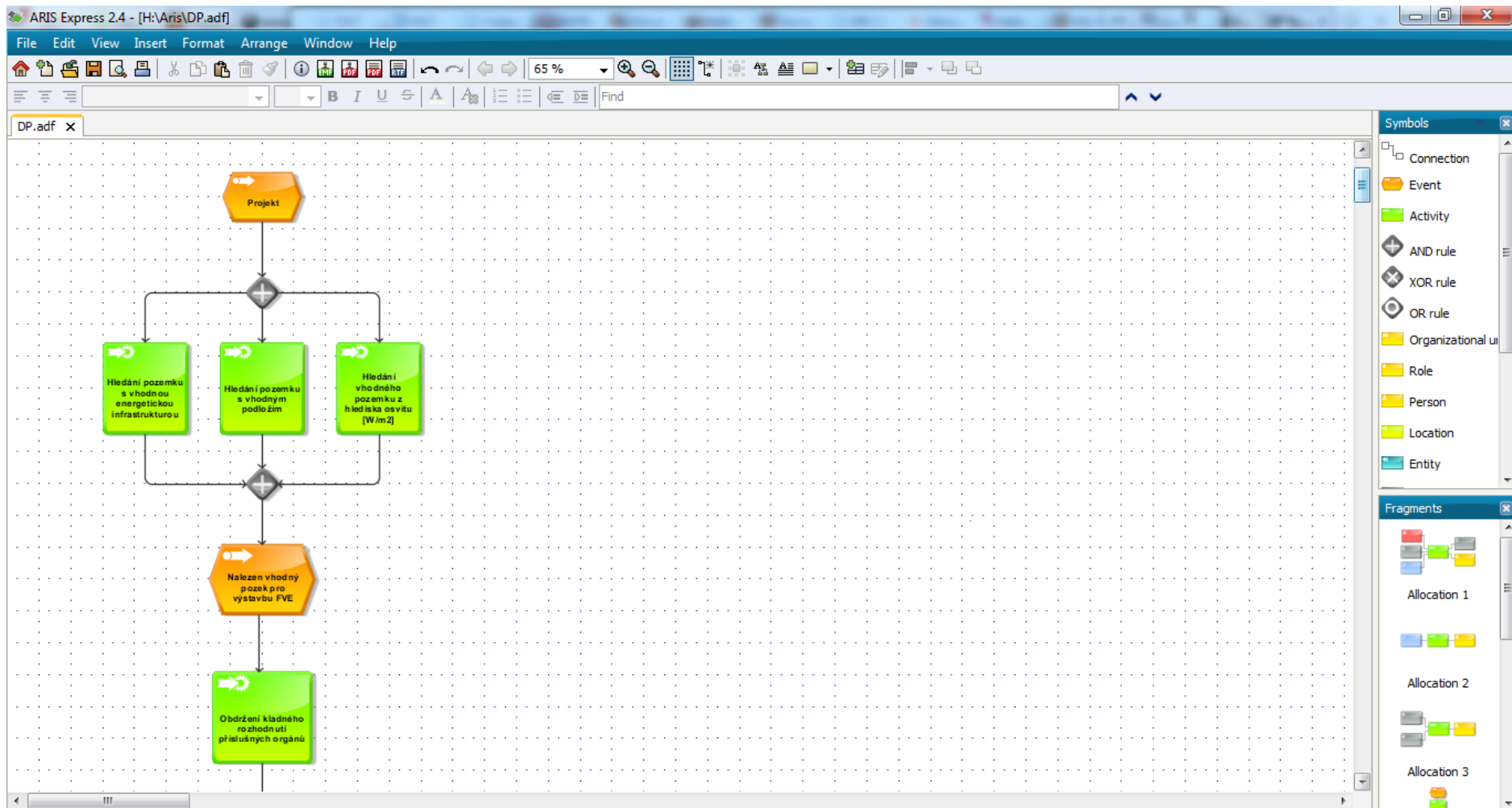
Tabulka 10: Cash flow FVE (období 2018 – 2024) – první část.

		2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
	Tržby	13 516 481	13 662 322	13 807 588	13 952 201	14 096 084	14 239 154	14 381 327
	Náklady celkem	826 141	837 534	949 086	860 797	872 669	884 706	896 907
	Mimořádný vklad akcionářů							
	Přidaná hodnota	12 690 340	12 824 788	12 858 502	13 091 405	13 223 415	13 354 449	13 484 419
	Os. náklady	94 422	96 310	98 237	100 201	102 205	104 249	106 334
	Odpisy celkem	4 016 500	4 016 500	4 016 500	4 016 500	4 016 500	4 016 500	4 016 500
	Odvody ze slun.energie 26%							
	Provozní HV	8 579 418	8 711 977	8 743 766	8 974 703	9 104 710	9 233 699	9 361 585
	Úrok 0,061	1 466 920	1 079 591	667 398	228 739	2 584	2 584	2 584
	Základ daně DPPO	7 112 497	7 632 387	8 076 367	8 745 965	9 102 126	9 231 115	9 359 001
	Daň z příjmu DPPO	1 351 375	1 450 153	1 534 510	1 661 733	1 729 404	1 753 912	1 778 210
	Net profit	5 761 123	6 182 233	6 541 857	7 084 231	7 372 722	7 477 203	7 580 791
	Splátky	6 152 212	6 547 120	6 967 378	7 414 909	0	0	0
	Stav úvěru	20 971 767	14 424 647	7 457 269	42 360	42 360	42 360	42 360
	Zdroje tvořené	9 777 623	10 198 733	10 558 357	11 100 731	11 389 222	11 493 703	11 597 291
	Investice							
	Úvěr							
	Vlast. Prostředky (bez finanč. Rez. Na úroky)							
	rezerva na inventory	1 110 000	1 110 000	1 110 000				
	Rezervní fond							
	Free CF bez rezerv	3 625 411	3 651 613	3 590 979				
	Cum CF bez rezerv	20 216 323	23 867 936	27 458 916				
	Free CF v roce	2 515 411	2 541 613	2 480 979	3 685 822	11 389 222	11 493 703	11 597 291
	Cum CF (včetně rezervy inv.)	16 336 323	19 987 936	23 578 916	27 264 738	38 653 960	50 147 663	61 744 954

Tabulka 11: Cash flow FVE (období 2018 – 2024) – druhá část.

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Tržby							
Účinnost článků	1	0,99	0,98	0,97	0,96	0,95	0,94
Výroba MWh NN	41,65	41,23	41	40	40	40	39
Výroba MWh VN	962	953	943	933	924	914	904
Úprava výkupní ceny	0,00	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Výkupní cena NN	13 320	13 586	13 858	14 135	14 418	14 706	15 000
Výkupní cena VN	12 400	12 675	12 956	13 242	13 533	13 831	14 135
Tržby total	12 485 317	12 633 275	12 781 119	12 928 789	13 076 225	13 223 363	13 758 804
	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Tržby							
Účinnost článků	0,98	0,92	0,91	0,90	0,89	0,88	0,87
Výroba MWh NN	39	38	38	37	37	0	0
Výroba MWh VN	895	885	876	866	856	847	837
Úprava výkupní ceny	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Výkupní cena NN	15 300	15 607	15 919	16 237	16 562	16 893	17 231
Výkupní cena VN	14 444	14 760	15 083	15 411	15 746	16 088	16 437
Tržby total	13 516 481	13 662 322	13 807 588	13 952 201	14 096 084	13 621 658	13 758 804

Tabulka 12: Tabulka nám poskytuje informace o předpokládané účinnosti článků, výrobě v MWh, výkupních cenách a celkové tržbě.



Obrázek 16: Ukázka EPC diagramu v modelovacím prostředí ARIS.