

SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA
V NITRE

Rektor: Dr.h.c. prof. Ing. Mikuláš Látečka, PhD.

TECHNICKÁ FAKULTA
Dekan: prof. Ing. Vladimír Kročko, CSc.

Riešenie štruktúry výrobného systému s podporou informačných
technológií v manažmente technických činností

(Doktorandská dizertačná práca)



Katedra strojov a výrobných systémov
Vedúci katedry: prof. Ing. Ladislav Nozdrovický, PhD.

Školiteľ:
prof. Ing. Ladislav Nozdrovický, PhD.

Doktorand:
Ing. Július Barkóczy

Nitra 2009

POĎAKOVANIE

Dovoľujem si touto cestou poďakovať školiteľovi prof. Ing. Ladislavovi Nozdrovickému, PhD. , a ostatným členom Katedry strojov a výrobných systémov, ďalej doc. Ing. Petrovi Obtulovičovi, PhD. z katedry Štatistiky a operačného výskumu Fakulty ekonomiky a manažmentu SPU za ich cenné rady, pripomienky a pomoc pri riešení mojej dizertačnej práce.

Abstrakt

Doktorandská dizertačná práca rieši problematiku štruktúry a realizácie nového výrobného systému z hľadiska manažmentu technických činností zameraného na spracovanie biomasy pre energetické účely. Práca je zameraná na činnosti potrebné pri návrhu a realizácii výrobných systémov v oblasti monitorovania, riadenia a automatizácie technologických procesov týchto systémov s podporou informačných technológií.

Výrobný systém je orientovaný na výrobu tepla a elektrickej energie s použitím spaľovania biomasy, a to dreveného odpadu, ktorý vzniká pri výrobe izolačných drevovláknitých dosiek a dendromasy (lesnej štiepky). Práca rieši proces návrhu a realizácie projektu „Systém kontroly a riadenia technologického procesu spaľovania biomasy“ pre energetické zariadenie na kombinovanú výrobu tepelnej a elektrickej energie v závode Smrečina Hofatex, a.s. Banská Bystrica a.s. Riešenie bolo zamerané na činnosti počas realizácie predmetného projektu

Proces prípravy a realizácie projektu sa riadi poznatkami a princípmi projektového manažmentu. Na základe publikovaných poznatkov z riadenia projektov (procesný manažment) bol navrhnutý komplexný projekt pre riadenie technických činností súvisiacich s predmetným projektom. Pre podporu prípravy a riadenia projektu bol využívaný softvérový produkt Microsoft Project 2003. Práca analyzuje vhodnosť použitých princípov, štandardov a metodológií projektového manažmentu a analyzuje rozsah a účinnosť uplatnenia programových systémov pre podporu projektového manažmentu.

Práca rieši aj návrh a optimálnu konfiguráciu systému pre automatizovaný systém merania množstva tepla a vyhodnotenie energetickej bilancie pre technológiu výrobného systému drevovláknitých dosiek. Práca skúma možnosti využitia programového systému WITNESS pre návrh a riešenie štruktúry výrobných systémov a jeho uplatnenie pri riešení predmetného projektu.

Kľúčové slová:

Projektový manažment, biomasa, projekt, časový plán, simulácia

Abstrakt

PhD. thesis deals with the structure and implementation of the new production system in terms of management of technical operations for the processing of biomass for energy purposes. The thesis is focused on the actions necessary for the design and implementation of production systems for monitoring, control and automation of technological processes of these systems to support information technology.

Production system is oriented to produce the heat and electricity using biomass burning, and wood waste which is generated in the manufacture of insulation panels and boards dendromass (forest chips). The work was focused on the issues of optimal configuration project management and control system of technological process of combustion of biomass for power plant for combined heat and power plant in Smrečina limited company Hofatex in Banská Bystrica. The solution was aimed at activities during the implementation of the project

The process of preparing a project is the knowledge and principles of project management. On the basis of published data from the project management (process management) project was designed to manage complex technical activities associated with the project. Microsoft Project 2003 was used to support training and project management software. The analysis of the suitability of the principles, standards and methodologies for project management and analyzing the extent and effectiveness of application software systems to support project management.

PhD. thesis also solves design and optimal configuration of the system for automatic measurement of heat volumes and evaluation energetic balances for the wood - fibre board technology production system. The work research as possibilities of utilizations software, the system WITNESS for proposal and solution of structural production system and its application by the resolving objective of the project.

Keywords:

Project management, biomass, project, the timetable, simulation

POUŽITÉ SKRATKY, SYMBOLY A ZNAČKY

| | |
|----------------|---|
| ANOVA | Analysis Of Variance - Viacfaktorová analýza rozptylu |
| AO | Analog Output - Analógový výstup |
| CHÚV | Chemická úprava vody |
| DCS | Decentralizovaný riadiaci systém |
| DI | Digital Input - Digitálny vstup |
| DO | Digital Output - Digitálny výstup |
| DVD | Drevoláknitá doska |
| EÚ | European Union - Európska únia |
| EPM | Enterprise Project Management |
| HART | Higway Addressable Remote Transducer - Komunikačný protokol |
| IBM | International Business Machines Corporation |
| MPI | Multi Point Input - viacbodové komunikačné rozhranie |
| MPM | Metodický predpis metrologický |
| NN | Napájacia nádrž |
| NSK | Nový sušiaci kryt– sušiaci tunel |
| ORC | Organický Rankinov cyklus |
| OZE | Obnoviteľné zdroje energie |
| RS | Riadiaci systém |
| R ² | koeficient determinácie |
| SKR | Systém kontroly a riadenia |
| SMÚ | Slovenský metrologický ústav |
| SR | Slovenská republika |
| SSK | Starý sušiaci kryt – sušiaci tunel |
| TG | Turbogenerátor |
| TÚV | Tepelná úprava vody |
| ÚK | Ústredné kúrenie |
| VT1 | Výmenník tepla |
| WBS | Work Breakdown Structure - Dekompozícia projektu |
| Z. z. | Zbierka zákonov |

OBSAH

| | | |
|------------|---|-----------|
| 1. | Úvod..... | 6 |
| 2. | Prehľad o súčasnom stave riešenej problematiky | 8 |
| 2.1 | Biomasa a jej využitie na energetické účely | 8 |
| 2.1.1 | Zdroje biomasy..... | 9 |
| 2.1.2 | Výroba energie z biomasy | 14 |
| 2.1.3 | Technológie kombinovanej výroby elektriny a tepla | 15 |
| 2.1.4 | Kombinovaná výroba z biomasy na báze parnej turbíny..... | 17 |
| 2.2 | Štruktúra výrobného systému pre energetické zužitkovanie biomasy. | 19 |
| 2.2.1 | Meranie množstva tepla | 19 |
| 2.3 | Projektovanie a realizácia nových výrobných systémov | 24 |
| 2.3.1 | Riadenie projektov – projekčný manažment..... | 24 |
| 2.3.2 | Definícia projektu..... | 29 |
| 2.3.3 | Životný cyklus projektu | 30 |
| 2.3.4 | Rozpočet projektu..... | 35 |
| 2.4 | Projektové plánovanie | 37 |
| 2.4.1 | Proces plánovania..... | 37 |
| 2.4.2 | Projektový plán | 39 |
| 2.4.3 | Časové plánovanie..... | 41 |
| 2.4.4 | Analýza štruktúry procesu | 42 |
| 2.4.5 | Sieťová analýza | 43 |
| 2.4.6 | Riziká projektu | 51 |
| 2.5 | Riešenie problematiky s podporou informačných technológií | 56 |
| 2.5.1 | Výber počítačovej podpory..... | 57 |
| 2.5.2 | Využitie simulácie v procese návrhu výrobných systémov | 61 |
| 3. | CIEĽ | 66 |
| 4. | METODIKA PRÁCE | 68 |
| 4.1 | Charakteristika podmienok experimentu..... | 68 |
| 4.1.1 | Určenie cieľa | 68 |
| 4.1.2 | Podmienky a miesto experimentu | 68 |
| 4.2 | Definovanie štruktúry výrobného systému | 70 |
| 4.2.1 | Charakteristika výrobného systému | 70 |
| 4.2.2 | Charakteristika projektu a súvisiacich technických činností | 76 |
| 4.3 | Zostavenie a lokalizácia merania množstva tepla..... | 77 |
| 4.3.1 | Spôsoby získavania informácií..... | 85 |
| 4.3.2 | Zber a spracovanie údajov | 87 |
| 4.3.3 | Rozsah meraných veličín | 88 |
| 4.3.4 | Matematické spracovanie nameraných hodnôt | 88 |
| 4.4 | Posúdenie a výber variantov a metód pre proces plánovania | 92 |
| 4.4.1 | Metodika postupu spracovania časového plánu | 93 |
| 4.5 | Simulácia skúmaných procesov..... | 95 |

| | | |
|-----------|---|------------|
| 5 | VÝSLEDKY PRÁCE | 96 |
| 5.1 | Návrh automatizovaného systému na meranie množstva tepla | 96 |
| 5.1.1 | Charakteristika technológie sušiarňí drevovláknitých dosiek | 96 |
| 5.1.2 | Návrh a popis schémy merania množstva tepla | 97 |
| 5.1.3 | Návrh a špecifikácia meracích zariadení | 99 |
| 5.1.4 | Umiestnenie snímačov | 101 |
| 5.2 | Predbežné namerané výsledky | 107 |
| 5.2.1 | Algoritmus spracovania údajov | 107 |
| 5.3 | Vyhodnotenie meraní | 111 |
| 5.3.1 | Spracovanie nameraných údajov | 111 |
| 5.3.2 | Analýza meraní | 112 |
| 5.4 | Posúdenie a výber variantov a metód pre proces plánovania | 133 |
| 5.4.1 | Plánovanie projektu | 133 |
| 5.4.2 | Priradenie časových úsekov | 135 |
| 5.4.3 | Realizácia projektu | 138 |
| 5.4.4 | Analýza a vyhodnotenie projektu | 139 |
| 5.5 | Simulácia procesov výrobných systémov | 141 |
| 5.5.1 | Návrh simulačnej schémy | 141 |
| 5.5.2 | Definovanie prvkov modelu | 143 |
| 5.5.3 | Výsledky simulácie | 146 |
| 6 | DISKUSIA | 153 |
| 7 | KONKRÉTNE ZÁVERY PRE VEDU A PRAX | 156 |
| 8 | ZÁVER | 163 |
| 9 | ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY | 164 |
| 10 | PRÍLOHA | 170 |

1. Úvod

Európska energetická politika sa snaží o zníženie závislosti na importe fosílnych palív zvýšením dodávok obnoviteľnej energie a podporou čistých a účinných energetických technológií. Tieto ciele môžu byť podporené miestnym využívaním obnoviteľných energetických zdrojov.

Európsky parlament už viac rokov intenzívne podporuje projekty zamerané na širšie využívanie obnoviteľných zdrojov energie. Komisia EU vytýčila ako strategický cieľ do roku 2010 zdvojnásobenie využívania podielu obnoviteľných zdrojov v porovnaní s rokom 2005 (5,3%), čo znamená, že takýmto spôsobom by sa malo získať až 12 % energie. Hlavnú časť energie potrebnej k zvýšeniu podielu OZE by mala poskytovať práve biomasa, čo predstavuje stonásobenie jej súčasného využívania.

SR má veľké rezervy v energetickom využívaní obnoviteľných zdrojov surovín a energie, konkrétne biomasy. Vláda Slovenskej republiky vzhľadom na potenciál biomasy a nevyhnutnosť jeho využívania prijala úlohu na vypracovanie národného Akčného plánu pre biomasu, vyjadrenú uznesením č. 383/2007 k Stratégii vyššieho využitia obnoviteľných zdrojov v SR. Akčný plán využívania biomasy je vypracovaný v súlade so Stratégiou vyššieho využitia obnoviteľných zdrojov v SR a obsahuje postupné kroky komplexného využitia biomasy.

Jednou z priorít Energetickej politiky SR schválenej v januári 2006 je aj zvyšovať podiel obnoviteľných zdrojov energie na výrobe elektriny a tepla s cieľom vytvoriť primerané doplnkové zdroje potrebné na krytie domáceho dopytu.

Jej podiel na celkovej energetickej spotrebe sa bude neustále zvyšovať z viacerých dôvodov:

- § rast cien základných druhov palív,
- § zavádzanie bezodpadových technológií pri ťažbe a spracovaní dreva a poľnohospodárskych produktov,
- § ekologická výhodnosť biomasy ako paliva,
- § maximálne využitie domácich obnoviteľných zdrojov energie.

Organická hmota či už vo forme dreva, rastlín alebo zvyškov nám dokáže poskytnúť užitočné formy energie – elektrinu, teplo aj kvapalné palivá pre motorové vozidlá.

Biomasa je v podstate zakonzervovaná slnečná energia, ktorú rastliny vďaka fotosyntéze premieňajú na organickú hmotu.

Potenciál ukrytý v nej je skutočne veľký, veď priemerný energetický obsah v jednom kg suchého dreva alebo slamy je asi 4,5 kWh, čo znamená, že približne 2 kg biomasy sú potrebné na to, aby sa energeticky nahradil 1 liter ropy (pri zabezpečení rovnakej účinnosti využitia). Biomasa môže v budúcnosti zohrať významnú úlohu, pokiaľ bude transformovaná na moderné nosiče energie – hlavne elektrinu, tepelnú energiu, plynné a kvapalné palivá. Aj v priemyselnej sfére sa čoraz viac začína uplatňovať biomasa ako palivo v energetických zdrojoch na výrobu elektrickej energie a tepla.

Využívanie energetického potenciálu obnoviteľných zdrojov energie patrí teda v dnešnej dobe k aktuálnym témam prispievajúcim k ochrane životného prostredia a úsporám. Jednou z firiem, ktorá využíva biomasu na energetické účely je aj Banskobystrická firma Smrečina Hofatex, a.s., kde na výrobu tepelnej energie používajú drevné štiepky a odpadná biomasa. Firma začína investovať do ďalšieho energetického zariadenia na výrobu tepla, pričom sa počíta aj s výrobou elektrickej energie. Ako palivo sa bude používať biomasa vo forme drevnej štiepky, lesnej biomasy a odpadu z píl.

Tento postupne narastajúci trend využitia biomasy na energetické účely vyžaduje zavádzanie nových technológií na spracovanie biomasy, prípadne úpravy a modernizácie súčasných technológií.

Budovanie nových technológií a modernizácia (úprava súčasných technológií) musí prebiehať rýchlo, efektívne s primeranými ekonomickými nákladmi. Je to veľmi zložitá a náročná činnosť aj z hľadiska časového a ekonomického (v súčasnej dobe najvýznamnejšia z hľadiska získania potrebných zdrojov financovania). Z technického pohľadu to predstavuje zložitý proces, ktorý pozostáva z rôznych činností. Aby samotný proces zavádzania novej technológie a inovácie nespôsobil neprimeraný výpadok výrobných technológií z procesu výroby a tým nespôsobil výrobnému podniku neplánované straty vo výrobe, musí prebehnúť rýchlo bez zbytočných časových strát.

Preto je potrebné v procese riadenia realizácie nových výrobných systémov a technológií využívať moderné informačné systémy, ktoré zjednodušujú celý proces návrhu, plánovania a realizácie nových projektov a podávajú prehľadné informácie o plnení termínov, analýzy a vyhodnotenie údajov o priebehu realizácie. Z rozdielu medzi projektovým riadením a konvenčným riadením vyplýva potreba špecifických nástrojov a techník. Projektové riadenie využíva špecifické nástroje, techniky, znalosti k dosiahnutiu stanovených cieľov. Nástroje projektového riadenia poskytujú flexibilitu pre plánovanie, riadenie a sledovanie projektov.

2. Prehľad o súčasnom stave riešenej problematiky

2.1 Biomasa a jej využitie na energetické účely

Biomasa sa označuje hmotou biologického pôvodu – rastlinného a živočíšneho. Za biomasu je v užšom poňatí považovaná organická hmotu rastlinného pôvodu získaná na báze fotosyntetické konverzie slnečnej energie. Energia z biomasy nepredstavuje len odstraňovanie odpadových látok spôsobom vhodným pre životné prostredie, ale aj v prípade produkcie energetických nosičov je to významný príspevok k odľahčeniu poľnohospodárskeho trhu (Brož; Šourek 2003).

Biomasa sa považuje za obnoviteľný zdroj energie, pretože na regeneráciu využitých zásob je potrebná iba krátka doba. Dominantným zdrojom bioenergie je v súčasnosti tuhá biomasa a tento trend by sa nemal v najbližšom desaťročí v Európe zmeniť.

Biomasa využívaná k energetickým účelom je buď zámerne získavaná ako výsledok výrobných činností, alebo ide o využitie odpadov z poľnohospodárskej výroby, potravinárskej a lesnej výroby, priemyselnej výroby.

Ako uvádza Pepich (2007), oblasti konkrétnych zámerov programu využívania biomasy sa predpokladá, že v období 2007 až 2013 sa bude realizovať nasledovný program:

- pri zabezpečovaní tepelnej energie pre poľnohospodárske podniky vybudovať ročne minimálne 30 tepelných zariadení na spaľovanie biomasy s priemerným inštalovaným výkonom 300 kW, čo predstavuje investičné náklady okolo 200 mil. Sk,
- pri ponuke biomasy na trh k výrobe tepelnej energie pre komunálnu sféru, vybudovať ročne minimálne 20 tepelných zariadení s priemerným inštalovaným výkonom 1,5 MW, čo predstavuje investičné náklady okolo 13,3 mil. EUR.
- prehodnotiť možnosti rekonštrukcie veľkých energetických zariadení s možnosťou využitia pôdohospodárskej biomasy náhradou za časť používaných fosílnych palív,
- pre kombinovanú výrobu tepla a elektriny vybudovať ročne minimálne 15 bioplynových staníc s priemerným inštalovaným výkonom 500 kW, čo predstavuje investičné náklady okolo 16,6 mil. EUR. Ročná výroba by predstavovala 81 GWh elektrickej energie a 29,1 TJ tepla,
- pre výrobu paliva pre maloodberateľov prehodnotiť riešenie výroby tvarovaných palív z pôdohospodárskej biomasy (brikety, pelety).

Na možnosti technologického využitia biomasy pre energetické účely v podmienkach Slovenska poukazuje aj Nozdrovický, Findura (2007). Ako uvádzajú, biomasa, ktorá pripadá do úvahy pre využitie v odvetví Bioenergetika, pochádza z troch základných rezortov:

- § poľnohospodárstvo (škrobové, olejnaté a cukornaté plodiny),
- § lesné hospodárstvo (rýchlorastúce dreviny a drevná surovina),
- § priemysel (biomasa v podobe priemyselného odpadu).

Výsledný produkt, ktorý sa získava v odvetví Bioenergetika má nasledovné podoby:

- § teplo,
- § para,
- § elektrická energia,
- § tekuté palivá pre využitie v doprave (bioetanol, metylester repkového oleja a podobne).

2.1.1 Zdroje biomasy

Druhy a triedenie biomasy

Ako uvádza (Brož; Šourek 2003) svetová produkcia biomasy sa odhaduje na približne 155 miliárd ton. pritom ide o podiel organickej produkcie, ktoré mikroorganizmy pre svoj vlastný život nepotrebujú a ktorý je ako nosič energie k dispozícii. Obsah energie tejto potenciálne využiteľnej biomasy odpovedá asi 100 miliárdám t jednotiek čierneho uhlia čo zodpovedá približne desaťnásobku súčasnej spotreby energie na celom svete.

Východiskové látky pre biomasu môžu byť veľmi rozdielne, je potrebné premeniť biomasu na sekundárny nosič energie ako sú palivá, elektrická a tepelná energia. Rozdelenie biomasy pre energetické využitie (Brož; Šourek 2003):

- 1 z poľnohospodárskej produkcie:
 - § z pestovania plodín pre energetické využitie,
 - § zostatkové a odpadové látky,
 - § zvieracieho pôvodu (močovka),
 - § rastlinného pôvodu (slama, drevnaté odpadové látky, zelené rastliny),
 - § vyčerený kal.
- 2 z lesníckej produkcie:
 - § lesné drevené odpady,
 - § drevo z drevárskeho priemyslu,
 - § olej a škrob obsiahnutý v rastlinách,

3 skládky tuhého komunálneho odpadu.

Podľa Králikovej a Lumnitzera (1998), medzi najdôležitejšie biogénne suroviny z hľadiska kvantity aj kvality, ktoré môžu slúžiť ako zdroj energie, patria *lesná a poľnohospodárska* biomasa.

Pod lesnou biomasou sa chápe všetko, čo vytvorí les, drevo, kôra a asimilačné orgány. V lesníctve je viac zaužívaný pojem dendromasy, hmoty vyprodukovanej stromami a krami. Sekaním alebo drvením týchto lesných odpadov vznikajú lesné štiepky, ktoré okrem dreva obsahujú kôru, lístie, ihličie a nečistoty. Majú pomerne vysoký obsah vody a ich spaľovanie vyžaduje špeciálne energetické kotle na spaľovanie biomasy.

Najrozšírenejším palivom z kategórie biomasy ako uvádza (Bédi, 2001) je drevo. Drevo ako palivo môže mať rôznu podobu – môže byť využívané ako kusové, ako drevný odpad (napríklad vo forme štiepok, alebo peliet) alebo môže byť špeciálne pestované ako energetická rastlina napríklad vrba.

Existujú však aj iné zdroje, ktoré hrajú významnú úlohu v energetickej bilancii mnohých krajín. Sem patria napr. organické zvyšky z poľnohospodárskej výroby ako je napr. slama.

Drevo a drevný odpad vzniká hlavne v ťažobných závodoch a drevospracujúcom priemysle. Často však končí na skládkach ako odpad bez energetického využitia. Štiepkovaním alebo briketovaním a peletovaním sa z tohto odpadu stáva hodnotné palivo so širokým spôsobom využitia. Možno ho priamo spaľovať v kotloch, sporákoch a kachliach rodinných domov, pričom do ovzdušia neunikajú škodlivé látky a popol je výborným hnojivom.

Ako uvádza Gaduš (2003) na území Slovenska, najmä vďaka jej geografickým a klimatickým podmienkam, predstavuje biomasa z lesa a poľnohospodárskej výroby významný energetický potenciál. Napriek tomu je jej súčasné využívanie na úrovni 3 % z ročnej spotreby primárnych energetických zdrojov, teda hlboko pod úrovňou, ktorá sa dosahuje v krajinách s podobnými prírodnými podmienkami (napr. v Rakúsku je vyše 10 %).

Hlavným zdrojom biomasy v súčasných bilanciách je tradičné palivové drevo. Je to zároveň jediný zdroj, u ktorého je obchod určený trhom.

Technologické procesy pre energetické využitie biomasy

Podľa Nussbergera (2005) produkty získavané tepelným rozkladom biomasy sú použiteľné ako plynné, kvapalné alebo tuhé medziprodukty výroby bioenergie. Význam

splynovania a skvapalňovania biomasy bude rásť s rastúcou cenou fosílnych palív, s vyššou efektívnosťou týchto procesov a so zlepšovaním ekonomiky štátu.

Ako to uvádza Bédi (2001) a Brož a Šourek (2003) z hľadiska metódy výroby energie z biomasy sa dnes v praxi presadzujú nasledovné procesy:

§ Priame spaľovanie.

§ Termochemické spracovanie s cieľom zvýšenia kvality biopaliva. Sem patrí napríklad *pyrolýza* alebo *splynovanie*.

§ Biologické procesy ako sú *anaerobné hnitie* alebo *fermentácia*, ktoré vedú k produkcii plyných a kvapalných biopalív.

Nakoľko existuje viacej spôsobov využitia biomasy k energetickým účelom, v praxi prevláda zo suchých procesov spaľovanie biomasy, z mokrých procesov výroba bioplynu anaeróbnou fermentáciou vlhkej biomasy (Petříková, Váňa, 1996).

1 Priame spaľovanie

Priame spaľovanie je ako uvádza Bédi (2001) tradičnou metódou spracovania. Spaľovacie zariadenia zahŕňujú rôzne systémy, pre ktoré vhodným palivom môže byť:

§ drevný odpad,

§ drevné štiepky,

§ brikety,

§ pelety,

§ slama,

§ vetvy stromov a podobne.

Priame spaľovanie sa používa počnúc od individuálneho zásobovania teplom (kachle, pece, kotle) v rodinných domoch až po priemyselné a energetické využitie v teplárňach a kogeneračných jednotkách, vo výrobe elektrickej energie, ktoré umožňujú optimálny výťažok energetického obsahu paliva a produkciu menšieho množstva emisií.

Brož a Šourek (2003) považujú využívanie tepla spaľovaním ako najúčinnnejšie a najekonomickejšie u dreva a slamy.

Porovnanie výhrevnosti jednotlivých druhov biopalív a uhlia je uvedené v nasledovnej tabuľke.

Tab. 1 Porovnanie biopalív a uhlia (EUBIONET, 2003)

| Palivo | Obsah vlhkosti % | Výhrevnosť kWh.kg ⁻¹ suchej hmoty | Obsah popola % suchej hmoty |
|----------------|---------------------|---|--------------------------------|
| Drevo bez kôry | 50 – 60 | 5,1 – 5,6 | 0,4 – 0,5 |
| Kôra | 45 – 65 | 5,1 – 6,4 | 2 – 3 |
| Lesný odpad | 50 – 60 | 5,1 – 5,6 | 1 – 3 |
| Slama | 10 – 25 | 4,0 – 4,2 | 3 – 5 |
| Lisovaný odpad | < 10 | > 4,7 | < 0,7 |
| Uhlie | 6 – 10 | 7,2 – 7,9 | 8,5 – 10,9 |

V súčasnosti energetické využívanie biomasy na Slovensku výrazne zaostáva za potenciálnymi možnosťami ako sú energetické, ekonomické a environmentálne. Využitelný ročný potenciál biomasy v SR je viac ako 35 PJ, ako to uvádza Horbaj (2006) v tabuľke 2. Podiel zhodnocovanej biomasy na celkovej spotrebe primárnych palivovo-energetických zdrojov SR je v súčasnosti len približne 1 %.

Tab. 2 Celkový ročný využitelný potenciál, energetická hodnota a predpokladaný energetický ekvivalent z biomasy na Slovensku (Horbaj, 2006)

| Druh biomasy | Využitelný potenciál t.r ⁻¹ | Energetický ekvivalent TJ.r ⁻¹ |
|--|--|---|
| Lesná biomasa | | |
| Tenčina stromov do 7 cm | 250 740 | 2 383,05 |
| Odpadová hrubina stromov | 76 200 | 724,00 |
| Odpad po manipulácií s drevom | 110 590 | 1 050,69 |
| Palivové drevo | 323 900 | 3 079,81 |
| Biomasa z prerezávok | 14 300 | 138,58 |
| Pne a korene | 23 500 | 223,25 |
| Odpad po mechanickom spracovaní dreva | 103 800 | 1 170,00 |
| Spolu: | 903 030 | 8 769,38 |
| Poľnohospodárska biomasa | | |
| Obilná slama | 272 700 | 3 861,00 |
| Repková a slnečnicová slama | 161 300 | 2 223,30 |
| Odpad z ovocných sádov a viníc | 50 400 | 528,60 |
| Bioplyn | 43 530 | 972,50 |
| Bionafta | 5 500 | 214,50 |
| Spolu: | 489 900 | 7 799,90 |
| Odpad z drevospracujúceho priemyslu | | |
| Kusový odpad | 483 000 | 5 680,10 |
| Kusový odpad | 322 000 | 3 741,70 |
| Jemnozrnný odpad | 460 000 | 6 440,00 |
| Kvapalný odpad | | |
| Spolu: | 1 265 000 | 15 861,80 |
| Kaly z ČOV | 31 022 | 682,50 |
| Spolu: | 31 022 | 682,50 |
| Komunálny odpad | | |
| Komunálny odpad | 177 000 | 1 062,00 |
| Drevný komunálny odpad | 133 200 | 1 466,00 |
| Spolu: | 310 200 | 2 528,00 |
| Celkom: | 2 968 130 | 35 641,58 |

Drevo ako palivo

Veľkou výhodou dreva je, že pri dobrom uložení si uchováva svoj energetický obsah, dokonca ho v prvých dvoch až troch rokoch relatívne zvyšuje. Je to tým, že v tomto období vysychá. To je dôležitý fakt, pretože vlhkosť v dreve sa uvoľňuje až v kotli a to na úkor výhrevnosti. Súčasne pri spaľovaní vlhkého dreva klesá aj teplota spaľovania, čo vedie k nesprávnemu zoxidovaniu všetkých spáliteľných zložiek, dochádza k dymeniu, zanášaniu dymových potrubí a k znižovaniu životnosti kotla.

Pri správnom spaľovaní a pri správnej vlhkosti drevo horí prakticky bez dymu, ľahko sa zapáľuje, nešpiní pri manipulácii a tvorí málo popola asi 1 % pôvodnej hmotnosti. Drevný popol sa výborne hodí ako prírodné hnojivo. Obsahuje totiž dusík, vápnik, horčík, hydroxid draselný, oxid kremičitý, kyselinu fosforečnú a stopové prvky.

Najdlhšie sa oheň udrží tvrdými drevami, najľahšie zase horia ľahké listnaté a ihličnaté dreva. Výborne však horí každé drevo, ktoré má nízky obsah vlhkosti, t.j. 15-20 %. Všeobecne sa požaduje doba sušenia 18 až 24 mesiacov. Túto dobu je možné účinne skrátiť na 12 až 15 mesiacov, keď sa rozreže na potrebnú dĺžku. Lepšie je drevo rozštiepané na štvrtky ako celá guľatina. Pokiaľ je guľatina príliš tenká na štiepanie, mala by z nej byť odstránená kôra.

Štiepky

Štiepkovanie umožňuje pre spaľovanie využiť akúkoľvek drevnú hmotu – zámerne pestovanú, alebo odpadnú (Cenka, 2001).

Štiepky ako uvádza Bédi (2001) sú 2 - 4 cm dlhé kúsky dreva, ktoré sa vyrábajú štiepkovaním z drevných odpadov napr. tenčiny z preriedovania porastov alebo konárov. Štiepky sú odpadovým produktom drevárskeho priemyslu a ich energetické zužitkovanie sa stalo v mnohých krajinách bežné.

Výhodou štiepkov je, že rýchlejšie schnú, a tiež umožňujú automatickú prevádzku energetických kotlov pri použití zásobníka a dopravníka paliva.

Triedenie štiepok

Potrebné je ich triediť vtedy, keď ich cieľom je *kombinované, t.j. energetické aj technologické využitie*. Rôzni autori uvádzajú, že napríklad obyčajné lesné štiepky obsahujú v priemere 20 % štiepok v kvalite vhodnej na priemyselné využitie. Zvyšných 80 % kvalitatívne charakterizujú ako energetické štiepky. Nejaví sa preto ekonomické spaľovať všetky vyrobené lesné štiepky, ale iba ten ich podiel, ktorý už nie je možné využiť priemyselne pomocou v súčasnosti dostupnej technológii.

Triedenie štiepok, tak podľa veľkosti, ako aj podľa hmotnosti, má veľký význam pre energetické systémy, kde sú aplikované závitovkové dopravné a dávkovacie systémy. Takéto systémy sú mimoriadne citlivé na nadrozmerné kusy dreva alebo minerálne prímеси, prípadne kovové telesá.

Skladovanie štiepok

Z dostupných biopalív na báze dreva pre energetické využitie existujú problémy najmä so skladovaním štiepok, a to najmä pri relatívnej vlhkosti vyššej ako 30 %. Chemickým oxidáciou, hydrolyzou celulóзовých komponentov v kyslom prostredí a biologickou aktivitou baktérií a húb sa štiepky pomerne rýchlo rozkladajú, čím dochádza k strate na objeme a zvyšovaniu vlhkosti materiálu (až do 70 % relatívnej vlhkosti). Odporúča sa štiepky spotrebovať (pri vlhkosti 30 %) do 15 dní od ich výroby a neodporúča sa ich skladovať dlhšie ako 3 mesiace. S dlhším skladovaním štiepok ako 8 mesiacov sa neuvažuje, pretože už dochádza k ich výraznej mineralizácii.

Vlhkosť štiepok

Optimálna relatívna vlhkosť drevených štiepok pre spaľovanie je 30 % až 35 % pri spaľovacích zariadeniach vybavených stupňovitým roštom. Ak sú štiepky príliš suché, má proces horenia explozívny charakter a veľká časť tepelnej energie môže uniknúť prostredníctvom horúcich dymových plynov do atmosféry pri použití nevhodnej konštrukcie kotla. Pri relatívnej vlhkosti štiepok 50 % až 60 % je spaľovanie ťažšie a účinnosť kúreniska klesá.

Závislosť spaľovacieho procesu od vlhkosti už nie je lineárna. Štiepky s touto vlhkosťou sú preto pre energetické využitie nevhodné. Ak je relatívna vlhkosť štiepok v rozsahu 60 % až 70 %, nie je ich výhrevnosť už dostatočná ani na udržanie spaľovacieho procesu a oheň zhasína.

2.1.2 Výroba energie z biomasy

Elektrina z biomasy

Z 388 TW elektrickej energie vyrobenej z OZE v krajinách EÚ bol v roku 2000 podiel biomasy 39,2 TW, (IEA Statistics, 2002). Keďže cena elektriny z biomasy je zatiaľ vyššia, vlády prijímajú opatrenia na podporu rozvoja trhu s biomasou. Medzi nimi sú výkupné ceny, zelené certifikáty pre výrobcov spojené s povinnosťou odberateľov takúto energiu

nakupovať. Budúcnosť elektriny z biomasy je podmienená optimalizáciou cien surovín, použitej technológie a veľkosti prevádzky.

Nižšie náklady na využitie biomasy pri výrobe elektriny sú pri využití skládkového plynu a v kombinovaných zariadeniach na výrobu tepla a elektriny, v ktorých sa biomasa používa spoločne s uhlím.

Podľa EREC (European Renewable Energy Council) je vo svete nevyužitý veľký objem biomasy, ktorý je potenciálnym energetickým zdrojom, napríklad odpad zo zberu obilia, ryže, cukrovej trstiny, výroby palmového oleja. Biomasa tohto druhu sa produkuje v objemoch stoviek miliónov ton ročne.

Spracovaním biomasy je možné vyrábať:

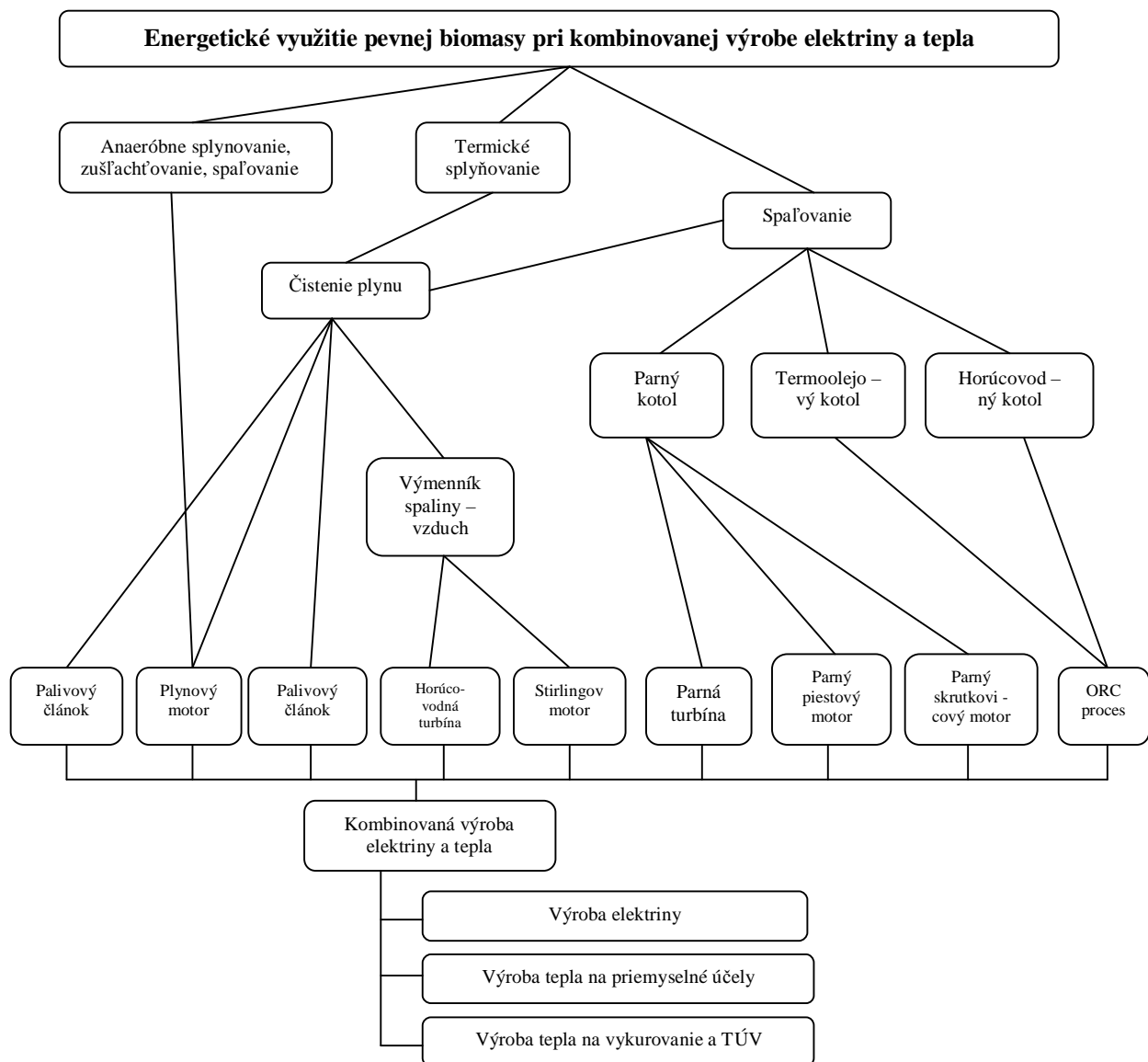
- § teplo,
- § elektrinu,
- § kombinovane teplo aj elektrinu,
- § rôzne plynné a tekuté palivá pre dopravu.

Bezprostredným produktom týchto procesov je teplo využívané v mieste výroby alebo v jej blízkosti. Teplo sa využíva buď priamo na prípravu teplej vody alebo na výrobu pary s následným pohonom elektro-generátora a výrobou elektriny. Inými produktmi sú napr. drevné uhlie alebo kvapalné biopalivá na pohon motorových vozidiel. Možnosti energetického využitia biomasy pri výrobe elektrickej energie prípadne kombinovanej výrobe elektrickej energie je na obrázku 1.

2.1.3 Technológie kombinovanej výroby elektriny a tepla

Výhody využitia biomasy najmä v decentralizovaných zariadeniach na výrobu elektriny a tepla sú hlavne v možnosti lepšieho prispôsobenia dopytu a ponuky energie, zníženia strát z dopravy palív a prenosu energie na väčšie vzdialenosti. Okrem toho posilňuje energetické využitie biomasy ekonomický rozvoj hospodárstva v regióne.

Technické možnosti využitia energetického využitia tuhej biomasy na výrobu tepla a elektriny sú známe už veľmi dlho (Šoltés, 2005). Energetické využitie tuhej biomasy pri kombinovanej výrobe elektriny a tepla pomocou rôznych technológií je uvedené obrázku č. 1.



Obr. 1 Energetické využitie tuhej biomasy pri kombinovanej výrobe elektriny a tepla (Šoltés, 2005)

Pre decentralizované zásobovanie elektrickou energiou sa používajú jednotky o výkone od 50 kW do 5 MW. V Kalifornii a aj v ostatných oblastiach Spojených štátoch sa prevádzkujú jednotky, ktoré majú priemerný výkon 20 MW, ale vyskytujú aj zariadenia na spaľovanie biomasy s výkonom až do 50 MW ako to uvádzajú Bergman a Zerbe (2004).

Tieto zariadenia pri prevádzke by mali spĺňať požadované ekonomické a environmentálne rámcové podmienky, vykazovať vysokú disponibilitu, nízke investičné a prevádzkové náklady a vysokú účinnosť. Ako uvádzajú Bergman a Zerbe, (2004) spaľovanie drevnej biomasy predstavuje čistú výrobu, kde je produkcia oxidu uhličitého (CO₂), ktorý je hlavný skleníkotvorný plyn na úrovni okolo 5 %.

Pre energetické využitie tuhej biomasy je najvhodnejšie použiť niektoré z nasledujúcich možností:

- § spaľovanie biomasy a následné využitie pary v parnej turbíne resp. v parnom stroji,
- § splynovanie biomasy resp. pyrolýza s využitím drevoplynu v plynových turbínach alebo motoroch,
- § spaľovanie biomasy a následné využitie vo vzduchových turbínach alebo stirlingových motoroch.

Okrem klasického cyklu parnou protitlakovou alebo parnou kondenzačnou turbínou poprípade parnými motormi sú ostatné technológie v štádiu viac alebo menej pokročilého vývoja.

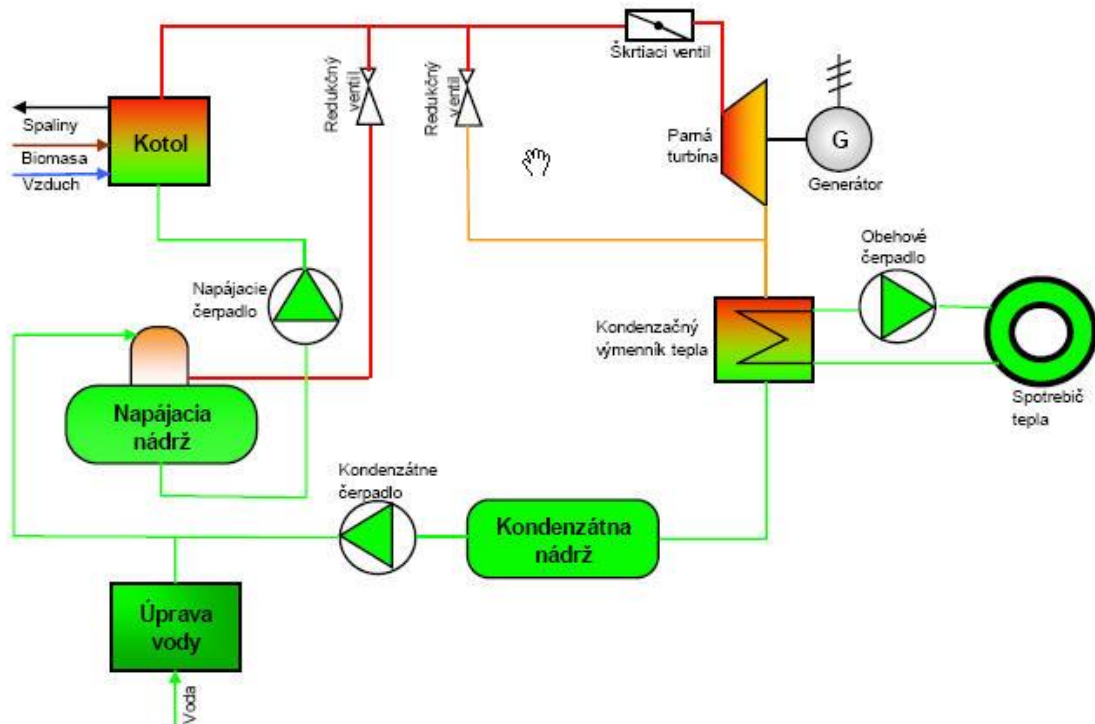
Výroba elektriny z biomasy je efektívna len v procese kombinovanej výroby elektriny a tepla. Nakoľko je vzhľadom na prenosové vlastnosti tepla spotreba tepla priestorovo obmedzená, musí sa aj výroba elektriny prispôbiť spotrebe tepla. Tým narastá potreba budovania malých decentralizovaných jednotiek, ktoré je však potrebné vzhľadom na paralelnú spoluprácu v sieti pojať do dispečerského riadenia elektrizačnej sústavy.

2.1.4 Kombinovaná výroba z biomasy na báze parnej turbíny

Ako už bolo uvedené, najviac využívanou technológiou pre výrobu elektrickej energie spaľovaním biomasy je klasický elektrárenský cyklus.

Pri predmetnej technológii podľa Broža (2003) a Šoltésa (2005) sa biomasa spaľuje v parnom kotli. Vo výparníku kotla sa produkuje sýta para, ktorá sa následne prehrieva v dodatkových teplovýmenných plochách kotla. Ďalej sú spaliny vedené v kotli cez ekonomizér, kde dochádza k ohrevu napájacej vody. U kotlov väčších výkonov je ešte teplo obsiahnuté v spalinách následne využité v ohrievači vzduchu. Nakoniec sú spaliny vedené cez odlučovacie zariadenie do komína.

Principiálna technologická schéma kombinovanej výroby tepla a elektrickej energie je uvedená na nasledovnom obrázku.



Obr. 2 Schéma kombinovanej výroby elektrickej energie a tepla z biomasy na báze parnej protitlakovej turbíny (Šoltés a Randa, 2005)

Ako bolo už vyššie konštatované, biomasa má v súčasnosti najväčší vplyv a uplatnenie v komunálnej energetike, a preto jej potenciál musí byť v prvom rade hodnotený z lokálneho, či regionálneho aspektu. Z uvedených dôvodov sa na celom svete venuje značná pozornosť výskumu a vývoju rôznych technológií čo najvyššieho energetického využitia biomasy.

Tradičný spôsob výroby elektriny z biomasy je vo väčšine prípadov založený na jej priamom spaľovaní a výrobe pary, ktorá poháňa parnú turbínu podobne ako je to v uhoľných elektrárnach. Táto technológia je dnes veľmi prepracovaná a umožňuje použitie viacerých druhov vstupných surovín. Jej nevýhodou je, že si vyžaduje relatívne vysoké investičné náklady na jednotku výkonu.

Kombinovaná výroba tepla a elektrickej energie (nazývaná tiež "kogenerácia") je súčasná výroba elektrickej energie a tepla (technológie, ústredné kúrenie, teplá úžitková voda), z fosílnych palív (uhlie, zemný plyn), z biomasy alebo bioplynu. Kombinovaná výroba sa vyznačuje nižšou spotrebou paliva v porovnaní s oddelenou výrobou tepla v teplárnach a výrobou elektrickej energie v kondenzačných elektrárnach. Energetické využitie paliva je preto podstatne vyššie.

Využívanie kombinovanej výroby znamená významnú úsporu neobnoviteľných fosílnych palív a tejto úspore odpovedajúce zníženie emisií škodlivín zo zdrojov energie v globálnom meradle. Kombinovanú výrobu tepla a elektrickej energie je možno dosiahnuť pomocou niekoľko typov zariadení líšiacich sa spôsobom a stupňom premeny primárneho paliva na obidve sledované zložky (elektrická energia, teplo). Ide o takzvanú parnú, plynovú a paroplynovú kogeneráciu.

Parná kombinovaná výroba je výroba elektrickej energie a tepla prostredníctvom pary vyrobenej v parnom kotli spaľujúcom pre kotol vhodné palivo (fosílna aj nefosílna - napr. biomasu). Para je privádzaná do parného motora, alebo protitlakovej turbíny. Tieto parné stroje poháňajú generátor elektrickej energie. Z výfuku parného stroja, z protitlaku alebo z odberu parnej turbíny je dodávaná požadovaná tepelná energia vo forme pary o tlaku odpovedajúcej konštrukcii stroja.

2.2 Štruktúra výrobného systému pre energetické zužitkovanie biomasy.

Kombinovaná výroba na báze parnej turbíny (ako protitlakovej, tak aj kondenzačnej) patrí medzi najviac rozšírené spôsoby kombinovanej výroby ako pri využití neobnoviteľných zdrojov tak aj obnoviteľných. V súčasnosti sú tieto zariadenia využívané najmä pri veľkých elektrárnach a teplárnach. Možnosť spaľovania biomasy pri predmetných technológiách je:

- § spoluspaľovanie s iným tuhým palivom (uhlie, lignit, rašelina) v kotloch prispôbolených na súčasné spaľovanie oboch druhov palív,
- § samostatné spaľovanie biomasy v špeciálnych kotloch.

S postupným rozšírením biomasy ako energetického paliva a decentralizáciou výroby elektriny a tepla sa začali vyvíjať a následne vyrábať parné turbíny menšieho výkonu určené k pohonu generátorov (Šoltés, Randa 2005).

2.2.1 Meranie množstva tepla

Rastúce ceny energií a zvyšovanie požiadaviek na efektivitu výroby pôsobí na rast nárokov na presnosť, spoľahlivosť a kvalitu merania prietoku energetických médií.

Spolu so zvyšovaním ceny tepla v posledných rokoch úmerne rástol aj význam meračov tepla. Meranie množstva a kvality dodaného tepla sa stalo významnou zložkou obchodných vzťahov. Meranie sa chápe ako zdroj úspor a príjmov, čo spôsobilo prudký vývoj všetkých metód merania prietoku. Spotreba tepla sa meria meračom tepla, ktorý ako fakturačné meradlo musí spĺňať okrem množstva technických aj legislatívne požiadavky.

Vo všetkých prípadoch je potrebné spoľahlivému a presnému meraniu spotreby tepla a vody venovať patričnú pozornosť. Pre všetky spôsoby merania tepla je možné použiť viacero technických riešení, ktoré vychádzajú z rôznych princípov merania sledovaných veličín. Prípadné chyby môžu predstavovať výrazné straty buď u dodávateľov alebo odberateľov, preto treba podľa skutočných prevádzkových podmienok v mieste merania vždy navrhnúť optimálne riešenie.

V súčasnosti sú pomerne presne stanovené podmienky merania tepla pre rôzne pracovné látky (para, horúca voda, teplá voda).

Do skupiny určených meračov tepla podľa zákona o metrológii č. 142/2000 Z. z. patria tie merače, ktorých výsledky sú používané priamo v obchodnom styku. Pri navrhovaní a používaní týchto meračov platia prísne pravidlá. Všetky komponenty meračov musia byť schváleného typu a metrologicky overované v pravidelných intervaloch. Inštaláciu a servis týchto meračov môžu robiť len oprávnené organizácie.

Merače množstva tepla

Na meranie spotrebovaného alebo odovzdaného tepla sa používajú merače tepla. Mattias (2004) definuje merač tepla ako merací prístroj určený na meranie množstva tepla, ktoré je vo výmenníku tepla odovzdané, alebo odobrané teplonosnej kvapaline.

Výmenník tepla je teplovýmenné zariadenie, ktoré je súčasťou odovzdávacej stanice alebo odberné tepelné zariadenie, ktoré je súčasťou objektu.

Elektrický merač tepla prijíma a spracováva merané hodnoty pomocou elektrických prvkov a obvodov. Merač tepla sa skladá z nasledovných častí:

- § prietokomer ako člen merača tepla,
- § snímače teploty (horúca vetva, studená vetva),
- § kalorimetrické počítadlo.

Prietokomer ako člen merača tepla je súčasť merača tepla, cez ktorú preteká teplonosná kvapalina v prívodnom alebo vratnom potrubí v okruhu výmeny tepla, vysielajúca signál, ktorý je funkciou objemu, hmotnosti alebo objemového, prípadne hmotnostného prietoku.

Párované snímače teploty sú súčasťou merača tepla, ktoré snímajú teplotu teplonosnej kvapaliny v prívodnom alebo vratnom potrubí okruhu výmeny tepla.

Kalorimetrické počítadlo je súčasť merača tepla, ktorý prijíma signály z prietokomera, teplotného snímača a vypočítava a udáva odovzdané množstvo tepla.

Najčastejšie používanými meračmi tepla sú prístroje pre:

- § meranie množstva a kvality dodanej pary,
- § meranie množstva a kvality vráteného kondenzátu,
- § meranie množstva tepla vyrobeného v zdroji tepla,
- § meranie množstva tepla na vykurovanie objektov,
- § meranie množstva tepla spotrebovaného na ohrev teplej vody.

Ako uvádzajú (Prevádzkové a obchodné meranie prietoku, 1998) požiadavky na prevádzkové meranie prietoku možno zhrnúť do týchto bodov:

- § presnosť – požiadavky dosahujú do 1 % nominálneho prietoku, čo vyžaduje inštaláciu zariadení s korekčnými členmi,
- § vysoká opakovateľnosť a dlhodobá stabilita - zvýšenie servisného intervalu,
- § rýchlosť reakcie – zvýšenie rýchlosti a presnosti regulačných slučiek,
- § robustnosť merania – zvýšenie schopnosti odolávať vplyvom okolia (vibrácie, teploty, vlhkosť a podobne),
- § automatická detekcia zníženia presnosti merania, poruchy a exaktná predikcia obdobia, keď treba naplánovať servisný zásah – úspory servisných pracovníkov, skladových zásob.

Ako uvádza Šturcel (2002), v súčasnosti sa preferujú prietokomery s nasledovnými technickými vlastnosťami:

- § neobsahujú pohyblivé časti,
- § nespôsobujú veľké trvalé tlakové straty,
- § nevyžadujú zložitý vyhodnocovací systém,
- § priame meranie hmotnostného prietoku.

2.3.1 Metódy merania tepla v pare

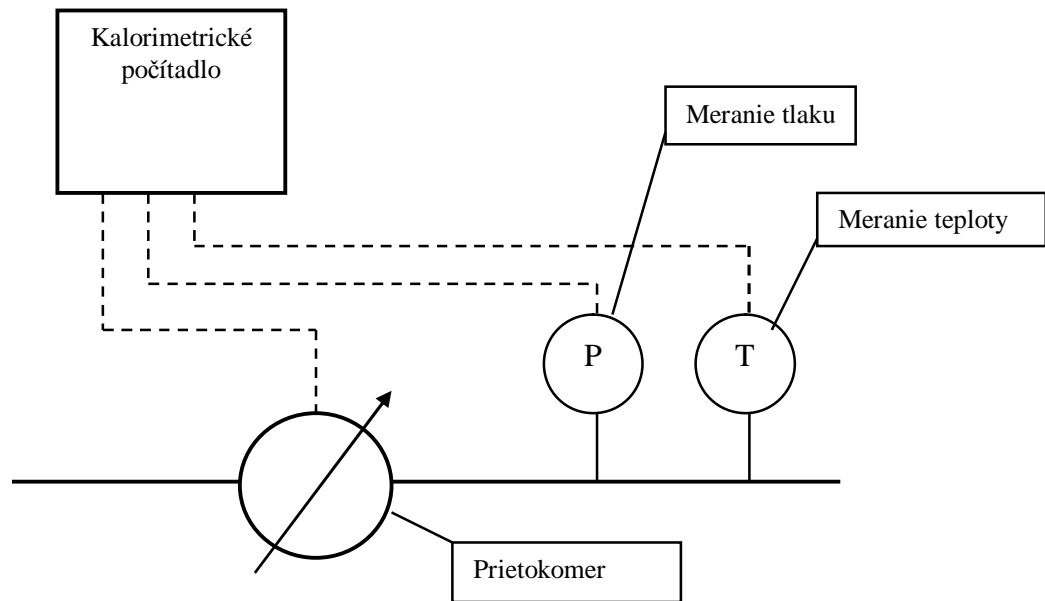
Pre meranie množstva možno existuje viacej princípov a metód. Smernica pre prípustné metódy merania tepla v obchodnom styku MPM-98 uvádza nasledovné metódy merania:

Priama metóda stanovenia množstva tepla v prehriatej vodnej pare je metóda využívajúca stanovené hmotnostné množstvo vodnej pary a entalpiu prehriatej vodnej pary.

Množstvo tepla sa stanoví podľa vzorca:

$$Q_p = m_p \cdot h_p$$

kde: Q_p - množstvo tepla v prehriatej vodnej pare, J
 m_p - hmotnostné množstvo prehriatej vodnej pary, $\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$
 h_p - entalpia prehriatej vodnej pary, $\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}$



Obr. 3 Meranie množstva tepla v pare – priama metóda pre prehriatu paru

Nepriama metóda stanovenia množstva tepla v prehriatej vodnej pare je metóda využívajúca stanovené hmotnostné množstvo kondenzátu (vzniknutého po úplnej kondenzácii vodnej pary) a entalpiu prehriatej vodnej pary. Množstvo tepla sa stanoví podľa vzorca:

$$Q_p = m_k \cdot h_p,$$

kde : Q_p - množstvo tepla v prehriatej vodnej pare, J
 m_k - hmotnostné množstvo kondenzátu, $\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$
 h_p - entalpia prehriatej vodnej pary, $\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}$

Táto metóda využíva rovnosť hmotnostných množstiev pary a kondenzátu $m_p = m_k$.

Metóda stanovenia množstva tepla v kondenzáte je metóda využívajúca stanovené hmotnostné množstvo kondenzátu a entalpiu kondenzátu. Množstvo tepla sa stanoví podľa vzorca:

$$Q_k = m_k \cdot h_k,$$

kde: Q_k - množstvo tepla v kondenzáte, J
 m_k - hmotnostné množstvo kondenzátu, $\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$
 h_k - entalpia kondenzátu, $\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}$

Opis metód merania tepla v pare

Priama metóda používa:

- a) meranie objemového množstva vodnej pary s následným prepočtom na hmotnostné množstvo za pomoci hustoty vodnej pary (vyžaduje meranie teploty a tlaku pary) alebo meranie hmotnostného množstva vodnej pary,
- b) meranie tlaku a teploty vodnej pary a následné stanovenie entalpie vodnej pary.

Nepriama metóda používa:

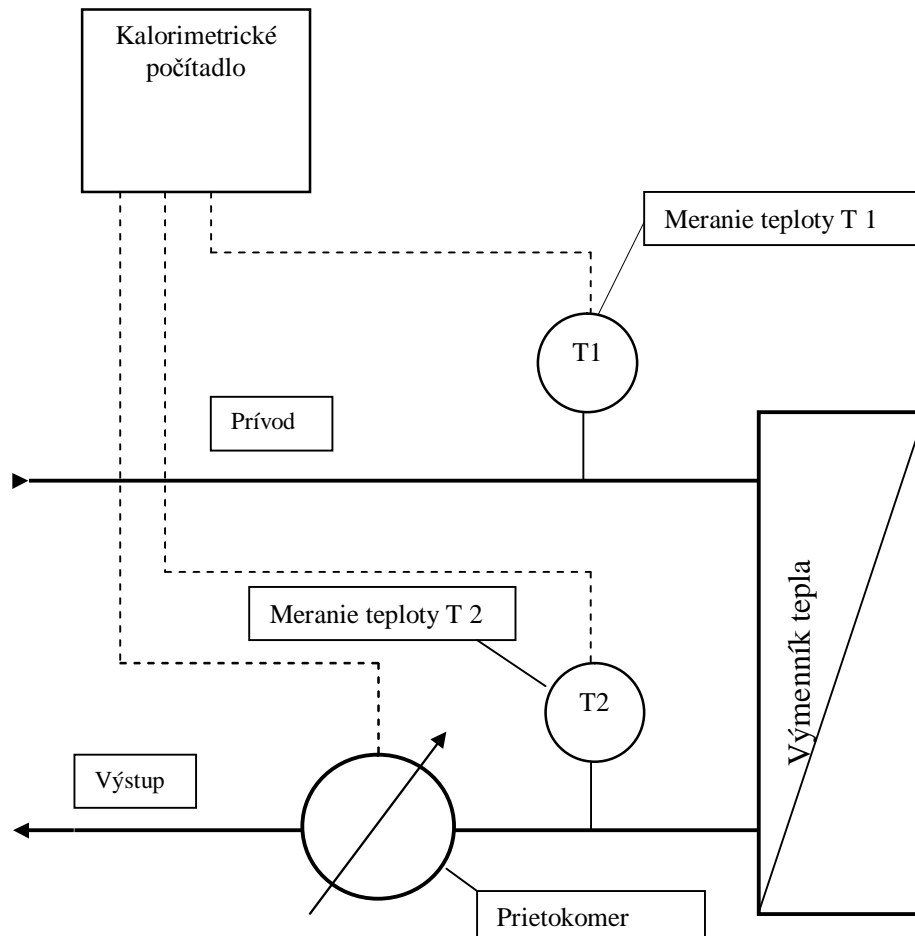
- a) meranie objemového množstva kondenzátu (vzniknutého po úplnej kondenzácii vodnej pary) s následným prepočtom na hmotnostné množstvo za pomoci hustoty kondenzátu (vyžaduje meranie teploty kondenzátu),
- b) meranie tlaku a teploty vodnej pary a následné stanovenie entalpie vodnej pary.
Použitie nepriamej metódy je prípustné iba v prípade, ak prietok kondenzátu je meraný kontinuálne tak, aby rozdiel okamžitých prietokov na vstupe a výstupe výmenníka tepla nemal vplyv na presnosť merania tepla a nedochádzalo k priamej spotrebe kondenzátu, napríklad na dopĺňanie sekundárneho systému, alebo k inej technologickej spotrebe (sušenie a podobne).

Metóda stanovenia množstva tepla v kondenzáte používa

- a) meranie objemového množstva kondenzátu s následným prepočtom na hmotnostné množstvo za pomoci hustoty kondenzátu (vyžaduje meranie teploty kondenzátu),
- b) meranie teploty kondenzátu.

Fyzikálne vlastnosti vody a pary a problematiku merania a výpočtu tepla popisuje v publikácii Kretschmar (1998).

Principiálna schéma metódy merania tepla v kondenzáte je na nasledovnom obrázku.



Obr. 4 Meranie odovzdaného množstva tepla v kondenzáte

2.3 Projektovanie a realizácia nových výrobných systémov

2.3.1 Riadenie projektov – projekčný manažment

Súčasný trend je charakterizovaný stálym skracovaním životných cyklov produktov a zmenami v produkčných procesoch.

Podľa Kováča (1991) pojem inovácia sa interpretuje ako súbor skutočností prinášajúci zlepšenie daných fyzikálnych, sociálnych alebo intelektuálnych štruktúr rešpektujúci ich vývoj, projektovanie, realizáciu a použitie. Inovačný proces, založený na technologickej základni, sa považuje za komplex sociálno-ekonomických štruktúr závislých od technického pokroku, odbytových požiadaviek a sociálnych úrovní spoločnosti.

V súčasnosti vznikajú vo výrobe nové koncepty a štruktúry, ktoré sa opierajú nielen o parciálny rozvoj, ale sú aj komplexnejšími riešeniami automatizácie vo výrobných procesoch.

Stále väčší podiel podnikateľských aktivít sa realizuje v podobe projektov a to bez ohľadu na špecifiká konkrétneho podnikateľského oboru.

Pre riadenie zmien a zavádzanie nových produktov, technológií, výrobných systémov a procesov sa úspešne využívajú princípy projektového riadenia. Projektové riadenie je spôsob riadenia pomocou projektov. Podľa Fialu (2004) je to vysoko účinný nástroj na *riadenie zmien*, kompletná koncepcia efektívneho dosahovania projektových cieľov, ktorá umožňuje manažérom dosiahnuť výstupy s odpovedajúcou kvalitou s minimálnymi nárokmi na čas, financie a ostatné zdroje.

V súčasnej globálnej ekonomike sú jedinými trvalými konštantami v podnikateľskom prostredí *zmena a riziko*. Je to práve projektová organizácia a špecifiká projektového riadenia, v ich princípoch existujú predpoklady pre zvládnutie rizík a vysporiadanie sa zo zmenami.

Stále sa zväčšujúca množina chybných skúseností s priebehom realizácie a s výsledkami projektov všetkých typov, či sú to projekty podnikových informačných systémov, stavebné projekty, technologické projekty a podobne (Chvalovský, 2005).

Ako uvádza Brown (2004) na univerzite v britskom Sheffielde skúmali viacej projektov z oblasti informačných systémov aby zistili, že 80 % z nich skončilo v časovom sklze.

Časovo orientovaná výroba a realizácia je inovačná a prináša dobré výsledky. S vytváraním nových technických diel ako tvrdí Beran (2002) sú problémy s dodržovaním časových a nákladových predpokladov. Veľa, aj prestížnych technických projektov končí výrazným prekročením dohodnutých termínov a nákladov.

Definícia riadenia projektov podľa Pustina (2003) je formálny proces identifikácie, koordinácie a priebežné nasadenie ľudských a iných zdrojov s cieľom dosiahnutia projektových a kontrahovaných cieľov podľa časového rozvrhu, pri dodržaní stanovených nákladových kvalitatívnych požiadaviek.

Maylor (2003) rozširuje základnú definíciu, že v riadení projektov už nejde o riadenie sekvencie krokov nutných k dokončeniu projektu v danom termíne. Ide o systematické zohľadňovanie názorov zákazníka (klienta) a vytvorenie formálne usporiadaného spôsobu stanovení priorít, riešení kompromisov, súbežného riešenia všetkých aspektov projektu v tímoch s mnohými odbornosťami.

Problematika riadenia projektov je veľmi aktuálna. Pri súčasnej tendencii skracovania životných cyklov projektov a pri snahe o koordináciu zdrojov a aktivít aj mimo podnik v dodávateľských reťazcoch by sa mali nástroje a techniky projektového riadenia uplatniť v širšom meradle stroje projektového riadenia poskytujú flexibilitu pre plánovanie, riadenie a sledovanie projektov (Fiala, 2004).

Veľa organizácií realizuje naraz – súbežne viacej projektov, tieto projekty sa nazývajú *multiprojekty*. Paralelná práca súčasne na viacej projektoch sa definuje ako *multitasking*. Metódy vedenia multiprojektov, modelovanie a simuláciu možných scenárov uvádzajú Bengee a Miller (2004).

Jednoducho a výstižne definuje riadenie projektov Pustina (2003) ako formálny proces identifikácie, koordinácie a priebežného nasadenia ľudských a iných zdrojov s cieľom dosiahnutia projektových – kontrahovaných cieľov podľa časového rozvrhu, pri dodržaní stanovených nákladov a kvalitatívnych požiadaviek.

Podľa Charváta (2003) riadenie projektu v dnešnej dobe by už nemalo byť založené iba na skúsenostiach jednotlivca, ale mali by sa dodržiavať určité pravidlá teda riadiť sa už preverenými metodikami a štandardami.

Jedna z metodík je metodika PRINCE 2 – (Projects IN Controlled Environments) ktorá je odporúčaná britskou vládou a je povinná pre štátne zákazky a projekty.

Metodika vyvíjaná IBM (predtým Rational Software Corporation) RUP - Rational Unified Process je objektovo orientovaná metodika pokrývajúca celý životný cyklus aplikácie.

Jedna z ďalších metodík je pomerne jednoduchá metodika System Development Life Cycle (SDLC) Methodology vytvorená na základe modelu vodopád. Medzi týmito metodikami existujú určité podobnosti. Preto je vhodné neuspokojiť sa s poznatkami jednej metodiky. Je vhodné metodiku pri aplikácii prispôbiť, prípadne z dvoch alebo viacerých metodík vytvoriť vhodnou selekciou metodiku vyhovujúcu ako potvrdzuje aj Charvat (2003).

Podľa Chvalovského (2005) sa v tejto manažérskej disciplíne presadzujú určité štandardy a štandardné (odporúčené) metodológie. Táto štruktúra a obsah znalostnej množiny všeobecne nazývanej ako „Súhrn znalostí o projektovom riadení,, (Project Management Body of Knowledge - PMBOK).

PMBOK je akoby celosvetovo podporovaný štandard udržiavaný a rozvíjaný dvoma hlavnými inštitúciami, pokiaľ ide o teóriu a metodológiu riadenia projektov a to:

- PMI - Project Management Institute s globálnou pôsobnosťou,

- APM - Association for Project Management – sídlom v High Wycombe vo Veľkej Británii, ktorá vyvíja aktivity najmä v Európe.

PMI definuje projekčný manažment, ako to aj uvádza Fosberg, Mooz a Cotterman (2005) ako aplikáciu znalostí, schopností, nástrojov a technológií na aktivity projektov tak, aby splnili požiadavky projektu.

Svozilová (2006) definuje tieto poznatky nasledovne:

- § projekt je určité krátkodobé vynaložené úsilie prevádzané aplikáciami znalostí a metód, jeho účelom je premena materiálnych a nemateriálnych zdrojov na súbor predmetov, služieb alebo ich kombinácií tak, aby bolo dosiahnutie stanovených cieľov.

Fiala (2004) vo svojej práci uvádza, že *cieľom* súhrnu znalostí o projektovom riadení (PMBOK) je identifikovať a popísať najlepšie praktiky, ktoré sú najčastejšie aplikované u väčšiny projektov. Snahou je nájsť konsenzus o hodnotách a užitočnosti praktík a používaných pojmov.

Tento súhrn poskytuje informácie v deviatich oblastiach znalostí o projektovom riadení. PMBOK rozlišuje štyri základné oblasti, ktoré určujú *ciele* projektu:

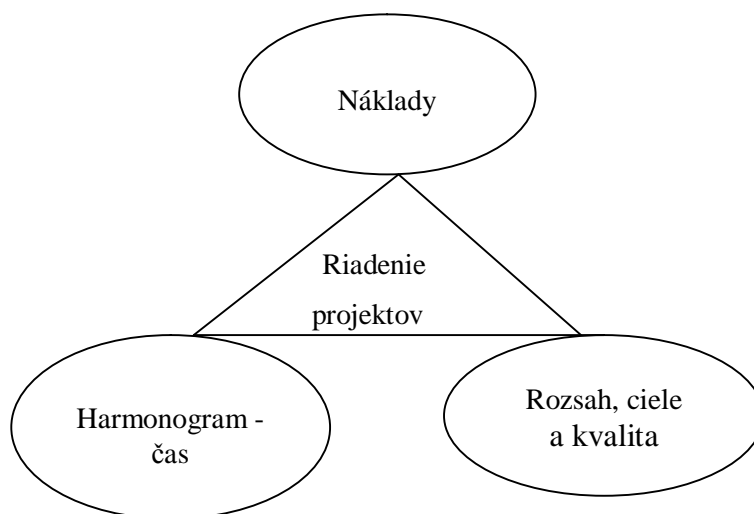
- § rozsah,
- § čas,
- § náklady,
- § kvalita.

Ďalších päť oblastí sa týka *spôsobu dosiahnutia* týchto cieľov:

- § integrácia,
- § ľudské zdroje,
- § komunikácia,
- § riziko,
- § nákup.

Podstatu riadenia projektov a hlavné nástrahy, s ktorými sa musí projektový manažér a projektový tím vyrovnáť, sa obvykle znázorňujú v podobe takzvaných „magických trojuholníkov“ alebo ako konštatuje Crafword (2001) a Fiala (2004) „projektový trojuholník“. Pri riadení projektov je potrebné brať do úvahy čas v porovnaní s plánom, náklady voči stanoveným rozpočtom a kvalitou projektu.

Schéma „projektového trojuholníka“ uvedená na nasledujúcom obrázku je jeho najčastejšia používaná podoba.



Obr. 5 Limitujúce faktory riadenia projektov (Fiala, 2004)

Tieto tri základné ukazovatele – náklady, čas a kvalita sú navzájom prepojené a je potrebné ich udržiavať v rovnováhe, hľadať vyvážené riešenie z hľadiska preferencií záujmových objektov.

Výhody projektového manažmentu uvádza Svozilová (2006) nasledovne:

- § ku všetkým aktivitám, ktoré sú súčasťou projektu je priradená zodpovednosť bez ohľadu na prípadné zmeny realizačného personálu,
- § je jasne definovaný časový a nákladový rámec realizácie,
- § realizačné zdroje projektu sú pridelené na dobu trvania projektu a potom sú uvoľnené pre iné projekty, alebo sú spotrebované, čo umožňuje väčšiu flexibilitu a efektívnosť vo využívaní týchto zdrojov,
- § sú vytvorené podmienky pre sledovanie skutočného priebehu oproti plánu, v priebehu realizácie je možné definovať odchýlky oproti plánu a efektívne smerovať korekčné akcie,
- § systém rozdelenia zodpovedností za riadenie projektu a spravidla eskalácia problémov umožňuje plynulé riadenie bez potreby nadmerného dohľadu zo strany zákazníka alebo sponzora projektu,
- § princípy riadenia prispievajú k získaniu súhlasu o naplnení alebo prekročení plánovaného cieľa projektu,

§ systémový prístup k riadeniu projektu generuje množstvo informácií, ktoré môžu byť použité v nasledovných projektoch.

2.3.2 Definícia projektu

Najdôležitejším prvkom projektového riadenia je projekt. Definície projektov sa podľa rôznych autorov a organizácií líšia.

Podľa Project Management Institut (PMI), projekt je dočasné úsilie vynaložené na vytvorenie unikátneho produktu, služby alebo určitého výsledku.

Projekt možno definovať ako špecifický produkčný systém, pomocou ktorého je realizovaný jedinečný výstup (Fiala, 2004). Podľa Chvalovského (2005) ktorý používa definíciu projektu podľa (BS6079, 2000) je projekt predstavovaný jedinečnou množinou koordinovaných aktivít s vymedzenými počiatočnými a koncovými bodmi a realizovanou jednotlivcom alebo organizáciou s cieľom dosiahnuť špecifických cieľov v rámci definovaného časového rozvrhu, nákladov a výkonných parametrov.

Zaujímavú definíciu projektu má Boddy (2002) podľa neho projekty sú krokom do neznáma. Sú pokusom o spojenie myšlienok a aktivít niečoho nového, čo často vytvára stavebné kamene širších strategických zmien. Manažéri vytvárajú projekty preto, aby sa dokázali vyrovnat' s nekonečnou variáciou organizačných zmien. Projekt má jasný začiatok a koniec, určený súbor cieľov a medzi nimi rad činností. Projektová činnosť je cieľavedomá a sústavne sa opakujúca činnosť, ktorej výsledkom je projekt. Čím rýchlejšie takýto proces prebieha, tým reálnejší je výsledok – projekt (Gozora; Schwarcz 2002).

Typy projektov

Projekty môžu byť rôznorodé z hľadiska veľkosti, náplne, typu, času. Podľa Fialu (2004) môžeme projekty (z hľadiska časového, zložitosti) rozdeliť nasledovne:

- § komplexné – dlhodobé, mnoho fáz a činností, veľa zdrojov,
- § špeciálne – strednodobé, nižší rozsah, prechodné zdroje,
- § jednoduché – krátkodobé, malý rozsah, malý počet zdrojov.

Podľa Nēmca (2002) má takéto delenie len pomocný význam, pretože ich nie je možné vždy jednoznačne rozlíšiť. Projekty môžu byť také, ktoré zvládne jeden človek, ale tiež veľmi zložité, na ktorých musia pracovať celé tímy.

Projekty je potrebné tiež rozdeliť podľa ich obsahu, účelu a aplikačných oblastí:

- § spojené s výstavbou – kategória projektov, kedy k dosiahnutiu cieľu je potrebná nová výstavba, alebo rekonštrukcia stávajúcich objektov,

- § výskumné a vývojové,
- § technologické – projekty zavádzajúce nové technológie bez zásahu do stavieb,
- § organizačné – projekty zmien určitých štruktúr (napr. systémov riadenia).

Podľa výsledku – výstupu projektu je možné projekty rozdeliť nasledovne, kde výsledky môžu byť:

- § zariadenia,
- § výrobné systémy,
- § budovy,
- § komplexy infraštruktúry,
- § udalosti,
- § výskumné a vývojové úlohy.

Hierarchická štruktúra práce

Cieľom hierarchickej štruktúry práce „**WBS**“ (Work Breakdown Structure) je *rozložiť rozsah práce* na projekte na lepšie riaditeľné úseky práce. Tieto úseky môžu byť lepšie plánované a pridelované jednotlivým pracovníkom na vykonanie.

K tejto štruktúre môže byť priradená aj *hierarchická štruktúra nákladov* „**CBS**“ (Cost Breakdown Structure).

V podrobnejšom členení, ako to konštatuje Fiala (2004) je potrebné brať do úvahy aj ďalšie faktory, ktoré ovplyvňujú riadenie projektov. Tieto ďalšie faktory definuje autor ako:

- § ciele projektu,
- § rozsah projektu,
- § organizačná štruktúra.

2.3.3 Životný cyklus projektu

V projektoch sa dajú rozlišovať rôzne fázy a väčšina z nich rôznymi fázami aj prechádza v poradí, ktoré sa označujú ako *životný cyklus projektu*. Existuje veľa autorov a metodík, ktoré uvádzajú rôzne delenia a pomenovania jednotlivých fáz životného cyklu projektov, ale každý uvádza, že projekt má definovaný začiatok a koniec.

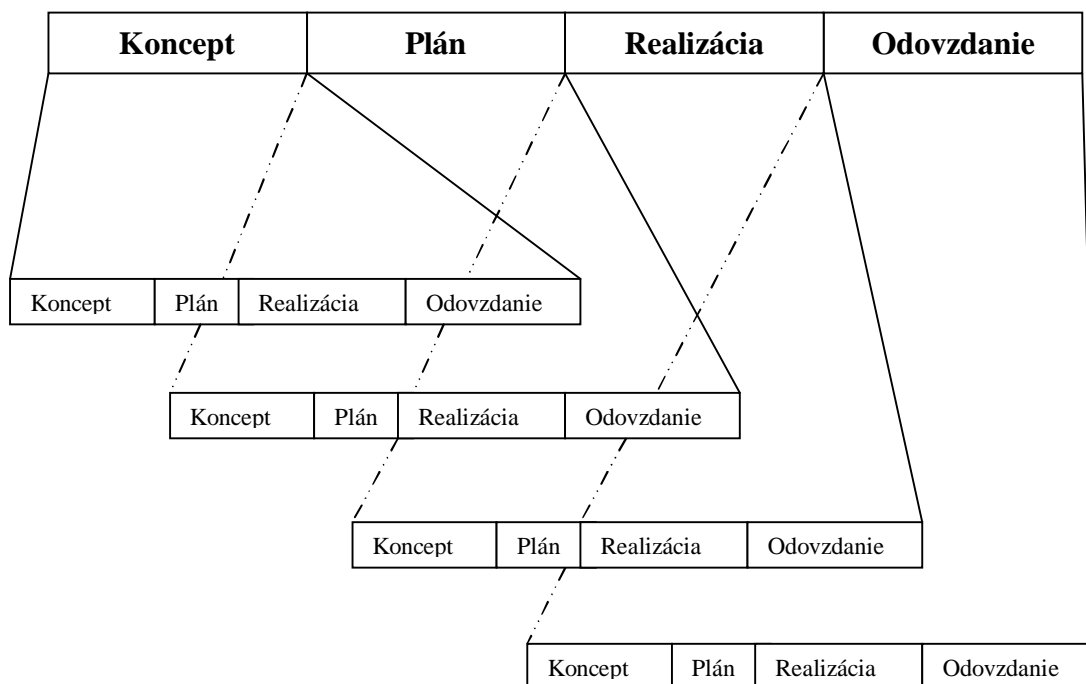
Všeobecne projekt, ako definuje Dinsmore, Cabanis-Brewin (2005) má definovaný začiatok a koniec a v rámci svojho životného cyklu prechádza rôznymi fázami. Počet fáz sa môže líšiť podľa podrobnosti členenia. Základné členenie fáz je nasledovné:

- § fáza koncepcná
- § fáza plánovania

§ fáza realizácie

§ fáza odovzdania

Tieto fázy na seba nadväzujú a dajú sa ďalej členiť na nižšie úrovne, na podobné štyri fázy, ako je to uvedené na nasledovnom obrázku.



Obr. 6 Fázy životného cyklu projektov (Fiala, 2004)

Podobné členenie uvádza aj Weiss (1992), ktorý fázy manažmentu projektu delí do piatich skupín:

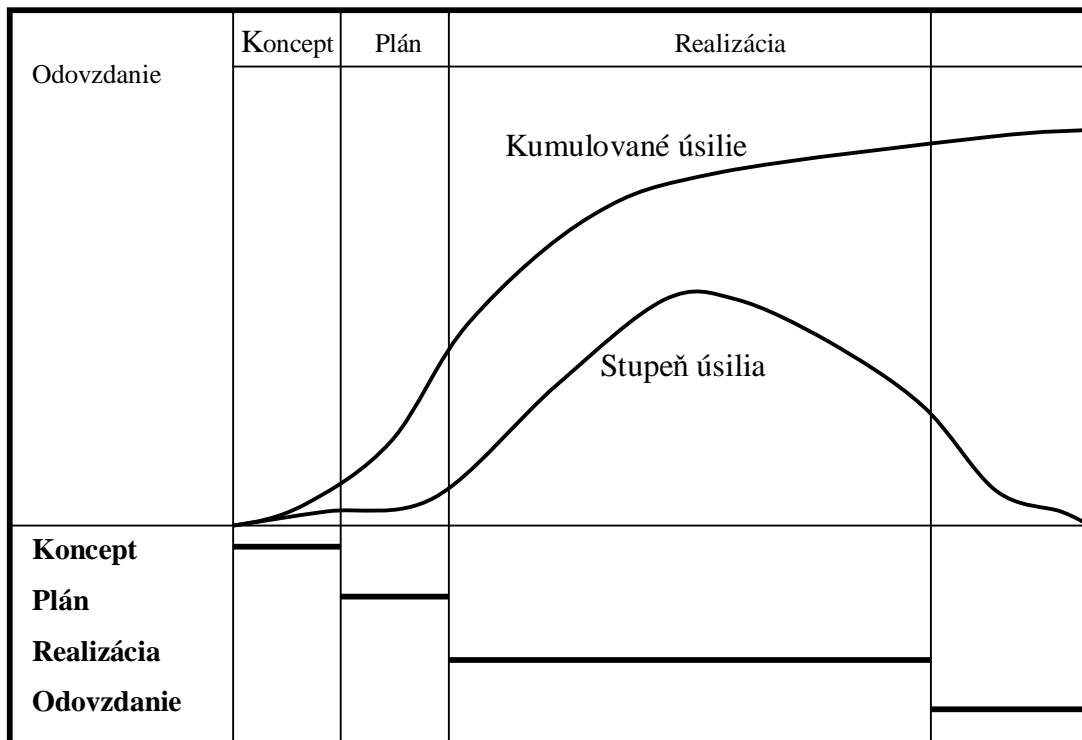
- 1 Definícia projektu
- 2 Plánovanie projektu
- 3 Organizovanie projektu
- 4 Kontrola projektu
- 5 Záver projektu

V rámci týchto fáz sa kladie dôraz na jednotlivé nástroje a techniky projektového riadenia. V rámci celého životného cyklu je uplatňovaný systémový prístup. Čiastkové činnosti a využitie zdrojov treba posudzovať vo vzájomných súvislostiach a nadväznostiach. Projekt je potrebné celkovo analyzovať postupne od globálnych cieľov k detailným činnostiam. Rozhodujúcim typom zdrojov sú ľudské zdroje, po celú dobu projektu ide o prácu s ľuďmi a mali by sa používať odpovedajúce techniky. Ďalším dôležitým faktorom je informačné zaistenie v priebehu celého životného cyklu projektu.

Pre každú fázu životného cyklu projektu je vhodné stanoviť:

- vstupy,
- procesy,
- kľúčové činnosti,
- zlomové momentky,
- výstupy.

Charakteristický priebeh stupňa úsilia a kumulovaného úsilia v životnom cykle projektu je znázornený na nasledovnom obrázku.

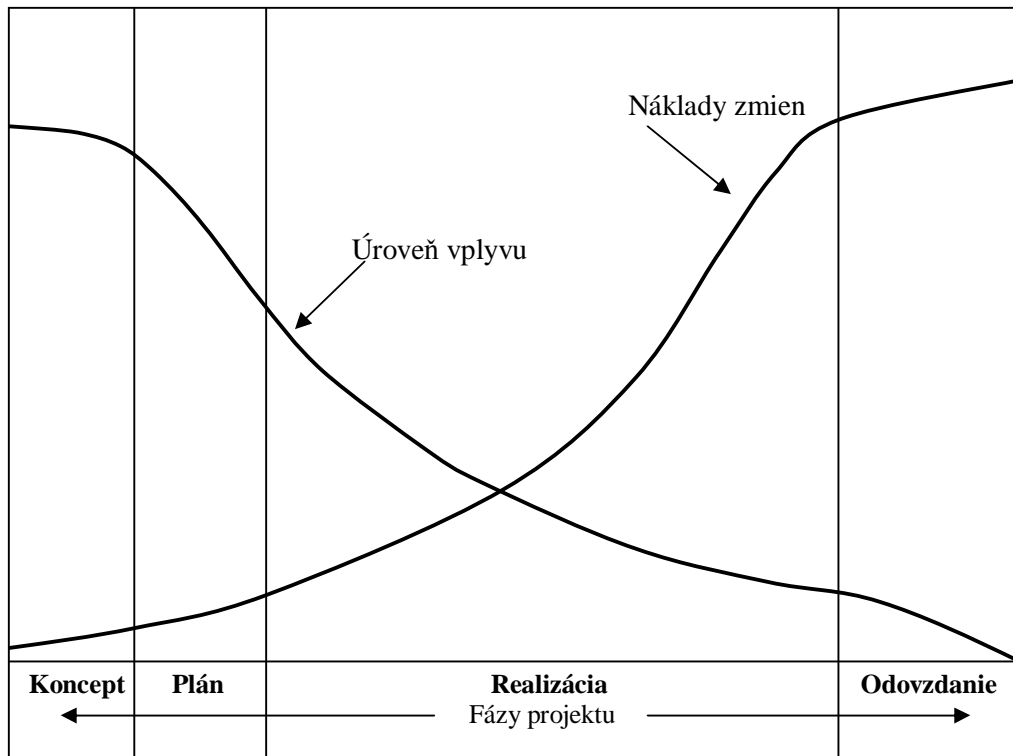


Obr. 7 Priebeh úsilia v životnom cykle projektu Fiala (2004)

Každá fáza je charakteristická určitým stupňom úsilia pre splnenie danej fázy, ktorú je možné meniť napríklad celkovým počtom pracovných hodín.

V predchádzajúcom grafe uvedený priebeh úsilia odráža aj vynaložené náklady. Z obrázku je vidieť aj typické relatívne porovnanie trvanie dôb jednotlivých fáz. Najväčšie úsilie a náklady vyžaduje *realizačná fáza*.

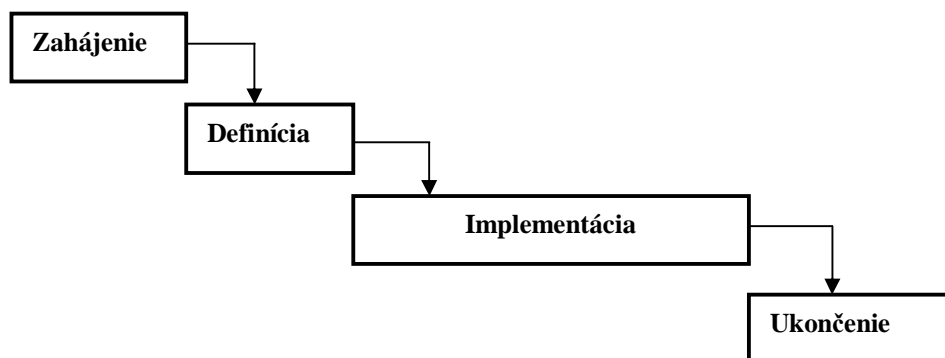
Z hľadiska vplyvu je najdôležitejšia *konceptná fáza*, tu je najväčšia príležitosť na vytvorenie pridanej hodnoty, sú analyzované potreby zákazníka a je vytváraná koncepcia produktu a jeho realizácia. Porovnanie vplyvu a nákladov zmien v jednotlivých fázach je znázornená na nasledovnom obrázku.



Obr. 8 Porovnanie úrovne vplyvu a nákladov zmien v jednotlivých fázach projektu, Fiala, (2004)

Rozšírený a všeobecný životný cyklus podľa Allena (1991) sa skladá z nasledovných fáz:

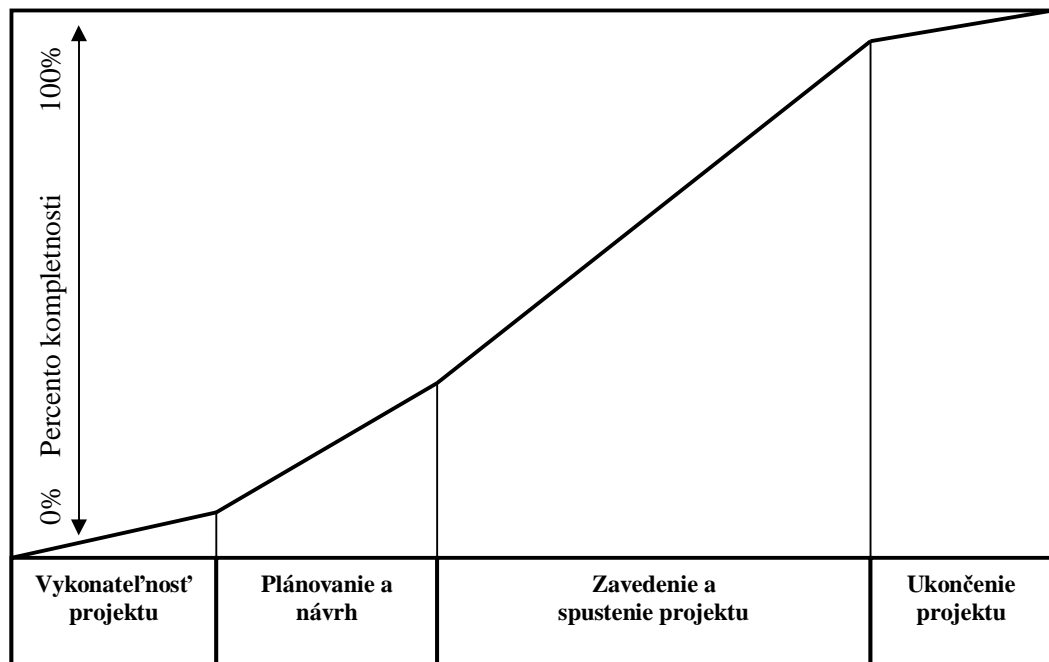
- § otvorenie (Initiation),
- § definícia (Definition),
- § implementácia (Implementation),
- § ukončenie (Completion).



Obr. 9 Životný cyklus projektu (Allen, 1991)

Koncepcná fáza ako uvádza Fiala (2004) je vlastne tímovou analýzou problému s vygenerovaním možných riešení. Identifikujú sa potreby a ciele, pripravuje sa potenciálny tím, stanovujú sa stratégie, hodnotí sa úroveň rizika, odhadujú sa požiadavky na zdroje.

Varianty návrhov na riešenie projektov sú vyhodnocované a z nich je vybraný najvhodnejší variant projektu. Stanovia sa základné smery riešenia, pravidlá, sú zvažované varianty riešenia a prahy nenávratnosti. V tejto fáze sa presadzuje systémovosť projektovania. Na obrázku 10 je znázornený životný cyklus projektu, ako ho definuje Allen (1991). Prvá fáza životného cyklu *vykonateľnosť projektu* niekedy označovaná ako aj *štúdia vykonateľnosti projektu* označuje Chvalovský (2005) ako *pred-etapu* životného cyklu.



Obr. 10 Fázy životného cyklu projektu (Allen, 1991)

Ako uvádza autor, niektoré metodiky považujú etapu *štúdia vykonateľnosti (realizovateľnosť) projektu* za stratu času a finančných prostriedkov. Praktické skúsenosti však spoľahlivo potvrdzujú opodstatnenosť tejto fázy. Táto etapa neslúži len ako podklad pre rozhodovanie firiem pri organizovaní výberových konaní, ktoré sú neoddeliteľnou časťou projektového riadenia, ale aj ako podklady pre potenciálnych dodávateľov.

Štúdia vykonateľnosti projektu sa musí sústrediť na podrobnú a objektívnu analýzu nasledujúcich okruhov otázok:

- ekonomická priechodnosť (je možné realizovať v rámci predpokladaných nákladov?),
- operatívna priechodnosť (existujú disponibilné zdroje a technológie v kvantite a kvalite, ktoré projekt vyžaduje?),

- časová priechodnosť (je možné projekt a jeho jednotlivé etapy dokončiť v predpokladaných termínoch?)
- vykonateľnosť projektu v rámci existujúceho právneho a zmluvného prostredia.

Aj Fiala (2004) považuje *konceptnú fázu* ako východiskovú pozíciu, ktorá by mala vyústiť do *štúdie realizovateľnosti projektu (feasibile study)*. Ako ďalej uvádza, táto štúdia by mala navrhnúť – stanoviť cieľ, postup riešenia a zhodnotiť požadované zdroje pre dosiahnutie cieľa. Pre túto štúdiu autor formuluje nasledovné výstupy:

- kto je zodpovedný,
- kto bude zapojený,
- analyzovaný návrh,
- úrovne detailov,
- spôsoby a termíny hlásenia správ,
- rozpočet.

Z predchádzajúcich bodov vyplýva, že tieto otázky môžu byť aj ako prvé a základné podklady pre riešenie analýzy rizík projektu, ktorá je súčasťou plánovacieho procesu. Podľa skúseností autora pri posudzovaní *vykonateľnosti projektu* je jedným z hlavných kritérií práve správne a dôkladné vyhodnotenie rizík uvažovaného projektu.

Metodika *PRINCE2* síce delí projekt na fázy (stages), ale pomenovaniu týchto fáz sa vyhýba. Viac sa zameriava na procesy vo vnútri projektu. Vlastné delenie na fázy a ich pomenovanie a usporiadanie prenecháva na *Projekt manažérovi* na konkrétnom projekte podľa logických celkov.

Podľa ďalšej metodiky **RUP (Rational Unified Process)** od IBM rozlišuje štyri hlavné fázy (založenie, rozpracovanie, budovanie, zavedenie), ale zároveň zdôrazňuje prelínanie jednotlivých procesov naprieč fázami.

2.3.4 Rozpočet projektu

Rozpočet projektu patrí medzi najdôležitejšie charakteristiky projektu. Je nevyhnutným podkladom pre koordináciu všetkých činností a dodávok, ktoré sú súčasťou projektu. Rozpočet projektu je základom aj pri kontrole postupu projektu vzhľadom k časovému harmonogramu projektu.

Rozpočet projektu je súborom parametrov a číselných údajov, ktoré dávajú do súvislosti časové, množstvové a finančné kvantá, ktoré súvisia s plánom a s realizáciou čiastkových častí projektu ako to uvádza Svozilová (2006).

Rozpočet je súčasťou hlavnej projektovej dokumentácie a zostavuje sa v dvoch fázach projektu:

- 1 koncepcná fáza projektu – v tejto fáze sa vyhotovuje ako podklad pre cenové ponuky, cenové jednania pri príprave a uzatváraní kontraktov. Úroveň presnosti rozpočtu zodpovedá aktuálnemu stavu poznania (predbežný rozpočet projektu),
- 2 plánovacia fáza – v tejto fáze sa tvorí ako súčasť plánu projektu a rozpočet je presný vzhľadom k miere neurčitosti projektu a je záväzný z pohľadu riadenia projektov.

Počas realizačnej fázy môže byť rozpočet aktualizovaný vzhľadom k vzniknutým zmenám. Táto aktualizácia musí byť v súlade s pravidlami, ktoré sú určené kontraktom a schválenou projektovou dokumentáciou.

Druhy nákladov projektu

Všeobecne možno konštatovať, že základy všeobecného rozpočtu sú rovnaké a dajú sa v praxi aplikovať na rôzne odvetvia. Typický rozpočet, ako to uvádza Svozilová (2006) má nasledovné členenie:

Priame náklady (variabilné) – tieto náklady je možno priamo priradiť projektu ako účtovné vyjadrenie zdrojov čerpaných pri realizácii projektu. Medzi tieto náklady patria napríklad:

- § ľudská práca,
- § materiál,
- § prenájom technológií,
- § cestovné,
- § licencie a poplatky,
- § nákup subdodávok,
- § externé služby projektu,
- § poistenie,
- § náklady na financovanie projektu.

Nepriame náklady (režijné - konštantné) – tieto náklady sa do projektu vo väčšine premietajú na základe percentuálnych koeficientov. Spravidla sú to tieto náklady:

- § dane a odvody,
- § náklady na prevádzku budov a technológií spoločnosti,

§ náklady na bankové úroky,

§ podiel krytia nákladov spoločných a podporných funkcií podniku – marketing, externé služby a podobne,

§ osobné náklady.

Ostatné náklady – náklady, ktoré nie sú zahrnuté v predchádzajúcich kategóriách, a ich výšky sú určené na základe iných špecifických analýz.

Náklady na živú prácu

Náklady na živú prácu sú súčasťou variabilných nákladov. Najčastejším spôsobom odmeňovania je hodinová sadzba na konkrétne pracovné činnosti (v tomto prípade montážne práce) pre konkrétnych pracovníkov.

Ročné náklady na živú prácu podľa Rataja (2005) možno vyjadriť nasledovne:

$$rNzP = \left(S_{hod} + \frac{S_{hod} \cdot \sum ODV}{100} \right) RP + CN \cdot RP, \text{ EUR.h}^{-1}$$

kde:

S_{hod} hodinová sadzba, EUR.h⁻¹

$\sum ODV$ súčet percent odvodov prislúchajúcich, S_{hod} ,

RP rozsah práce, h.rok⁻¹

CN cestovné náhrady

Odvody z miezd, ktoré je povinný platiť zamestnávateľ sú predpísané legislatívnymi úpravami. Pre orientačný výpočet možno používať hodnotu odvodov vo výške 35,2 %. Podľa hore uvedeného vzťahu sa vypočítajú náklady pre montážnych pracovníkov pri tvorbe rozpočtu projektu realizácie.

2.4 Projektové plánovanie

2.4.1 Proces plánovania

Pre projektového manažéra, alebo tím pre riadenie projektu je v prvom rade dôležité detailné a realistické plánovanie. Cieľom plánovania projektu je zaistiť:

§ najkratší možný čas trvania projektu,

§ najnižšie náklady,

- § najmenšie riziko,
- § efektívne využitie zdrojov.

Plánovanie projektu je jedna z významných etáp životného cyklu projektu výrobného systému. Etapa plánovania projektu je rozhodujúca pri vlastnej realizácii projektu v procese riadenia projektu.

Plánovanie zahŕňa jasné a presné definovanie čiastkových cieľov projektu, ktoré vedú k dosiahnutiu finálneho cieľa. Plánovanie zahŕňa aj konkrétne aktivity, ktoré sú potrebné na dosiahnutie stanovených cieľov. Cieľom projektu môže byť riešenie určitého problému alebo dosiahnutie určitého stavu, resp. podmienok, odlišných od tých v súčasnosti.

Ako uvádza James et al. (1997) plánovanie je zamerané do budúcnosti. Určuje, čo má byť dosiahnuté a ako. V podstate zahŕňa plánovaciu funkciu manažérskej aktivity, zamerané na stanovenie budúcich cieľov a vhodných prostriedkov pre ich dosiahnutie. Výsledkom plánovacej funkcie je plán – dokument, ktorý špecifikuje akcie, ktoré musí firma uskutočniť.

Plánovacie funkcie vyžadujú od manažérov podľa James et al. (1997) štyri zásadné rozhodnutia, týkajúce sa základných prvkov plánovania:

- § ciele,
- § akcie,
- § zdroje,
- § implementácie.

Ciele sú špecifikované budúce stavy, ktoré majú byť dosiahnuté. Cieľ je teda určitý stav, o ktorom manažér predpokladá, že môže byť dosiahnutý v stanovenom čase.

Akcie sú prostriedky, respektíve špecifické činnosti, plánované pre dosiahnutie určených cieľov.

Pre určenie cieľov a voľbu vhodných aktivít na ich dosiahnutie treba mať k dispozícii *predpoveď* budúcnosti. Manažér nemôže vytvárať plány, ak nepozná *predpoveď* budúcich podmienok a situácií, ktoré môžu ovplyvňovať priebeh plánovacích aktivít a dosahovanie cieľov.

Zdroje predstavujú obmedzenia, ktoré sa musia pri plánovaní akcií rešpektovať. Plán by mal súčasne špecifikovať objem požadovaných zdrojov, ich disponibilitu a alokáciu. Medzi nástroje špecifikujúce zdrojové obmedzenia patrí *rozpočet*, ktorý určuje štruktúru a objem požadovaných zdrojov disponibilných pre realizáciu cieľa.

Implementácia zahŕňa určenie pracovníkov a ich úlohy zamerané na realizáciu plánov.

Všeobecne je plánovanie ako konštatuje Gozora (1996) systematickým rozvojom cieľných programových činností na dosiahnutie podnikových cieľov založených na analyzovaní, vyhodnocovaní a triedení predvídaných príležitostí prostredníctvom plánovaných rozhodnutí. Plánovací proces podľa Gozoru (1996) sa skladá zo šiestich základných prvkov:

1. stanovenie cieľov,
2. vypracovanie alternatívnych metód na dosiahnutie cieľov,
3. rozvíjanie úsudkov, na ktorých sú alternatívy založené,
4. výber najlepšej alternatívy,
5. rozvíjanie plánov na uskutočňovanie vybranej alternatívy,
6. uskutočnenie plánu.

2.4.2 Projektový plán

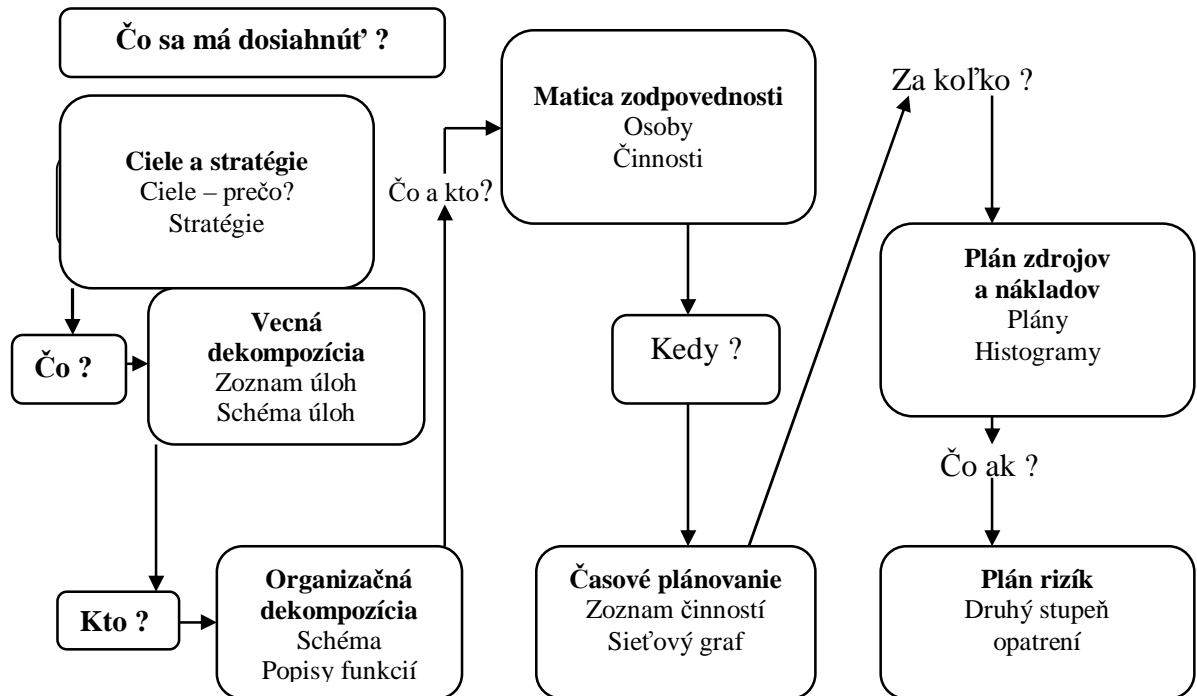
Němec (2002) chápe dôležitosť plánov preto, lebo napomáhajú pri komunikácii medzi subjektmi zúčastnenými pri realizácii projektu, pri riešení odchýlok od plánu a zadávateľovi slúži pri kontrole postupu prác a čerpaní nákladov.

Ako uvádzajú Rosenau et al. (2000) a Němec (2002) pri tvorbe každého plánu treba vždy uspokojivo odpovedať na otázku *prečo* ho zostavujeme, *čoho* sa má dosiahnuť. Preto prvým krokom plánovacieho procesu je stručný popis *cieľov projektu*, ktoré sa definovali na začiatku prípravy projektu.

Chvalovský (2005) pri definovaní cieľa tejto etapy vychádza z definície, ktorá je definovaná v PMBOK a detailne je štandardizovaná napríklad v metodike PRINCE2 a zostáva z niekoľkých častí:

- § identifikačné údaje o projekte,
- § definovať možno čo najstručnejšie a zároveň najvýstižnejšie predmet projektu, to znamená jeho ciele,
- § charakteristiku výsledkov – výstupu projektu,
- § východiskové požiadavky projektu na zdroje (ľudské, finančné a materiálne) – vstupy projektov,
- § charakteristiku kritérií, podľa nich sa bude posudzovať úspešnosť projektu.

Plánovací proces, ktorý ako uvádza Němec (2002) je rozhodujúca činnosť pri riadení projektu pozostáva z postupných plánovacích krokov, ktoré sú uvedené na nasledovnom obrázku.



Obr. 11 Proces plánovania procesu (Němec, 2002)

Základné vlastnosti efektívneho projektového plánu podľa (Rosenau et al. 2000) možno charakterizovať nasledovne:

- § identifikuje všetko, čo je potrebné k úspešnému zakončeniu projektu,
- § obsahuje harmonogram pre načasovanie týchto úloh a súvisiacich míľnikov,
- § definuje potrebné zdroje so zárukou ich dostupnosti v príslušnú dobu a zohľadňuje nasadenie týchto zdrojov a ich riadenie,
- § má rozpočet nákladov pre každú úlohu,
- § obsahuje odpovedajúcu rezervu pre nepredvídané udalosti,
- § je vierohodný ako pre predpokladaných realizátorov tak aj pre manažment.

V procese plánovania **vecná dekompozícia** znamená rozklad systému na **menšie celky** tak, aby bola zrejmalá komplexnosť projektu a bolo uľahčené riadenie a kontrola projektu. V tomto kroku ide teda o odpoveď na otázku ako to má byť urobené, aké konkrétne úlohy bude potrebné splniť v priebehu projektu. Konkrétne ide o zostavenie zoznamu úloh

a určenie ich logických nadväzností, prípadne určenie kľúčových činností, ktoré vyvolávajú potrebu ďalších nadväzných projektov.

Organizačnú dekompozíciu chápe Chvalovský (2005) ako ďalší logický krok pre konkretizáciu predmetu projektu, jeho cieľov, kritérií úspechu a kritických bodov je prvý stupeň k plánu. Úlohou tejto etapy v plánovaní projektov je rozpad projektu do skupín procesov či činností – realizačných etáp, ktoré sú dostatočne autonómne, uzavreté a celistvé preto, aby mohli slúžiť ako k sledovaniu pokroku projektu – vecného naplňovania, ako aj jeho nákladového naplňovania. Zahrňuje schému a popis funkcií. Musí sa určiť organizácia projektového tímu a rozdelené projektové role – popisy funkcií.

Po určení organizácie projektového tímu je nevyhnutné určiť, kto bude mať za čo zodpovednosť Němec (2002). Autor to chápe ako vymedzenie právomocí a zodpovedností členov projekčného tímu – napríklad pomocou matice zodpovednosti. Matica zodpovednosti opisuje vzťahy jednotlivých členov projektového tímu a interných a externých spolupracovníkov k činnostiam (úlohám) riešených v rámci daného projektu. Matica musí byť výsledkom rokovania hlavného manažéra projektu s členmi projektového tímu a aj s členmi tímu spolupracovníkov a aj s ich líniovými vedúcimi.

2.4.3 Časové plánovanie

Rozvrhovanie výroby do *času* ako uvádza Beran (2002) a James et al. (1997) motivuje snaha realizovať výrobu racionálnym spôsobom. Vynaloženie zdrojov by malo byť čo najnižšie. Najdrahším zdrojom vo výrobe býva vynaložený *pracovný a organizačný čas*. Racionalita vynaloženého výrobného a organizačného času je jednou z najdôležitejších otázok ekonomiky výroby.

Prvým krokom ako uvádza Chvalovský (2005) pri časovom plánovaní je vždy zostavenie zoznamu činností s požiadavkami na ich logickú nadväznosť a určenie predpokladaných dôb ich trvania. Vychádza sa z vecnej dekompozície, ktorá sa upraví práve s ohľadom na logickú nadväznosť činností. Tento krok sa môže nazvať ako analýza štruktúry procesu.

Druhým krokom v procese časového plánovania je *analýza času*, výpočet celkovej doby trvania projektu, určenie činností ležiacich na *kritickej ceste* a zistenie časových rezerv v ostatných činnostiach.

Pri organizovaní rozsiahlejšej rekonštrukcie nemožno vystačiť s klasickou formou realizačného harmonogramu podľa Milo (1983), čiže so slovným opisom úloh a s určením termínu a zodpovednosti. Takýto harmonogram zachytáva síce postupnosť prác, ale nie je dostatočne prehľadný, a nedáva okamžitý obraz o prerušení prác rozhodujúcich zariadení a o ich prípadnom nahrádzaní.

Chvalovský (2005) konštatuje, že *odhady nákladov a času činnosti projektu* sú súčasťou koncipovania jadra projektového plánu, ktorým je kompletný harmonogram spolu s rozpočtom.

Účel a ciele harmonogramu projektu zhrňuje takto:

- § Vymedzenie miesta každej projektovej činnosti (aktivity) vnútri celého projektu a ich väzieb na ďalšie projektové aktivity.
- § Definovanie predchádzajúcich a následných aktivít pre každú projektovú činnosť („precedence relationship“).
- § Priradenie realisticky odhadnutých nákladov ku každej projektovej aktivite.
- § Vytvorenie predpokladov pre čo najlepšie využitie zdrojov projektu (materiálu, subdodávateľov, financií a predovšetkým pracovníkov) cestou účinného prekryvania aktivít a presnej identifikácii kritických bodov (takzvaných úzkych profilov – „bottlenecks“) v projekte.

Harmonogram projektu spolu s rozpočtom sú pravdepodobne najčastejšie používaným projektovým dokumentom v priebehu realizácie projektu. Musí byť navrhnutý tak, aby bol prehľadný, čitateľný a umožňoval rýchlu orientáciu.

Voľba nástroja pre zostavenie harmonogramu je závislá na konkrétnom type projektu (stavebný, konštrukčný, podnikové informačné systémy a podobne).

Pri zložitých procesoch možno s výhodou použiť metódy operačnej analýzy. Najznámejšie sú :

- § metóda kritickej cesty – **CPM** (Critical Path Method),
- § metóda hodnotenia a preskúšania programu – **PERT** (Program Evaluation and Review Technique),
- § metóda kritického reťazca.

2.4.4 Analýza štruktúry procesu

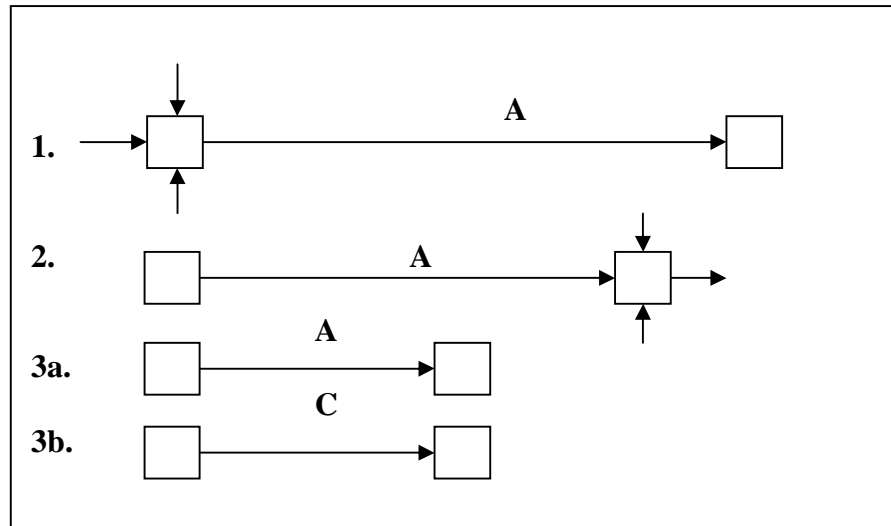
Analýza *štruktúry procesu* je vlastne vytvorenie zoznamu činností, z ktorých pozostáva projekt a ktoré sú potrebné pre dosiahnutie cieľa. Tieto činnosti na seba môžu

vzájomne nadväzovať, alebo prebiehať nezávisle na sebe, alebo paralelne. Němec (2002) uvádza základné nadväznosti jednotlivých činností, ktoré sú uvedené v nasledovnej tabuľke.

§ Činnosti musia byť ukončené skôr, ako daná činnosť A môže začať.

§ Činnosti, ktoré nemôžu začať skôr, než daná činnosť A skončí.

§ Činnosti, ktoré môžu prebiehať paralelne s danou činnosťou A.



Obr. 12 Časové plánovanie – nadväznosť činností (Němec, 2002)

Ďalším logickým krokom podľa autora je zostavenie zoznamu činností. Ako uvádzajú aj autori Fiala (2004) a Beran (2002) pri zostavovaní zoznamu činností je najlepšie postupovať od konca procesu. Jednoduchšie je určiť čo a kedy sa má urobiť, aby mohla byť úloha splnená. Je možný aj postup, keď sa postupuje od začiatku ku koncu. Jednotlivé činnosti projektu sa môžu zapísať do tabuľky, kde sa uvedú základné parametre:

§ označenie činnosti,

§ opis činností,

§ predchádzajúce činnosti,

§ doba trvania.

Po zostavení tabuľky činností je ďalším krokom vytvorenie sieťového grafu.

2.4.5 Sieťová analýza

Ako konštatuje Fiala (2004), medzi najčastejšie spôsoby modelovania projektov patrí grafické vyjadrenie pomocou sieťových grafov. Sieťová analýza je súbor modelov a metód,

ktoré vychádzajú z grafického vyjadrenia zložitých projektov a vykonávajú analýzu týchto projektov z hľadiska času, nákladov a zdrojov potrebných k ich realizácii.

Podľa (Němec 2002, Chvalovský 2005) patrí sieťová analýza medzi najčastejšie aplikované postupy operačného výskumu. V sieťovej analýze sa vyskytujú niektoré špeciálne pojmy, ktoré autor definuje nasledovne.

Činnosť projektu je časovo ucelená transformácia pracovných síl, predmetov, nástrojov a finančných prostriedkov (súhrnne nazývané vstupy činností) do jeho výsledkov, ktorým je určitý výrobok, služba alebo nespotrebované vstupy.

Technologické väzby v projekte sú vyvolané technologickou nadväznosťou jednotlivých činností na seba. Medzi vstupy jednej činnosti patria aspoň niektoré výstupy inej činnosti.

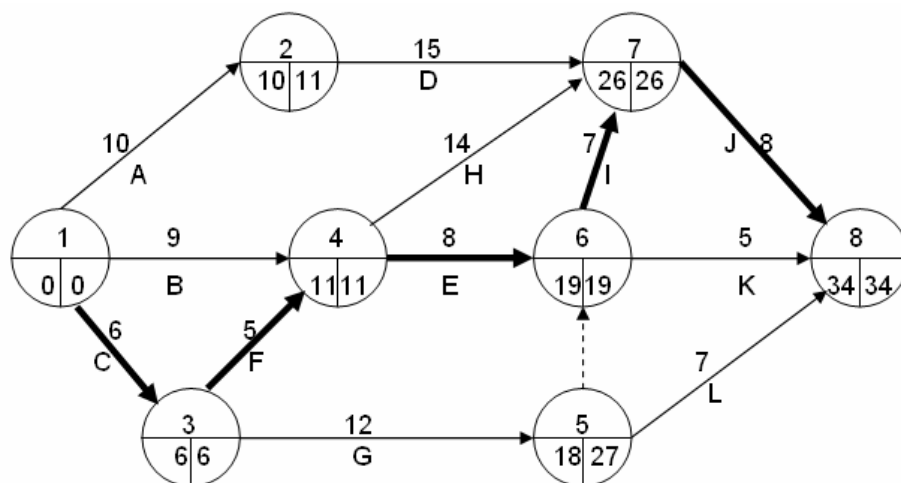
Organizačné väzby sú vyvolané časovým a priestorovým usporiadaním zdrojov.

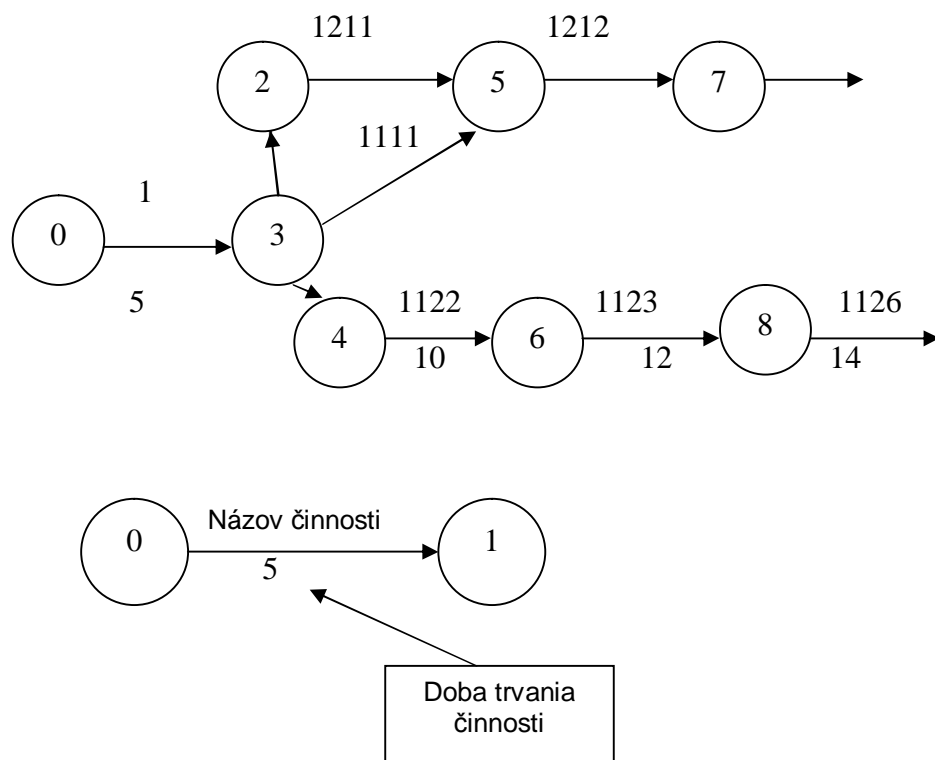
Sieťový graf je matematickým modelom projektu. Podľa interpretácie *základných prvkov* grafu (uzlov a hrán) sa rozlišujú dve hlavné skupiny modelov:

§ **Hranovo definované sieťové grafy** sú modely, kde *hrany* predstavujú *činnosti projektu* a *uzly* reprezentujú *udalosti*,

§ **Uzlovo definované sieťové grafy** sú modely, kde *uzly* grafu predstavujú *činnosti projektu* a *hrany* vyjadrujú *väzby medzi činnosťami*.

Podobne definuje aj Němec (2002) uvedené dve skupiny modelov sieťových grafov a konštatuje, že sieťový graf je *orientovaný, ohodnotený, súvislý, acyklický a konečný* graf. Príklady hranovo definovaných grafov sú uvedené na nasledovnom obrázku.





Obr. 13 Príklad hranovo definovaného grafu (Němec, 2002)

Obidva spôsoby zobrazovania projektu majú určité výhody a nevýhody. Uzlovo definované sieťové grafy umožňujú lepšie vyjadrenie väzieb medzi činnosťami a umožňujú rozlišovať rôzne druhy väzieb.

Analýza času metódou PERT.

Metóda PERT (Program Evaluation and Review Technigue) vznikla v roku 1958 v USA a bola použitá pre riadenie vojenského projektu POLARIS. Táto metóda rieši časovú analýzu projektu pri deterministickej štruktúre projektu a pri stochastickom časovom hodnotení činností.

Pri plánovaní projektov sa musí odhadovať doba trvania jednotlivých činností. Ako uvádza Doležal (2005) cieľom je nájsť čo najpresnejší odhad doby trvania činnosti, aby sa tvorili realistické plány. Pri odhadovaní času je vhodné využiť skúsenosti z vyhodnotenia predchádzajúcich projektov. Sú dva základné spôsoby odhadu, ako to uvádza aj Chvalovský (2005) *stochastický* a *deterministický*.

1. Deterministický spôsob

Činnostiam sa priraduje jeden údaj o dobe trvania. Pri odhadovaní času sa používa najvyšší stupeň z nasledujúcej hierarchie:

- § normy,
- § praktické skúsenosti,
- § odvodené skúsenosti,
- § expertné odhady,
- § odhady.

2. Stochastický spôsob

Ak je kritická cesta v metóde CPM daná súčtom dôb trvania činností s rezervou $R = 0$, potom v metóde PERT to nemôžeme takto definovať, pretože ide o stochastický model. Tu majú všetky činnosti určitú pravdepodobnosť byť na kritickej ceste, lebo sú náhodnými veličinami. CPM využíva deterministické hodnotenie činností a je to vlastne zjednodušená verzia metódy PERT.

V metóde PERT sa trvanie jednotlivých činností určuje pravdepodobnostne (stochasticky). Čas trvania sa tu chápe ako určitá premenná – náhodná veličina, ktorá má určité rozdelenie pravdepodobnosti.

Náhodná veličina je veličina, ktorej hodnota je jednoznačne určená výsledkom náhodného pokusu. Náhodné pokusy sú pokusy, ktorých výsledok sa od jedného prevedenia po druhý líši. V metóde PERT sú náhodnými pokusmi odhady doby trvania činností niekoľkými pracovníkmi, náhodnými veličinami sú výsledky týchto odhadov vo forme hodnôt. Činnostiam sa priradujú tri odhady dĺžky trvania, to znamená že dobu trvania každej činnosti možno definovať na základe troch odhadov - parametrov, ktoré sú uvedené nasledovne:

- § optimistická (t_o) – vychádza z predpokladu mimoriadne priaznivých podmienok pre realizáciu činností,
- § normálna (t_n) – vychádza z predpokladu bežných podmienok pre realizáciu činností,
- § pesimistická (t_p) – vychádza z predpokladu mimoriadne nepriaznivých podmienok pre realizáciu činností.

Výpočet vychádza zo vzorca pre strednú hodnotu ako to uvádza (Doležal, 2005):

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^N a_i}{N},$$

kde:

- μ – stredná hodnota,
- a_i - jednotlivé hodnoty,
- N - celkový počet hodnôt.

Po odvodení:

$$T = \frac{xt_o + yt_n + zt_p}{x + y + z},$$

kde:

- x, y, z - tvoria vektor odhadu $\mathbf{V}=(x, y, z)$,
- T - je stredný odhad doby trvania činnosti, alebo stredná hodnota nami určených odhadov.

Vektor \mathbf{V} môže nadobúdať rôzne hodnoty, napríklad môže byť $\mathbf{V} = (1, 4, 1)$, alebo $\mathbf{V}=(1,5, 1, 2,5)$. Vektor \mathbf{V} je zložený iba z kladných a nenulových čísiel (teda patrí do oboru $\{\mathbb{R}^{\pm} 0\}$), i keď je obvyklé dopĺňovať celé čísla. Za účelom vyššej presnosti ďalej vypočítavaných údajov je vhodné udávať súradnice vektoru odhadu \mathbf{V} v násobkoch 100. Napríklad $\mathbf{V}=(100, 400, 125)$.

Ďalej je možné vypočítať rozptyl, alebo druhú mocninu smerodajnej odchýlky, keď vychádzame zo vzorca:

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2}{n},$$

kde:

- σ^2 - znamená druhú mocninu smerodajnej odchýlky,
 - x_i - znamená jednotlivé hodnoty,
 - n - znamená celkový počet hodnôt,
 - μ - znamená strednú hodnotu.
- Úprava pre PERT vypadá nasledovne:

$$R = \frac{x(t_o - T)^2 + y(t_n - T)^2 + z(t_p - T)^2}{x + y + z}$$

kde:

R - znamená rozptyl,

x, y, z , - sú súradnice vektoru odhadu,

\mathbf{V}, \mathbf{T} - znamená stredný odhad doby trvania činnosti,

t_o, t_n, t_p - sú pôvodné odhady dĺžky trvania činnosti.

Fiala, (2004) vo svojej práci definuje pre náhodnú veličinu doby trvania činnosti nasledovný vzorec.

$$\mathbf{T} = \frac{t_o + 4t_n + t_p}{6}$$

kde použil variantu $\mathbf{V} = (x, y, z) = (1, 4, 1)$

Analýza času metódou CPM

Metóda kritickej cesty CPM podľa Němca (2002) je deterministická metóda, ktorá slúži k analýze kritického priebehu činností v zložitých na seba nadväzujúcich procesov (projektov). Podľa Fialu (2004) je to jedna z najstarších metód sieťovej analýzy, ktorá vznikla v USA. Táto metóda rieši časovú analýzu projektu pri deterministickej štruktúre a deterministickom časovom hodnotení činností.

Deterministická je metóda CPM preto, že do doby trvania činností sú u nej určené jedinou časovou hodnotou (predpokladá sa, že ju vieme pomerne presne stanoviť). Analýza kritického priebehu činností je založená na zostavení sieťového grafu ako modelu projektu a na nájdení kritickej cesty v nej.

Kritická cesta je najdlhšia cesta v grafe po jednotlivých činnostiach bez časových rezerv.

Ako konštatuje Goldratt (1999), metóda kritického reťazca je založená na priamej aplikácii teórie obmedzenia TOC. Podľa Chvalovského (2005) tento prístup býva označovaný za prevratný, považuje sa za prelom v oblasti riadenia projektov, kde v priebehu štyridsať rokov od vzniku metódy kritickej cesty CPM/PERT nič zásadné nevzniklo.

Teória *obmedzenia TOC* vychádza zo známeho faktu, že sila reťaze je určená jeho najslabším článkom a posilňovanie ostatných článkov nevedie k posilneniu celého reťazca.

Teória **TOC** (**Theory Of Constraints**) a kritický reťaz je o tom, na čo treba predovšetkým sústrediť pozornosť. Pre potreby projektového riadenia je možné definovať nasledovné kroky:

- 1 identifikácia systémového obmedzenia (nájsť "najslabší článok" reťaze, to čo spôsobuje, že sa nedá stihnúť, vykonať viacej prác, prijať viacej zákaziek, je to „úzke miesto“ kde sa nedá viacej činností pretlačiť),
- 2 rozhodnutie, aké systémové obmedzenia využiť (čo urobiť, aby sa z toho dalo využiť maximum),
- 3 podriaďiť všetko ostatné čo sa vykonáva týmto rozhodnutiam,
- 4 pozdvihnúť systémové obmedzenia (sústrediť pozornosť v prvom rade na to, ako posilniť to slabé miesto, lebo „pevnosť reťaze je taká, ako jeho najslabší článok),
- 5 ak sa krokom č. 4 systémové obmedzenie odstráni, nasleduje krok č. 1.

Princípy tejto metódy možno aplikovať ako to uvádza aj Basl, Majer, Šmíra (2003) v oblastiach výroby, distribúcií, logistiky, financie, marketingu, ale aj pri riadení ľudí a podnikových stratégiách. Aplikáciu TOC je možné implementovať aj pri informačných systémoch.

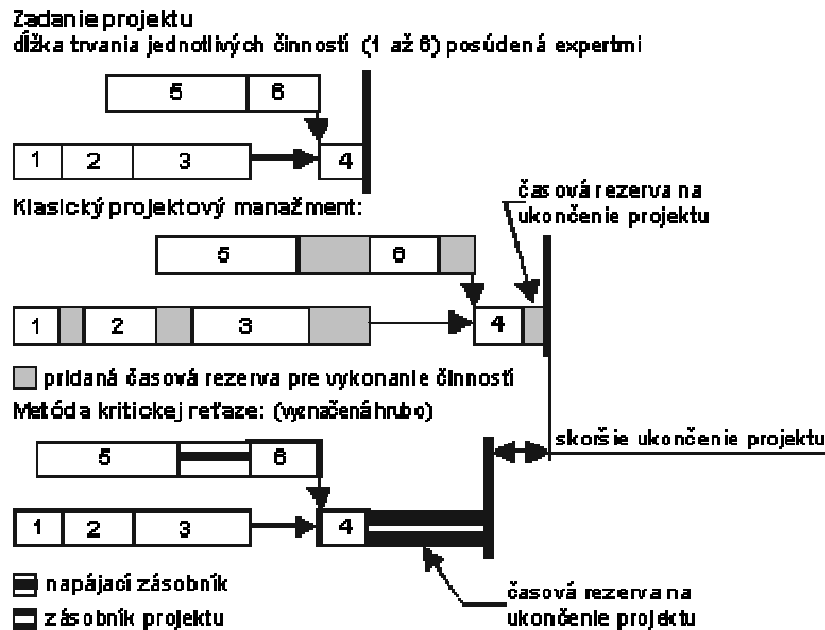
Činnosti ležiace na kritickej ceste sú kritickými činnosťami, a pretože nemajú žiadnu časovú rezervu, dĺžka kritickej cesty tým determinuje najkratšiu možnú dobu trvania celého projektu. Skrátiť termín realizácie projektu je možné len po rozbere kritických činností a návrhu opatrení k skráteniu doby ich trvania, napríklad nasadením ďalších zdrojov (metóda CPM predpokladá, že zdroje sú neobmedzené).

Odlíšnym prístupom k riadeniu projektov je **metóda kritickej reťaze**. Kritická reťaz je postupnosť závislých činností v projekte, ktoré bránia tomu, aby sa projekt skončil v kratšom intervale pri daných obmedzených zdrojoch. Kritická reťaz nie je totožná s kriticou cestou v klasickom projektovom riadení, ale ťahá sa obyčajne cez **kritické zdroje** v projekte.

Pri tejto metóde najskôr vytvoríme časový rozvrh projektu s očakávanými hodnotami trvania činností (bez časovej rezervy) a s rešpektovaním obmedzení jednotlivých zdrojov. Potom **identifikujeme kritickú reťaz**. Termín ukončenia projektu ochránime **zásobníkom projektu** (project buffer) zaradeným na koniec projektu (eliminuje variabilitu trvania činností na kritickej reťazi). Termín ukončenia každej činnosti, ktorá vstúpi do kritickej reťaze, ochránime tzv. **napájacím zásobníkom** (feeding buffer), pretože oneskorené ukončenie týchto činností zákonite spôsobuje časové posunutie v celej kritickej reťazi.

Ak kritický zdroj pracuje súčasne na viacerých projektoch, potom **zásobník pred kritickým zdrojom** (resource buffer niekedy nazývaný aj „wake up“ buffer) bude chrániť termín začatia činnosti na kritickej reťazi u kritického zdroja.

Monitorovanie zásobníkov nám umožňuje sledovať priebeh projektu a robiť prípadné zásahy na dodržanie termínov na kritickej reťazi.

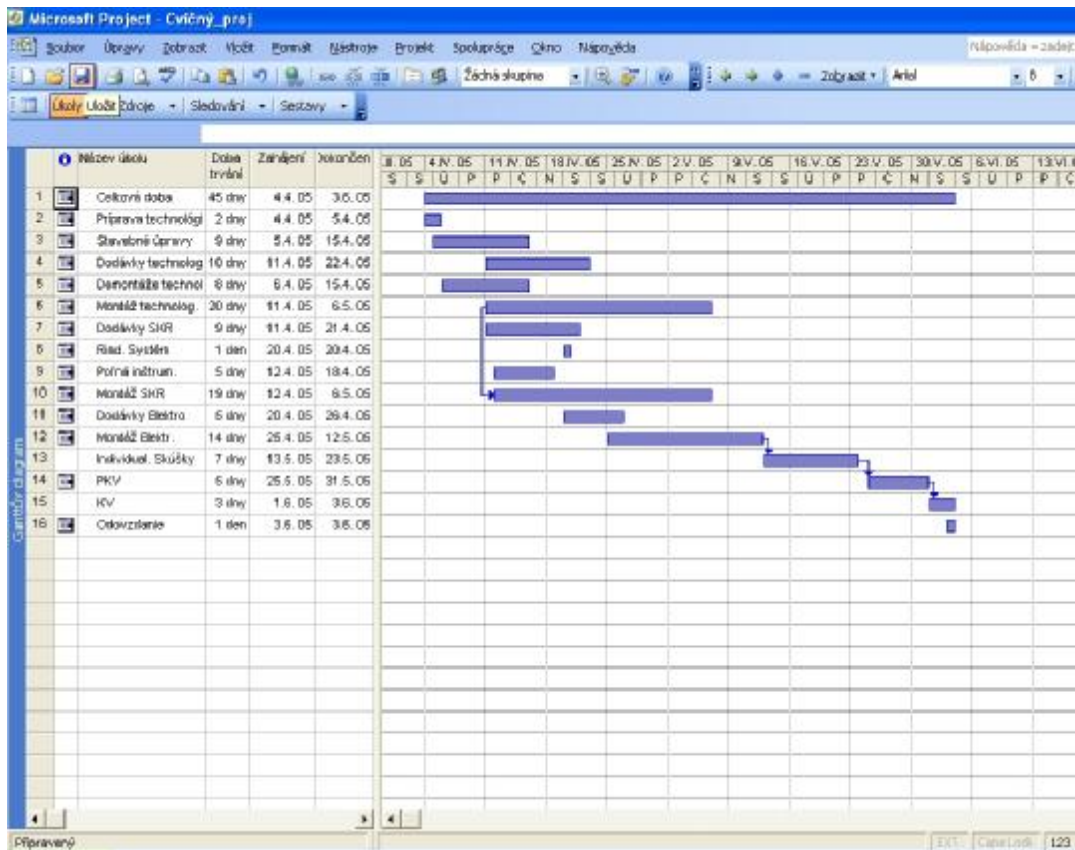


Obr. 14 Aplikácia metódy kritickeho reťazca v časovom plánovaní
(<http://manazment.wordpress.com/2006>)

Ganttov diagram

Ganttové (úsečkové) diagramy sú podľa Meredith, Mantel (2000) ideálnym sklbením jednoduchosti (formy) a účinnosti (obsahu), čo sú faktory, ktoré ho predurčujú k tomu, aby sa stali najviac využívanou podobou harmonogramu projektu.

Projektové produkty sú taktiež postavené na princípe rôznych úsečkových diagramov. Príklad úsečkového Ganttovho diagramu je na nasledovnom obrázku.



Obr. 15 Ganttov diagram v zobrazení MS Project 2003

2.4.6 Riziká projektu

Každý projekt je spojený s určitými rizikami. Tieto riziká sú špecifické, ich charakter vyplýva zo špecifických procesov realizovaných v podobe projektov. S manažmentom rizík projektu sa zaoberá vo svojej práci aj Meredith, Mantel (2000). Tieto problémy riešia aj s podporou softvérových aplikácií ako Microsoft Project a Crystal Ball®. Ako uvádza Maylor (2003) pri plánovaní projektu musíme s týmito rizikami počítať a poznať príčiny. Podľa autora príčiny vzniku projektových rizík majú nasledovný charakter:

1. *príčiny predvídateľné a ovplyvniteľné* – väčšie riziká prinášajú napríklad veľkosť, rozsiahlosť a komplexnosť projektu, nižšie projektová a firemná kultúra, nižšia kvalifikácia a skúsenosti projektantov, nekompetentnosť manažérov, nízka motivácia, krátke termíny, obmedzené financie, úplne nový riešený problém,
2. *príčiny neovplyvniteľné* – zmena politických podmienok, makroekonomická situácia, legislatíva, technický pokrok, disponibilita zdrojov, tieto príčiny vyvolávajú vyššie riziká zvlášť u dlhodobých projektov.

Podľa Svozilovej (2006) riziká a miery neistoty súvisia s množstvom a kvalitou informácií, ktoré má manažér k dispozícii. Vo všeobecnosti platí, že čím viac kvalitných

informácií je k dispozícii, tým je menej neistôt v rozhodovaní a tým menej rizík. Istota znamená, že je k dispozícii dostatok informácií, na základe ktorých je možno rozhodnúť tak, aby výsledok bol podľa pripraveného plánu. Neistota je úplný nedostatok informácií potrebných k rozhodnutiu. Je to situácia, kde sa dá len ťažko uvažovať o tom, aký bude výsledok pripravovaného procesu.

Riziko potom predstavuje situáciu medzi týmito dvoma hore uvedenými stavmi, keď máme informácie, ale nemáme ich dostatok na to aby sme mali istý výsledok. Pritom sme ale schopní dostatočne odhadnúť pravdepodobný výsledok.

Proces riadenia rizík projektu

Proces riadenia rizík – sled aktivít, v ktorých sú prostredníctvom preventívnych alebo korektívnych zásahov odvrátené udalosti a odstránené vplyvy, ktoré môžu ohroziť riaditeľnosť plánovaných procesov, alebo by mohli viesť k iným neželaným výsledkom (Svozilová, 2006).

Riadenie a plánovanie rizika podľa Morrisa (2000) sa skladá z niekoľkých fáz (krokov). Tieto kroky sú nasledovné:

- § Identifikácia rizika (presná definícia príznakov, podľa nich sa dá riziko rozpoznať).
- § *Kvalitatívna analýza rizika* (analýza a popis možného dopadu rizika na projekt a odhad pravdepodobnosti, s ním sa riziko môže vyskytnúť).
- § *Kvantitatívna analýza rizika* (analýza a vyčíslenie dopadu rizika na náklady projektu a jeho harmonogram).
- § Rizikový plán (definícia spôsobu, akým sa v projekte bude reagovať na výskyt rizika).
- § Sledovanie a riadenie rizík (spôsob, akým a v priebehu realizácie projektu odhaľujú príznaky jednotlivých rizík a postupov, ako sa konkrétne naplnil rizikový plán).

V tejto fáze plánovania projektu je potrebné venovať veľkú pozornosť zostaveniu rizikového plánu. Jednotlivé riziká projektu pre prehľadnosť a sledovateľnosť sa zapisujú do *matice rizík*, zobrazená v nasledovnej tabuľke.

Tab. 3 Matica rizík

| Označenie rizika | Stručný opis príznakov rizika | Rizikový plán (reakcie na riziko) | Závažnosť dopadu na projekt (1-5) | Pravdepodobnosť výskytu (1-5) | Stupeň kontroly rizika (1-5) |
|------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

Pre vyplnenie tabuľky rizík platia určité pravidlá. Tieto pravidlá zahrňuje Chvalovský (2005) do nasledovných bodov:

- § Jednoznačné *označenie rizika* (skratka projektu a poradové číslo rizika).
- § *Stručný popis príznakov rizika* – je potrebné voliť popis, ktorý je stručný a pritom dostatočne zrozumiteľný a jednoznačný.
- § *Rizikový plán* je kľúčovým prvkom matice. Tu je možné použiť stručný a výstižný text, alebo sa použije odkaz na príslušný dokument, ktorý bližšie popisuje postup (reakciu) na riziko. Návrh rizikového plánu sa doporučuje vypracovať v spolupráci s členmi projektového tímu.
- § *Závažnosť dopadu* sa ohodnocuje stupnicou v rozsahu 1-5. Pre objektívne posúdenie miery dopadu sa obvykle berie dôraz na dopady na náklady a harmonogram projektu.
- § *Pravdepodobnosť výskytu* – častou chybou býva príliš veľa rizík s vysokou pravdepodobnosťou výskytu.
- § *Stupeň kontroly* – je to podobné ako u pravdepodobností výskytu, pri vysokom hodnotení väčšiny rizík už ide o rozhodovaciu situáciu. Špeciálne pre projekty *informačných systémov* treba uvažovať aj o výskyte situácií, ktoré môžu byť nepravdepodobné.

Riadenie kvality je manažérsky prístup, ktorý zaisťuje potrebnú organizačnú štruktúru, navrhuje ciele a zdroje potrebné pre vytvorenie predmetu alebo služby, a jej vlastnosti budú podriadené požadovanému *štandardu kvality* (Svozilová, 2006).

Podobne definuje riadenie kvality aj (PMBOK, 2005) ako súbor **plánovaných a systematických činností** aplikovaných tak, aby bolo zaistené, že projekt uspokojí požadované štandardy, alebo požiadavky kvality.

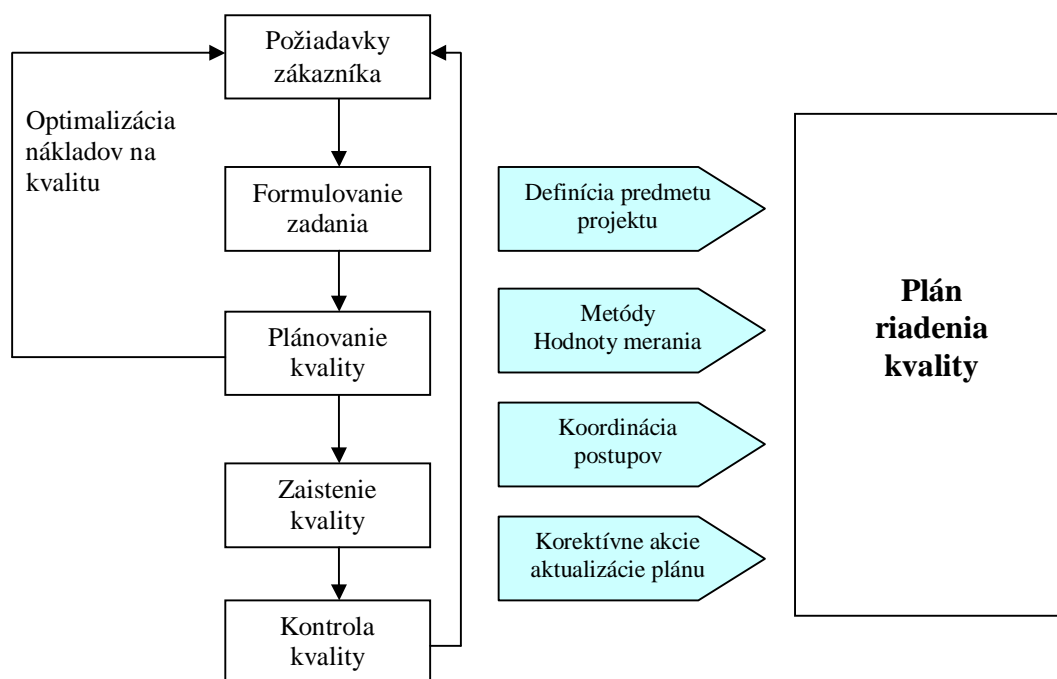
Ako uvádza Chvalovský, (2005) - kvalita je súborom atribútov projektu. Plán riadenia kvality je možné postaviť na úroveň plánu projektu. Čím bude lepší, prepracovanejší a realistickejší (požiadavky na kvalitu projektových výstupov) plán projektu a čím bude účinnejšie jeho riadenie v priebehu realizácie, tým ľahšie zaručíme kvalitu jeho výsledkov. Základnou úrovňou riadenia kvality pri realizácii je skutočne objektívne posudzovanie postupu realizácie a jeho zhody s plánom projektu.

Nástroje pre riadenie kvality možno definovať nasledovne:

- § plánovanie kvality,
- § koordinácia postupov podľa plánu kvality,
- § inšpekcie, merania a audity kvality.

Výstupom procesu riadenia kvality je opatrenie pre zlepšenie kvality tam, kde nebola požadovaná kvalita dosiahnutá.

Na nasledujúcom obrázku je znázornená všeobecná schéma jednotlivých krokov v procese riadenia kvality a ich dopady na jednotlivé časti plánu riadenia kvality.



Obr. 16 Proces riadenia kvality projektu (Svozilová, 2006)

Ďalšou časťou riadenia kvality, ktoré príslušné normy ISO vymedzujú, je presná definícia spôsobu, ako je *dokumentovaný* postup realizácie projektu a organizácia riadenia dokumentácie. Jedným z vysokých nárokov na dokumentáciu je aj potreba spätného sledovania projektu, možnosť hľadania príčiny prípadných chýb, sporných výstupov, zmeny v dokumentácii a podobne.

Koncept riadenia kvality je podľa Svozilovej (2006) oblasť najväčšieho dôrazu manažéra projektu v rámci manažmentu kvality. Proces riadenia projektu a riadenia kvality sú dva riadiace procesy, ktoré sú pre projekt dôležité. Medzi nimi je zásadný rozdiel a to v ich cieľoch:

- § cieľom procesu riadenia projektu je vytvoriť určitú hodnotu z pohľadu definície predmetu projektu, časového plánu a rozpočtu,
- § cieľom procesu riadenia kvality je zaistenie požiadaviek kvality, efektívnosť a účinnosť.

Normy pre systém manažérstva kvality

- § **ISO 9000** – opisuje základy systémov manažérstva kvality, špecifikáciu terminológie systémov manažérstva kvality,
- § **ISO 9001** – špecifikuje požiadavky na systém manažérstva kvality tam, kde organizácia potrebuje preukázať svoju schopnosť poskytovať produkty, ktoré spĺňajú požiadavky zákazníka a použiteľných predpisov, a zameriava sa na zvýšenie spokojnosti zákazníka,
- § **ISO 9004** – poskytuje návod, ktorý berie do úvahy tak efektívnosť, ako aj účinnosť systému manažérstva kvality. Cieľom tejto normy je zlepšovanie výkonnosti organizácie, spokojnosti zákazníkov a ďalších zainteresovaných strán,
- § **ISO 19011** – poskytuje návod na audit systémov manažérstva kvality a environmentálneho manažérstva.

Ako súbor tieto normy vytvárajú súvisiacu skupinu noriem systému manažérstva kvality a uľahčujú vzájomné pochopenie v národnom a medzinárodnom obchode.

Nástroje kontroly kvality

Účinným nástrojom pre zlepšovanie kvality je zavedenie **štatistických metód** do procesu, ktoré pomáhajú hľadať príčiny nestability procesu, kontrolujú účinnosť a efektívnosť nápravných činností, stabilizujú priebeh procesu, čím zvyšujú kvalitu a produktivitu práce (Hrubec, 2001). Aj Svozilová (2006) vo svojej práci uvádza, že pre procesy kontroly kvality sú používané štatistické metódy, ktoré vychádzajú z predpokladu, že pre *kontrolované procesy* existujú požadované parametre kvality a ich prípadné tolerancie.

Ako uvádza Hrubec (2001) štatistické metódy v praxi sú často aplikované iba pri výstupnej kontrole výrobkov ako pri riadení procesov. Aby sa dosiahol úplný účinok týchto metód, treba ich aplikovať na *celé procesy*, ktoré vytvárajú požadovaný výstup. Potom je možné očakávať zlepšenie kvality, rast produktivity a zníženie nákladov.

Štatistické metódy, ktoré sa používajú v priemyselnej praxi delí do troch kategórií:

1. jednoduché (základné) štatistické metódy,
2. stredne ťažké štatistické metódy,
3. náročné štatistické metódy.

Prvú kategóriu charakterizujú tieto metódy:

- § Paretova analýza,
- § diagram príčina – účinok (Ishikawov diagram),
- § vývojový (postupový) diagram,
- § kontrolný hárok,
- § histogram,
- § korelačný diagram,
- § regulačný diagram (Shewartov).

Druhá kategória zahŕňa:

- § štatistická prebierka,
- § metódy štatistických odhadov a testov,
- § metódy plánovania a vyhodnocovanie pokusov.

Do **tretej** kategórie patria:

- § zložité metódy plánovania experimentov,
- § mnohofaktorová analýza,
- § metódy operačného výskumu.

2.5 Riešenie problematiky s podporou informačných technológií

V súčasnej dobe nie je možné riadenie rozsiahlejších projektov bez počítačovej podpory. Väčšina metód riadenia projektov je podporovaná počítačovými programami s vysokým stupňom užívateľského komfortu, relatívne jednoduchou obsluhou a rozsiahlymi možnosťami grafického výstupu pre potreby pracovníkov projektového tímu.

Na trhu je viacej softvérových nástrojov od jednoduchých jednúčelových až po komplikované a komplexné nástroje. Ako uvádza Svozilová a Ahmad, Laplante (2006) tieto programy vo väčšine poskytujú asistenciu v nasledovných oblastiach:

- plánovanie, koordinácia a monitorovanie jednotlivých úsekov projektu – väčšina programov poskytuje plánovacie a trasovacie nástroje využívajúce metódy PERT, PDM a CPM, vrátane časových charakteristík,
- riadenie zmien,
- grafické prezentácie, prehľadná dokumentácia podkladov a relatívne jednoduché ovládanie aj u obsiahlejších a zložitých diagramov,
- vyladenie potrieb personálneho pokrytia jednotlivých úloh a bilancovanie pracovných kapacít,
- podpora analýz a optimalizácia časových a nákladových aspektov projektu,
- prehľadné podklady pre reporty niektoré programy ponúkajú možnosť tvorby špecializovaných zostáv,
- manažment rizík,
- možnosť vzájomnej koordinácii projektov a programov.

2.5.1 Výber počítačovej podpory

Goodpasture (2004) z pohľadu softwarovej podpory člení SW produkty na dve kategórie. Do prvej zahrňuje programy ktoré sú jednoduchšie, väčšinou fungujú izolovane, sú určené pre riadenie projektov menšieho rozsahu.

Druhá kategória zahrňuje komplikované programové moduly, ktoré sú súčasťou celopodnikových informačných systémov. Výhody takého riešenia definuje nasledovne:

- prevádzkovanie jednej základne pre riadenie projektov a využitie potenciálov skupinovej spolupráce,
- lepšiu možnosť kontroly vývoja projektu a jednoduchšie podmienky pre poskytovanie hlásení a reportov,
- vysoká miera systemizácie všetkých úkonov projektového manažmentu, súlad štandardných podnikových metodík a nástrojov riadenia projektov,
- jednoduchá tvorba historických databáz a vysoká využiteľnosť historických dát.

Tieto veľké systémy majú aj svoje nevýhody:

- vysoké náklady na zriadenie,
- nižšia flexibilita v prípade potreby zmien,
- potreba riešenia podmienok pre vzdialený prístup, synchronizáciu a zaistenie integrity dát.

Pri riadení projektu treba sledovať prvky projektového trojuholníka:

- čas,
- finančné prostriedky,
- rozsah.

Zmena a úprava jedného z týchto parametrov vyvolá zmenu u ostatných dvoch. Niektoré udalosti (napríklad neočakávané oneskorenie, prekročenie rozpočtu a zmeny zdrojov, zmena technického riešenia) môžu v pláne spôsobiť problémy. Ak sa informácie o projekte priebežne aktualizujú, bude k dispozícii najnovší stav projektu. Týmto spôsobom sa môžu včas identifikovať problémy, ktoré by mohli ohroziť úspech projektu, a pomocou nástroja Microsoft Project nájsť vhodné riešenie.

Najviac rozšírené sú softvérové produkty ako MS Project od Microsoft, PROJECT PLANER od firmy Primavera, TIME LINE od Symantec, Super Project firmy Computer Associates, Power Project od Asta Development.

MS Project sa stáva celosvetovým štandardom, ktorý poskytuje široké možnosti pre riadenie projektov.

Microsoft Project

V súčasnosti na tvorbu časových plánov, harmonogramov ale aj na vytváranie komplexného plánovacieho procesu používajú sa softvérové prostriedky.

Jedným z nich je aj aplikácia vyvinutá spoločnosťou Microsoft – MS PROJECT. Tento výkonný nástroj dokáže nielen plánovať a sledovať všetky činnosti, ale ich aj kontrolovať.

Stručná charakteristika a popis MS Project

Najrozšírenejšia verzia produktu Microsoft Project 2003 (www.microsoft.com) predstavuje špičkové riešenie v oblasti riadenia projektov, ktoré umožňujú efektívne vytvárať a sledovať projektové plány, riadiť harmonogramy a zdroje, analyzovať projektové informácie.

Balík Microsoft Project 2003 obsahuje programy:

- Microsoft Project Standard 2003,
- Microsoft Office Enterprise Project Management (EPM) Solution, tento balík zahŕňa tieto ďalšie produkty:
- Project Server 2003,
 - Project Professional 2003,

- Project Web Access.

Pre jednotlivcov je určená verzia Project Standard 2003. Je určený pre projektových manažérov pre samostatné riadenie projektov. Možno konštatovať, že program Project Standard 2003 umožňuje:

- zorganizovať prácu efektívnejšie prostredníctvom výkonných plánovacích funkcií a možností,
- sledovať a vyhodnocovať dopad zmien v plánoch a prostriedkoch na celkové projektové plány,
- zobrazit' projektové informácie, ktoré chceme posudzovať,
- pomocou filtrov a skupín sa zamerať na informácie, ktoré vyžadujú pozornosť,
- rýchlo začať prácu s nástrojmi, ktoré pomáhajú zvládnuť metodológiu riadenia projektov, takže zostavovanie plánov a riadenie zdrojov je efektívnejšie,
- používať pomoc a školenia on-line, ktoré poskytujú relevantnú a aktuálnu podporu a odbornú pomoc,
- prevziať šablónu z galérie šablón, čo znamená, že projekt sa nezačína od nuly,
- používať známe nástroje na dosiahnutie komplexnejších a efektívnejších výsledkov bez nutnosti väčšieho školenia,
- ušetriť čas bezproblémovým presúvaním projektových informácií z programu Project 2003 do ďalších programov balíka Office, ako je napríklad Microsoft Office Excel 2003,
- rýchlo sa zorientovať v programe Project Standard 2003, ktorý má aktualizované rozhranie konzistentné s programami balíka Microsoft Office 2003.

Chvalovský (2005) konštatuje vzrastajúci trend smerujúci k vytváraniu virtuálnych projektových skupín a stále intenzívnejšie využívanie internetu ako komunikačného prostriedku.

Riešenie integruje klientske, serverové a webové technológie s cieľom umožniť organizáciám, oddeleniam a tímom riadiť rozsiahle projekty a koordinovať obchodné procesy, a dosahovať lepšie výsledky. Aplikácie Project Professional, Project Server a Project Web Access sú navrhnuté tak, aby vzájomne spolupracovali a ako jeden celok vytvárali riešenie na riadenie projektov na podnikovej úrovni.

Project Server 2003 je flexibilná platforma, ktorá v riešení EPM podporuje riadenia portfólia, zdrojov a funkcie spolupráce. Organizácie môžu server Project Server 2003 používať na centrálnu a konzistentnú ukladanie informácií o zdrojoch a projektoch.

Používatelia sa môžu pri ukladaní, získavaní a práci s údajmi na serveri Project server pripájať na server pomocou aplikácie Project Professional, alebo Project Web Access.

Svojím užívateľským rozhraním a ovládaním koncepčne zapadá medzi najnovšie verzie sady Microsoft Office XP. Aplikácia Project 2003 existuje v dvoch edíciách a tiež ako serverový produkt. Efektívna práca s aplikáciou Project vyžaduje okrem znalostí používania samotnej aplikácie aspoň aj čiastočnú znalosť problematiky projektového riadenia – projekt manažmentu.

Projekt je v podstate plán práce, ktorý má na konci nejaký výsledok. Každý projekt má dátum začiatku a dátum dokončenia. Pričom jeden z údajov je pevne zvolený a druhý je automaticky dopočítaný. Začiatkový dátum volíme v projekte u ktorého nás zaujíma ako dlho bude trvať a kedy končí. V pevne zvolenom dátume ukončenia zisťujeme kedy musíme zahájiť prácu na projekte aby sa nám to podarilo v žiadanom termíne zrealizovať.

Projekt môžeme rozdeliť na menšie časti – **úlohy** (tasks). Každá úloha má určenú **dobu trvania** (duration) a existujú vzájomné väzby medzi nimi, napr. väzba dokončenie – zahájenie, alebo keď dve úlohy musia skončiť naraz, tak je to väzba dokončenie – dokončenie. K úlohám môžeme priradiť **zdroje** (resources). Tie môžu byť **pracovné** (work), teda ľudia, ktorí vykonávajú práce (napr. montáže a pod.), alebo **materiálové** (material). Pracovné zdroje (work) plánujeme podľa zvoleného **kalendára** (calendar), kde nastavujeme pracovný a nepracovný čas. Ku každému zdroju môžeme definovať **náklady** (cost), cenu za jednotku práce alebo za materiál. Project spočíta cenu potrebnú na splnenie danej úlohy a aj celého projektu. Pri výpočte zohľadní aj to, že niektoré úlohy môžu mať pevné ceny.

Po vytvorení projektu sa začína fáza realizácie projektu. Uložíme takzvaný **smerný plán** (baseline), ktorý popisuje náš plán – dobu trvania projektu a jeho cenu. Po rozbehu projektu zadávame reálne časy dokončenia jednotlivých úloh a reálne náklady úloh a môžeme analyzovať, ako sa líši reálna situácia oproti plánu. Môžeme v priebehu prác meniť plán projektu, nasadiť ďalšie zdroje k úlohám, ktoré meškajú, alebo úlohy preplánovať. Môžeme sledovať aj **kritickú cestu** (critical path), to znamená úlohy, ktoré priamo ovplyvňujú dobu trvania celého projektu.

Úlohy v aplikácii Project najčastejšie zadávame v zobrazení **Ganttov diagram** (Gantt Chart). Existujú aj ďalšie vhodné zobrazenia, napríklad **Siet'ový diagram** (Network Diagram)

Pre účely podpory projekčného manažmentu je vyvinutých viacej SW nástrojov. Pre menšie a stredné projekty je vhodný softvérový nástroj od PRIMAVERA - **SureTrak**

Project Manager 3.0 (produkt rovnakej kategórie ako MS Project). Jedná sa o jednoduchý, ale komplexný a efektívny softvér pre plánovanie a riadenie projektov.

Základné vlastnosti SureTrak Project Manager 3.0:

- import/export dát súborov MS Project,
- neobmedzené možnosti zadávania dátumov,
- zobrazovanie časových úsekov vo viacerých formách – stĺpce, histogram, PERT,
- prevod na HTML formu pre vloženie na WEB,
- sledovanie cash – flow,
- viac úrovňové zdroje,
- rôzne variácie – cena – plán – rozpočet,
- sumárne a detailné reporty,
- možnosti upgrade.

2.5.2 Využitie simulácie v procese návrhu výrobných systémov

Simuláciu možno charakterizovať ako experimentovanie s počítačovým modelom reálneho výrobného systému, s cieľom optimalizácie priebehu výroby, prevádzky (Chromjaková, 2006).

Simulačné metódy pútajú stále viac pozornosti odborníkov v mnohých oblastiach. Zachovanie konkurenčnej schopnosti a zvyšovanie úrovne poskytovaných služieb vyžaduje od organizácií neustále zmeny. V podmienkach prísneho sledovania nákladov je potrebné overovať možnosti plánovaných systémov a nachádzať úspešné riešenia. Požiadavky na zmenu technologických či podnikových procesov však so sebou prinášajú isté riziká.

Preto sa stále viacej presadzuje počítačová simulácia, ktorá vďaka svojim schopnostiam simulácie umožňuje riešiť problémy návrhu, analýzy jednotlivých systémov a štruktúr. Simulácia umožňuje najmä:

- pomocou simulácie možno riešiť aj veľmi zložité systémy, ktoré sú ináč ťažko riešiteľné analytickými metódami,
- simulácia umožňuje štúdium chovania sa systému v reálnom aj zrýchlenom čase, alebo spomalenom,
- vedie k tímovej práci,
- simulácia poskytuje väčší prehľad o podnikových procesoch,
- pozorovanie činnosti simulačného modelu vedie k lepšiemu pochopeniu reálneho systému,

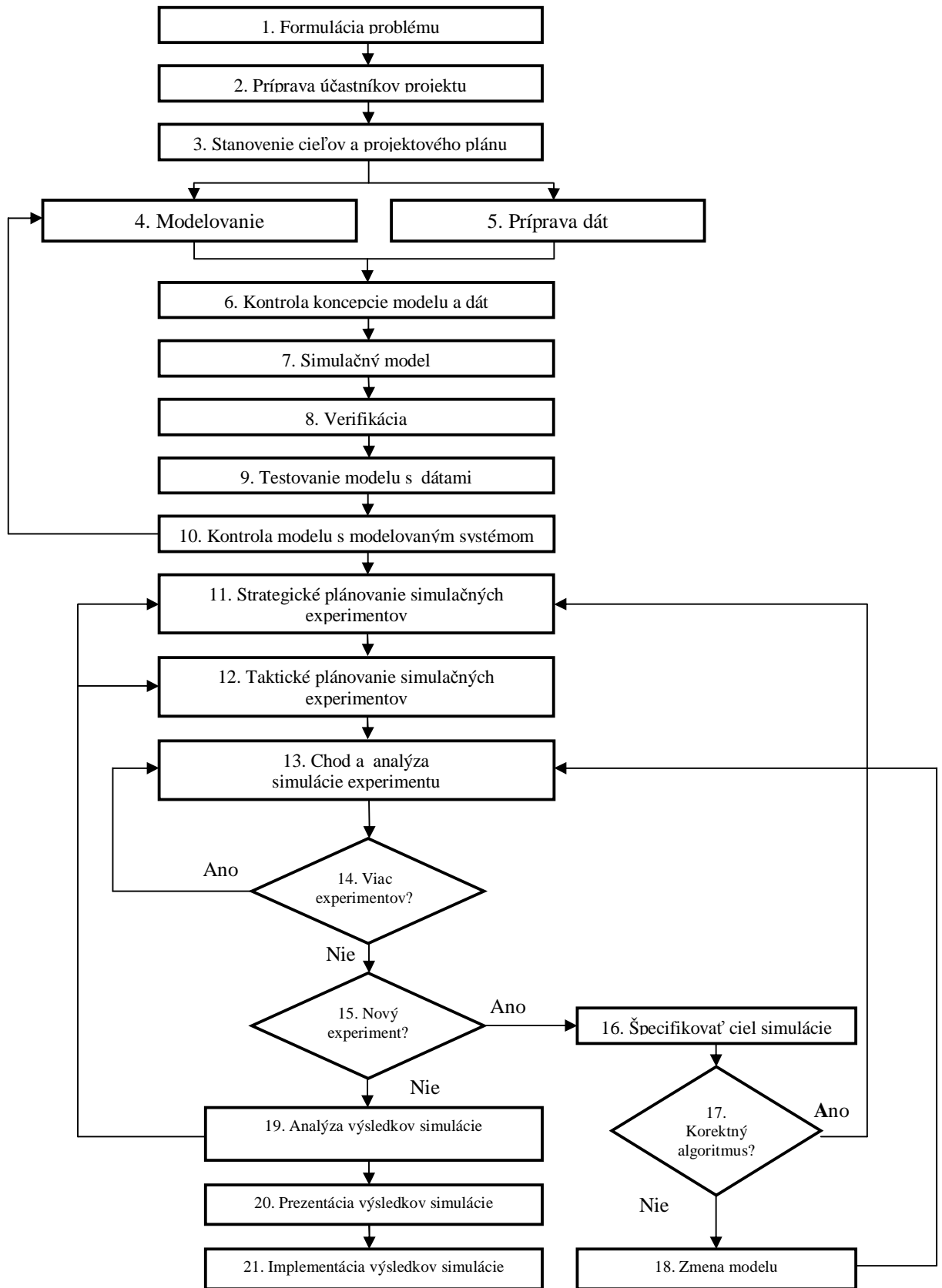
- pomocou simulácie je možné dôkladne preveriť rôzne varianty riešenia a tým minimalizovať riziká chybných rozhodnutí,
- možnosť využitia už raz hotového modelu už raz vytvoreného modelu i v ďalších činnostiach podniku.

Tento systém je určený pre podporu rozhodovania manažérov, a to cestou vytvárania simulačných, dátových modelov a následného experimentovania s nimi. Na základe dostupných znalostí o existujúcich alebo plánovaných systémoch je možné lepšie predpovedať ich správanie v budúcnosti. Systém obsahuje programové nástroje pre interaktívnu simuláciu, optimalizáciu, 3D realitu, Miner (data mining). Prínosom tejto informačnej technológie je metóda získavania znalostí z bázy dát (KDD-knowledge discovery in databases).

Simulácia je zložitý proces, ktorý pozostáva z viacerých činností a postupov. Obecný prístup k simulácii definoval (Groumpos; Merkuryev, 2002) nasledovne:

- popísať ako modelový systém funguje,
- špecifikovať jeho algoritmus,
- vyvinúť simulačný model,
- experimentovanie so simulačným softvérom,
- analyzovať a interpretovať výsledky simulačných experimentov.

Jedna z viacerých blokových schém obecného metodického postupu simulácie ako uvádzajú Groumpos a Merkuryev, (2002) je uvedená na nasledovnom obrázku



Obr. 17 Bloková schéma simulačnej štúdie (Groumpos, Merkurjev 2002)

Vo svete existuje viacero nástrojov od rôznych výrobcov pre návrh, simuláciu procesov a systémov, ktoré sa líšia rôznym grafickým prevedením a prostredím, náročnosťou na prácu so samotným simulačným softvérom.

WITNESS je svetovo najúspešnejší nástroj pre simuláciu výrobných, obslužných a logistických procesov. Používa sa pre podporu rozhodovania vedúcich pracovníkov pri riešení organizačných, technických a prevádzkových problémov súvisiacich riešení najmä so zmenou štruktúry a zlepšovaním podnikových procesov. Ako uvádza Daňek (2007) WITNESS pomáha obmedzovať riziká pri realizácii zmien v organizáciách tým, že umožňuje vytvárať interaktívnym spôsobom vizuálne zrozumiteľné simulačné modely zložitých podnikových procesov, tieto analyzovať a optimalizovať.

WITNESS umožňuje testovať rôzne varianty zmien systému a vyhodnocovať ich dopad na chovanie procesu. Je možné identifikovať úzke miesta vo výrobe, vyhodnotiť náklady a prínosy zmien ešte pred tým ako je zakúpené potrebné zariadenie, zvýšiť výkonnosť organizácie bez potreby rozširovania zdrojov. Užívatelia programu WITNESS ho využívajú napríklad pre:

- návrh výrobných systémov,
- plánovanie a rozvrhovanie výroby,
- rozmiestnenie výrobných zariadení,
- logistiku dodávok komponentov k výrobným a montážnym linkám,
- optimalizácia výroby v automobilovom priemysle,
- optimalizácia procesov v lisovniach, zvarovniach, lakovniach a pri montáži,
- logistika dodávateľských reťazcov.

Stručný popis WITNESS

WITNESS existuje v dvoch verziách – pre oblasť výroby a logistiky je určená verzia "Manufacturing Performance Edition", pre oblasť služieb je určená verzia "Service and Process Performance Edition".

Jadro systému WITNESS dopĺňujú moduly pre optimalizáciu procesov, návrh a vyhodnocovanie experimentov, prezentácií výsledkov simulácií, zobrazovanie v prostredí virtuálnej reality, výmenu informácií medzi nástrojmi WITNESS a Microsoft VISIO, prepojenie s CAD/CAM systémami, dokumentáciu modelov a získavanie údajov z rozsiahlych súborov dát.

Modul Optimizer

Umožňuje využitie užívateľsky definovaných optimalizačných algoritmov. Optimalizácia podnikových procesov je v súčasnosti predmetom intenzívneho výskumu. Táto funkcia umožňuje vedeckým pracovníkom vývoj vlastných optimalizačných algoritmov, ktoré môžu aplikovať na modely vytvorené v programe WITNESS.

Modul MINER

Program pre získavanie znalostí z rozsiahlych súborov dát (Data Mining). WITNESS MINER sa dá použiť k odhaľovaniu doposiaľ neznámych väzieb medzi prvkami systémov, k nájdeniu logických pravidiel a zákonitostí vo veľkom objeme dát, ktoré sú v organizácii k dispozícii. Výsledkom mnohonásobne opakovanej simulácie procesov, ktorá je podstatou metódy Monte Carlo ako aj optimalizácie je veľké množstvo uložených dát, v ktorých sa potenciálne skrýva omnoho viac informácií, než je iba jedna hodnota cieľovej funkcie.

WITNESS MINER umožňuje následnú analýzu týchto dát s cieľom získania lepšieho porozumenia procesov, ktoré prebiehajú v rámci projektov. Miner je oddelenou aplikáciou, ktorú je možné využiť so simulačným nástrojom ako aj samostatne.

WITNESS Server

Je to nový modul systému WITNESS pre vytváranie aplikácií, ktoré spúšťajú simulačné modely na centrálnom serveri. Výsledky simulácie sú potom k dispozícii klientom v rámci počítačovej siete. Modul obsahuje nástroje pre ovládanie simulácie z prostredia programu Excel a prostredníctvom WWW rozhrania. WITNESS Server ponúka množstvo utilít, ktoré slúžia k vzdialenému nastaveniu a monitorovaniu činnosti serveru.

3. CIEĽ

Doktorandská dizertačná práca popisuje problematiku biomasy, jej využitia na energetické účely a budovanie energetických zariadení na spaľovanie biomasy z hľadiska manažmentu technických činností potrebných pri návrhu, riešení štruktúry a realizácii výrobných systémov v oblasti monitorovania, riadenia a automatizácie technologických procesov týchto systémov.

Obecným cieľom predloženej doktorandskej dizertačnej práce je poukázať na možnosti využitia informačných technológií v manažmente technických činností pri riešení štruktúry výrobného systému energetického zariadenia na spaľovanie biomasy.

Cieľom je navrhnuť projekt realizácie pre *Systém kontroly a riadenia technologického procesu spaľovania biomasy* v zmysle metodiky a poznatkov projekčného riadenia pre realizáciu projektu, ktorý bol realizovaný formou projekčného riadenia v spoločnosti *Smrečina Hofatex, a.s.* Pri riešení danej problematiky bude využívaný podporný softvérový nástroj Microsoft Project 2003. Z tohto zámeru vyplývajú nasledovné čiastkové ciele:

- navrhnuť systém pre meranie množstva vyrobeného a odovzdaného tepla, vykonať kontrolné merania, vyhodnotiť merania, vykonať energetickú analýzu účinnosti využitia tepelnej energie a spracovať odporúčenie pre jeho následné možnosti využitia aj v iných oblastiach,
- pre realizáciu projektu „Systém kontroly a riadenia technologického procesu spaľovania biomasy“ spracovať optimálny projektový plán a harmonogram tak, aby boli splnené zámery predmetného projektu a vyhodnotiť priebeh realizácie predmetného projektu z hľadiska vhodnosti uplatnenia softvérového nástroja MS Project Professional 2003,
- uplatniť programový systém WITNESS pre návrh a riešenie štruktúry výrobných systémov a analyzovať aspekty jeho využitia.

Riešenie dizertačnej práce sa realizovalo v podmienkach spoločnosti Smrečina Hofatex, a.s. Banská Bystrica počas realizácie nového energetického systému na výrobu tepla a elektrickej energie pomocou spaľovania biomasy.

Pracovné hypotézy

1. Implementácia informačných technológií v manažmente *technických činností* umožňuje získať kvalifikovaný prehľad o technických a ekonomických aspektoch systému pre využívanie biomasy na energetické účely.
2. Automatizovaný zber a vyhodnocovanie údajov o množstve tepla umožňuje objektivizovať poznanie o energetickej náročnosti skúmaného výrobného systému.
3. Použitie regresnej a korelačnej analýzy pri skúmaní a určení miery závislosti medzi kvantitatívnymi znakmi umožňuje kvantifikovať vzájomné vzťahy medzi jednotlivými technologickými parametrami pary a horúcej vody (tlak, teplota, prietok) a percentom využitia tepelnej energie.
4. Použitie novej technológie sušiaceho tunela pre výrobu drevovláknitých dosiek zvyšuje účinnosť využitia tepelnej energie a tým aj celkovú energetickú bilanciu technológie celého výrobného systému drevovláknitých dosiek.
5. Používanie modelového a simulačného systému WITNESS umožňuje efektívne zostavovať – navrhovať štruktúru výrobných systémov a hľadať optimálnu skladbu systému.
6. Aplikácia Microsoft Project v procese plánovania a realizácie projektu „Systém riadenia regulácie technologického procesu spaľovania biomasy“ umožňuje efektívne plánovanie, organizáciu práce a komunikáciu.

4. METODIKA PRÁCE

4.1 Charakteristika podmienok experimentu

4.1.1 Určenie cieľa

Ako vyplýva z vytýčeného cieľa, čiastkovým cieľom je navrhnuť automatizovaný systém pre meranie množstva vyrobeného a spotrebovaného tepla, vykonať a vyhodnotiť merania. Pre meranie použiť moderné meracie prístroje, overiť funkčnosť systému, jednotlivých komponentov a jeho úžitkové vlastnosti na základe dlhodobého merania v prevádzke. Namerané údaje budú slúžiť ako podklad pre analýzu vhodnosti navrhnutého meracieho systému pre daný účel a pre vyhodnotenie tepelnej bilancie sušiarňí drevovláknitých dosiek a spracovanie odporúčenia pre možnosti využitia navrhovaného systému aj v iných oblastiach.

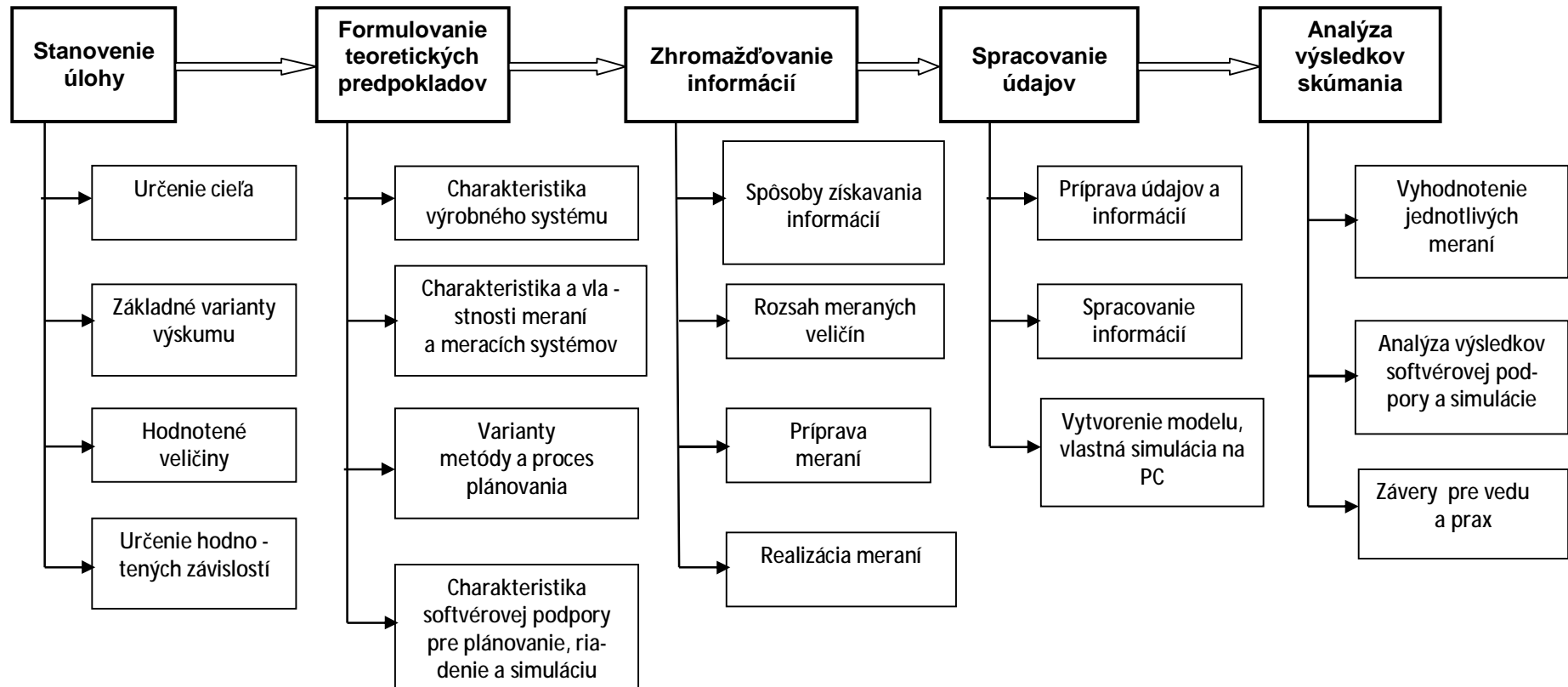
4.1.2 Podmienky a miesto experimentu

Experiment a merania sa uskutočnili v podniku Smrečina Hofatex, a.s. Banská Bystrica, (ďalej len SH B. Bystrica) počas výstavby energetického zdroja na kombinovanú výrobu tepelnej a elektrickej energie spaľovaním biomasy a rekonštrukcie výmenníkov tepla a potrubných rozvodov pre výrobné linky drevovláknitých dosiek (ďalej len DVD) v rokoch 2006 – 2007. Jednotlivé čiastkové ciele práce boli vykonané počas prípravy a realizácie projektu „Automatizovaný systém kontroly a riadenia energetického zdroja na spaľovanie biomasy“.

Smrečina Hofatex a.s. je tradičný výrobca izolačných materiálov na báze dreveného vlákna. Izolačné drevovláknité dosky sa vyrábajú mokrým spôsobom bez použitia lepidiel. Meranie množstva vyrobeného a odovzdaného tepla je dôležitou súčasťou bilančného systému výrobného systému DVD a energetického systému na výrobu tepla. Vyrobené teplo vo forme prehriatej pary slúži pre potreby výrobného závodu ako časť vstupnej energie pre výrobné linky, ako aj pre vykurovanie objektov a výrobu teplej úžitkovej vody. Prehriata para sa používa ako zdroj tepelnej energie pre sušiarne drevovláknitých dosiek.

Pri spracovaní dizertačnej práce sa postupovalo podľa hlavných bodov metodológie, ktoré sa členia na ďalšie čiastkové postupy prác. Schéma obecného metodického postupu prác je uvedená na nasledovnom obrázku.

OBECNÁ ŠTRUKTÚRA METODICKÉHO POSTUPU



Obr. 18 Obecná schéma metodického postupu riešenia zvolenej problematiky

4.2 Definovanie štruktúry výrobného systému

Štruktúru výrobného systému možno všeobecne charakterizovať podľa nasledovných bodov:

- charakteristika nového výrobného systému na výrobu tepelnej a elektrickej energie pomocou spaľovania biomasy,
- charakteristika projektu a štruktúry systému kontroly a riadenia výrobného systému,
- charakteristika technických činností súvisiacich s realizáciou predmetného projektu.

4.2.1 Charakteristika výrobného systému

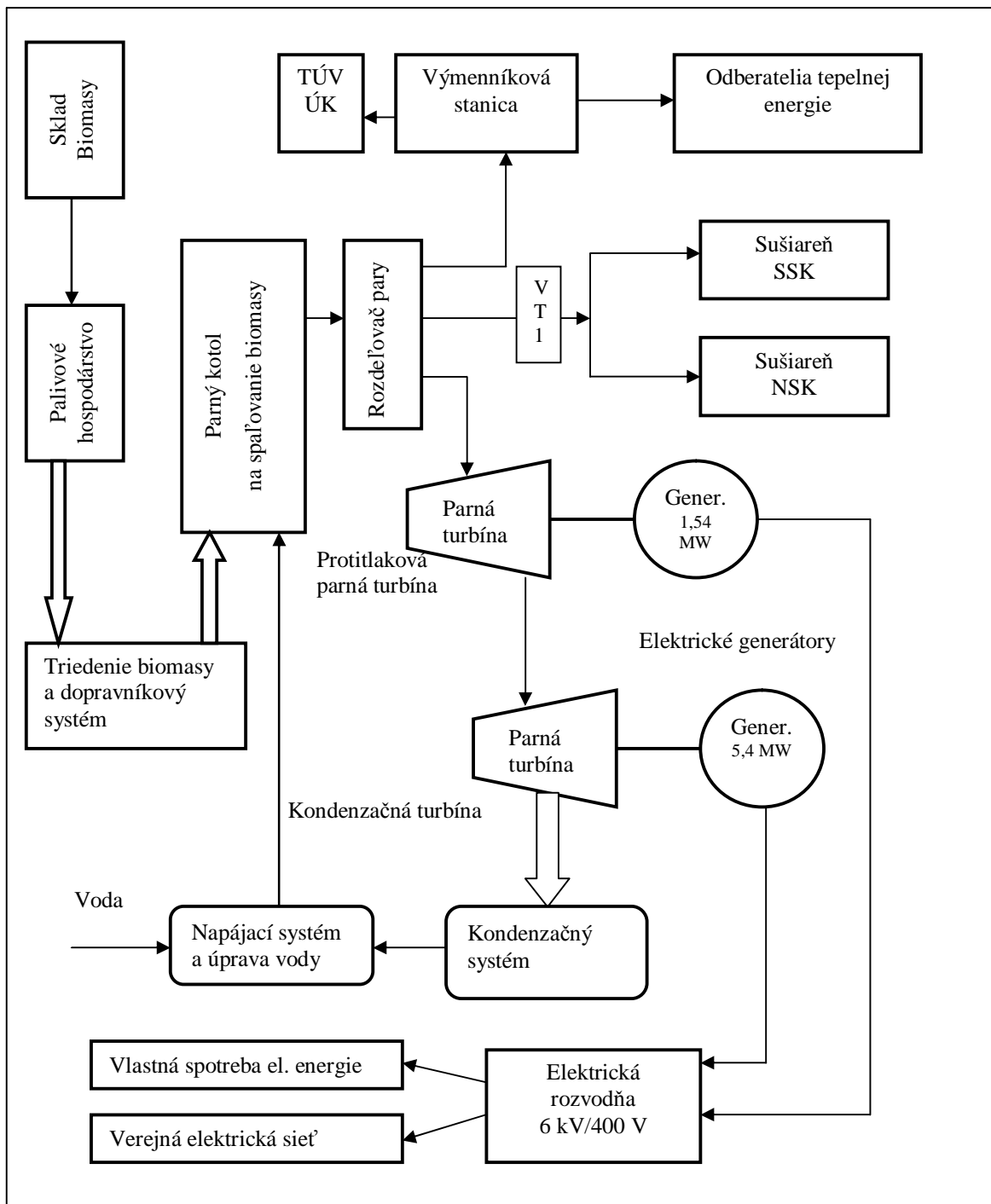
Novobudované energetické zariadenie slúži na spaľovanie biomasy a následnú výrobu pary a elektrickej energie. Energetické zariadenie spaľuje biomasu, ktorá vzniká ako odpad z výrobného procesu a lesnú štiepku. Biomasa ako palivo je zložená z drevnej štiepky a zmesi drevného prachu s pilinami.

Vyrobená para slúži pre potreby technológie výrobných liniek v závode, na vykurovanie, ako aj na výrobu elektrickej energie prostredníctvom protitlakovej parnej turbíny s výkonom 1,54 MW a následne po redukcii tlaku kondenzačnou parnou turbínou s výkonom 5,4 MW. Vyrobená elektrická energia pokrýva vlastnú spotrebu závodu a prebytočná energia sa prenáša do verejnej elektrickej siete.

Tento uvedený spôsob výroby elektrickej energie z biomasy je založený na jej priamom spaľovaní a výrobe pary, ktorá poháňa parné turbíny podobne ako je to v klasických (uholných) elektrárnach. Celé energetické zariadenie na spaľovanie biomasy sa skladá z nasledovných hlavných technologických celkov (súborov):

- Kotel na spaľovanie biomasy
- Kondenzačný systém
- Potrubné rozvody pary
- Redukčná stanica pary
- Palivové hospodárstvo
- Dopravníkový systém, triedenie biomasy
- Chemická úprava vody
- Tepelná úprava vody a napájanie kotla
- Parné turbíny a elektrické generátory
- Systém kontroly a riadenia
- Prevádzkový rozvod silnoprúdu

Bloková schéma novobudovaného energetického bloku na spaľovanie biomasy a výroby tepla a elektrickej energie je uvedená na obrázku 19.



Obr. 19 Principiálna schéma energetického zariadenia na spaľovanie biomasy

Hlavnou časťou celého energetického zariadenia na spaľovanie biomasy je energetický kotol.

Základné technologické parametre energetického kotla na spaľovanie biomasy sú uvedené v nasledovnej tabuľke.

Tab. 4 Základné parametre energetického kotla na spaľovanie biomasy

| Ukazovateľ | Jednotka | Hodnota |
|-------------------------|-------------------|---------|
| Množstvo vyrobenej pary | t.h ⁻¹ | 30,0 |
| Teplota prehriatej pary | °C | 465,0 |
| Tlak prehriatej pary | MPa | 6,3 |
| Teplota napájacej vody | °C | 105,0 |
| Výstupná teplota spalín | °C | 180,0 |

Na nasledujúcich obrázkoch sú zobrazené niektoré hlavné technologické časti výrobného systému pre spaľovanie biomasy a výroby tepla a elektrickej energie. Na obrázku 20 je zobrazený hlavný šikmý dopravník, ktorý dopravuje biomasu zo skladu biomasy do budovy kotolne. Pri sklade biomasy je sústava ďalších dopravníkov (obrázok 21), ktoré slúžia na odoberanie biomasy zo skladu a triediace dopravníky, ktoré slúžia na čistenie biomasy od hrubých nečistôt (konáre, kamene).



Obr. 20 Hlavný šikmý dopravník biomasy a budova kotolne



Obr. 21 Operatívny sklad biomasy, triedenie biomasy a hlavný dopravník biomasy

Po vyčistení biomasy ďalší šikmý dopravník vynáša biomasu na hlavný dopravník, ktorý dopravuje biomasu do kotolne do dvoch priebežných zásobníkov. Tieto zásobníky tvoria zásobu paliva pre horák kotla. Zásobníky plní cyklicky hlavný dopravník. Zásobník paliva je zobrazený na obrázku 22. Z tohto zásobníka je biomasa odoberaná skrutkovitými dopravníkmi a dopravovaná na spaľovanie do kotla ventilátorom.

Na obrázku 23 je zobrazená strojovňa v kotolni, kde sú umiestnené turbogenerátory a príslušné pomocné technologické okruhy (olejové hospodárstvo, chladiace systémy, redukčná stanica pary, potrubné rozvody pary).

Vyrobená para z parného kotla postupuje do rozdeľovača pary. Z rozdeľovača pary postupuje para do protitlakovej turbíny, kde odovzdá časť svojej energie formou vyrobenej elektrickej energie (1,54 MW). Z výstupu protitlakovej turbíny postupuje tlakovo zredukovaná para do kondenzačnej turbíny s elektrickým generátorom o výkone 5,4 MW. Z výstupu turbíny parná zmes vstupuje do vzduchom chladeného kondenzátora, kde skondenzuje. Kondenzát sa po tepelnej a chemickej úprave vracia do technologického procesu. Z rozdeľovača pary sa para podľa potreby využíva ako vstupná energia pre sušiarne drevovláknitých dosiek prostredníctvom výmenníka tepla VT1, alebo vstupuje do výmenníkovej stanice, kde slúži na ohrev teplej úžitkovej vody a ústredného kúrenia.



Obr. 22 Priebežný zásobník biomasy a skrutkovité dopravníky pred horákom kotla



Obr. 23 Pohľad do strojovne kotolne pre spaľovanie biomasy



Obr. 24 Protitlaková turbína s elektrickým generátorom 1,54 MW_e



Obr. 25 Kondenzačná turbína s elektrickým generátorom 5,4 MW_e



Obr. 26 Vzduchový kondenzátor pre kondenzačnú turbínu

Vyrobená elektrická energia z obidvoch turbogenerátorov sa využíva pre zníženie vlastnej spotreby z distribučnej siete.

4.2.2 Charakteristika projektu a súvisiacich technických činností

Prevádzkový súbor „Systém kontroly a riadenia“ (v skratke SKR) zaisťuje pre všetky technologické zariadenia automatické riadenie, kontrolu a monitorovanie príslušných technologických procesov. Charakteristiku jednotlivých častí projektu a metodické postupy projektu možno členiť nasledovne:

- § zámer a zadanie projektu,
- § prípravné práce,
- § projektovanie systému,
- § príprava činností súvisiacich s realizáciou projektu,
- § vypracovanie projektu realizácie formou projektového riadenia,
- § realizácia diela,
- § ukončenie a vyhodnotenie projektu.

4.3 Zostavenie a lokalizácia merania množstva tepla

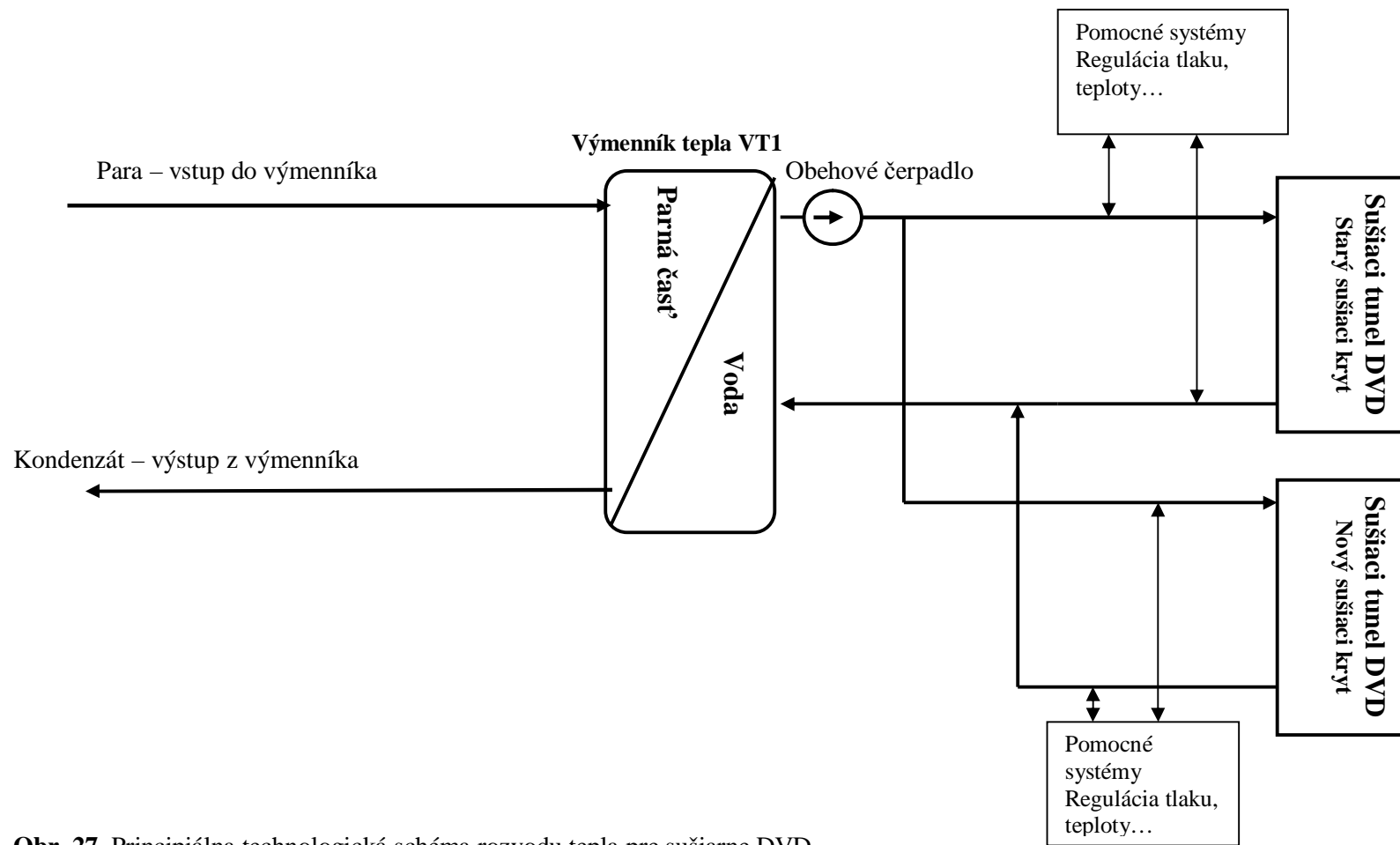
Metodický postup návrhu a zostavenia automatizovaného systému pre meranie a vyhodnotenie množstva tepla pre okruh výmenníka tepla sušiarňí drevovláknitých dosiek pozostáva z nasledovných hlavných bodov:

- charakteristika systému pre výrobu a distribúciu tepelnej energie,
- lokalizácia elektronických meračov tepla pre výrobu a jednotlivých odberateľov tepelnej energie,
- návrh meracieho okruhu merania tepla,
- návrh a charakteristika jednotlivých komponentov meračov tepla,
- návrh systému pre zber a vyhodnotenie údajov z meračov tepla,
- definovanie meraných parametrov,
- zber a archivácia nameraných údajov,
- štatistické vyhodnotenie výsledkov meraní,
- na základe vyhodnotenia výsledkov merania spracovať odporúčanie pre možnosti využitia navrhovaného systému pre ďalšie oblasti aplikácie.

Pri zostavovaní meracieho systému a určovaní meracích miest sa vychádzalo z metodického pokynu uvedeného v smernici Úradu pre normalizáciu a skúšobníctvo SR – MPM 06-98, „*Smernica pre prípustné metódy merania tepla vo vodnej pare a v kondenzáte v obchodnom styku*“, (1998) a z príslušnej metrologickej legislatívy, ako je vyhláška Slovenskej republiky č. 75/2001 Z. z., a príslušné prílohy vyhlášky, ktoré upravujú podmienky pre jednotlivé merania, ktoré sú uvedené nasledovne:

- príloha č. 51 - Merače tepla,
- príloha č. 53 - Prietokomery ako členy meračov tepla,
- príloha č. 37 - Teplomery.

Na nasledujúcom obrázku je uvedená principiálna technologická schéma okruhu výmenníka tepla VT1. Na schéme sú uvedené rozvody pary a horúcej vody pre starý a nový sušiaci kryt (tunel) technológie výroby drevovláknitých dosiek.



Obr. 27 Princípna technologická schéma rozvodu tepla pre sušiarne DVD

Pri navrhovaní jednotlivých komponentov okruhu merania tepla boli zohľadnené metrologické, prevádzkové ako aj ekonomické charakteristiky jednotlivých komponentov. Ako uvádza aj Šturcel (2002), tieto vlastnosti možno charakterizovať nasledovne.

Metrologické vlastnosti:

- presnosť od 0,5 % do 0,1 %, rýchla reakčná doba,
- možnosť linearizácie a teplotnej kompenzácie,
- unifikovaný výstupný signál,
- presný programovateľný merací prevodník,
- predstaviteľnosť rozpätia základného rozsahu.

Prevádzkové:

- bezúdržbové meracie členy,
- možnosť diaľkovej diagnostiky,
- výstupy umožňujúce komunikáciu ako HART, Foundation Fieldbus, PROFIBUS,
- diaľkové nastavovanie parametrov.

Ekonomické:

- pomer ceny k výkonu pri zachovaní kvality a spoľahlivosti prístrojov,
- podpora servisu a údržby.

Charakteristika a vlastnosti meracích systémov

Pri návrhu a zostavovaní obvodov pre meranie množstva tepla sme postupovali podľa všeobecnej metodiky a charakteristiky pre metódy merania množstva tepla.

Členmi merača tepla pre meranie množstva tepla v pare a vo vode ako uvádza Altendorf et al. (2004) a Knorová (2005) sú:

- prietokomer pre paru,
- snímač teploty pary,
- snímač tlaku pary,
- kalorimetrické počítadlo.

Pre meranie množstva tepla vo vode (kondenzáte):

- prietokomer pre pretečené množstvo vody,
- snímač teploty horúca vetva,
- snímač teploty studená vetva,
- kalorimetrické počítadlo.

Ako uvádza smernica „Prípustné metódy merania tepla v pare a v kondenzáte v obchodnom styku“ (MPM 06-98, 1998), pri určovaní množstva dodaného tepla parou sa od množstva tepla v pare odpočíta množstvo tepla obsiahnutého vo vrátenom kondenzáte. Pri tejto metóde merania množstva dodaného tepla parou sa množstvo vráteného kondenzátu nemeria, lebo je zaistené 100% množstvo vráteného kondenzátu. V našom prípade je 100% návratnosť zaistená zaručeným uzatvoreným okruhom, ktorý sa skladá z nasledovných častí:

- rozdeľovač pary,
- prívodné potrubie,
- výmenník tepla,
- vratné potrubie,
- zberač kondenzátu.

Pri tejto metóde sa meria len teplota vráteného kondenzátu za výmenníkom tepla. Samotný odpočet množstva tepla obsiahnutého vo vrátenom kondenzáte vykonáva kalorimetrické počítadlo. Podmienky aplikácie a spôsoby použitia upresňuje Benková (2006).

Návrh voľby kalorimetrického počítadla

Hlavným komponentom okruhu merania množstva tepla je kalorimetrické počítadlo - prepočítavač tepla.

Pri návrhu a výbere merača tepla sa venovala veľká pozornosť hlavne technickým a metrologickým vlastnostiam. Pri skúmaní a hodnotení technických vlastností sa kládol dôraz na možnosť voľného užívateľského programovania parametrov merača tepla a komunikáciu s počítačovými systémami pomocou štandardných komunikačných rozhraní (RS 232, RS 485, PROFIBUS). Možnosť komunikácie merača s viacerými komunikačnými rozhraniami je dôležitý faktor z hľadiska univerzálneho využitia pre automatizovaný zber nameraných hodnôt a ich následné spracovanie informačnými technológiami.

Z metrologického hľadiska je dôležité zadefinovať využitie merača tepla či bude použitý ako *určené meradlo* (použitie meradla v platobnom styku), alebo bude používané ako informačné meradlo, napríklad pre monitorovanie a vyhodnocovanie energetickej bilancie v rámci energetického systému výrobného systému, podniku a podobne. Merače tepla, ktoré sa používajú v platobnom styku musia potom spĺňať nasledovné kritériá v zmysle Zákona o metrológii č. 142/2000 Zbierky zákonov:

- pred uvedením na trh musia byť typovo schválené a prvotne overené,
- počas prevádzky musia byť následne overené.

Na základe vyššie uvedených podmienok a požiadaviek sa navrhol a použil prepočítavač tepla RMS 621 od výrobcu Endress+Hauser, Švajčiarsko. Je to moderný mikroprocesorom riadený prístroj s univerzálnym použitím pre paru a vodu.

Jednotlivé vstupy a výstupy sú užívateľsky programovateľné, to znamená že možno použiť snímače s rôznymi unifikovanými výstupmi. Celá konfigurácia prepočítavača sa vykonala cez rozhranie, ktoré tvorí displej a konfiguračné tlačidlá prepočítavača. Konfigurácia merača tepla je veľmi prehľadná, logicky koncipovaná a užívateľsky prístupná.

Presnosť počítadla je deklarovaná Slovenským metrologickým ústavom certifikátom o schválení typu meradla a kalibračným protokolom od výrobcu.

Kalorimetrické počítadlo RMS 621 (obrázok 28) je meradlo, určené na meranie množstva tepla odovzdaného parou a vodou. Prístroj je modulárne stavaný a podporuje rôznu kombináciu vstupov a výstupov. Meradlo má certifikát schválenia typu a má pridelenú značku TSK311/04-017.



Obr. 28 Kalorimetrické počítadlo RMS 621

Výhody kalorimetrického počítadla RMS 621:

- ovládanie kalorimetra v národnom prostredí,
- počet vstupov a výstupov je možné rozšíriť v rôznych kombináciách,
- ovládanie pomocou tlačidiel a miestneho displeja, alebo cez rozhranie RS232, RS48,
- znakový textový displej s menu pre nastavenie parametrov, ako aj zobrazovanie veličín, limitných hodnôt a poruchových hlásení.

Základné technické a metrologické charakteristiky:

- Teplonosné médium: voda a para,
- Teplotný rozsah – para: 0 – 800 °C,
- Teplotný rozsah – voda: 0 – 400 °C,
- Trieda presnosti: $\pm 0,5$ %.

Návrh merania teploty

Snímače teploty slúžia na snímanie teploty teplonosného média. V zostave merača tepla sa používajú vždy dva teplomery, jeden na prívodnom a druhý na vratnom potrubí. Technické a metrologické vlastnosti týchto teplomerov musia byť zhodné.

V okruhoch merača tepla sa používajú nasledovné typy teplomerov:

- odporové teplomery Pt 100, Pt 500,
- termistory (Ni 1000),
- termočlánky.

Snímače teploty pre merače tepla vyrába niekoľko svetových výrobcov (Siemens, ZPA Nová Paka, JSP, Honeywell, Endress+Hauser). Na základe analýzy vybraných typov teplomerov ako členov meračov tepla možno konštatovať, že technické a metrologické parametre týchto teplomerov sú porovnateľné. Pri výbere sa zohľadňovali technologické podmienky použitia, parametre teplonosného média pripojovacie možnosti a ekonomické podmienky (cena).

Na základe stanovených podmienok sa navrhli a použili na meranie teploty pary a kondenzátu odporové snímače teploty Pt100 od výrobcu Endress+Hauser.

Zo širšieho výrobného sortimentu sa vybrali snímače teploty TR 15 zo série RTD Omnigrad (obrázok 29), ktoré spĺňajú základné parametre pre použitie v meracom okruhu merača tepla. Tieto teplomery sú vhodné pre použitie v chemickom priemysle, ako aj v energetike. Vyhovujú pre zvýšené namáhanie tlakom, teplotami a pre zvýšené rýchlosti prúdenia (potrubie pary). Teplomer pozostáva z meracej vložky, ochrannej vložky a pripojovacej hlavice. Teplomery Omnigrad M nevyžadujú žiadnu osobitnú údržbu, čo sa tiež zohľadňovalo pri výbere snímača, aby nároky na údržbu boli minimálne.

Základné charakteristiky teplomera sú:

- merací systém: dvojitý merací odpor Pt 100 pre redundantné použitie,
- trieda presnosti: A (DIN EN 60751) alebo 1/3 DIN B,
- rozsah merania: -200 - 600 °C alebo -50 - 400 °C,
- pripojenie: Pt 100 so 4- vodičovým pripojením alebo Pt 100 s 3-vodičovým pripojením,
- teplota okolia: kovová hlavica -40°C až +130 °C, hlavica z umelej hmoty -40 °C až +80 °C.

Na nasledovnom obrázku je znázornený navrhnutý teplomer.



Obr. 29 Teplomer M-TR15

Návrh merania prietoku

Z viacerých známych a využívaných princípov merania prietoku a následne pretečeného množstva pary a vody je princíp merania pomocou škrtiaceho orgánu. Je to najčastejšie používané meranie, kde sa ako škrtiaci orgán využíva clona. Toto je „tradičné meranie“ pomocou clony a diferenčného tlakomeru. V súčasnosti sa viacej aplikujú merania pomocou vírových prietokomerov, ktoré majú viacej výhod oproti clonovým meraniam.

Vírové prietokomery spoľahlivo merajú objemový prietok sýtej alebo prehriatej pary, plynov, vodivých i nevodivých kvapalín.

Ak sú prevádzkové parametre tlaku a teploty konštantné, môže prístroj udávať prietok tiež v jednotkách hmotnosti, tepla alebo prietoku prepočítaného na normálne podmienky. Pri premenlivých pracovných podmienkach je na vyššie uvedené prepočty potrebné použiť prepočítavaciu jednotku, ktorá kontinuálne prepočítava hodnoty na základe signálu zo snímača tlaku a teploty.

Ako meradlo na meranie pretečeného množstva sme navrhli a použili vírový prietokomer PROWIRL 72 od výrobcu Endress+Hauser. Toto meradlo je vhodné na meranie pretečeného množstva studenej vody, teplej vody a na meranie množstva vodnej pary.

Všetky funkcie a parametre prístroja môžu byť nastavené priamo na meradle pomocou ovládacieho panelu s displejom. Nastavenie sa vykonáva tlačidlami a údaje sú zobrazované na displeji. Veľmi komfortné je nastavenie parametrov pomocou komunikátora HART. Ďalšia možnosť nastavenia parametrov prietokomera je pomocou technológie SMART, použitím programu FieldCare Endress+Hauser. Prietokomery PROWIRL umožňujú nastaviť rôzne typy výstupov ako:

- 4 – 20mA,
- napät'ové pulzy,
- dvojvodičové PFM prúdové pulzy,

- PROFIBUS,
- Fieldbus Foundation.

V našom prípade pre prepojenie prietokomera s kalorimetrickým počítačom sme použili PFM prúdové pulzy.

Významnou výhodou prietokomera PROWIRL 72 je možnosť priameho nahradenia merania prietoku pomocou clony bez konštrukčných úprav na potrubí. Meradlo má schválenie typu zo Slovenského metrologického ústavu (SMÚ) a má pridelenú značku schváleného typu TSK142/04-087.

Základné technologické a metrologické parametre sú uvedené nasledovne:

- Rozsah merania: $\max 648 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$,
- Presnosť: $\pm 0,75 \%$ pre plyny,
menej ako 1 % pre paru,
- Teplota meraných médií: $-200 \text{ }^\circ\text{C}$ až $+ 430 \text{ }^\circ\text{C}$.



Obr. 30 Prietokomer PROWIRL 72.

Návrh snímača tlaku

Pre meranie tlaku pary vstupujúceho do výmenníka tepla sa navrhol a použil snímač tlaku Cerabar S od firmy Endress+Hauser.

Digitálne tlakomery Cerabar S sú prevodníky tlaku Endress+Hauser najvyššej triedy, sú určené na náročné aplikácie v chémii, petrochémii, rafinériách, papierenskom priemysle, elektrárňach a tam, kde sa kladú najvyššie nároky na presnosť, bezpečnosť a spoľahlivosť pri meraní tlaku. Digitálne tlakomery svojou modulárnou konštrukciou, širokým spektrom procesných prichytení, vysokou preťažiteľnosťou meracieho rozsahu a využiteľnosťou elektroniky sú ľahko prispôsobiteľné každej aplikácii.

Základné technické parametre tlakomera Cerabar S sú uvedené nasledovne:

- merací rozsah: 0 – 0,5 kPa až 0 – 70 MPa pri relatívnom a absolútnom tlaku,
- negatívny tlak: do - 100 kPa,
- chyba merania: menšia ako 0,05,
- krytie: IP66/IP67/IP68/NEMA6P,
- výstup: 4 – 20 mA, HART, Foundation Fieldbus, PROFIBUS,
- zobrazovanie: 4-riadkový alfanumerický displej.

Na nasledovnom obrázku je uvedený snímač tlaku Cerabar S.



Obr. 31 Snímač tlaku Cerabar S

4.3.1 Spôsoby získavania informácií

Jednotlivé namerané a vypočítané údaje, ktoré spracovali prepočítavače tepla boli priebežne chronologicky ukladané podľa dátumu a času merania do pamäte PC prostredníctvom meracej ústredni v riadiacom systéme, ktorý riadi a monitoruje celý proces merania. Samotné PC vykonávalo vizualizáciu procesov a archiváciu nameraných údajov a ich prevod do tabuľkovej formy v prostredí Microsoft Excel.

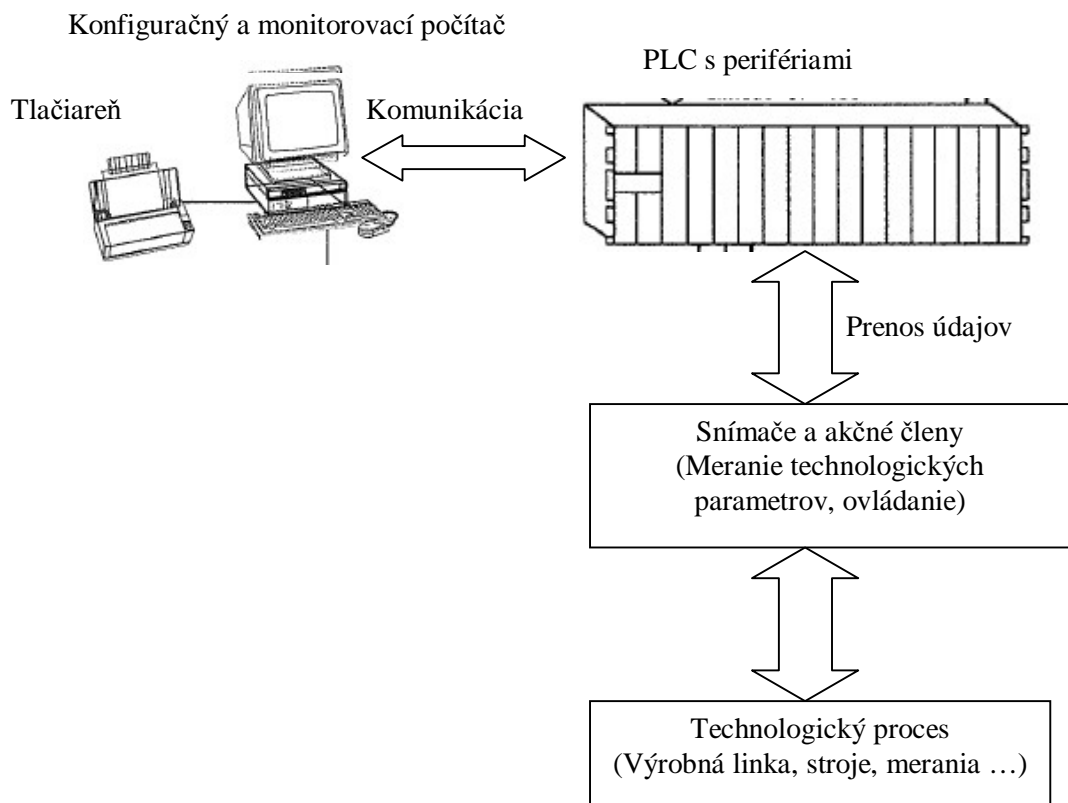
Meracia ústredňa sa skladá z technologického počítačového systému a z PC s tlačiarňou. Pre prepojenie jednotlivých meračov tepla a systému pre zber informácií bola použitá priemyselná komunikácia. Meracia ústredňa bola navrhnutá na báze PLC.

PLC - Programovateľný logický automat (z anglického *Programmable Logic Controller*) je priemyselný počítač používaný v automatizačnej technike. Používa sa na riadenie a monitorovanie technologických procesov výrobných systémov a strojov v reálnom čase. PLC riadi technologický proces na základe programu, ktorý má uložený v operačnej pamäti. Proces riadenia v PLC prebieha cyklicky.

Pre spojenie a komunikáciu s technologickým procesom používajú riadiace systémy PLC periférne vstupno-výstupné zariadenia. Pomocou periférnych zariadení sa monitorujú a vyhodnocujú ďalšie technologické údaje potrebné pre riadenie technologického procesu. Základné periférne zariadenia tvoria nasledovné moduly:

- modul digitálnych vstupov DI (digital input),
- modul digitálnych výstupov DO (digital output),
- modul analógových vstupov AI (analog input),
- modul analógových výstupov AI (analog output),
- komunikačné moduly.

Na nasledujúcom obrázku je uvedená obecná schéma pre riadenie a monitorovanie technologických procesov.



Obr. 32 Principiálna schéma riadenia technologického procesu pomocou PLC

Základná zostava pre riadenie a monitorovanie technologických procesov pozostáva z hardvérových a softvérových prostriedkov.

Hardvérové prostriedky:

- PLC s periférnymi zariadeniami,
- konfiguračný a monitorovací počítač (vizualizácia procesov),
- tlačiareň.

Softvérové prostriedky:

- aplikačný program pre riadenie a monitorovanie technologických procesov,
- program pre vizualizáciu technologických procesov.

4.3.2 Zber a spracovanie údajov

Merané veličiny – teplota, tlak, prietok pary a vody boli snímané a spracované v kalorimetrických počítadlách. Kalorimetrické počítadlá vykonali z nameraných parametrov prepočet vstupných veličín na požadované výstupné veličiny. Prepočet v kalorimetrických počítadlách sa vykonával podľa normy IAPWS-IF 97 (International Association for the Properties of Water and Steam).

Pre výpočet odovzdaného a odobraného množstva tepla výmenníkom tepla VT1 je potrebné merať nasledovné technologické veličiny, ako uvádzajú Altendorf et al. (2004) a MPM 06-98, (1998). Veličiny, ktoré sa priamo merali na okruhu rozvodu pary a horúcej vody výmenníka tepla V1:

- tlak obehovej vody, MPa
- teplota obehovej vody, MPa
- tlak pary, MPa
- teplota pary, °C
- pretečené množstvo pary, $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$
- teplota kondenzátu, °C
- výstupná teplota vody, °C
- vstupná teplota vody, °C
- pretečené množstvo vody, $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$

Na základe týchto nameraných hodnôt prepočítavač tepla vypočítal nasledovné hodnoty pre paru a horúcu vodu:

- celkové pretečené množstvo pary, t
- odovzdané teplo para, GJ
- okamžité množstvo pary, $\text{t} \cdot \text{h}^{-1}$
- okamžité odovzdané teplo, $\text{GJ} \cdot \text{h}^{-1}$
- okamžité množstvo obehovej vody, $\text{t} \cdot \text{h}^{-1}$
- celkové množstvo obehovej vody, t
- celkové odovzdané teplo – voda, GJ
- okamžité odovzdané teplo – voda, GJ

Všetky namerané a vypočítané hodnoty kalorimetrické počítadlo zapisovalo do svojho registra. Z registra kalorimetrického počítadla tepla sa jednotlivé údaje prenášali pomocou priemyselnej komunikácie na ďalšie spracovanie do meracej ústredne a následne. Po

spracovaní údajov v ústredni sa tieto hodnoty prenášali do operátorského pracoviska. Tieto prvotné namerané a vypočítané údaje boli v PC spracované do tabuľkovej formy .

4.3.3 Rozsah meraných veličín

Ďalším bodom metodického postupu bolo definovanie meracieho rozsahu jednotlivých snímačov a komponentov okruhu merača tepla. Na základe technologickej schémy uvedenej na obrázku 27 boli definované jednotlivé meracie miesta s určením rozsahu merania pre jednotlivé komponenty okruhu merača tepla ako snímače tlaku, snímače teploty a merač pretečeného množstva pary a vody. Pri určovaní rozsahov merania sa vychádzalo z technologických parametrov teplonosného média primárneho a sekundárneho okruhu výmenníka tepla VT1.

4.3.4 Matematické spracovanie nameraných hodnôt

Základný všeobecný princíp merania množstva tepla ako uvádza aj Allen, Whitson (2008), kde množstvo odovzdaného alebo odobraného množstva tepla je vyjadrené nasledovne:

$$Q = m_c \cdot \Delta T$$

kde: Q - množstvo tepla, $\text{J.kg}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}$
 m_c - hmotnostné množstvo, kg.s^{-1}
 ΔT – rozdiel vstupnej a výstupnej teploty. $^\circ\text{C}$

Ako vstupné údaje pre analýzu využitia množstva tepla boli použité prvotné namerané a vypočítané hodnoty, ktoré sa spracovali v meracej ústredni. Pri zostavovaní vzťahov pre výpočet energetickej účinnosti sme vychádzali z poznatkov, ktoré uvádza Ibler et al. (2003). Energetická účinnosť využitia tepelnej energie je vlastne pomer odovzdaného tepla a odobraného tepla. Pri výpočte účinnosti využitia množstva tepla sa postupovalo podľa nasledovných vzťahov, ktoré sú uvedené pre rôzne režimy práce sušiarne SSK (starý sušiaci kryt) a NSK (nový sušiaci kryt).

Účinnosť využitia tepelnej energie pre sušiareň SSK

$$P_A = \frac{Q_{TK-A}}{Q_{TPP-V}} \cdot 100, \% \quad (1)$$

kde: P_A – účinnosť odovzdaného množstva tepla, %

Q_{TPP_V} – množstvo odovzdaného tepla do výmenníka tepla VT1, GJ

Q_{TK_A} – množstvo odobraného tepla pre sušiareň SSK, GJ

Účinnosť využitia tepelnej energie pre sušiareň NSK

$$P_B = \frac{Q_{TK_B}}{Q_{TPP_V}} \cdot 100, \% \quad (2)$$

kde: P_B – účinnosť odobraného množstva tepla, %

Q_{TPP_V} – množstvo odovzdaného tepla do výmenníka tepla VT1, GJ

Q_{TK_B} – množstvo odobraného tepla pre sušiareň NSK, GJ

Účinnosť využitia tepelnej energie pre spoločnú prevádzku sušiarne SSK a NSK

$$P_{AB} = \frac{Q_{TK_A} + Q_{TK_B}}{Q_{TPP_V}} \cdot 100, \% \quad (3)$$

kde: P_{AB} – účinnosť odobraného množstva tepla, %

Q_{TPP_V} – množstvo odovzdaného tepla do výmenníka tepla VT1, GJ

Q_{TK_A} – množstvo odobraného tepla pre sušiareň SSK, GJ

Q_{TK_B} – množstvo odobraného tepla pre sušiareň NSK, GJ

Hodnoty množstva tepla Q_{TK_A} , Q_{TK_B} a Q_{TPP_V} sú hodnoty, ktoré namerali jednotlivé merače tepla.

Pri štatistickom spracovaní nameraných údajov sa vyhodnocovali aj vzájomne vplyvy jednotlivých parametrov ako sú:

- účinnosť využitia tepelnej energie pre starý a nový sušiaci kryt,
- tlak vody v sekundárnom okruhu VT1,
- teplota obehovej vody v sekundárnom okruhu VT1,
- tlak pary na vstupe do výmenníka VT1.

Namerané a vypočítané hodnoty boli štatisticky vyhodnotené. Štatistické analýzy a výpočty boli vykonané pomocou aplikačného programu Microsoft Office 2007 - Excel® 2007 lokalizovaný v českom jazyku. Pri vyhodnocovaní meraní boli použité postupy a metódy aplikácie MS Excel v štatistickej analýze, ako to uvádzajú Barilla, Simr (2008). Ďalej pre štatistickú analýzu bol použitý program pre analýzu dát a štatistické riešenia pre Microsoft Excel - XLSTAT verzia: 2009.1.02.

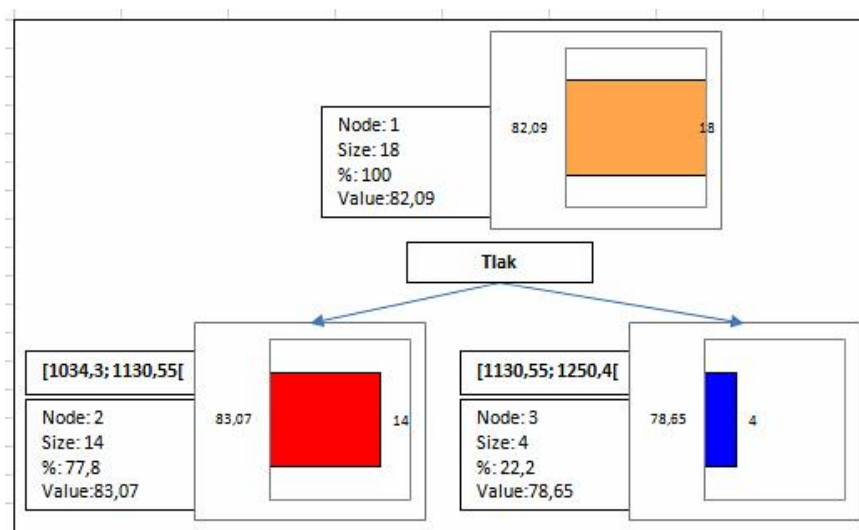
Pre popis a vyhodnotenie priebehu účinnosti využitia tepla a pre základné štatistické údaje sa použila popisná štatistika.

Stručná charakteristika XLSTAT

Pre hodnotenie vzájomných súvislostí medzi viacerými premennými (technologické parametre, účinnosť prenosu tepla) sa použila regresná analýza aplikovaná prostredníctvom regresného stromu. Táto metóda umožňuje prehľadne graficky znázorniť vzájomné vplyvy jednotlivých vstupujúcich premenných.

Regresné stromy sú modely, ktoré zobrazujú obidve hodnoty, ako sú vysvetľované (závislé) premenné a vysvetľujúce (nezávislé) premenné. Silné stránky tejto metódy sú na jednej strane jednoduché grafické znázornenia prostredníctvom stromov a na druhej strane kompaktný formát zobrazenia výsledkov.

Na nasledovnom obrázku je znázornený príklad jednoduchého regresného stromu vytvorený pomocou aplikácie XLSTAT.

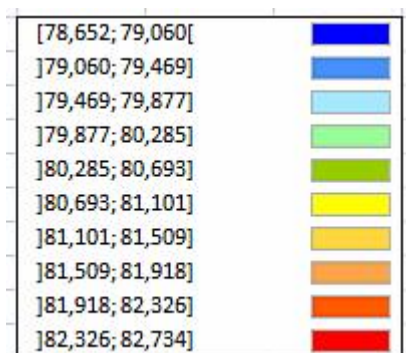


Obr. 33 Príklad jednoduchého regresného stromu

Táto schéma nám umožňuje predstaviť si postup, počas ktorej algoritmus výpočtu XLSTAT - CHAID označuje premenné a rozdeľuje do kategórií závislé premenné.

CHAID (Chí – kvadrát Automatický Interakčný Detektor) je algoritmus na štatistickú analýzu a automatické vytváranie podskupín stavby stromu. Pri zobrazení výpočtu sa legenda zobrazuje ako prvá, takže je možné definovať ktorá farba zodpovedá (korešponduje) príslušnej kategórii (kvalitatívna závislá premenná), alebo intervalu (kvantitatívna závislá premenná) závislej premennej.

Na nasledovnom obrázku je znázornený príklad legendy.



Obr. 34 Legenda – kategórie premenných

Každá farba legendy reprezentuje príslušnú:

- § kategóriu - kvalitatívna závislá premenná,
- § interval – kvantitatívna závislá premenná.

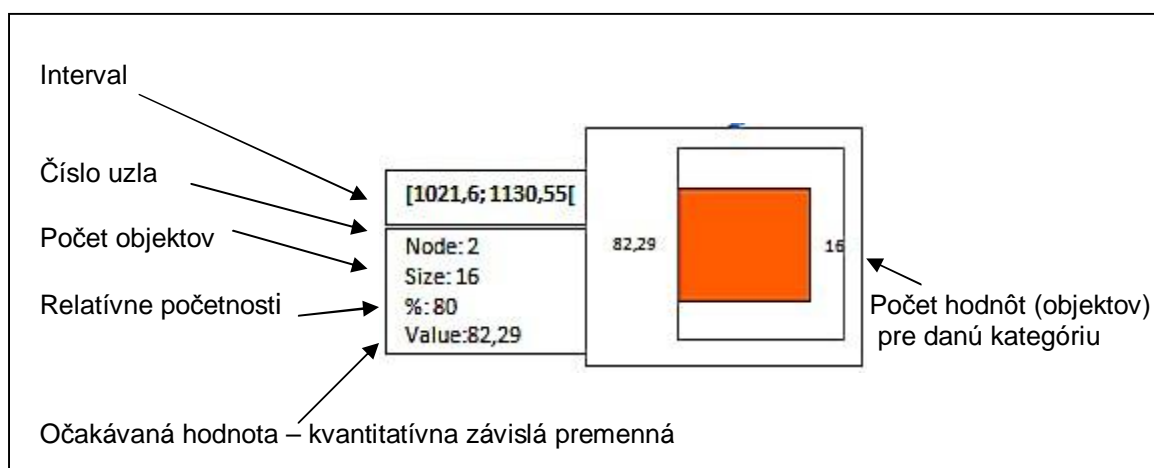
Grafické zobrazenie stromu umožňuje rýchlo a ľahko rozpoznať ako bol strom iteračne zostavený za účelom identifikovania jednoznačných závislostí (pravidiel), čo znamená, že každý uzol stromu by mal patriť do jednej kategórie (intervalu). Každý uzol je zobrazený ako stĺpcový alebo koláčový graf. V koláčovom grafe vnútorný kruh koláča zobrazuje relatívne početnosti kategórií (intervalov), do ktorých patria objekty príslušného uzla. Vonkajší kruh zobrazuje relatívne početnosti kategórií objektov nachádzajúcich sa v rodičovskom uzli. Pri každom uzle sú zobrazené nasledovné parametre:

- § číslo uzla (poradové číslo uzla),
- § počet objektov,
- § relatívne početnosti,
- § očakávaná hodnota ak ide o kvantitatívnu závislú premennú, alebo „purity“ ak ide o kvalitatívnu závislú premennú.

V prípade rodičovského a dcérskeho uzla, je rodičovský uzol (delená premenná skladajúca sa z ďalších premenných) zobrazovaný sivou farbou. Šípky idú z delenej premennej smerom k dcérskym uzlom.

Údaje - hodnoty (kategórie - v prípade kvalitatívnej vysvetľujúcej premennej, interval - v prípade kvantitatívnej vysvetľujúcej premennej) patriace každému dcérskemu uzlu sú zobrazené v ľavom hornom poli vedľa dcérskeho uzlu. Vetvenie môžeme spraviť použitím kontextového menu stromového grafu. Vybráním uzlu grafu a kliknutím pravým tlačidlom myši spustíme kontextové menu. (<http://www.kovcomp.co.uk/xlstat/xlsbroc.html>).

Na nasledovnom obrázku je popis údajov jedného uzla regresného stromu.



Obr. 35 Popis uzla stromu – príklad grafického zobrazenia

Popis a vysvetlivky k legende:

Zobrazenie: stĺpcový graf

Node: uzol stromu, číslo uzla

Interval: rozpätie premennej

Size: počet objektov v tomto uzle

%: percento z objektov, ktoré patria k dominujúcej kategórii závislej premennej v tomto uzle

Value: je to očakávaná hodnota (ak ide o kvantitatívnu závislú premennú), v našom prípade je to *percento účinnosti využitia tepelnej energie*.

Purity: je to očakávaná hodnota ak ide o kvalitatívnu premennú

Každý uzol stromu patrí do jednej kategórie (intervalu). Príklad z obrázku 35 – ak tlak (kPa) leží v intervale $[1021,6$ až $1130,55]$ potom účinnosť využitia tepelnej energie v (%) je 82,29 v 80 % objektov (hodnôt).

4.4 Posúdenie a výber variantov a metód pre proces plánovania

Pri riešení čiastkových úloh pre realizáciu projektu *Systém kontroly a riadenia technologického procesu na spaľovania biomasy* sa skúmali možnosti aplikácie poznatkov projekčného riadenia a využitie softvérovej podpory pri plánovaní. Pre zostavenie časového plánu – harmonogramu realizácie projektu, riadenie a kontrolu priebehu realizácie projektu sa využíval softvérový nástroj Microsoft Project® 2003 Professional.

4.4.1 Metodika postupu spracovania časového plánu

Pri vytváraní metodiky pre zostavenie projektu realizácie sa vychádzalo z poznatkov projekčného riadenia. Projekt možno, ako to uvádzajú autori Weiss (1991), Meredith, Mantel (2000), Fiala (2004) rozdeliť do nasledovných základných fáz.

1. Fáza plánovania, ktorá zahŕňa nasledovné činnosti:
 - Definícia projektu
 - Plán projektu
2. Fáza realizácie projektu, ktorá zahŕňa nasledovné činnosti:
 - Organizovania a riadenie projektu
 - Kontrola priebehu projektu
 - Ukončenie a vyhodnotenie projektu

Z horeuvedeného vyplýva, že postup realizácie predmetného projektu má dve hlavné úlohy a to plánovanie projektu a realizácia projektu.

Metodický postup pre proces plánovania

Pri zostavovaní časového plánu realizácie a kontroly postupu realizácie, sledovanie zdrojov a rozpočtu projektu bol využívaný softvérový produkt Microsoft Project 2003 Professional. Pri zostavovaní časového plánu sa postupovalo podľa nasledovnej metodológie, ktorá sa skladá z uvedených hlavných pracovných krokov:

- definovanie cieľa projektu,
- definovanie WBS štruktúry,
- vecná dekompozícia projektu,
- naplánovanie doby trvania jednotlivých úloh,
- určenie závislosti medzi úlohami,
- vytvorenie časového plánu – harmonogramu.

Pracovný krok WBS štruktúra (Work Breakdown structure) je vlastne dekompozícia prác na projekte a možno ju nasledovne charakterizovať (Chapman, 2007):

- popisuje aktivity, ktoré musia byť urobené v priebehu celého trvania projektu,
- zahŕňa predstavenie projektu ako hierarchiu cieľov, činností, čiastkových činností a pracovných celkov,
- definuje míľniky – sú to udalosti, ktoré určujú kompletizáciu hlavných úloh, cieľov projektu.

Pri tvorbe samotnej dekompozícii projektu sme postupovali podľa nasledovných krokov:

1. projekt sa rozdelí na základné hlavné ciele,
2. rozdelenie cieľa na jednotlivé konkrétne aktivity,
3. každá aktivita sa ďalej rozdelí na čiastkové aktivity,
4. krok č. 3 sa opakuje až kým všetky aktivity sú presne definované.

Aktivity v rámci dekompozície prác na projekte majú nasledovné vlastnosti:

- majú špecifický čas trvania ,
- sú jednoúčelové,
- majú presne určené zdroje,
- musia byť presne určené zodpovednosti za priebeh realizácie,
- výsledok aktivity je presne definovaný.

Odhad doby trvania úloh

Odhadovanie doby trvania jednotlivých úloh a činností je najdôležitejšia činnosť v procese prípravy projektu. Pri odhadovaní doby trvania úloh je vhodné používať viacej metód, ktoré znižujú riziko nesprávneho časového odhadu.

Pri odhade doby trvania úloh sa postupovalo podľa klasickej metódy (CPM). Pri plánovaní časových rezerv sa postupovalo aj podľa metódy kritického reťazca TOC (Goltrad, 1999). Vytvárali sa časové rezervy nie pre každú činnosť samostatne, ale pridávali sa rezervy – časové nárazníky na koniec ucelených úloh.

Realizácia projektu

Ďalším krokom metodického postupu je fáza realizácie projektu. Počas realizácie sa vykonávali nasledovné činnosti:

- § kontrola plnenia úloh a termínov,
- § kontrola čerpania zdrojov,
- § kontrola kvality.

Kontrola plnenia úloh pozostáva z monitorovania termínov a vecného plnenia jednotlivých úloh, ktoré vyplývajú z harmonogramu realizácie. Kontrola zdrojov pozostáva z evidovania skutočných použitých zdrojov materiálových, finančných a ľudských. Tieto údaje sa porovnávali s údajmi ktoré boli naplánované v procese prípravy projektu. Zistené

rozdiely sa zdokumentovali a vykonávali sa korekčné opatrenia a zmenové konania. Na základe týchto vyvolaných zmien sa upravoval harmonogram práce.

Kontrola kvality pozostáva z realizácie kontrol v zmysle vypracovaného plánu kvality pre túto akciu. Na základe zistených nedostatkov sa vykonávali nápravné opatrenia.

Cieľom riadenia realizácie projektu je organizácia a riadenie prác v projekte tak, aby boli dodržané plány projektu a tým sa dosiahol očakávaný plánovaný výsledok projektu.

4.5 Simulácia skúmaných procesov

Doktorandská dizertačná práca sa zaoberá možnosťami simulácií pri návrhu a riešení štruktúry výrobných systémov. Práca skúma možnosti využitia programového systému WITNESS pre návrh a riešenie štruktúry výrobných systémov a analyzuje aspekty jeho využitia. Simulačný softvér WITNESS je programový produkt spoločnosti Lanner Group Ltd., ktorý na český a slovenský trh dodáva spoločnosť HUMUSOFT.

Simulácia je zložitý proces, ktorý pozostáva z viacerých činností a postupov. Obecný prístup k simulácii definoval (Groumpou; Merkurjev, 2002) nasledovne:

- opísať ako modelový systém funguje, špecifikovať jeho algoritmus,
- vyvinúť simulačný model,
- experimentovanie so simulačným softvérom,
- analyzovať a interpretovať výsledky simulačných experimentov.

Pri návrhu experimentu sme postupovali podľa nasledovného všeobecného postupu:

- stanovenie cieľa a účelu tvorby modelu a experimentu,
- návrh simulačného modelu podľa charakteru systému,
- vytvorenie štruktúry modelu,
- príprava údajov pre navrhnutý model,
- realizácia experimentu,
- analýza výsledkov experimentu.

Pri tvorbe štruktúry modelu môžeme použiť nasledovný postup:

1. definovanie rozhrania medzi systémom a jeho okolím, definovanie vstupných a výstupných premenných,
2. charakterizovanie komponentov systému a ich vzájomné prepojenie,
3. definovanie správania sa komponentov v systéme,
4. určenie parametrov, ktoré sú rozhodujúce pre sledovanie správania sa celého systému a spôsobu stanovenia ich hodnôt pri simulačnom experimente.

5 VÝSLEDKY PRÁCE

Na základe definovaných cieľov predloženej doktorandskej dizertačnej práce boli uskutočnené jednotlivé úlohy, merania a skúmania.

Ako vyplýva z vytýčeného cieľa, úlohou bolo aj navrhnuť automatizovaný systém pre meranie množstva tepla, zber údajov, vykonať kontrolné merania, vykonať analýzu týchto údajov z hľadiska účinnosti využitia tepelnej energie a vplyvu jednotlivých parametrov.

Pre meranie sa navrhli a použili moderné meracie prístroje, v praxi sa overili na základe dlhodobého merania v prevádzke ich technické, metrologické a úžitkové vlastnosti. Namerané údaje slúžili ako podklad pre vyhodnotenie energetickej bilancie výrobného systému, analýzu vhodnosti navrhnutého meracieho systému pre daný účel a pre posúdenie a spracovanie odporúčania pre možnosti využitia a aplikácie týchto prístrojov a systému aj v iných oblastiach.

5.1 Návrh automatizovaného systému na meranie množstva tepla

Spolu so zvyšovaním ceny tepla v posledných rokoch úmerne rástol aj význam meračov tepla. Meranie množstva a kvality dodaného tepla sa stalo významnou zložkou obchodných vzťahov. Preto sa meraniu tepla a prístrojom na to určeným venovala patričná pozornosť v legislatívnej i metrologickej oblasti. V súčasnosti sú pomerne presne stanovené podmienky merania tepla pre rôzne pracovné látky (para, horúca voda, teplá voda).

5.1.1 Charakteristika technológie sušiarne drevovláknitých dosiek

Samotný okruh výmenníka tepla pozostáva z dvoch samostatných častí – primárneho a sekundárneho okruhu. Para z parných kotlov K5 alebo K4 je privedená do hlavného parného rozdeľovača, odkiaľ je potrubím vedená do doskového výmenníka tepla VT1 typu para-voda, kde odovzdáva teplo vode cirkulujúcej pomocou obehových čerpadiel v uzavretom sekundárnom okruhu. Výmenník tepla VT1 je vysokotlaková parná odovzdávacia stanica na ohrev technologickej horúcej vody pre sušenie drevnej hmoty. Je to zváraný doskový výmenník tepla, výrobcom je Decon /Alfa Laval. Sekundárny okruh vyhrieva horúcou vodou vlastné sušiarne pre stroje na výrobu drevovláknitých dosiek. K výmenníku tepla sú pripojené dve výrobné linky drevovláknitých dosiek, ktoré zahrňujú aj dve sušiarne, čo sú vlastne sušiace tunely (kryty).

Prvá sušiareň je súčasťou pôvodnej linky na výrobu izolačných drevovláknitých dosiek a má označenie „Starý sušiaci kryt“ – v skratke SSK.

Druhá sušiareň je súčasťou novovybudovanej zmodernizovanej linky na výrobu izolačných drevovláknitých dosiek a má označenie „Nový sušiaci kryt“ – v skratke NSK. Technologické zariadenie umožňuje prevádzku súčasne oboch sušiarňí naraz alebo samostatnú prevádzku sušiarne SSK, alebo sušiarne NSK. Spôsoby prevádzok sušiarňí teda môže byť:

- spoločná prevádzka SSK a NSK,
- prevádzka SSK,
- prevádzka NSK.

Principiálna technologická schéma rozvodu tepelnej energie pre sušiarne drevovláknitých dosiek je znázornená v metodike na obrázku 27.

5.1.2 Návrh a popis schémy merania množstva tepla

Vo všetkých prípadoch je potrebné spoľahlivému a presnému meraniu spotreby tepla a vody venovať patričnú pozornosť. Pre všetky spôsoby merania tepla je možné použiť viacero technických riešení ktoré vychádzajú z rôznych princípov merania sledovaných veličín. Prípadné chyby môžu predstavovať výrazné straty buď u dodávateľov alebo odberateľov tepla, preto treba podľa skutočných prevádzkových podmienok v mieste merania vždy navrhnúť optimálne riešenie.

Pri návrhu systému na meranie odovzdaného a odobraného množstva tepla sa vychádzalo z metodického postupu, príslušných predpisov a vyhlášok uvedených v metodike a z technologickej schémy rozvodu tepelnej energie.

Jednotlivé merania na technologickej schéme sa popisali identifikačnými značkami, ktoré charakterizujú jednotlivé merania. Samotná značka, ako je znázornená na obrázku 36 je zložená z kruhu, vo vnútri sa skladá z písmen a číslíc. Písmená vyjadrujú názov merania a číslica vyjadruje číslo merania. Význam jednotlivých znakov je uvedený v tabuľke 5.

Tab. 5 Význam jednotlivých znakov

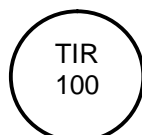
| 1 písmeno | | 2 písmeno | | Číslice |
|-----------|---------|-----------|-------------|---------------|
| T | Teplota | I | Informácia | Číslo merania |
| P | Tlak | R | Registrácia | |
| F | Prietok | | | |

Význam znakov I a R druhého písmena v značke merania je nasledovný:

- I v značke merania znamená, že meraný údaj bude zobrazovaný ako okamžitý údaj pre potreby obsluhy zariadenia na displeji alebo obrazovke,
- R vyjadruje, že hodnota meranej veličiny bude registrovaná a archivovaná.

Registrované hodnoty sa zapisujú do pamäte a budú využívané na vyhodnotenie a analýzu meraní.

Na nasledujúcom obrázku je príklad značky pre označenie miesta merania teploty.



Obr. 36 Príklad značky pre označenie meracieho miesta

Zoznam všetkých meraní sa spracovali do tabuľkovej formy. Jednotlivé merania a ich základné charakteristiky sú uvedené v nasledovnej tabuľke .

Tab. 6 Zoznam meracích miest

| Označenie merania | Médium | Rozsah merania | Meraná Veličina | Umiestnenie merania | Potrubie |
|-------------------|--------|---------------------------|-----------------|-----------------------------|------------|
| TIR100 | Para | 0 - 300 °C | Teplota | vstup pary do výmenníka VT1 | DN150/PN16 |
| PIR100 | Para | 0 - 2.4 MPa | Tlak | vstup pary do výmenníka VT1 | DN150/PN16 |
| TIR101 | Voda | 0 - 250 °C | Teplota | výstup vody z výmenníka VT1 | DN80/PN16 |
| FIR100 | Voda | 0 - 75 t.h ⁻¹ | Prietok | výstup vody z výmenníka VT1 | DN150/PN16 |
| TIR200 | Voda | 0 - 250 °C | Teplota | vstup vody do sušiarne SSK | DN150/PN16 |
| TIR201 | Voda | 0 - 250 °C | Teplota | výstup vody z sušiarne SSK | DN200/PN16 |
| FIR200 | Voda | 0 - 245 t.h ⁻¹ | Prietok | výstup vody z sušiarne SSK | DN150/PN16 |
| TIR300 | Voda | 0 - 250 °C | Teplota | vstup vody do sušiarne NSK | DN200/PN16 |
| TIR301 | Voda | 0 - 250 °C | Teplota | výstup vody z sušiarne NSK | DN200/PN16 |
| FIR300 | Voda | 0 - 245 t.h ⁻¹ | Prietok | výstup vody z sušiarne NSK | DN200/PN16 |

Na technologickej schéme (obrázok 37) sú uvedené všetky potrebné merania pre meranie množstva tepla. Na primárnej strane výmenníka VT1 (merač tepla č.1), je meranie odovzdaného množstva tepla pre teplonosné médium para. Na sekundárnej strane výmenníka bolo navrhnuté meranie pre odobrané množstvo tepla sušiacim krytom SSK (merač tepla č.2) a meranie množstva tepla pre sušiaci kryt NSK (merač tepla č.3). Teplonosné médium na sekundárnej strane výmenníka tepla je horúca voda.

5.1.3 Návrh a špecifikácia meracích zariadení

Jednotlivé meracie zariadenia – snímače, snímajú fyzikálne veličiny ako teplota, tlak, prietok a premieňajú ich na elektrické signály, ktoré sú ďalej spracované. Ako výstupný signál z jednotlivých prvkov sa zadefinoval unifikovaný prúdový signál 4 mA až 20 mA. Pri návrhu prvkov systému sa kládol hlavne dôraz na bezporuchovosť, životnosť a kvalitu jednotlivých zariadení.

Základným parametrom pri špecifikácii jednotlivých prvkov meracích okruhov boli parametre technologického zariadenia pre rozvod tepelnej energie. Pri výbere sa vychádzalo aj z nasledovných hlavných technologických parametrov pre okruh sušiarňí a výmenníka tepla VT1.

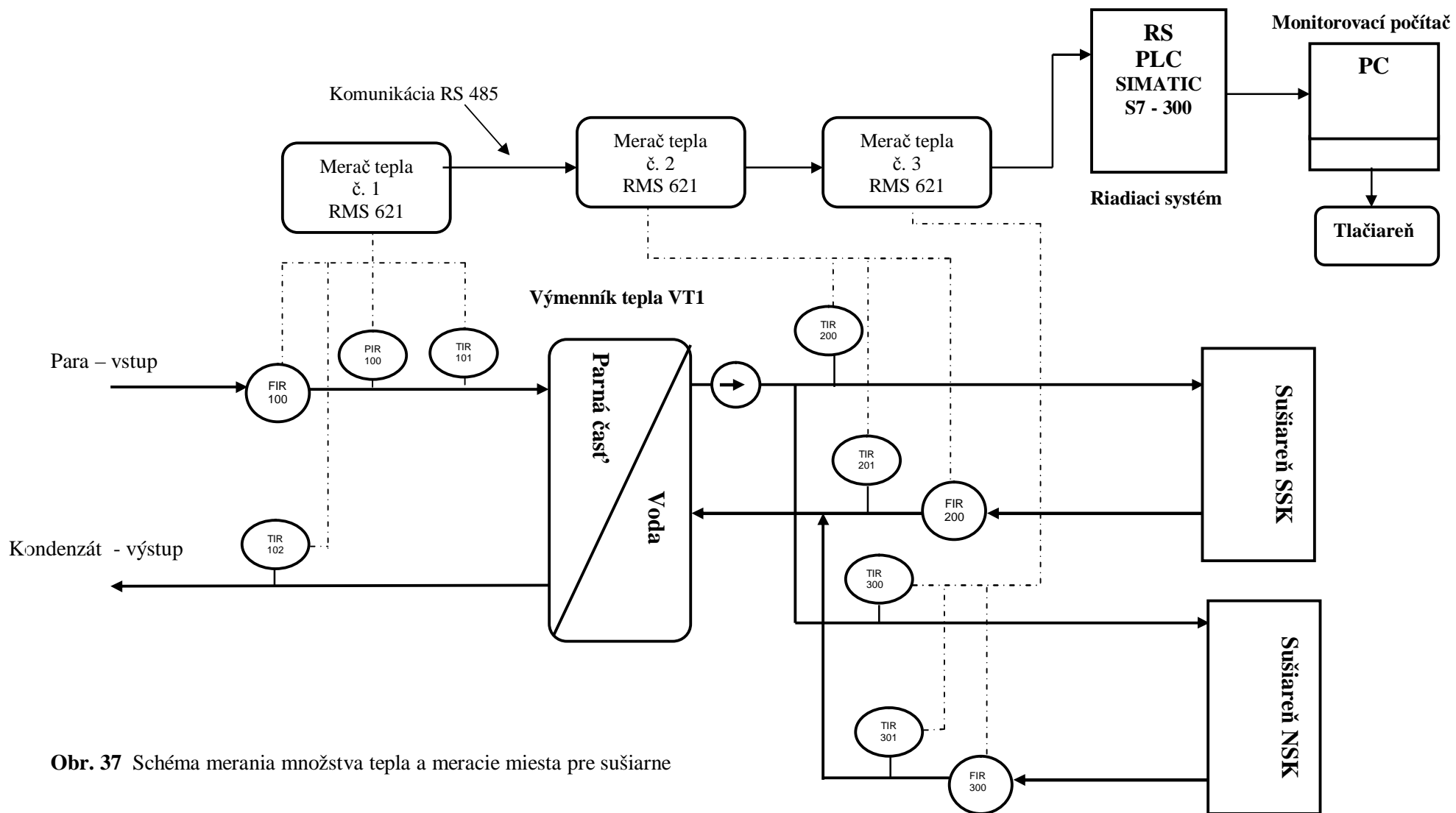
Primárna strana (para)

| | |
|---|---------------------------|
| Výkon : | 17 000 kW |
| Prietok pary: | max. 30 t.h ⁻¹ |
| Tlak na vstupe prevádzkový - maximálny: | 2,0 MPa - 2,5 MPa |
| Teplota na vstupe prevádzkový - maximálny: | 220 °C - 250 °C |
| Teplota na výstupe prevádzkový - maximálny: | 180 °C - 250 °C |

Sekundárna strana (voda)

| | |
|---|----------------------------|
| Prietok vody: | max. 750 t.h ⁻¹ |
| Tlak na vstupe prevádzkový - maximálny: | 1,2 MPa - 1,6 MPa |
| Teplota na vstupe prevádzkový - maximálny: | 165 °C - 200 °C |
| Teplota na výstupe prevádzkový - maximálny: | 185 °C - 200 °C |

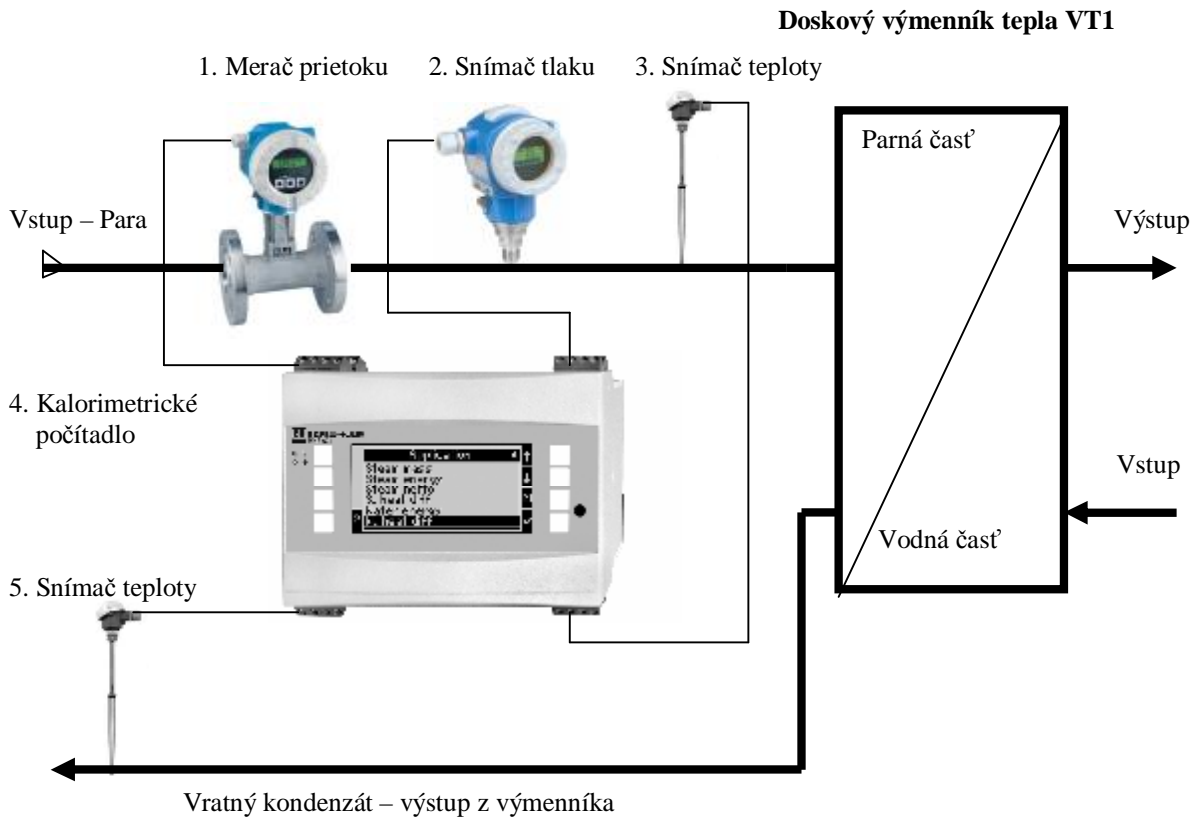
Jednotlivé technologické parametre, hodnoty tlakov a teplôt sú uvedené pre normálny prevádzkový stav systému a maximálne možné hodnoty ktoré povoľujú výrobcovia jednotlivých zariadení. Pri týchto maximálnych hodnotách merací systém pomocou výstražnej signalizácie upozorňuje obsluhu na možné prekročenie parametrov. Samotný systém pre riadenie a reguláciu vykonáva regulačný zásah, alebo podľa potreby blokuje a odstavuje jednotlivé zariadenia. Navrhnutá technologická schéma merania množstva tepla a príslušné meracie miesta sú uvedené na nasledovnom obrázku. Na schéme sú znázornené aj jednotlivé komponenty (snímače) meračov tepla a ich pripojenie k prepočítavačom tepla RMS 621. Jednotlivé prepočítavače sú prepojené pomocou priemyselnej komunikácie s meracou a riadiacou centrálou a monitorovacím počítačom typu PC.



Obr. 37 Schéma merania množstva tepla a meracie miesta pre sušiarne

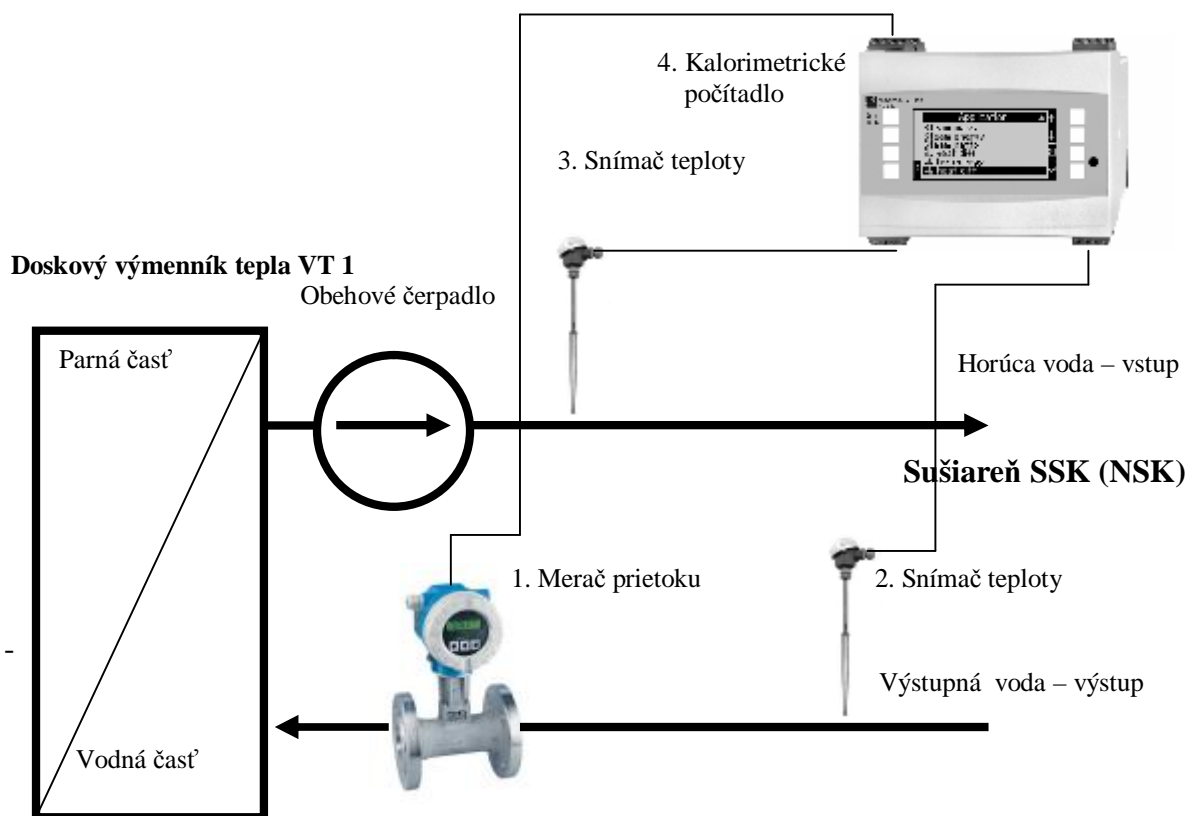
5.1.4 Umiestnenie snímačov

Navrhnuté snímače pre meranie množstva tepla pre výmenník tepla VT1 a pre sušiacu krytu DVD boli inštalované v zmysle uvedenej metodiky práce a príslušných predpisov pre meranie tepla. Rozmiestnenie komponentov merania množstva odovzdaného tepla do výmenníka tepla VT1 je znázornené na nasledovnom obrázku.



Obr. 38 Schéma rozmiestnenia snímačov pre meranie odovzdaného tepla do výmenníka VT1

Rozmiestnenie prvkov merača pre meranie množstva tepla, ktoré odoberajú jednotlivé sušiarne drevovláknitých dosiek vo forme horúcej vody z výmenníka tepla VT1 je uvedená na obrázku 39. Táto zostava je znázornená pre sušiaci tunel SSK, pre sušiaci tunel NSK je umiestnenie snímačov a kalorimetrického počítadla identická.



Obr. 39 Schéma rozmiestnenia snímačov pre meranie množstva tepla odobraného z výmenníka VT1

Na základe dlhodobej aplikácie inštalovaných meracích prístrojov a výsledkov vykonaných meraní možno konštatovať, že navrhnuté meracie prístroje splňali požiadavky potrebné pre bezporuchovú prevádzku meracieho systému, stabilitu metrologických parametrov a presnosť meraných údajov. Možno konštatovať že uvedené snímače – meracie prístroje sú vhodné pre danú oblasť aplikácie.

Ako vyplynulo zo sledovania parametrov počas prevádzky meracieho systému, dôležité je pri inštalácii dodržať umiestnenia jednotlivých snímačov. Pri inštalácii prietokomera je potrebné dodržať predpísané rovné úseky potrubia pred a za prietokomerom. Potrebné vzdialenosti uvádza výrobca v technickej dokumentácii. Pri meraní množstva tepla odovzdaného do výmenníka VT1 sa snímač tlaku a snímač teploty pary sa umiestňujú za prietokomerom.

Na základe výsledkov možno doporučiť aplikáciu uvedeného systému v oblastiach, kde treba merať odovzdané, alebo odobrané teplo vo forme pary a horúcej vody.

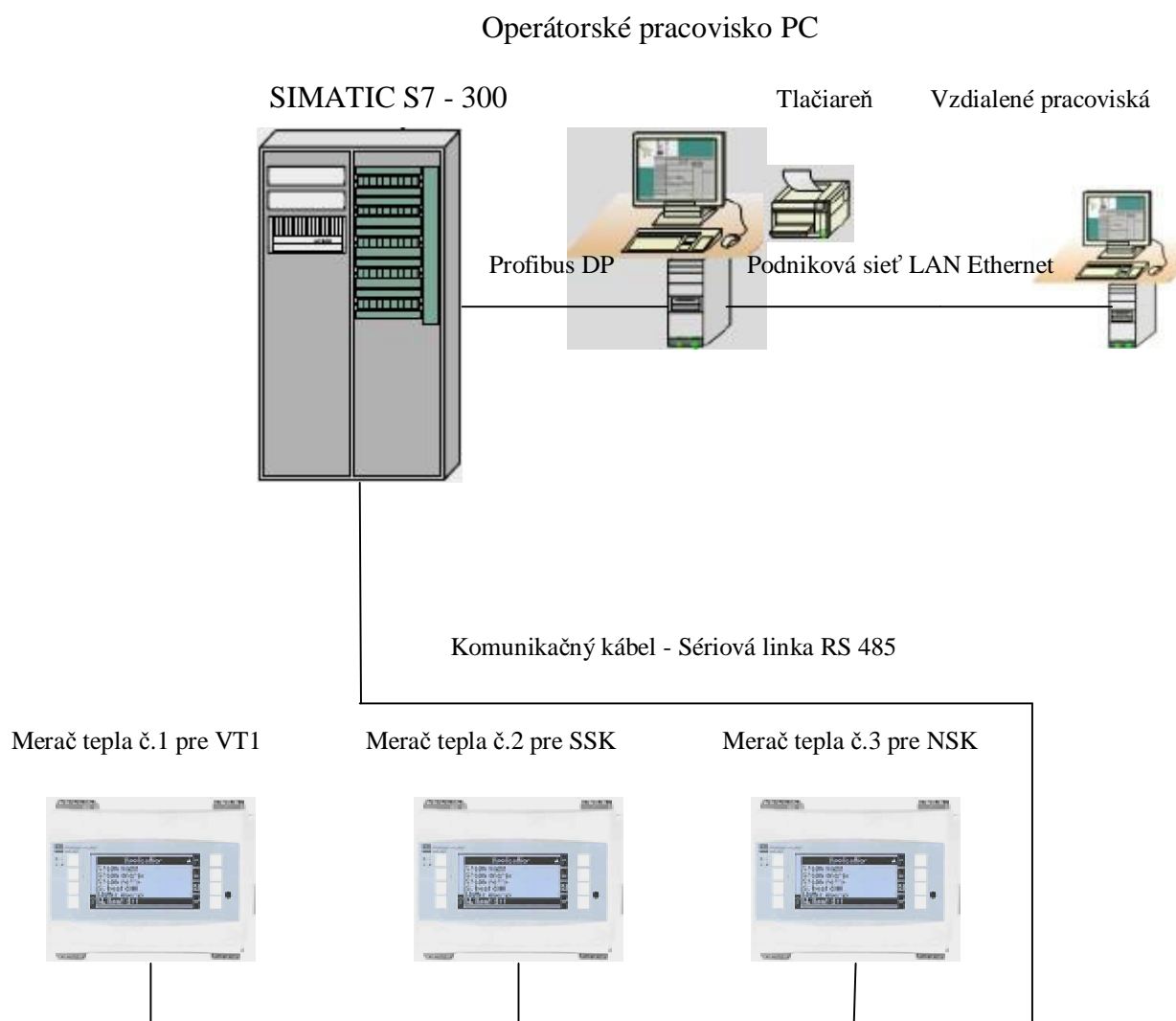
Systému pre zber a vyhodnotenie údajov

Systém pre meranie množstva tepla, monitorovanie a vyhodnocovanie meraní pozostáva z viacerých samostatných celkov. Navrhovaná konfigurácia systému pre zber a spracovanie údajov je zložená z jednej hlavnej stanice, ktorá slúži ako meracia ústredňa a z operátorského pracoviska. Operátorská a konfiguračná stanica pozostáva z počítača typu PC s monitorom a tlačiarňou na tlačenie protokolov.

Operátorská stanica je prepojená s riadiacim automatom PLC pomocou Profibus DP rozhrania. Zobrazovanie výsledkov meraní a technologických veličín zaisťuje softvér pre vizualizáciu procesov ControlWeb5.

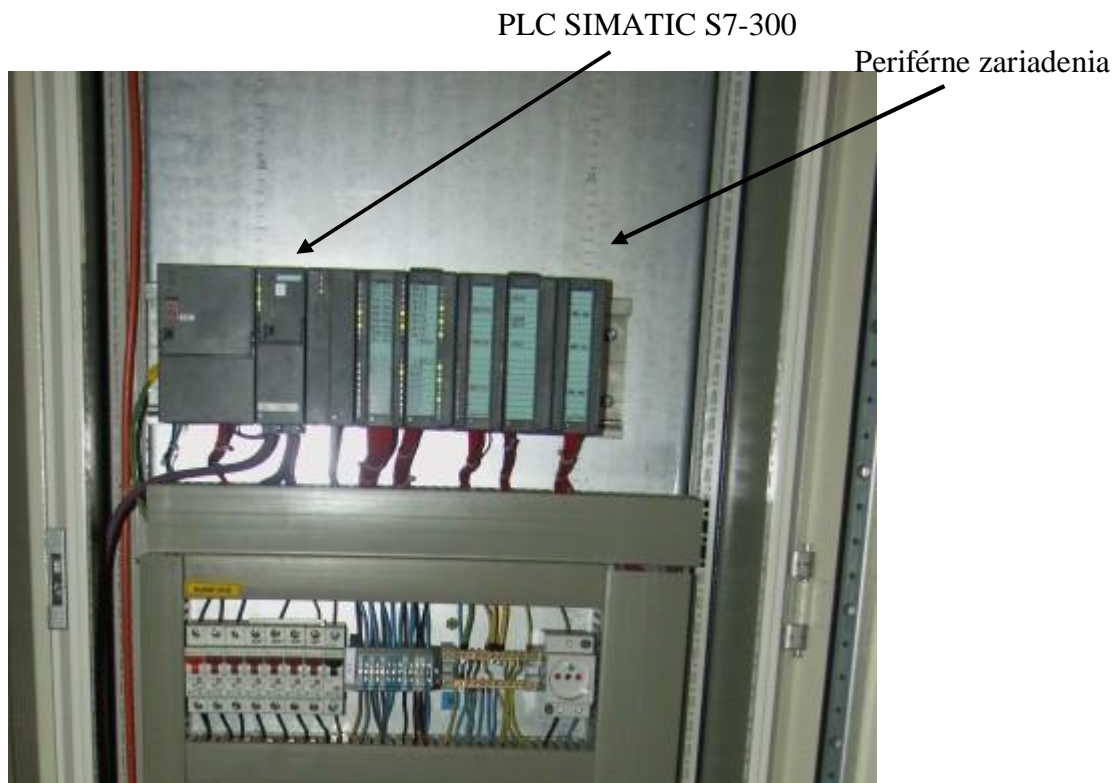
Ako riadiaca stanica a meracia ústredňa bol navrhnutý a použitý PLC automat Siemens SIMATIC S7-300. Na prenos nameraných údajov z jednotlivých meračov tepla do ústredne sa použila priemyselná komunikácia a to sériová linka RS 485.

SIMATIC S7-300 predstavuje individuálne riešenie pre extrémne rýchle procesy alebo pre automatizačné úlohy, ktoré navyše môžu obsahovať aj úlohy spracovania dát. Poskytuje vysoký počítačový výkon, kompletnú sadu inštrukcií, viacbodové rozhranie MPI a možnosť zapojenia do sietí SIMATIC NET ako komunikačný partner typu Master. Majú integrované funkcie, rozsiahle možnosti diagnostiky, ochranu heslom, komfortnú pripojovaciu techniku a neobmedzené zostavy zásuvných modulov uľahčujú manipuláciu. Extrémne rýchle vykonanie inštrukcií skracuje doby riadiacich cyklov. Celková schéma systému pre zber, spracovanie, vyhodnotenie a zobrazovanie meraní je uvedená na nasledovnom obrázku.



Obr. 40 Schéma systému pre zber a spracovanie informácií z prepočítavačov tepla

Navrhnutý automatizovaný systém pre diaľkový zber a vyhodnocovanie meraní je veľmi variabilný a adaptabilný. Systém umožňuje pripojiť ďalšie merače tepla, ktoré môžu byť inštalované na ostatných technológiách závodu a bude možné monitorovať výrobu tepla a spotrebu tepelnej energie vo všetkých energetických zariadeniach. Samotná meracia ústredňa a riadiaci systém SIMATIC S7-300 s periférnymi zariadeniami sa umiestnila do rozvádzača pre systém kontroly a riadenia. Rozvádzač bol umiestnený v priestoroch technológie a operátorská a konfiguračná stanica bola inštalovaná v miestnosti pre obsluhu technologického zariadenia. Detailný pohľad na inštaláciu meracieho a riadiaceho systému v rozvádzači SKR (Systém kontroly a riadenia) je znázornený na nasledovnom obrázku.



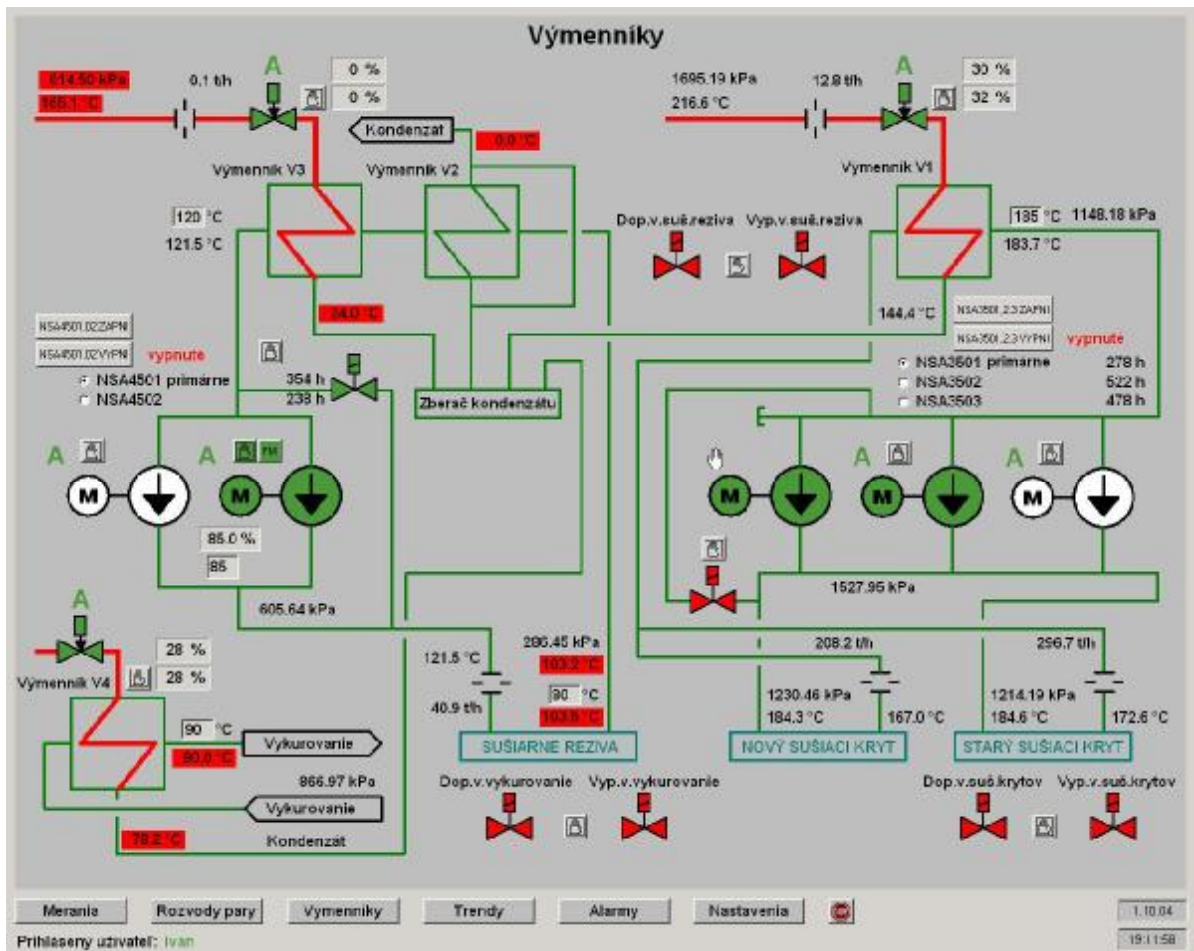
Obr. 41 Umiestnenie riadiaceho a monitorovacieho systému Simatic S7-300

Merače tepla č.1 až č.3 boli inštalované v priestoroch technológie výmenníka tepla VT1. Umiestnenie meračov tepla pre starý a nový sušiaci kryt je uvedený na obrázku 42.



Obr. 42 Merače tepla pre starý a nový sušiaci kryt

Na nasledujúcom obrázku je ukážka vizualizácie technologickej schémy rozvodu pary pre starý a nový sušiaci kryt prostredníctvom zobrazovacieho softvéru ControlWeb 5.



Obr. 43 Technologická schéma pre sušiarne a rozvod pary zobrazovaná na obrazovke kontrolného pracoviska pomocou zobrazovacieho softvéru ControlWeb 5

Aplikácia decentralizovaného riadiaceho systému (DCS - Direct Digital Control) na báze PLC pre systém merania množstva tepla umožnilo plne automatizovaný zber, spracovanie a vyhodnotenie nameraných údajov. Predpokladom je použitie meračov tepla, ktoré umožňujú prenos údajov pomocou niektorých zo štandardov priemyselnej komunikácie. Spracované výsledky meraní, ktoré sú uložené v databáze PC operátorského pracoviska je možné distribuovať pomocou podnikovej siete Ethernet na ďalšie vzdialené pracoviská. Takto budú prístupné výsledky na ďalšie spracovanie aj na iných pracoviskách. Tieto údaje umožňujú vyhodnocovať priebežne energetickú bilanciu a vytvárať mesačný, týždňový a podľa potreby aj denný prehľad o spotrebe tepla.

Navrhnutý systém umožňuje pripojiť ďalšie merače tepla, ktoré môžu byť inštalované na všetkých technologických zariadeniach kde sa využíva tepelná energia vo forme pary alebo horúcej vody.

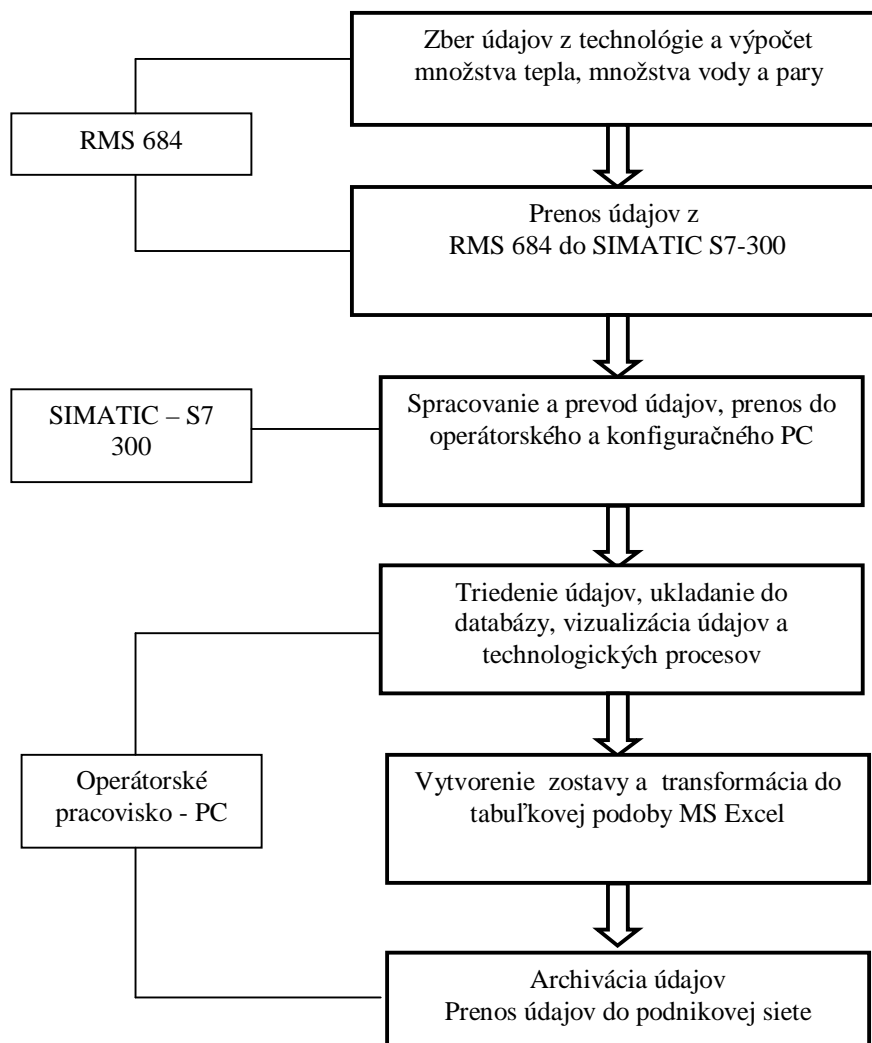
Záverom možno konštatovať, že tento systém merania tepelnej energie predstavuje výraznú racionalizáciu, keď odpadá manuálny zber údajov z meračov a spracovanie nameraných údajov. Pri väčšom počte aplikovaných meračov tepla to predstavuje aj výraznú časovú úsporu a následne aj ekonomický efekt.

5.2 Predbežné namerané výsledky

5.2.1 Algoritmus spracovania údajov

Prvotné údaje o technologických veličinách, ktoré sú uvedené v metodike sa získali pomocou meračov tepla RMS 684. Všetky údaje, ktoré boli merané a spracované prepočítavačmi tepla zbierala meracia ústredňa SIMATIC S7-300. Z ústredne postupovali údaje na ďalšie spracovanie do operátorského pracoviska.

Na základe metodického postupu bol zostrojený algoritmus zberu a spracovania nameraných údajov, ktorý je uvedený na nasledovnom obrázku.



Obr. 44 Schéma spracovania meraných a vyhodnocovaných údajov

Prvotné údaje – premenné, ktoré namerali a vypočítali jednotlivé merače tepla a všetky ostatné údaje ktoré sa spracovali v PLC sa v počítači PC priebežne ukladali do relačnej databázy. Paralelne bežiacia aplikácia potom jednotlivé údaje z databázy importovala a ukladala do pripravenej šablóny v tabuľkovej forme MS Office Excel. Tieto tabuľky s výsledkami meraní systém ukladal chronologicky podľa dátumu ako súbory XLS. V tabuľke sú jednotlivé údaje usporiadané v časovom slede. Každá nameraná hodnota má priradený dátum a čas. Údaje boli do tabuľky vkladané v jedno hodinovom intervale. Tieto tabuľky je možné podľa potreby na pripojenej tlačiarni vytlačiť alebo údaje použiť v elektronickej forme. V nasledujúcich tabuľkách sú uvedené ukážky nameraných údajov, ktoré merací systém automaticky spracoval a ukladal do tabuľkovej formy v prostredí MS Excel. Takto získané prvotné údaje sa použili na ďalšie matematicko-štatistické analýzy. Výsledky meraní a výpočtov, ktoré sa použili pre vyhodnotenie meraní sú uvedené v prílohe 1 a 2.

Tab. 8 Ukážka nameraných hodnôt spracovaných do tabuľkovej formy v prostredí MS Excel

| Dňa: 23.1.2007 | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|----------|----------------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|---|---|---|---|-------------------------------------|---|---|---|---|
| Tlač: 23.1.2009 22:52 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Dátum | Čas | Prietok hmotnostný K4 R200_2301F | Pretlak z K4 R201_2201P | Teplota z K4 R202_2101T | Počítadlo paromeru K4 R206_H_SUM | Počítadlo paromeru K4 R208_M_SUM | Para na defibrátory DVD1 R510_5301F | Pretlak pary na defibrátory DVD1 R511_5201P | Teplota pary na defibrátory DVD1 R512_5101T | Počítadlo pary na defibrátory DVD1 R516_H_SUM | Počítadlo pary na defibrátory DVD1 R518_M_SUM | Para na defibrátory DVD2 R520_5302F | Pretlak pary na defibrátory DVD2 R521_5202P | Teplota pary na defibrátory DVD2 R522_5102T | Počítadlo pary na defibrátory DVD2 R526_H_SUM | Počítadlo pary na defibrátory DVD2 R528_M_SUM |
| | | [t.h ⁻¹] | [kPa] | [°C] | [GJ] | [t] | [t.h ⁻¹] | [kPa] | [°C] | [GJ] | [t] | [t.h ⁻¹] | [kPa] | [°C] | [GJ] | [t] |
| 23.1.2007 | 14:00:00 | 0,02 | 1 591 | 204 | 625 174 | 219 079 | 0,00 | 253 | 127 | 50 812 | 18 169 | 0,00 | 252 | 128 | 23 670 | 8 465 |
| 23.1.2007 | 15:00:00 | 0,02 | 1 528 | 202 | 625 174 | 219 079 | 0,00 | 84 | 87 | 50 812 | 18 169 | 0,00 | 84 | 87 | 23 670 | 8 465 |
| 23.1.2007 | 16:00:00 | 1,55 | 1 673 | 210 | 625 175 | 219 079 | 0,00 | 258 | 107 | 50 812 | 18 169 | 0,00 | 259 | 93 | 23 670 | 8 465 |
| 23.1.2007 | 17:00:00 | 11,41 | 1 588 | 224 | 625 203 | 219 089 | 0,10 | 1 676 | 201 | 50 813 | 18 169 | 0,00 | 1 673 | 202 | 23 670 | 8 465 |
| 23.1.2007 | 18:00:00 | 13,85 | 1 824 | 231 | 625 243 | 219 103 | 0,20 | 1 885 | 206 | 50 813 | 18 169 | 0,00 | 1 887 | 206 | 23 670 | 8 465 |
| 23.1.2007 | 19:00:00 | 4,77 | 2 010 | 229 | 625 274 | 219 114 | 0,20 | 2 084 | 211 | 50 814 | 18 169 | 0,00 | 2 085 | 212 | 23 670 | 8 465 |
| 23.1.2007 | 20:00:00 | 14,00 | 1 872 | 230 | 625 300 | 219 123 | 2,40 | 1 880 | 206 | 50 815 | 18 169 | 1,50 | 1 905 | 208 | 23 674 | 8 467 |
| 23.1.2007 | 21:00:00 | 14,44 | 1 872 | 230 | 625 339 | 219 137 | 1,70 | 1 988 | 208 | 50 819 | 18 171 | 1,60 | 1 911 | 209 | 23 678 | 8 468 |
| | | | | | 165,2 | 57,9 | | | | 7,1 | 2,5 | | | | 7,9 | 2,8 |

Tab. 9 Ukážka nameraných hodnôt spracovaných do tabuľkovej formy v prostredí MS Excel – pokračovanie tabuľky

| Smrečina Holding I., a.s. Banská Bystrica | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------|-----------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|---|--|--|--|-------------------------------|---|--|--|--|---|---|---|--|--|
| Dňa: 23.1.2007 | | OKRUH VÝMENNÍKA V1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tlač: | | PRIMÁR V1 | | | | | SEKUNDÁR V1 (PRED V1) | | | | | | | | | | SEKUNDÁR V1 (ZA V1) | | | | |
| Dátum | Čas | Para do V1 R600_3301F | Pretlak pary V1 R601_3201P | Teplota pary V1 R602_3101T | Počítadlo pary do V1 R606_H_SUM | Počítadlo pary do V1 R608_M_SUM | Horúca voda na SSK R720_3303F | Pretlak horúcej vody zo SSK SK1E_P_3205 | Teplota horúcej vody za SSK R723_3107T | Počítadlo horúcej vody na SSK R726_H_SUM | Počítadlo horúcej vody na SSK R728_M_SUM | Horúca voda na NSK R710_3302F | Pretlak horúcej vody za NSK SK1N_P_3204 | Teplota horúcej vody za NSK R713_3105T | Počítadlo horúcej vody na NSK R716_H_SUM | Počítadlo horúcej vody na NSK R718_M_SUM | Pretlak horúcej vody za V1 - pred čerp. V1_P_3202 | Teplota horúcej vody za V1 - pred čerp. V1_T_3103 | Pretlak horúcej vody na výtlaku čerpadiel Č123_P_3203 | Teplota horúcej vody na vstupe do SSK R722_3106T | Teplota horúcej vody na vstupe do NSK R712_3104T |
| | | [t.h ⁻¹] | [kPa] | [°C] | [GJ] | [t] | [t.h ⁻¹] | [kPa] | [°C] | [GJ] | [t] | [t.h ⁻¹] | [kPa] | [°C] | [GJ] | [t] | [kPa] | [°C] | [kPa] | [°C] | [°C] |
| 4.6.2006 | 14:00:00 | 6,04 | 2 031 | 216 | 219 029 | 102 348 | 273,90 | 1 133 | 176 | 123 218 | 3 187 580 | 0,00 | -625 | 165 | 90 019 | 1 382 518 | 1 101 | 186 | 1 464 | 185 | 185 |
| 4.6.2006 | 15:00:00 | 5,24 | 2 023 | 216 | 219 041 | 102 354 | 272,90 | 1 101 | 177 | 123 228 | 3 187 854 | 0,00 | -625 | 165 | 90 019 | 1 382 518 | 1 070 | 185 | 1 434 | 184 | 184 |
| 4.6.2006 | 16:00:00 | 6,38 | 1 938 | 215 | 219 053 | 102 360 | 267,30 | 1 126 | 176 | 123 238 | 3 188 122 | 0,00 | -625 | 165 | 90 019 | 1 382 518 | 1 094 | 185 | 1 443 | 185 | 184 |
| 4.6.2006 | 17:00:00 | 6,33 | 2 029 | 216 | 219 065 | 102 366 | 274,20 | 1 151 | 176 | 123 248 | 3 188 393 | 0,00 | -625 | 164 | 90 019 | 1 382 518 | 1 121 | 186 | 1 487 | 185 | 185 |
| 4.6.2006 | 18:00:00 | 4,94 | 2 018 | 215 | 219 077 | 102 371 | 273,70 | 1 089 | 177 | 123 257 | 3 188 667 | 0,00 | -625 | 165 | 90 019 | 1 382 518 | 1 059 | 185 | 1 423 | 184 | 184 |
| 4.6.2006 | 19:00:00 | 5,48 | 2 010 | 215 | 219 089 | 102 377 | 275,20 | 1 108 | 177 | 123 267 | 3 188 942 | 0,00 | -625 | 165 | 90 019 | 1 382 518 | 1 076 | 185 | 1 440 | 184 | 185 |
| 4.6.2006 | 20:00:00 | 6,55 | 2 010 | 216 | 219 101 | 102 383 | 273,60 | 1 139 | 176 | 123 277 | 3 189 217 | 0,00 | -625 | 164 | 90 019 | 1 382 518 | 1 109 | 186 | 1 472 | 185 | 184 |
| | | | | | 84,6 | 40,5 | | | | 68,9 | 1 911,5 | | | | 0,0 | 0,0 | | | | | |

5.3 Vyhodnotenie meraní

Energetická bilancia je veľmi dôležitý faktor v systémoch, kde sa uplatňuje výroba, distribúcia a spotreba tepelnej energie.

Veľký dôraz sa kladie na to, aby výroba tepelnej energie, jej distribúcia a spotreba sa realizovala s minimálnymi stratami. Z nameraných hodnôt možno analyzovať a vyhodnotiť spotrebu tepelnej energie a energetickú bilanciu systému pre sušiacie kryty výrobných linky drevovláknitých dosiek.

5.3.1 Spracovanie nameraných údajov

Pri skúmaní účinnosti využitia tepelnej energie sušiacich tunelov a vzájomných vplyvov technologických parametrov sa analyzovali namerané a vypočítané hodnoty.

Pre primárny a sekundárny okruh výmenníka tepla VT1 a sušiacie kryty SSK a NSK boli použité nasledovné údaje:

- | | |
|----------------------------------|-------------------|
| 1. Prietok horúcej vody do SSK | t.h ⁻¹ |
| 2. Pretlak horúcej vody zo SSK | kPa |
| 3. Teplota horúcej vody za SSK | °C |
| 4. Množstvo tepla odobrané SSK | GJ |
| 5. Množstvo horúcej vody do SSK | t |
| 6. Prietok horúcej vody do NSK | t.h ⁻¹ |
| 7. Pretlak horúcej vody za NSK | kPa |
| 8. Teplota horúcej vody za NSK | °C |
| 9. Množstvo tepla odobrané NSK | GJ |
| 10. Množstvo horúcej vody do NSK | t |
| 11. Teplota horúcej vody za V1 | °C |
| 12. Prietok pary do V1 | t.h ⁻¹ |
| 13. Tlak pary do V1 | kPa |
| 14. Teplota pary do V1 | °C |
| 15. Teplota kondenzátu z V1 | °C |

5.3.2 Analýza meraní

Pri prevádzkovaní technologických zariadení, výrobných liniek a zariadení kde sa využíva tepelná energia majú veľký vplyv na hospodárnosť tepelné straty. V súčasnej dobe treba venovať veľkú pozornosť monitorovaniu týchto strát, analyzovať ich možné príčiny a navrhovať riešenia na ich zníženie, aby ekonomika tepelného hospodárstva bola čo najefektívnejšia. Na hospodárnosť a ekonomiku tepelno-energetických zariadení majú vplyv viaceré faktory, ako:

- technický stav samotných technologických zariadení,
- technický stav rozvodných tepelných sietí,
- prevádzkovanie energetických zariadení,
- nevhodné, nepresné meranie množstva tepla.

Faktory, ktoré majú priamo vplyv na vlastné tepelné straty, ako uvádzajú aj Michalec, Mereš (2002) sú teplota prepravovaného média, technický stav, vyhotovenie, izolácia, dĺžka rozvodnej tepelnej siete a okolitá teplota.

Straty nie sú závislé od *veľkosti tepelného výkonu*, od *množstva tepla prepravovaného za určité časové obdobie*, to znamená, že tepelná strata v absolútnej hodnote je *konštantná* pri daných teplotných pomeroch a danej tepelnej sieti.

Významným faktorom je percentuálne vyjadrenie tepelných strát, čo v našom prípade je pomer odobraného – spotrebovaného tepla a dodaného tepla do systému. Účelom každej prevádzky tepelno-energetického zariadenia je, aby percento využitia tepelnej energie bolo čo najvyššie.

Analýza využitia tepelnej energie pri prevádzke starého sušiaceho krytu

Výrobná linka na výrobu drevovláknitých dosiek pozostáva z viacerých technologických zariadení, ktoré pre svoju činnosť potrebujú tepelnú energiu. Hlavným odberateľom tepla sú dve sušiarne drevovláknitých dosiek, kde sa vysušujú vyrobené mokré drevovláknité dosky. Tieto sušiarne sú vlastne sušiace tunely. Prvý sušiaci tunel je označovaný ako „starý sušiaci kryt“, je to pôvodná technológia výrobnéj linky, ktorá bola uvedená do prevádzky po výstavbe závodu.

Na základe nameraných hodnôt sme skúmali využitie tepelnej energie pre okruh starého sušiaceho krytu. Ako je aj uvedené v metodike, účinnosť využitia tepelnej energie je pomer odobraného množstva tepla ku odovzdanému množstvu tepla. Pre výpočet sa použil matematický vzťah (1), ktorý je uvedený v metodike. Pri výpočte účinnosti využitia tepelnej

energie sa vychádzalo z nameraných údajov, ktoré systém pre meranie a zber informácií automaticky ukladal do tabuliek vo formáte MS Excel. Ako vstupné údaje pre výpočet energetickej účinnosti využitia tepelnej energie sa použili nasledovné údaje:

§ množstvo odovzdaného tepla do VT1, GJ

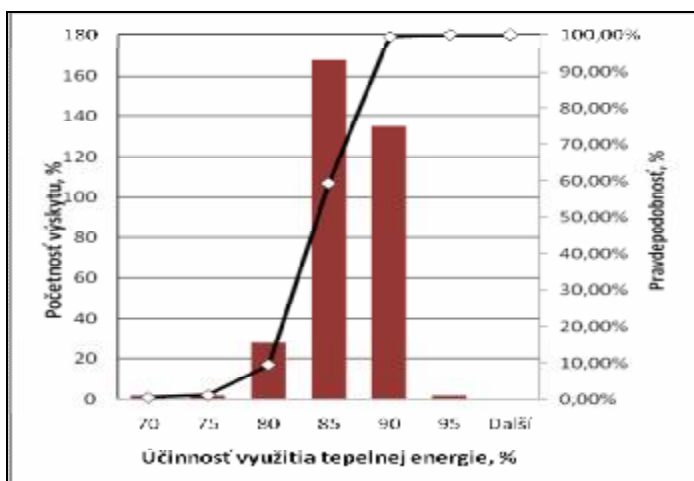
§ množstvo spotrebovaného tepla SSK, GJ

Vypočítané hodnoty energetickej účinnosti pre jednotlivé merania okruhu sušiarne SSK sú uvedené v prílohe č. 1 Na základe vypočítaných hodnôt účinnosti sa vykonala štatistická analýza. V nasledovnej tabuľke sú uvedené základné štatistické údaje pre účinnosť využitia tepelnej energie pre starý sušiaci kryt.

Tab. 10 Základné štatistické údaje pre starý sušiaci kryt

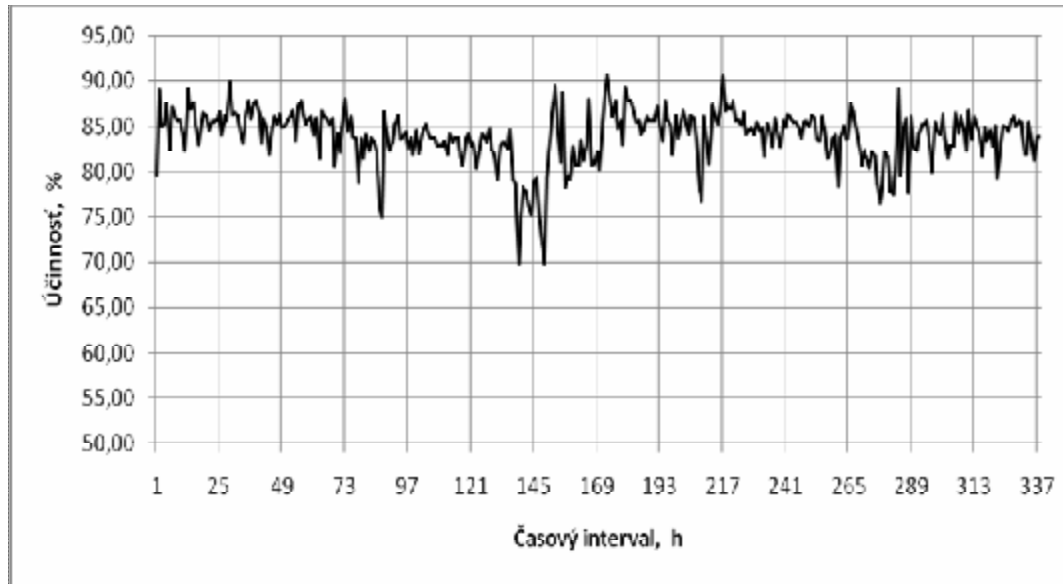
| | |
|-------------------------------|----------|
| Stredná hodnota | 83,87 |
| Chyba strednej hodnoty | 0,16 |
| Medián | 84,37 |
| Modus | 84,17 |
| Smerodajná odchýlka | 3,00 |
| Rozptyl výberu | 8,99 |
| Špicatost' | 3,42 |
| Šikmost' | -1,34 |
| Minimum | 69,77 |
| Maximum | 90,73 |
| Súčet | 28095,60 |
| Počet | 335,00 |
| Hladina spoľahlivosti (95,0%) | 0,32 |

Rozloženie početnosti vypočítaných hodnôt účinnosti využitia tepelnej energie pre starý sušiaci kryt je znázornený na nasledovnom obrázku.



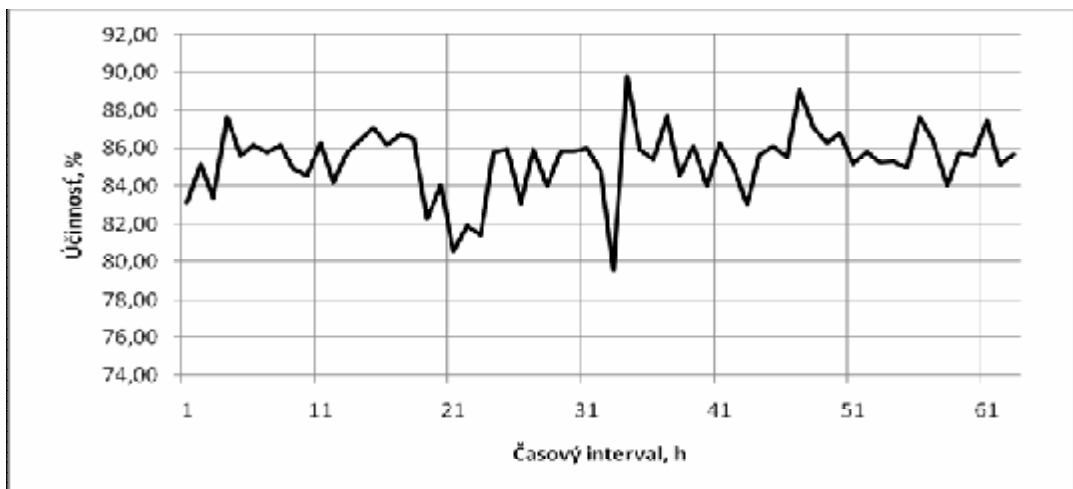
Obr. 45 Účinnosti využitia tepelnej energie pre starý sušiaci kryt (SSK) za obdobie marec 2006

Výsledky výpočtov sú znázornené aj v grafickej forme na obrázku 46. Zobrazená krivka je zmena účinnosti využitia tepelnej energie pre okruh SSK (starý sušiaci kryt) v období marec 2006. Ako z grafu vyplýva, hodnota účinnosti sa pohybovala v rozmedzí 69,8 % až 90,7 %, pričom priemerná hodnota za sledované obdobie bola 83,7 %.



Obr. 46 Zmena účinnosti využitia tepelnej energie pre starý sušiaci kryt (SSK) za obdobie marec 2006

Z uvedených obrázkov vyplýva, že straty tepla pri prevádzke starého sušiacieho krytu sa pohybujú v priemere okolo 16 %. Na nasledujúcom obrázku je uvedený detailnejší priebeh krivky využitia tepelnej energie. Z uvedeného detailnejšieho priebehu je možné pozorovať veľkosť zmeny účinnosti využitia tepla v závislosti na čase.



Obr. 47 Detailnejší priebeh zmeny účinnosti využitia tepelnej energie pre starý sušiaci kryt (SSK) za obdobie marec 2006

Na tieto výrazné zmeny v časovej závislosti môžu mať vplyv viaceré faktory. Ako už bolo uvedené, tepelná strata v absolútnej hodnote je konštantná pri daných teplotných pomeroch a danej tepelnej sieti. Samotná strata výmenníka tepla ako uvádza výrobca (Alfa-Laval) je minimálna, prenos tepla je vysoko účinný.

Je predpoklad, že uvedený priebeh strát bude ovplyvňovaný najmä únikom tepla teplonosného média – horúcej vody. Tento jav môže ovplyvňovať viacej faktorov ako:

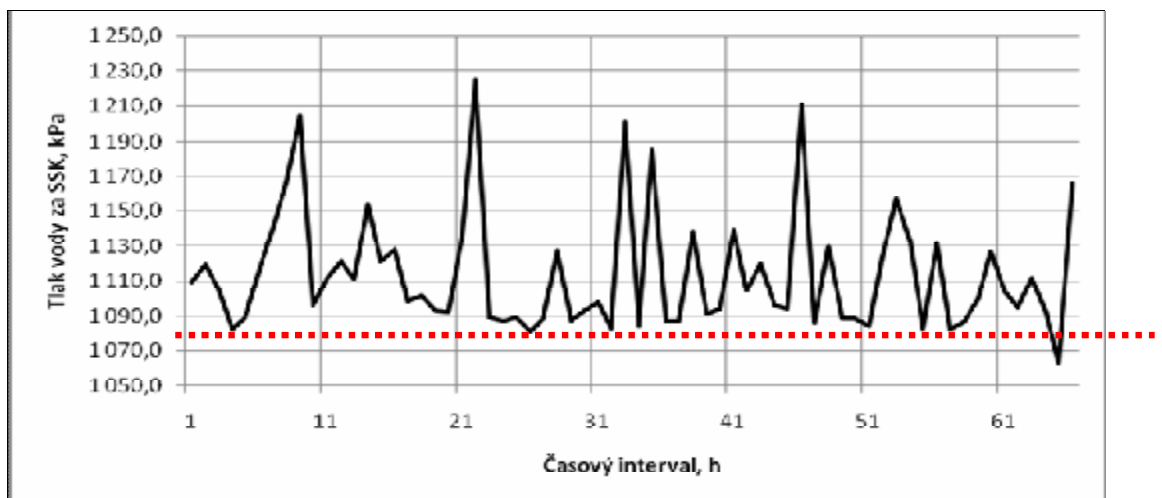
- § technický stav technologického zariadenia (netesnosti potrubí, ventilov, výmenníkov ...),
- § kvalita izolácia potrubí (poškodená, chýbajúca),
- § spôsob prevádzkovania technológie,
- § spôsob regulácie.

Vplyv technologických parametrov na straty

Pre analýzu údajov o veľkosti využitia tepelnej energie sme skúmali vplyvy jednotlivých technologických parametrov. Počas merania sme zisťovali závislosť účinnosti využitia tepelnej energie od technologických parametrov ako sú:

- § tlak vody a pary,
- § teplota vody,
- § prietok vody.

Namerané hodnoty tlaku sme spracovali do grafickej podoby, priebeh v závislosti od času je znázornený na nasledovnom obrázku. Na obrázku je bodkovanou čiarou znázornený požadovaný tlak pre prevádzku SSK.



Obr. 48 Zmena tlaku horúcej vody v závislosti na čase za starým sušiacim krytom

Požadovaný tlak vykurovacej vody pre sušiacie kryty udržiava systém regulácie tlaku v sekundárnom okruhu výmenníka VT1. Systém pozostáva z dvoch regulačných ventilov, ktoré regulujú tlak v systéme pri zvýšení a znížení hodnoty oproti nastavenému tlaku v regulátore riadiaceho systému

Pri poklese tlaku v systéme doplnovací ventil doplňuje systém kondenzátom a zvyšuje tlak. Pri prekročení tlaku vypúšťací ventil odpúšťa zo systému horúcu vodu a tým sa znižuje tlak v systéme. Hodnoty nastavenia tlakov sú uvedené nasledovne:

Doplňovací ventil

Otvárací tlak: 1 050 kPa,

Zatvárací tlak: 1 150 kPa.

Vypúšťací ventil

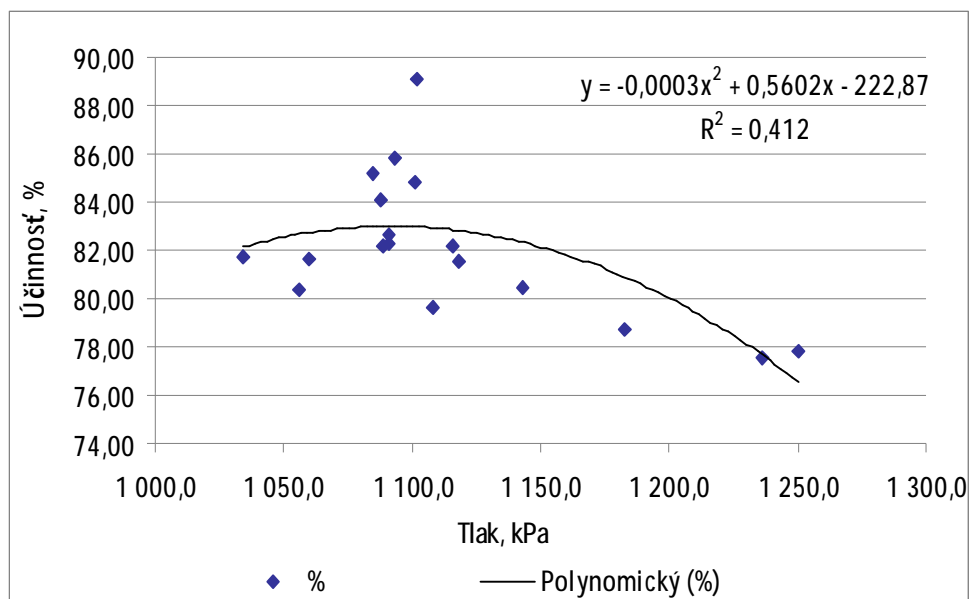
Otvárací tlak: 1 250 kPa,

Zatvárací tlak: 1 200 kPa.

Vyhodnotenie vplyvu parametrov pôsobiacich na energetickú účinnosť

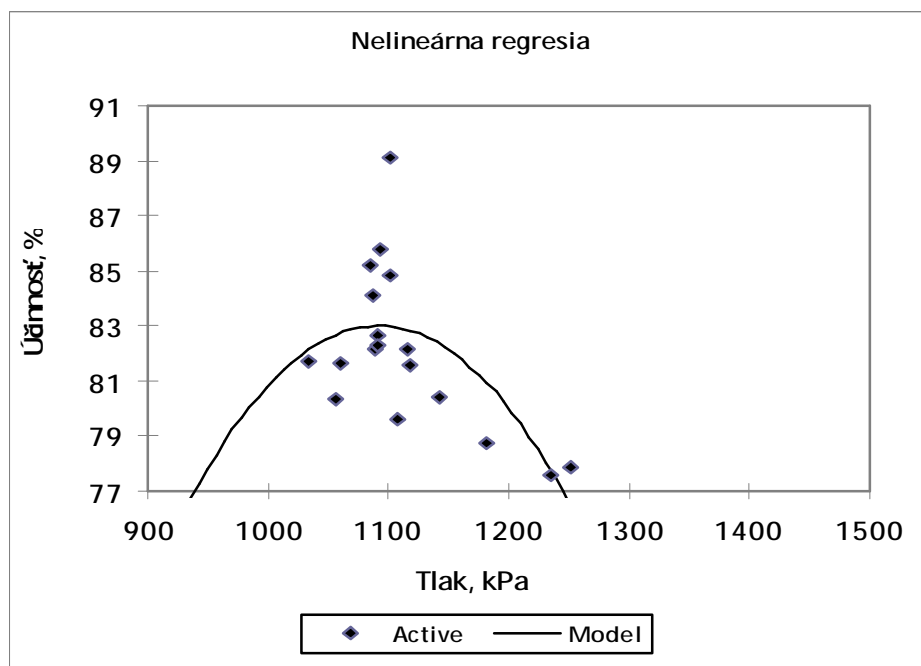
Aby bolo možné kvantifikovať vzájomné vzťahy medzi jednotlivými technologickými parametrami pary a horúcej vody (tlak, teplota, prietok, účinnosť využitia tepla) použila sa korelačná a regresná analýza na skúmanie a určenie miery závislosti medzi jednotlivými kvantitatívnymi znakmi. Výsledky regresnej analýzy s uvedením koeficientu determinácie R^2 a intervalu spoľahlivosti na hladine významnosti $\alpha = 0,95$ sú znázornené v grafickej podobe.

Pre zistenie vzájomných závislostí jednotlivých parametrov sme skúmali vplyv zmeny tlaku horúcej vody meraného na výstupe starého sušiaceho krytu na percento účinnosti využitia tepelnej energie. Na nasledujúcom obrázku je znázornená závislosť medzi tlakom vody a účinnosťou využitia tepla. Zo zisteného koeficientu determinácie $R^2 = 0,41$ vyplýva stredná závislosť medzi uvedenými parametrami. Pri zmene hodnoty tlaku vody od nastaveného tlaku pre reguláciu možno pozorovať zmenu veľkosti účinnosti využitia tepelnej energie. Ako vyplýva z obrázkov 49 a 50 k zmene hodnoty účinnosti dochádza najmä pri stúpaní tlaku. Z uvedených obrázkov je zrejmé, že percento účinnosti využitia tepelnej energie bolo najvyššie pri hodnote tlaku okolo 1100 kPa, čo je vlastne žiadaná hodnota regulačného systému pre reguláciu tlaku v sekundárnom okruhu starého sušiaceho krytu (tunela). Na nasledovných obrázkoch sú uvedené výsledky meraní v grafickej podobe.



Obr. 49 Závislosť medzi percentom účinnosti využitia tepelnej energie a tlakom vykurovacej vody za starým sušiacim krytom SSK meranie č. 1

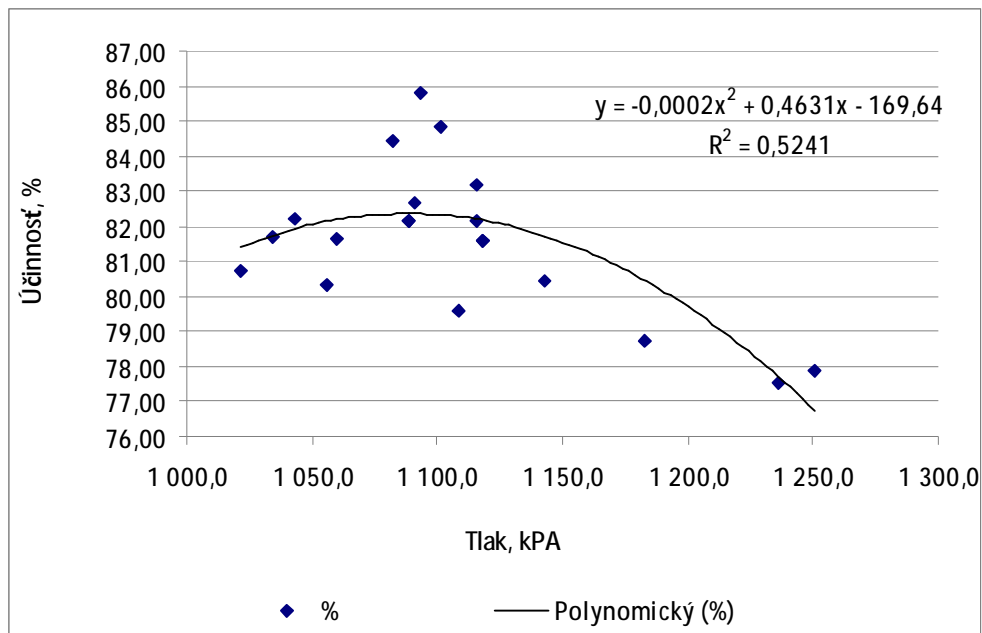
Štatistickú analýzu nameraných údajov sme vykonali aj pomocou softvéru XLSTAT, výsledok nelineárnej regresie v grafickej podobe je na nasledovnom obrázku.



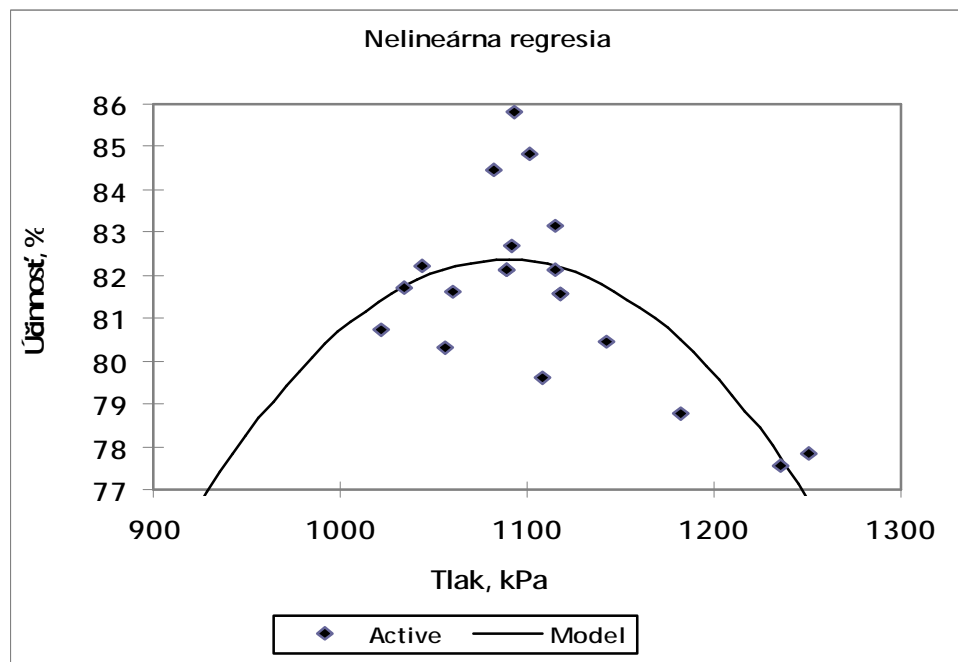
Obr. 50 Závislosť medzi percentom účinnosti využitia tepelnej energie a tlakom vykurovacej vody za starým sušiacim krytom SSK meranie č. 1 – zobrazenie nelineárnej regresie v prostredí XLSTAT

Na obrázkoch 51 a 52 je vyhodnotenie závislosti medzi percentom účinnosti využitia tepelnej energie a tlakom vykurovacej vody za starým sušiacim krytom SSK pre meranie, ktoré sa vykonávalo v nasledovnom mesiaci. Aj pri týchto meraniach bola dokázaná určitá

závislosť medzi tlakom vody v sekundárnom okruhu sušiarne a účinnosťou využitia tepelnej energie, kde koeficient determinácie bol $R^2 = 0,524$. Je to tiež stredná závislosť ako pri predchádzajúcom období.

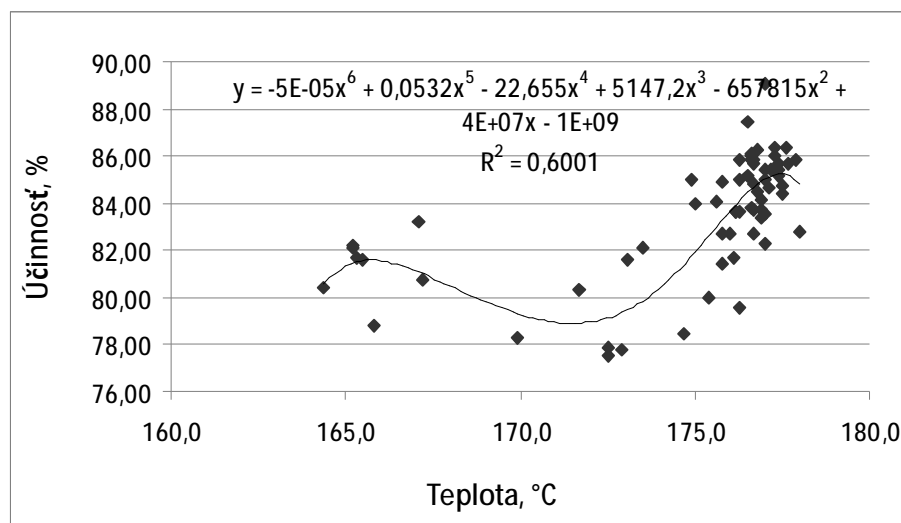


Obr. 51 Závislosť medzi percentom účinnosti využitia tepelnej energie a tlakom vykurovacej vody za starým sušiacim krytom SSK meranie č. 2



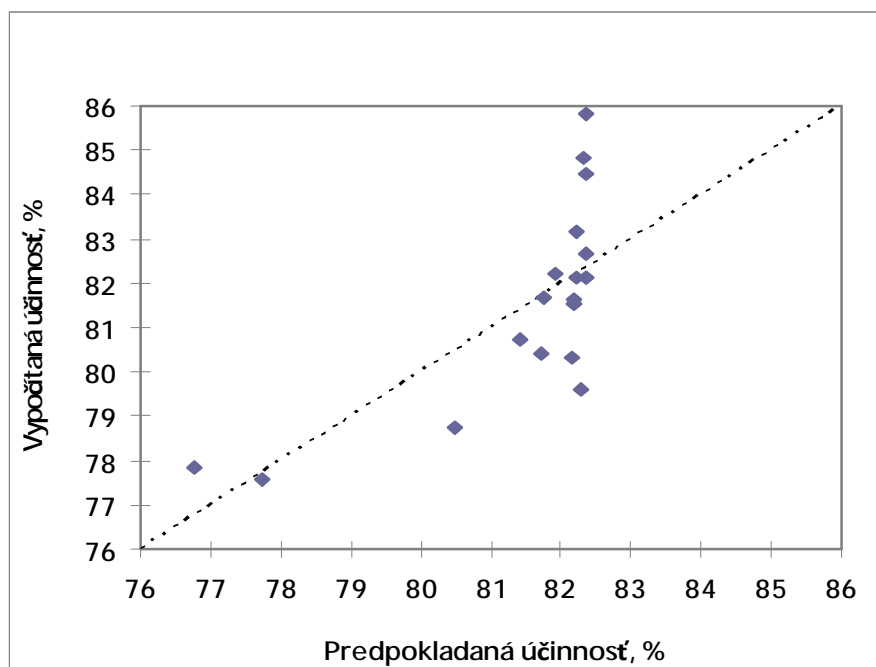
Obr. 52 Závislosť medzi percentom účinnosti využitia tepelnej energie a tlakom vykurovacej vody za starým sušiacim krytom SSK meranie č. 2 – zobrazenie nelineárnej regresie pomocou XLSTAT

Ďalším skúmaným faktorom bola teplota na výstupe vody z SSK. Na obrázku 53 je znázornená závislosť medzi teplotou vody na výstupe z SSK a účinnosťou využitia tepla.

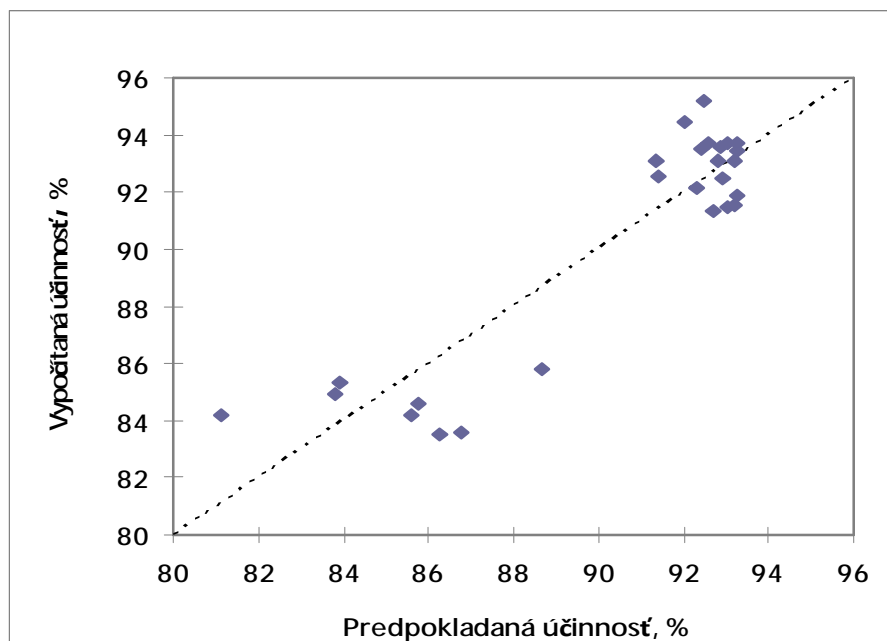


Obr. 53 Závislosť medzi percentom účinnosti tepelnej energie a teplotou vody za starým sušiacim krytom SSK

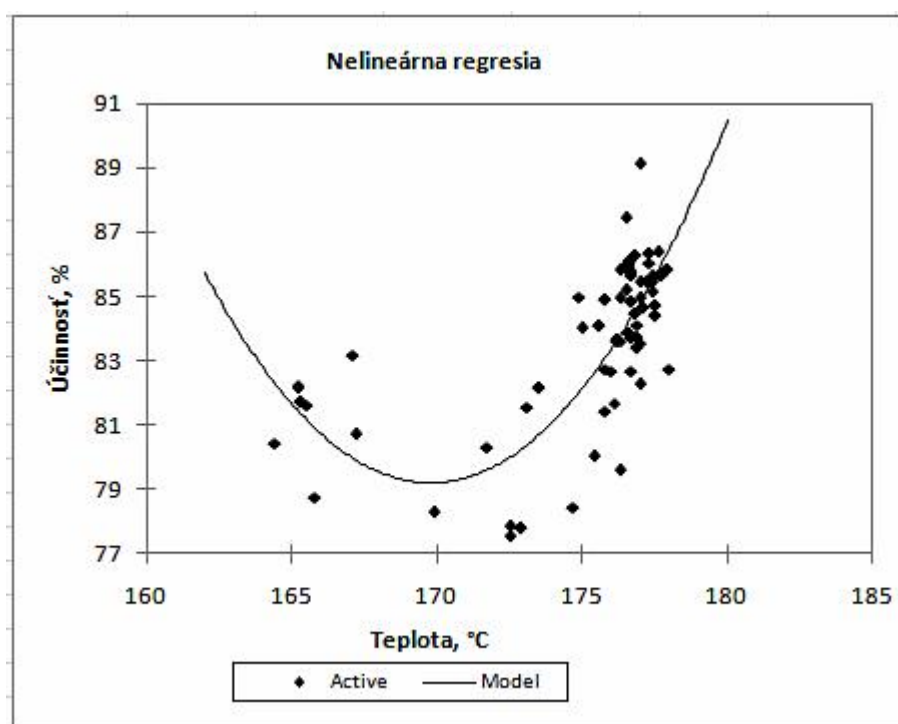
Koeficient determinácie $R^2 = 0,6$ predstavuje strednú závislosť medzi uvedenými parametrami. Z obrázku možno konštatovať, že k poklesu účinnosti využitia tepelnej energie dochádza pri poklese teploty vody medzi 165 °C až do 175 °C. Najpriaznivejšia účinnosť je pri rozpätí teploty vody 175 °C až 178 °C. Tieto hodnoty sú optimálne hodnoty teploty vody pre prevádzku sekundárneho okruhu sušiarne drevovláknitých dosiek.



Obr. 54 Porovnanie vypočítaných hodnôt účinnosti využitia tepelnej energie s predpokladanými hodnotami účinnosti – zobrazenie XLSTAT, meranie č. 1



Obr. 55 Porovnanie vypočítaných hodnôt účinnosti využitia tepelnej energie s predpokladanými hodnotami účinnosti – zobrazenie XLSTAT, meranie č. 2

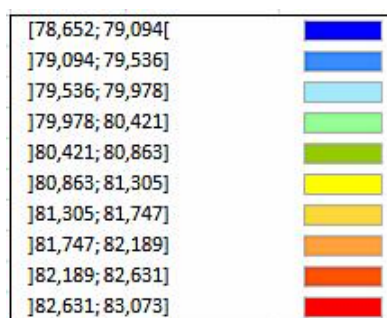


Obr. 56 Závislosť medzi percentom účinnosti tepelnej energie a teplotou vody za starým sušiacim krytom SSK – zobrazenie XLSTAT

Regresný strom – klasifikácia účinnosti využitia tepelnej energie pri samotnej prevádzke SSK je uvedený v prílohe č. 4.

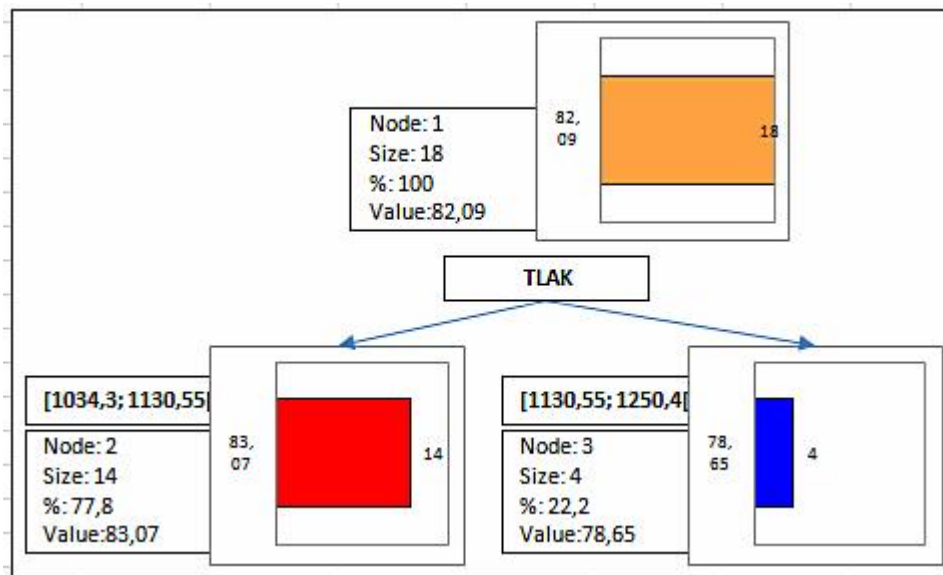
Z uvedených výsledkov meraní a z uvedených grafov možno pozorovať pokles účinnosti využitia tepla v závislosti od tlaku. Na základe týchto faktov možno usúdiť, že pri stúpnutí tlaku horúcej vody za SSK dochádza k určitému poklesu účinnosti využitia tepelnej energie. Tento jav je spôsobený aj reguláciou tlaku v sekundárnom okruhu vypúšťaním horúcej vody a následne dochádza aj k strate tepla. Podobný jav nastane aj pri regulačných zmenách na vstupe do výmenníka tepla VI, keď regulátor musí spracovať veľké regulačné odchýlky a dochádza k prehriatiu sekundárneho okruhu. Prehriatie okruhu sa prejaví stúpnutím teploty a následným nárastom tlaku. Zníženie tlaku a teploty vody v sekundárnom okruhu sa rieši odpúšťaním horúcej vody a napúšťaním studenejšej vody. Následne pri väčšom poklese teploty je potrebné pre dosiahnutie požadovaných parametrov teploty ďalšia energia zo strany primárneho okruhu výmenníka tepla. Podľa regresnej krivky má rozptyl teploty vody stredný vplyv na veľkosť účinnosti využitia tepla. Ďalším faktorom, ktorý zhoršuje účinnosť využitia tepla je aj stará technológia sušiaceho krytu (tunela), kde dochádza k ďalším únikom tepelnej energie.

Na nasledovných obrázkoch sú zobrazené vzájomné závislosti využitia tepelnej energie od tlaku a teploty vody sekundárneho okruhu starého sušiaceho krytu zobrazené metódou regresného stromu. Zaradenie intervalov jednotlivých účinností v percentuálnom vyjadrení sú zobrazené v uvedených legendách. Každému intervalu je priradené iné farebné označenie, kde modrá farba reprezentuje najnižšiu a červená farba najvyššiu účinnosť. Na nasledovnom obrázku je legenda pre tlak vody za starým sušiacim krytom.

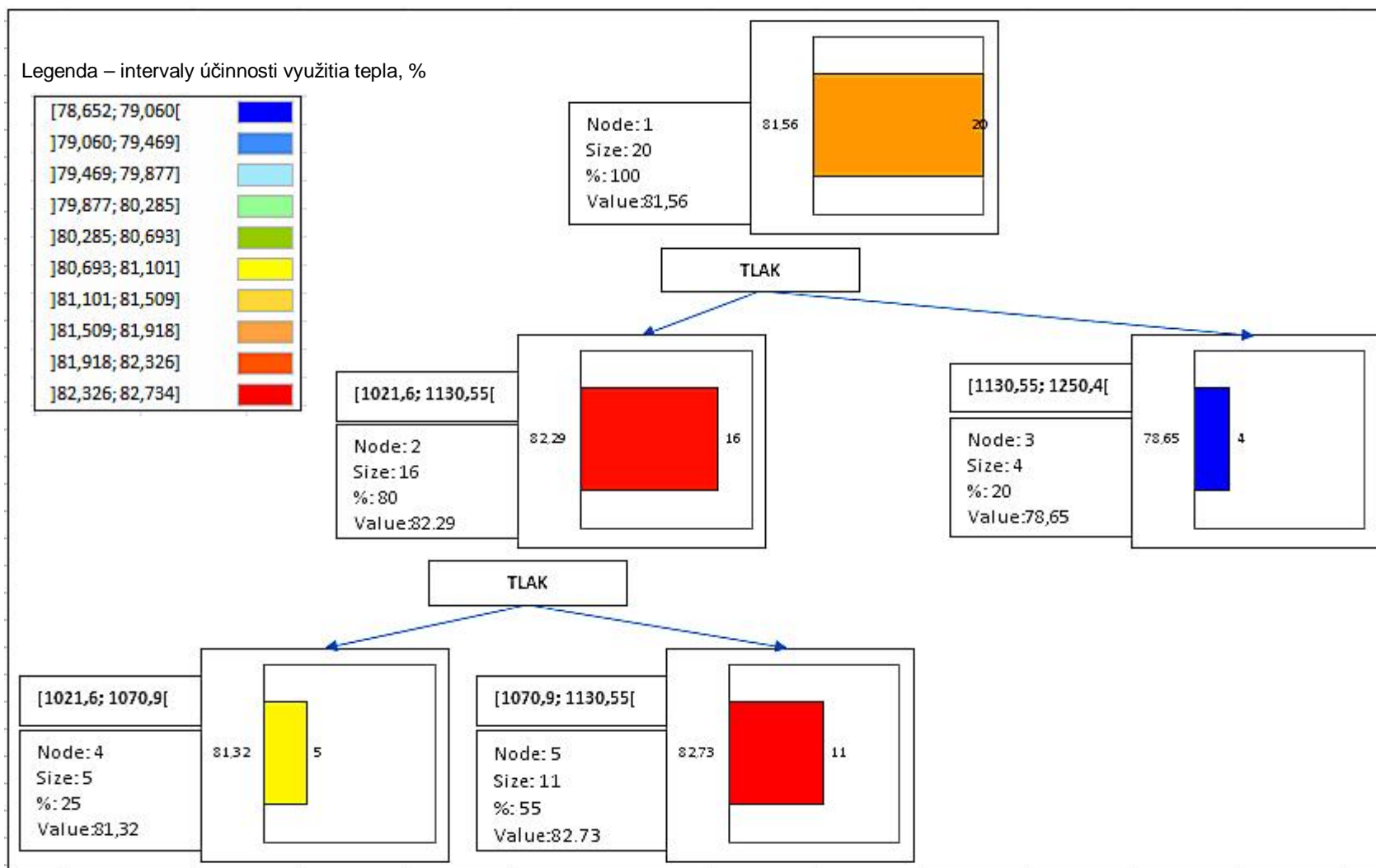


Obr. 57 Legenda – intervaly účinnosti využitia tepla v závislosti od tlaku vody za starým sušiacim krytom SSK vyjadrené prostredníctvom metódy regresného stromu

Regresný strom účinnosti využitia tepla v závislosti od tlaku vody v sekundárnom okruhu starého sušiaceho krytu je na obrázku 58 a 59.



Obr. 58 Regresný strom - klasifikácia účinnosti tepelnej energie v závislosti od tlaku vody za starým sušiacim krytom (SSK) – meranie č. 1



Obr. 59 Regresný strom – klasifikácia účinnosti tepelnej energie v závislosti od tlaku vody za starým sušiacim krytom (SSK) – meranie č. 2

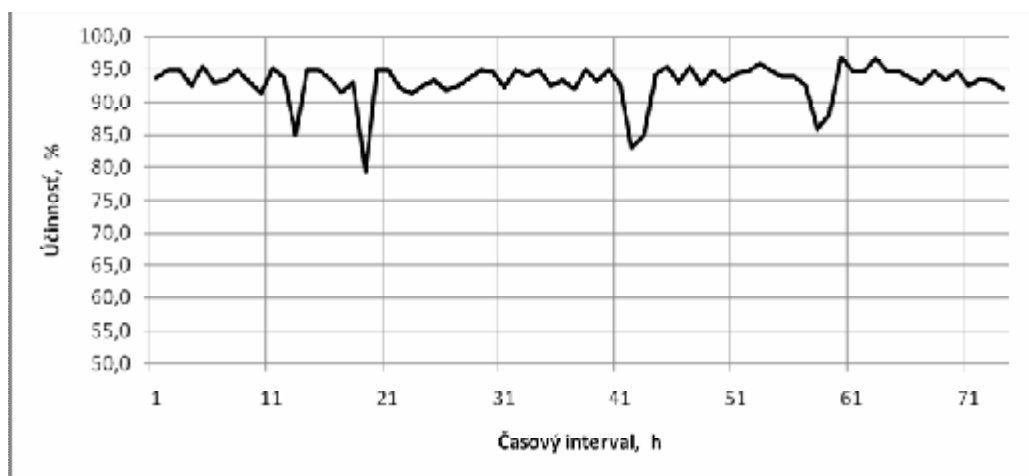
Analýza energetickej bilancie pri spoločnej prevádzke NSK a SSK

Ďalšie merania potrebné pre analýzu energetickej bilancie boli vykonané, keď boli v spoločnej prevádzke obidva výrobné systémy na výrobu drevovláknitých dosiek. Z nameraných hodnôt pre obidva sušiarne sa vypočítala účinnosť využitia tepelnej energie podľa vzorca (3) uvedeného v metodike práce. Výsledky meraní a výpočtov sú uvedené v prílohe 2. Na obrázku 60 je znázornená v grafickej forme zmena účinnosti využitia tepelnej energie v pri spoločnej prevádzke starého (SSK) a nového (NSK) sušiaceho krytu v období marec 2006. Ako z grafu vyplýva, hodnota účinnosti sa pohybovala v rozmedzí 72,2 % až 99,5 %, pričom priemerná hodnota za sledované obdobie bola 90,9 %.



Obr. 60 Zmena účinnosti využitia tepelnej energie pri spoločnej prevádzke starého (SSK) a nového (NSK) sušiaceho krytu

Na nasledovnom obrázku je znázornený priebeh zmeny účinnosti využitia tepelnej energie len pre samotný nový sušiaci kryt (NSK).



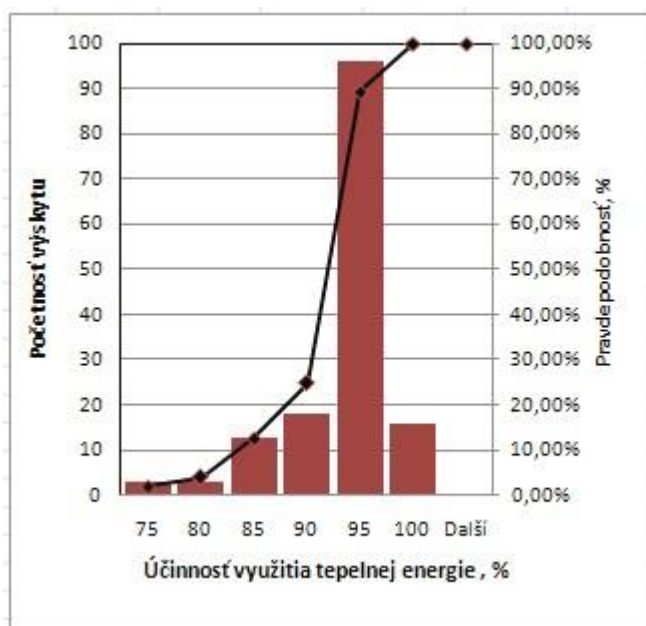
Obr. 61 Zmena účinnosti využitia tepelnej energie pre okruh nového sušiaceho krytu (NSK).

V nasledovnej tabuľke sú uvedené základné štatistické údaje pre využitie tepelnej energie pri spoločnej prevádzke starého a nového sušiaceho krytu (tunela).

Tab. 11 Základné štatistické údaje využitia tepelnej energie spoločnej prevádzke starého (SSK) a nového (NSK) sušiaceho krytu

| | |
|-------------------------------|----------|
| Stredná hodnota | 90,98 |
| Chyba strednej hodnoty | 0,38 |
| Medián | 92,09 |
| Modus | 83,61 |
| Smerodajná odchýlka | 4,61 |
| Rozptyl výberu | 21,21 |
| Špičatosť | 3,04 |
| Šikmosť | -1,46 |
| Minimum | 72,21 |
| Maximum | 99,51 |
| Súčet | 13555,34 |
| Počet | 149,00 |
| Hladina spoľahlivosti (95,0%) | 0,75 |

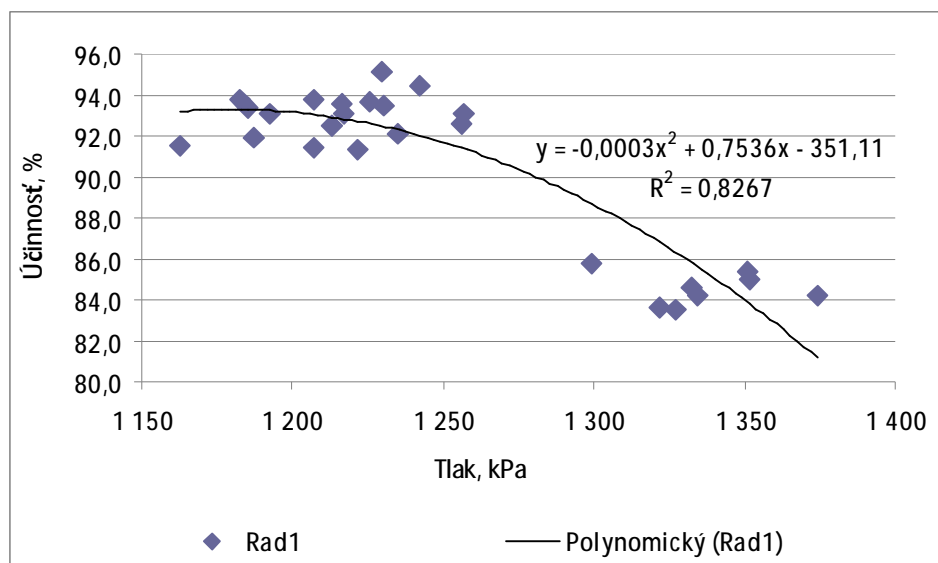
Rozloženie vypočítaných hodnôt účinnosti využitia tepelnej energie pri spoločnej prevádzke starého a nového sušiaceho krytu je znázornený na nasledovnom obrázku.



Obr. 62 Štatistická analýza rozloženia účinnosti využitia tepelnej energie pri spoločnej prevádzke starého (SSK) a nového sušiaceho krytu (NSK)

Po výpočte percenta účinnosti využitia tepelnej energie pre starý a nový sušiaci kryt pri ich spoločnej prevádzke sa skúmal vplyv tlaku v sekundárnom okruhu na veľkosť využitia tepelnej energie. Ako aj v prípade len samostatnej prevádzky starého sušiaceho krytu boli vykonané regresné analýzy. Na nasledovných obrázkoch sú uvedené výsledky v grafickej

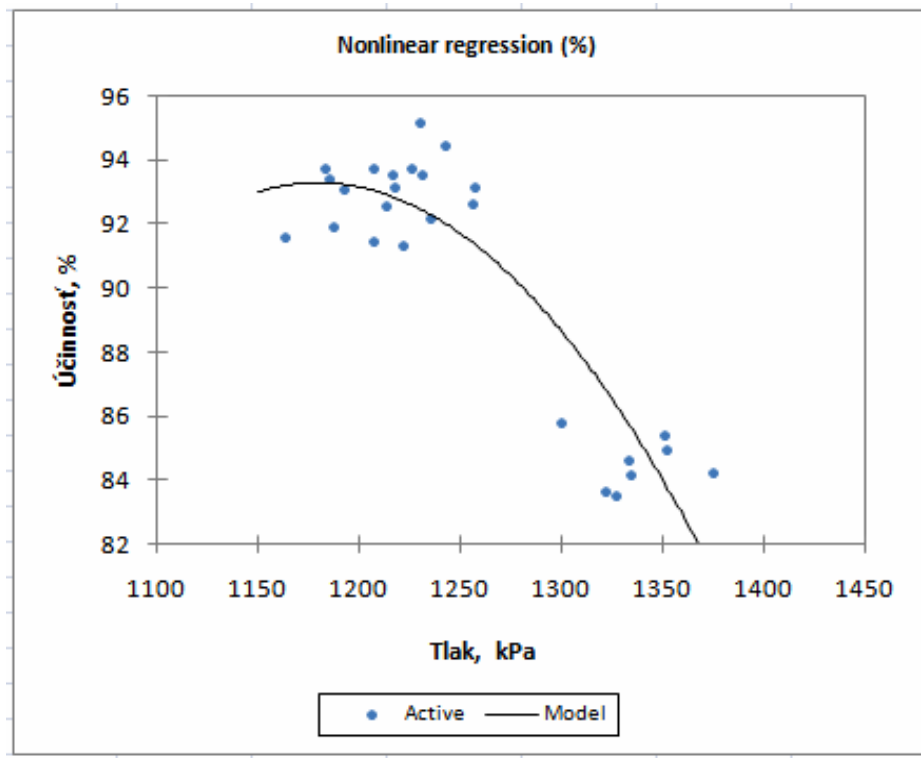
podobe. Na obrázku 63 je závislosť účinnosti využitia tepelnej energie od tlaku horúcej vody na vstupe do nového sušiacieho krytu pri spoločnej prevádzke.



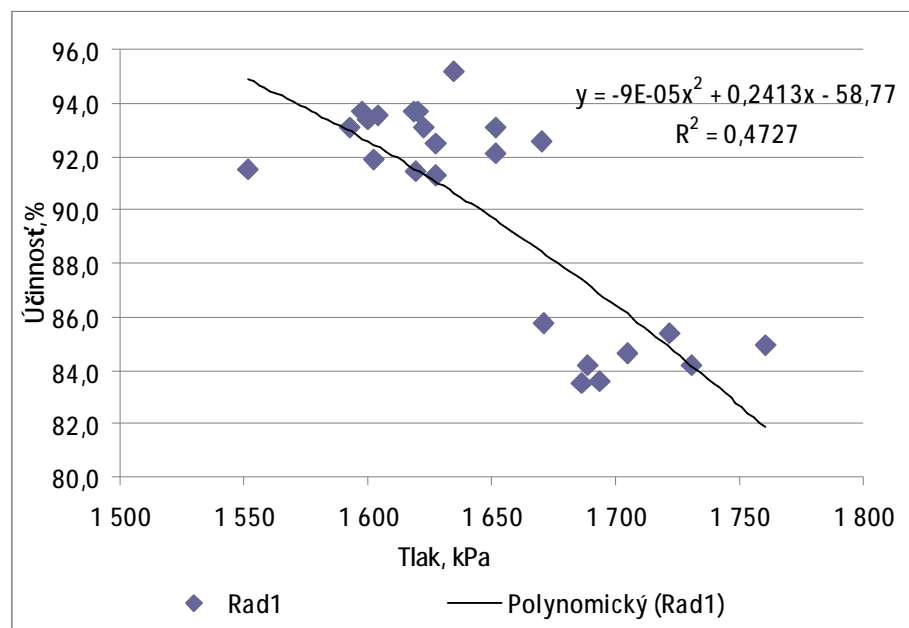
Obr. 63 Závislosť medzi percentom účinnosti využitia tepelnej energie a tlakom vody na vstupe do nového (NSK) sušiacieho krytu pri spoločnej prevádzke starého (SSK) a nového sušiacieho krytu (NSK)

Ako vyplýva z obrázku 63 je koeficient determinácie $R^2 = 0,83$ čo predstavuje významnejšiu závislosť medzi účinnosťou využitia tepelnej energie a tlakom vody v sekundárnom okruhu sušiacich krytov na vstupe do NSK pri spoločnej prevádzke obidvoch sušiarňí. Na zvýšenie percenta účinnosti pri spoločnej prevádzke má vplyv novšia technológia zrekonštruovanej sušiarne (NSK), kde nedochádza k takým technologickým stratám, ako len pri samostatnej prevádzke starej sušiarne. Aj v tomto prípade dochádza ku zmenám tlaku v sekundárnom okruhu, ale tieto zmeny (odchýlky) od predpísanej prevádzkovej hodnoty sú menšie. Pri takejto prevádzke systému je potom menej regulačných zásahov do systému z dôvodu úpravy tlaku.

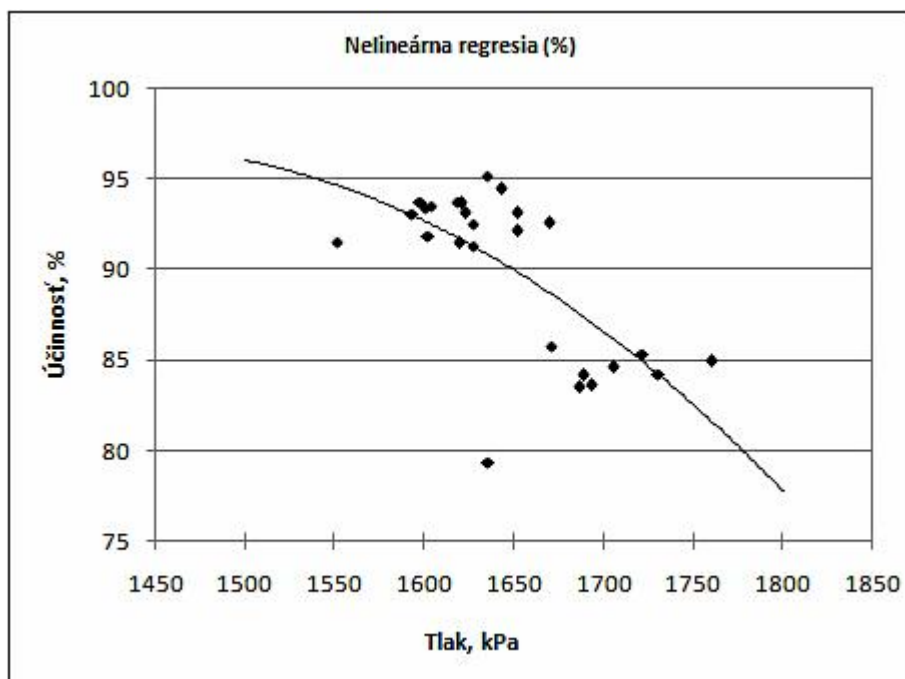
Na nasledovných obrázkoch sú uvedené výsledky analýzy vplyvu tlaku na účinnosť využitia tepelnej energie pre starý sušiaci kryt pri spoločnej prevádzke. Uvedené sú aj výsledky regresnej analýzy vykonanej pomocou aplikácie XLSTAT.



Obr. 64 Závislosť medzi percentom činnosti využitia tepelnej energie a tlakom vody na vstupe do NSK pri spoločnej prevádzke SSK a NSK – zobrazenie XLSTAT



Obr. 65 Závislosť medzi percentom účinnosti využitia tepelnej energie a tlakom vody na vstupe do starého (SSK) sušiaceho krytu pri spoločnej prevádzke sušiarň



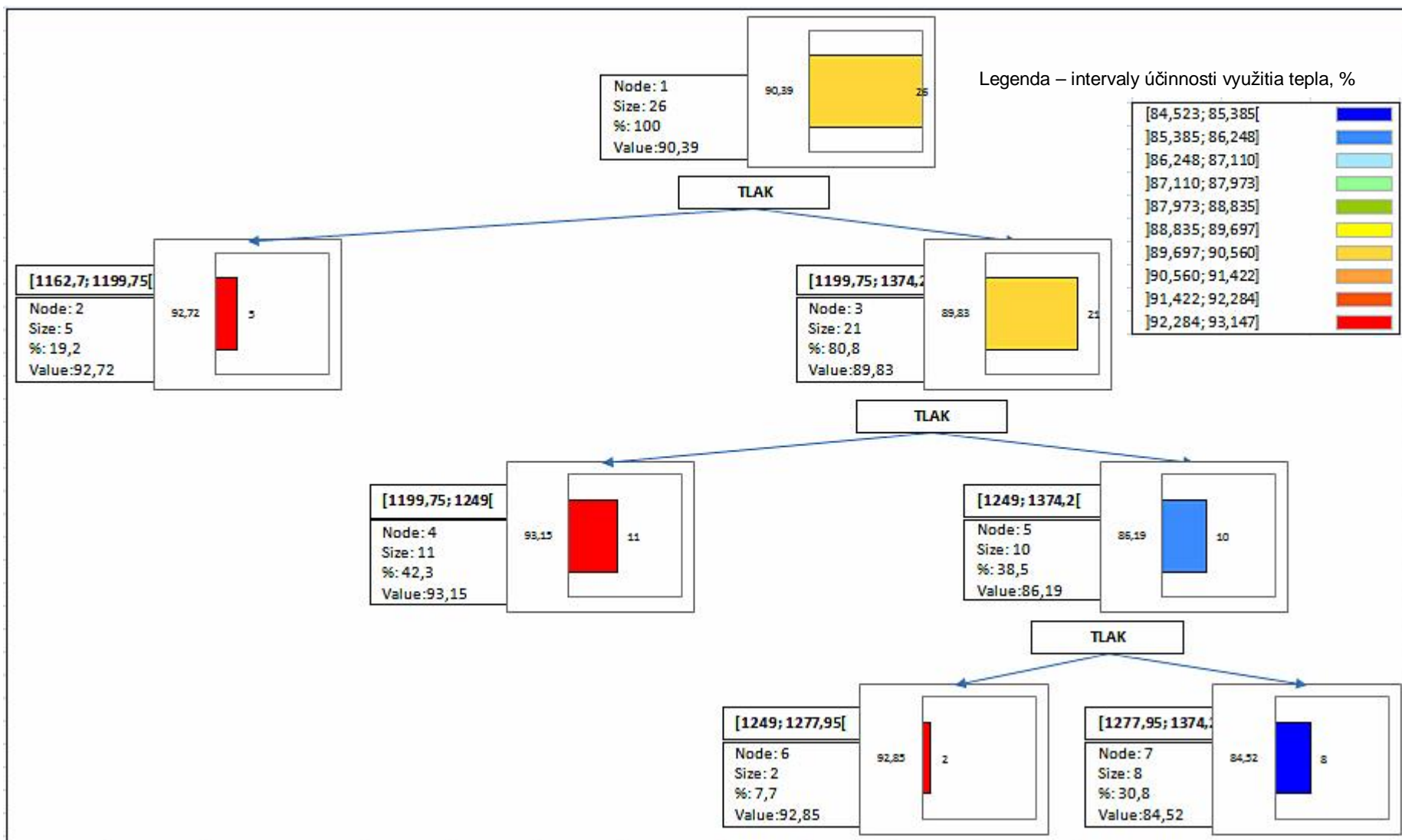
Obr. 66 Závislosť medzi percentom účinnosti využitia tepelnej energie a tlakom vody na vstupe do SSK pri spoločnej prevádzke SSK a NSK – zobrazenie XLSTAT

Ďalším parametrom u ktorého sme zisťovali veľkosť vplyvu na účinnosť využitia tepelnej energie bola teplota vody v sekundárnom okruhu. Namerané a vypočítané hodnoty boli spracované pomocou aplikácie XLSTAT. Regresný strom – klasifikácia účinnosti využitia tepelnej energie pri spoločnej prevádzky obidvoch sušiarňí je uvedený v prílohe 5.

Z predchádzajúcich vyhodnotení možno konštatovať že samotná technológia novej sušiarne má významný vplyv na účinnosť využitia tepelnej energie a tým aj na celkovú energetickú bilanciu. Pri samotnej prevádzke novej sušiarne nedochádza k významným tepelným stratám, priemerná účinnosť využitia tepelnej energie je 90,8 %. Pri priaznivej prevádzke technológie keď nedochádza k veľkým regulačným zásahom do prevádzky sa účinnosť využitia tepla približuje k 98 %.

Merania dokázali, že optimálne hodnoty účinnosti sa pohybujú pri dodržaní predpísaných technologických parametroch, kde sú straty najmenšie.

Na nasledovnom obrázku je zobrazený regresný strom závislosti účinnosti tepelnej energie (%) od tlaku vody za novým sušiacim krytom pri spoločnej prevádzke SSK a NSK.



Obr. 67 Regresný strom – klasifikácia účinnosti tepelnej energie v závislosti od tlaku vody za novým sušiacim krytom pri spoločnej prevádzke SSK a NSK vyjadrená prostredníctvom metódy regresného stromu

Analýza vplyvu regulácie tlaku na vstupe do výmenníka

Na základe meraní tlaku pary, ktorá vstupuje do výmenníka VT1 boli zistené zmeny tlaku pary v závislosti na čase. Tieto zmeny tlaku sa pohybovali v intervale od 1650 kPa do 2100 kPa. Pre zistenie vplyvu regulácie tlaku vstupnej pary do výmenníka VT1 a spôsobu prevádzky na účinnosť využitia tepelnej energie bola vykonaná viacfaktorová analýza rozptylu ANOVA. Ako vstupné údaje sa použili namerané a vypočítané hodnoty, ktoré sú uvedené v prílohe č. 3. Pre analýzu boli definované nasledovné faktory:

1 faktor – spôsob prevádzky sušiacich krytov:

- § samotná prevádzka SSK,
- § samotná prevádzka NSK,
- § spoločná prevádzka SSK a NSK.

2. faktor – parameter pary (tlak).

Ako druhý faktor bol použitý tlak pary na vstupe do výmenníka VT1 rozdelený do troch tlakových intervalov P1, P2 a P3. Rozdelenie tlaku pary do intervalov P1 až P3 je uvedené v tabuľke 12.

Tab. 12 Tabuľka tlakových intervalov P1, P2, P3

| Interval | Rozpätie tlaku [kPa] |
|----------|----------------------|
| P1 | 1650 - 1800 |
| P2 | 1801 - 1950 |
| P3 | 1951 - 2100 |

V nasledovnej tabuľke sú uvedené výsledky viacfaktorovej analýzy s opakovaním ANOVA.

Tab. 13 Výsledky analýzy ANOVA s opakovaním.

| Faktor | Opakovanie 1 | Opakovanie 2 | Opakovanie 3 | Celkom |
|-------------------------------------|--------------|--------------|--------------|----------|
| <i>Prevádzka SSK</i> | | | | |
| Počet | 4 | 4 | 4 | 12 |
| Súčet | 308,3 | 299,13 | 316,58 | 924,01 |
| Priemer | 77,075 | 74,7825 | 79,145 | 77,00083 |
| Rozptyl | 0,7425 | 0,809758 | 0,076167 | 3,907372 |
| | | | | |
| <i>Prevádzka NSK</i> | | | | |
| Počet | 4 | 4 | 4 | 12 |
| Súčet | 324,6 | 327,5 | 332,5 | 984,6 |
| Priemer | 81,15 | 81,875 | 83,125 | 82,05 |
| Rozptyl | 1,103333 | 0,715833 | 0,2625 | 1,293636 |
| | | | | |
| <i>Spoločná prevádzka SSK a NSK</i> | | | | |
| Počet | 4 | 4 | 4 | 12 |
| Súčet | 361,66 | 368,34 | 362,12 | 1092,12 |
| Priemer | 90,415 | 92,085 | 90,53 | 91,01 |
| Rozptyl | 2,189767 | 3,9175 | 10,0746 | 5,045982 |
| | | | | |
| <i>Celkom</i> | | | | |
| Počet | 12 | 12 | 12 | |
| Súčet | 994,56 | 994,97 | 1011,2 | |
| Priemer | 82,88 | 82,91417 | 84,26667 | |
| Rozptyl | 35,08867 | 56,50559 | 27,11788 | |

V nasledovnej tabuľke sú výsledky viacfaktorovej analýzy účinnosti využitia tepelnej energie pre sušiarne doplnené o hodnoty vyjadrujúce premenlivosť faktorov v %.

Tab. 14 Výsledky analýzy ANOVA po doplnení o hodnoty premenlivosti

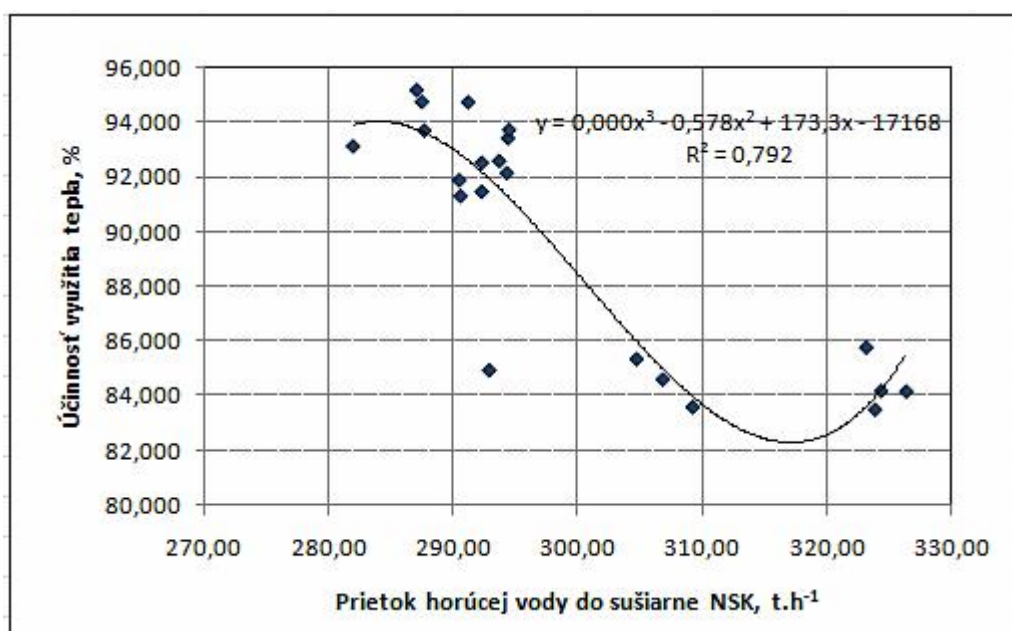
| Zdroj variability ¹ | Súčet štvorcov odchýlok SS ² | Počet stupňov volnosti ³ | Rozptyl MS ⁴ | F-test ⁵ | Hladina významnosti P ⁶ | Kritická hodnota, F krit ⁷ | Premenlivosť ⁸ % |
|-----------------------------------|---|-------------------------------------|-------------------------|---------------------|------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|
| Spôsob prevádzky | 1208,13 | 2 | 604,0649 | 273,3056 | 1,21E-18 | 3,354131 | 91,47 |
| Tlak pary | 15,01307 | 2 | 7,506536 | 3,396288 | 0,048342 | 3,354131 | 1,14 |
| Interakcia, SxT | 38,02794 | 4 | 9,506986 | 4,30138 | 0,008048 | 2,727765 | 2,88 |
| Súčinnosť zdrojov variability, TV | 59,67587 | 27 | 2,210218 | | | | 4,52 |
| | | | | | | | |
| Celkom | 1320,847 | 35 | | | | | 100,00 |

1-resource of variability, 2-sum of squares, 3-number of degrees of freedom, 4-mean sum, 5-testing criterion F-test, 6-critical value of the Fischer-Snedecor distribution

Na základe vykonanej analýzy možno konštatovať, že vplyv oboch skúmaných faktorov je rôzny. Na účinnosť využitia tepelnej energie má výrazne väčší vplyv spôsob prevádzky sušiarne (91,47 %), ako parameter teplonosného média – tlak prehriatej pary (1,14 %). Na základe analýzy môžeme vysloviť záver, že parameter – tlak pary je štatisticky nevýznamný.

Ďalším skúmaným parametrom bol vplyv veľkosti prietoku horúcej vody v sekundárnom okruhu na účinnosť využitia tepla. Na nasledovnom obrázku je znázornená závislosť využitia tepelnej energie od prietoku horúcej vody do sušiarne NSK. Z koeficientu determinácie $R^2 = 0,79$ vyplýva väčší vplyv prietoku na účinnosť využitia tepla.

Ako vyplýva z uvedeného grafu, optimálna účinnosť sa pohybovala v rozpätí prietoku vody 285 t.h⁻¹ až 295 t.h⁻¹.



Obr. 68 Závislosť medzi veľkosťou prietoku horúcej vody do sušiarne NSK a percentom účinnosti využitia tepelnej energie pri spoločnej prevádzke sušiarne

Získané výsledky pomáhajú sledovať a optimalizovať prevádzku jednotlivých sušiarne drevovláknitých dosiek tak, aby využitie tepelnej energie z hľadiska technologických parametrov bolo čo najvyššie.

5.4 Posúdenie a výber variantov a metód pre proces plánovania

Cieľom práce bolo zostavenie projektu pre realizáciu systému kontroly a riadenia pre systém spaľovania biomasy a výrobu elektrickej energie. Pri príprave projektu a zostavovaní časového plánu realizácie bol využívaný softvérový nástroj Microsoft Project® 2003 Professional. Pri zostavovaní časového plánu sa postupovalo podľa postupov uvedenej v metodike.

Predmetný projekt bol čiastkový projekt pre novobudovaný energetický zdroj pre výrobu tepla a elektrickej energie. Realizátorom predmetného projektu bola spoločnosť BDG – Priemyselná automatizácia, s.r.o. Levice. Samotná realizácia projektu prebiehala v rokoch 2006, ktorý bol začiatok projektu a ukončenie projektu bolo v roku 2007. Príprava a realizácia samotného projektu sa riadila princípmi a poznatkami projekčného manažmentu.

5.4.1 Plánovanie projektu

Pre plánovanie a projektovanie bolo potrebné celú technológiu rozdeliť na jednotlivé samostatné funkčné celky. Z hľadiska systému kontroly a riadenia sa rozdelila technológia energetického zariadenia na spaľovanie biomasy a výrobu elektrickej energie na hlavné časti, ktoré môžu tvoriť aj samostatné prevádzkové súbory. Hlavné časti energetického zariadenia na spaľovanie biomasy sú:

1. Kotel na spaľovanie biomasy, ďalej len Kotel,
2. Technológia tepelnej úpravy vody a napájacej nádrže, ďalej len TÚV a NN,
3. Skladovanie a doprava paliva – palivové hospodárstvo,
4. Technológia protitlakovej turbíny a generátora č. 1, ďalej len TG1,
5. Technológia kondenzačnej turbíny a generátora č. 2, ďalej len TG2,
6. Kondenzácia.

Rozdelenie projektu na hlavné ciele

Ďalším krokom v procese riadenia projektov bolo definovanie hlavných cieľov. Samotný projekt pre realizáciu SKR sa skladá z viacerých hlavných činností. Tieto činnosti sa rozdelili ako hlavné ciele projektu a sú uvedené nasledovne:

1. Príprava projektovej a technickej dokumentácie
2. Dodávka materiálov
3. Montáž
4. Individuálne skúšky zariadenia

5. Uvedenie do prevádzky
6. Komplexné vyskúšanie
7. Začiatok skúšobnej prevádzky

Tieto hlavné ciele sú základom pre ďalší podrobnejší opis činností, ktoré jednotlivé ciele zahŕňujú.

Rozdelenie jednotlivých cieľov na jednotlivé úlohy

Nasledovným krokom pri príprave projektu bolo rozdelenie cieľov projektu na hlavné úlohy. WBS (Work Breakdown Structure - štruktúra rozpisu práce) predstavuje hierarchiu úloh v projekte. Jednotlivé úrovne WBS kódu zobrazujú projekt v inej úrovni podrobnosti.

Jednotlivé hlavné úlohy sa skladajú z ďalších úloh, ktoré sa rozdelili na nasledovné čiastkové činnosti:

1. Príprava projektovej dokumentácie
 - 1.1 spracovanie vstupných podkladov
 - 1.2 špecifikácia prístrojov a materiálov
 - 1.3 projektovanie riadiaceho systému
 - 1.4 projektovanie procesnej inštrumentácie
2. Dodávka materiálu
 - 2.1 dodávky komponentov pre riadiaci systém
 - 2.1.1 výroba rozvádzača
 - 2.1.2 skúška rozvádzača
 - 2.2 dodávky materiálu pre procesnú inštrumentáciu
 - 2.3 dodávky montážneho materiálu
 - 2.4 dodávky ostatného materiálu
3. Montáž
 - 3.1 montáž káblových trás
 - 3.2 montáž káblov
 - 3.3 montáž snímačov
 - 3.4 montáž riadiaceho systému
4. Individuálne skúšky zariadenia
 - 4.1 skúšky riadiaceho systému
 - 4.2 skúšky motorov, ventilov
 - 4.3 skúšky snímačov

5. Uvedenie do prevádzky

- 5.1 energetický kotol
- 5.2 TÚV a NN (Tepelná úprava vody a Napájacia nádrž kotla)
- 5.3 doprava paliva
- 5.4 kondenzácia
- 5.5 TG1 (Protitlakový turbogenerátor)
- 5.6 TG2 (Turbogenerátor s kondenzáciou)

Pri zostavovaní plánu sa venovala veľká pozornosť dôkladnému rozboru časových a finančných potrieb. Počas realizácie projektu je dôkladné sledovanie rozpočtu projektu a reálne čerpanie financií jedna z najdôležitejších úloh. V procese riadenia projektov je snaha dosiahnuť aby zmeny a korekcie počas realizácie boli minimálne.

5.4.2 Priradenie časových úsekov

Ďalším veľmi dôležitým krokom bol odhad doby trvania úloh. V zmysle metodiky pri odhade doby trvania úloh sa postupovalo podľa klasickej metódy CPM a poznatkov aplikácie TOC pri navrhovaní časových rezerv. Pri odhadovaní doby trvania jednotlivých úloh sa zohľadňovali aj skúsenosti z predchádzajúcich projektoch, kde boli podobné úlohy. Nepridávali sa automaticky časové rezervy pre každú úlohu samostatne, ale pre skupinu súvisiacich úloh sa pridala jedna časová rezerva na konci úlohy. Táto časová rezerva (zásobník) slúžila na eliminovanie časovej straty, ktorá mohla vzniknúť počas realizácie príslušných úloh. Pri určovaní veľkosti časovej rezervy sa zohľadňovali možné obmedzenia nasledovných zdrojov pre jednotlivé čiastkové úlohy:

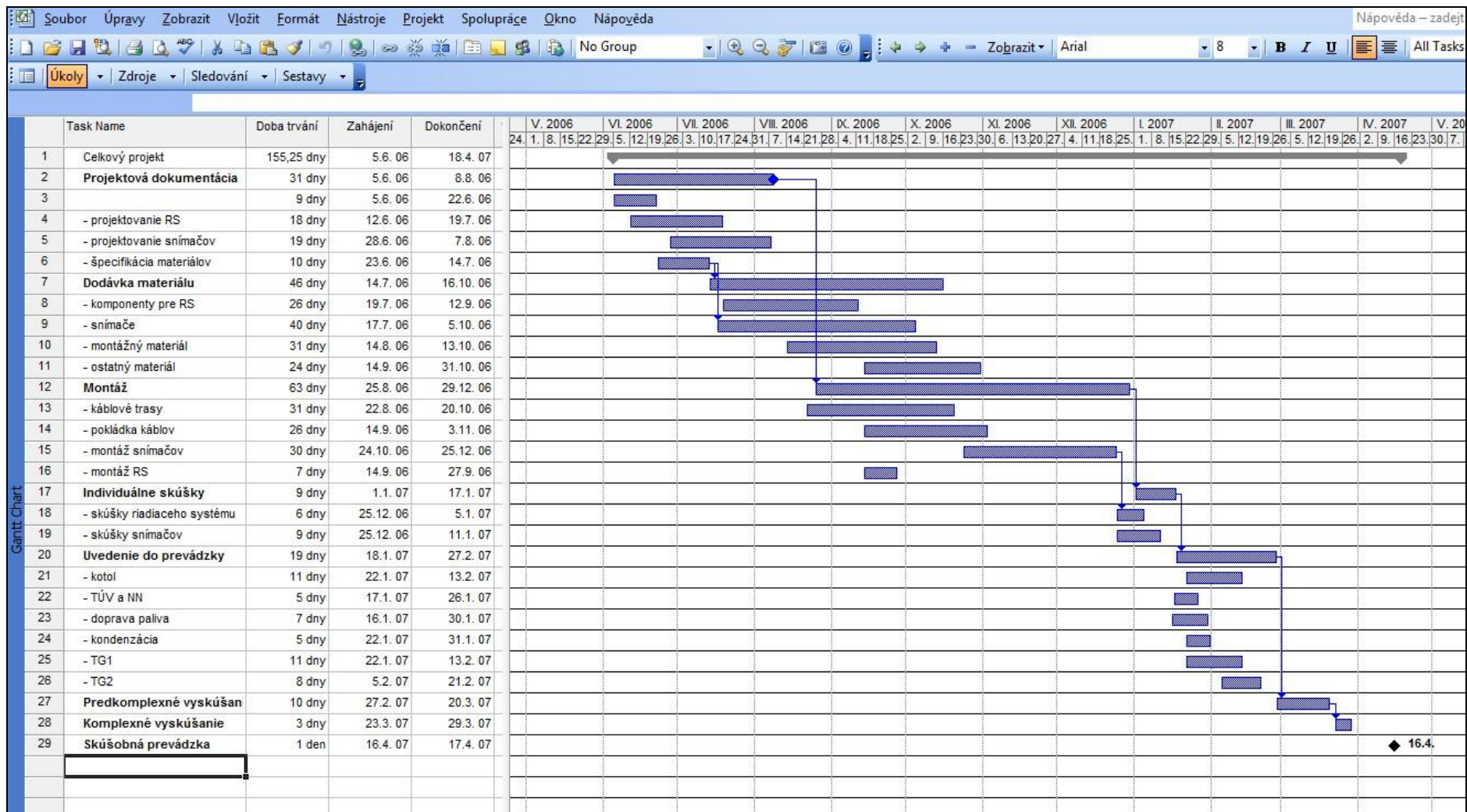
- § finančné,
- § ľudské,
- § materiálové.

Jednotlivé činnosti pre predmetný projekt a priradenie doby trvania úloh sa spracovali do tabuľkovej formy (tabuľka 15). Na základe údajov uvedených v tabuľke 15 sa jednotlivé úlohy a termíny zadali do aplikácie MS Project. V nasledujúcej tabuľke sú uvedené priradené doby trvania (začiatok a koniec) jednotlivých úloh.

Tab. 15 Rozpis činností s priradením doby trvania úloh

| ID | Popis činnosti | Dni | Začiatok činností | Ukončenie činností |
|-----|-----------------------------|-----|-------------------|--------------------|
| | Celková doba projektu | 140 | 2.6.2006 | 15.3.2007 |
| 1 | Projektová dokumentácia | 31 | 5.6.2006 | 8.8.2006 |
| 1.1 | - príprava vstup. podkladov | 9 | 5.6.2006 | 22.6.2006 |
| 1.2 | - projektovanie RS | 18 | 12.6.2006 | 19.7.2006 |
| 1.3 | - projektovanie snímačov | 19 | 28.6.2006 | 7.8.2006 |
| 1.4 | - špecifikácia materiálov | 10 | 23.6.2006 | 14.7.2006 |
| 2 | Dodávka materiálu | 46 | 14.7.2006 | 16.10.2006 |
| 2.1 | - komponenty pre RS | 26 | 19.7.2006 | 12.9.2006 |
| 2.2 | - snímače | 40 | 17.7.2006 | 5.10.2006 |
| 2.3 | - montážny materiál | 31 | 14.8.2006 | 13.10.2006 |
| 2.4 | - ostatný materiál | 24 | 14.9.2006 | 31.10.2006 |
| 3 | Montáž | 63 | 21.8.2006 | 25.12.2006 |
| 3.1 | - káblové trasy | 31 | 22.8.2006 | 20.10.2006 |
| 3.2 | - pokládka káblov | 26 | 14.9.2006 | 3.11.2006 |
| 3.3 | - montáž snímačov | 30 | 24.10.2006 | 25.12.2006 |
| 3.4 | - montáž RS | 7 | 14.9.2006 | 27.9.2006 |
| 4 | Individuálne skúšky | 15 | 25.12.2006 | 23.1.2007 |
| 4.1 | - skúšky riad. systému | 6 | 18.12.2006 | 29.12.2006 |
| 4.2 | - skúšky snímačov | 11 | 22.12.2006 | 14.1.2007 |
| 4.3 | | | | |
| 5 | Uvedenie do prevádzky | 23 | 8.1.2007 | 22.2.2007 |
| 5.1 | - kotol K5 | 11 | 15.1.2007 | 6.2.2007 |
| 5.2 | - TÚV a NN | 5 | 17.1.2007 | 26.1.2007 |
| 5.3 | - doprava paliva | 7 | 16.1.2007 | 30.1.2007 |
| 5.4 | - kondenzácia | 5 | 22.1.2007 | 31.1.2007 |
| 5.5 | - TG1 | 11 | 22.1.2007 | 13.2.2007 |
| 5.6 | - TG2 | 8 | 12.2.2007 | 28.2.2007 |
| 7 | Predkomplexné vyskúšanie | 10 | 12.2.2007 | 5.3.2007 |
| 8 | Komplexné vyskúšanie | 3 | 7.3.2007 | 13.3.2007 |
| 9 | Skúšobná prevádzka | 1 | 14.3.2007 | 15.3.2007 |

Tieto údaje sa použili ako prvotné vstupné údaje pri zostavovaní harmonogramu vo forme Ganttovho diagramu v prostredí MS Project. Tento harmonogram slúžil ako základný harmonogram pre jednotlivých dodávateľov. Ukážka vytvoreného harmonogramu, ktorý bol použitý pri realizácii projektu „Systém kontroly a riadenia technologického procesu spaľovania biomasy“ je na obrázku 69.



Obr. 69 Základný harmonogram realizácie systému kontroly a riadenia pre energetické zariadenie na spaľovanie biomay – Ganttov diagram v prostredí MS Project 2003

5.4.3 Realizácia projektu

Ďalšia fáza v procese riadenia projektu bola realizačná fáza. Počas realizácie projektu sa vykonávali činnosti podľa harmonogramu vytvoreného počas plánovania. Riadenie realizácie týchto činností prebiehalo tak, aby sa dosiahol žiadaný výsledok projektu v nasledovných hlavných najdôležitejších ukazovateľoch ako:

- plánovaný čas realizácie,
- použitie plánovaných zdrojov,
- plánovaná kvalita.

Tieto ukazovatele tvoria aj základ projekčného trojuholníka.

Sledovanie stavu realizácie projektu

Pre riadenie, monitorovanie a vyhodnotenie stavu jednotlivých úloh realizácie projektu sa vykonávali činnosti potrebné pre úspešný priebeh realizácie projektu. Tieto činnosti boli vykonávané pomocou softvérovej podpory MS Project Profesional. Vychádzalo sa z troch vyššie uvedených hlavných ukazovateľov. Z týchto ukazovateľov vyplynuli konkrétne úlohy s ktorými sme sa riadili pri manažovaní projektu. Pri realizácii v rámci kontroly priebehu projektu sme sa hlavne zamerali na:

- dodržiavanie plánovaných termínov,
- reálny priebeh čerpania zdrojov,
- kontrolu zaistenia finančných prostriedkov,
- vzniknuté zmeny a ich dopad na priebeh projektu,
- riešenie vzniknutých zmien,
- kvalitu vykonaných prác,
- dodržiavanie príslušných noriem a zákonov.

Pri kontrole sme vychádzali z úloh, termínov a požiadaviek z vytvoreného harmonogramu pre tento projekt. Kontrolou zistené dáta boli vyhodnocované a použili sa ako podklad pre riadiace zásahy do priebehu realizácie projektu (aktualizácia plánov, úloh, termínov, zdrojov).

Nástroje na sledovanie stavu realizácie projektu

Základným nástrojom pre kontrolu stavu realizácie projektu bol aktuálny harmonogram. Harmonogram bol vždy upravený po každej zmene, ktorá nastala v priebehu realizácie projektu (úlohy, termíny, zdroje). Samotná kontrola sa realizovala v rámci projektantských porád a kontrolných dňoch investora za účasti:

- investora,
- generálneho dodávateľa,
- hlavných dodávateľov generálneho dodávateľa.

Celý priebeh realizácie projektu aj so všetkými zmenami a úpravami sa zaznamenával do montážneho denníku.

5.4.4 Analýza a vyhodnotenie projektu

Po ukončení projektu sa vykonala analýza a vyhodnotenie projektu. Pri analýze sa kládol hlavne dôraz na:

- § časovú analýzu,
- § analýzu zdrojov,
- § analýzu rizík,
- § analýzu kvality.

Na základe výsledkov analýzy priebehu realizácie projektu možno skonštatovať, že v priebehu vykonávania projektu vznikali rozdiely oproti zostavenému plánu.

Počas realizácie projektu bolo potrebné koordinovať činnosti aj s ďalšími dodávateľmi, ktorí sa zúčastňovali realizácie diela. Väčšina zmien projektu bola vyvolaná z dôvodu vzájomných koordinácii úloh medzi jednotlivými dodávateľmi. Zo získaných skúseností z zrealizovaného a vyhodnoteného projektu môžeme skonštatovať, že na úspešné ukončenie projektu môžu mať negatívny vplyv nedostatky hlavne ako:

- *nedostatočná prípravná fáza projektu,*
- *zmeny počas realizácie projektu.*

V **prípravnej fáze** projektu majú veľký vplyv na neúspech projektu hlavne nasledovné činnosti:

- *neúplné (nejasné) zadanie projektu,*
- *nedostatočná dekompozícia projektu,*
- *nesprávne odhadnuté zdroje projektu,*
- *nie je spracovaný podrobný plán projektu,*
- *nekvalitne rozpracovaná štruktúra plánu projektu,*
- *nepresne naplánované náklady.*

Počas **realizácie projektu** vplyvajú na projekt hlavne:

- *nedostatočne zabezpečené zdroje,*

- *nevhodná štruktúra projektového riadenia,*
- *špatné riadenie, kontrola, monitorovanie projektu,*
- *nedostatočná kvalifikácia pracovníkov.*

Na základe výsledkov získaných počas prípravy a realizácii predmetného projektu môžeme vysloviť záver, že riadenie projektov je zložitá a rozsiahla činnosť, ktorú možno efektívne vykonávať s pomocou účinnej softvérovej podpory. Použitie aplikácie MS Project Professional prináša aj ekonomický efekt, ktorého dopad je nasledovný:

- *nedošlo k významnému navýšeniu času realizácie projektu, ktoré vyplývajú zo špatného riadenia projektu,*
- *prinieslo efektívne plánovanie, ušetril sa čas a pracovné sily.*

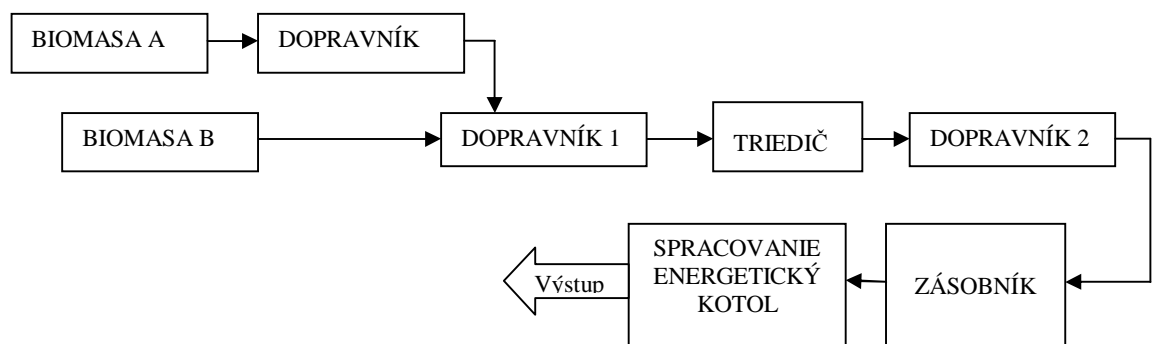
Počas realizácie projektu nám pomáhalo rýchle a efektívne riešiť zmeny projektu, vzniknuté kolízne situácie, ktoré vyžadovali úpravu projektu.

5.5 Simulácia procesov výrobných systémov

Čiastkovým cieľom tejto dizertačnej práce bolo aj popísať a preskúmať možnosti aplikácie a praktického využitia simulácie pri navrhovaní výrobných systémov pomocou programového produktu WITNESS spoločnosti LANNER GROUP® Ltd. Ako podklad pre skúmanie tohto problému sme použili časť dopravníkového systému na dopravu a spracovanie biomasy. Pri riešení úlohy sme postupovali podľa postupu uvedenej v metodike.

5.5.1 Návrh simulačnej schémy

Prvým krokom pri tvorbe simulačného modelu bolo definovanie problému a návrh simulačnej schémy. Cieľom simulácie bolo monitorovať a optimalizovať prevádzku jednotlivých dopravníkov dopravníkového systému na dopravu biomasy. Navrhnutá schéma dopravy biomasy je uvedená na nasledovnom obrázku.



Obr. 70 Principiálna schéma dopravy a spracovania biomasy

Popis schémy dopravy a spracovania biomasy

Navrhnutý výrobný systém pozostáva z nasledovných technologických celkov:

- Skládka biomasa A,
- Dopravník,
- Skládka biomasa B,
- Dopravník 1,
- Triedič biomasy,
- Dopravník 2,
- Zásobník,
- Spracovanie biomasy.

Skládka Biomasa A je prevádzková skládka biomasy odkiaľ sa dopravníkom transportuje biomasa na dopravník 1 a následne do triediča. Skládka Biomasa B je druhá prevádzková

skládka biomasy, kde je uskladnená biomasa s inými vlastnosťami ako na skládke A. Biomasa je dopravníkom 1 dopravovaná do triediča.

Biomasa – drewná štiepka vstupuje do simulačného modelu dopravníkového systému ako vstupný parameter simulácie. Biomasa ako palivo pre energetické zariadenie na spaľovanie biomasy tvorí drewný odpad zložený z drewného prachu, kôry, pilín, štiepok a hoblín. Zloženie biomasy ako paliva je uvedené v tabuľke 15. Energetické zariadenie na spaľovanie biomasy umožňuje pri dodržaní projektovaných parametrov a množstva vyrobenej prehriatej pary spaľovať biomasu s určitou vlhkosťou. Vlhkosť tejto zmesi sa môže pohybovať v rozpätí 11 % až 46 %. Od vlhkosti biomasy závisí výhrevnosť paliva a následne aj jeho spotreba. V tabuľke 14 sú uvedené základné parametre biomasy ako paliva. Z uvedených údajov vyplýva, že spotreba biomasy sa pohybuje od 6380 kg.h⁻¹ do 11500 kg.h⁻¹. Tieto množstvá sú uvedené pre maximálne množstvo vyrobenej prehriatej pary, čo je 30 t.h⁻¹.

Tab. 14 Parametre biomasy ako paliva

| Parameter | Jednotka | Hodnota |
|-------------------|---------------------|--------------|
| Palivo | | drewný odpad |
| Výhrevnosť paliva | kJ.kg ⁻¹ | 8800 - 16000 |
| Vlhkosť paliva | % | 11 - 46 |
| Spotreba paliva | kg.h ⁻¹ | 6380 - 11500 |

Spotrebu a výhrevnosť paliva ovplyvňuje ešte aj vlastné zloženie biomasy. Základné zloženie biomasy pre optimálne spaľovanie je uvedené v nasledovnej tabuľke.

Tab. 15 Zloženie biomasy ako paliva

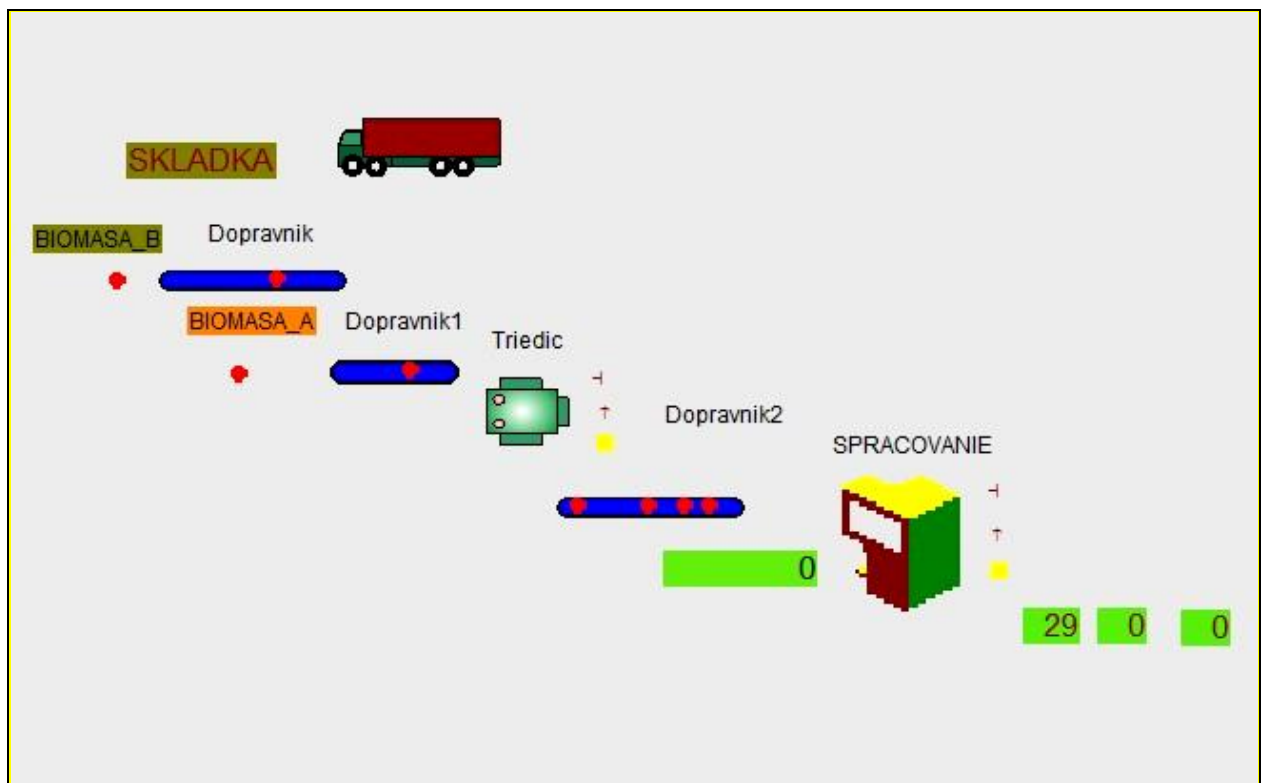
| Zloženie biomasy | Jednotka | Hodnota |
|------------------|----------|---------|
| Drewný prach | % | 5 |
| Kôra | % | 15 |
| Piliny | % | 5 |
| Štiepky | % | 60 |
| Hoblíny | % | 15 |

Údaje uvedené pre spotrebu a výhrevnosť sme použili ako vstupné údaje pre simulačný proces.

Použitie dvoch skládok Biomasa A a Biomasa B umožňuje spracovať biomasu s rôznymi technologickými parametrami, ako je vlhkosť a zloženie. Tento systém umožňuje miešať biomasu podľa potreby a využiť tak aj menej kvalitnú biomasu ako palivo.

Triedič slúži na vyčistenie biomasy od hrubých nečistôt ako sú kamene, konáre a kusy dreva. Z triediča je biomasa dopravovaná na spracovanie. Spracovanie je vlastne spaľovanie biomasy v energetickom zariadení, ktorý tvorí kotol na spaľovanie biomasy. Dopravníkom je biomasa dopravovaná do zásobníka. Zo zásobníka paliva je biomasa dopravovaná ventilátorom do spaľovacej komory.

Na základe navrhutej technologickej schémy dopravy a spracovania biomasy bol vytvorený simulačný model v prostredí WITNESS. Schéma navrhnutého simulačného modelu je uvedená na nasledovnom obrázku.



Obr. 71 Schéma dopravy biomasy zobrazená v prostredí WITNESS

5.5.2 Definovanie prvkov modelu

Pri tvorbe modelov vychádza WITNESS z nasledovných základných stavebných prvkov:

1. Elementy (diskrétny, logický, grafický),
2. Vstupné a výstupné pravidlá
3. Akcie

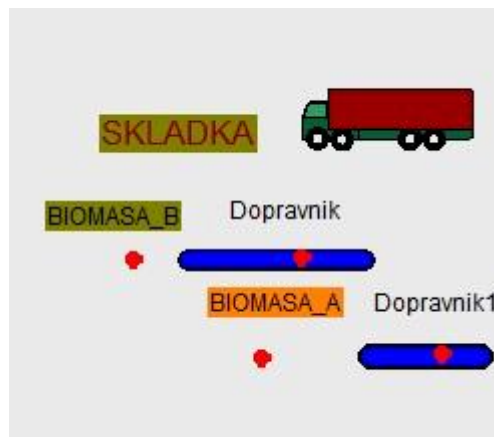
Členenie a základný popis jednotlivých prvkov systému WITNESS je uvedený nasledovne:

1. Elementy tvoria:

- súčiastky,

- stroje,
 - dopravníky,
 - dráhy,
 - vozidlá,
 - pracovné sily.
2. **Vstupné a výstupné pravidlá** slúžia na riadenie väzieb medzi jednotlivými diskretnými elementami.
 3. **Akcie** – programovo definované činnosti, ktoré sú spúšťané počas behu programu.

Prostredníctvom týchto základných prvkov boli vytvorené jednotlivé prvky simulačného modelu, ktoré sú uvedené na nasledovných obrázkoch. Na nasledujúcom obrázku je znázornená skládka biomasy A, B a systém dopravníkov.



Obr. 72 Skládka biomasy

U jednotlivých dopravníkov sa na začiatku simulácie definovali v dialógovom okne „Detail“ nasledovné parametre:

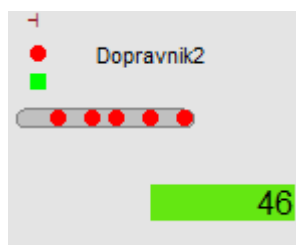
- kapacita,
- rýchlosť,
- väzby medzi komponentami,
- typ dopravníka,
- vstupno-výstupné pravidlá.

Na obrázku 73 je znázornený triedič biomasy. V prostredí WITNESS je to stroj, kde sa pre simuláciu definovala kapacita spracovania biomasy za časovú jednotku.



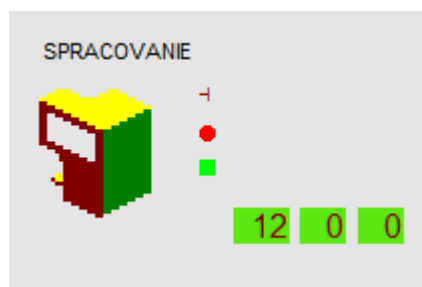
Obr. 73 Dopravník a triedič biomasy

Ďalším prvkom modelu je **Dopravník 2**, ktorý dopravuje biomasu z triediča do zásobníka. **Zásobník** biomasy predstavuje zásobu paliva pred spaľovacou komorou kotla na spaľovanie biomasy. Zmenou kapacity zásobníka sa môže ovplyvňovať aj čas chodu jednotlivých dopravníkov. Biomasa je priebežne odoberaná zo zásobníka a transportovaná do spaľovacej komory.



Obr. 74 Dopravník biomasy č. 2 a zásobník biomasy

Elementom **Spracovanie** sa simulovalo spaľovanie biomasy, kde sa podľa vlhkosti biomasy definovalo množstvo spotrebovanej (spaľovanej) biomasy za hodinu. Zmenou množstva spracovanej (spaľovanej) biomasy sa následne simulovala činnosť dopravníkového systému.



Obr. 75 Spracovanie biomasy

5.5.3 Výsledky simulácie

Činnosť dopravníkového systému a zariadenia na spracovanie biomasy sa simuloval počas pracovného cyklu. Výsledky simulácie sú znázornené v tabuľkovej a grafickej podobe v prostredí programu WITNESS.

Uvedené výsledky simulácie, ktoré sú prezentované v tabuľkovej forme ako grafy činnosti jednotlivých komponentov sú originál výstupy simulačného softvéru WITNESS, ktorý je lokalizovaný v anglickom jazyku. V nasledovných legendách je uvedené vysvetlenie jednotlivých popisov, ktoré sú v tabuľkách a grafoch.

Legenda

| | |
|----------------------|---|
| Now on | Počet súčiastok súčasne na dopravníku |
| Total on | Celkový počet súčiastok, ktoré boli na dopravníku |
| Avg. Size | Priemerný počet súčiastok v zásobníku |
| Avg. Time | Priemerná doba, ktorú súčiastky strávili na dopravníku |
| % Empty | Percento času, kedy bol dopravník prázdny |
| % Move | Percento času, kedy bol dopravník v pohybe |
| % Block | Percento času, kedy bol dopravník zablokovaný |
| % Queue | Percento času, kedy bol dopravník v pohybe s radou na konci |
| % Broken Down | Percento času, kedy bol dopravník v poruche |

Legenda pre graf celkového času simulácie.

| | |
|--------------------|--------------|
| Idle | Nečinný |
| Busy | Aktívny |
| Filling | Plnenie |
| Emptying | Vyprázdnenie |
| Empty | Prázdny |
| Move | V pohybe |
| Blocked | Blokovaný |
| Queue | V poradí |
| Broken down | Porucha |

Na začiatku simulácie sa nastavili parametre pre jednotlivé komponenty systému, množstvo spracovanej biomasy za hodinu (pre definovanie spracovaného množstva sa hodnota

prepočítala na kilogramy za minútu). U jednotlivých dopravníkov sa pre potreby simulácie činnosti menili nasledovné parametre:

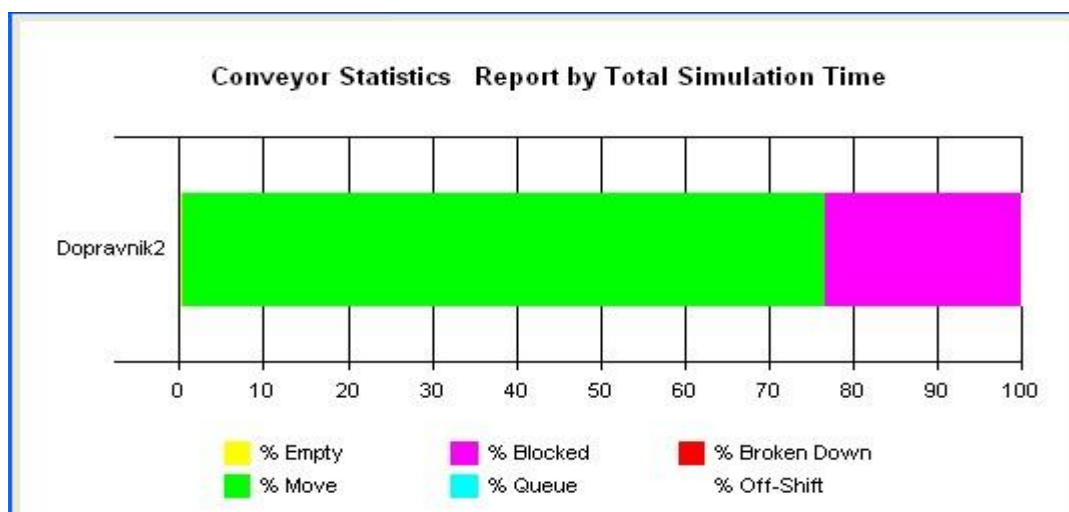
- rýchlosť dopravníka,
- množstvo dopravovanej biomasy na dopravníku.

Činnosť celého systému sa simulovala počas osem hodinovej prevádzky. V nasledovnej tabuľke sú uvedené výsledky simulácie pre dopravník č. 2.

| Conveyor Statistics Report by Total Simulation Time | |
|---|------------|
| Name | Dopravník2 |
| % Empty | 0.33 |
| % Move | 76.28 |
| % Blocked | 23.39 |
| % Queue | 0.00 |
| % Broken Down | 0.00 |
| Now On | 14 |
| Total On | 1009 |
| Avg Size | 14.34 |
| Avg Time | 51.16 |
| % Off-Shift | 0.00 |

Obr. 76 Výsledky činnosti dopravníka č. 2

Na obrázku 76 a 77 sú výsledky simulácie po osem hodinovej pracovnej činnosti. Ako z grafu vyplýva, dopravník 2 bol v prevádzke 76,3 % z celkového času. Po optimalizácii parametrov sa čas prevádzky znížil na 55 % celkového času (obrázok 78 a 79). Pokles času prevádzky dopravníka predstavuje aj zníženie spotreby elektrickej energie potrebnej pre prevádzku dopravníkov.

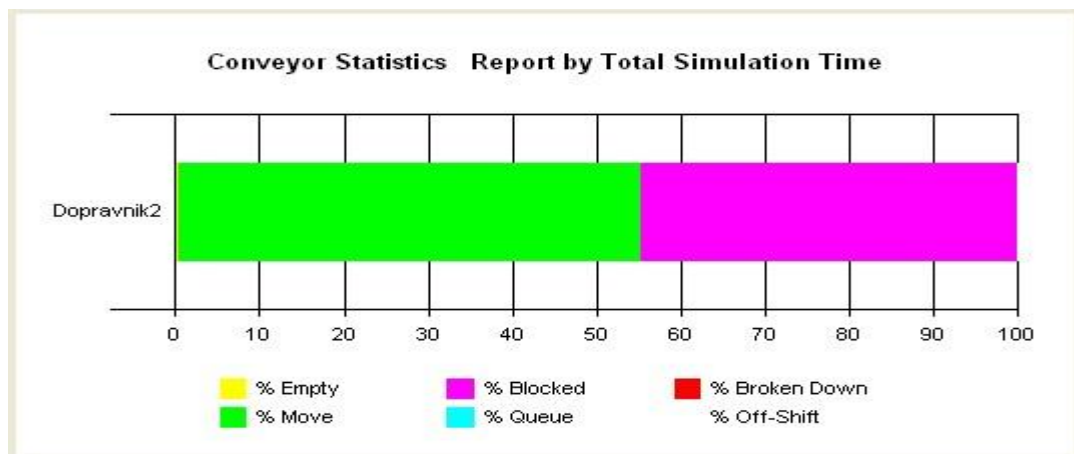


Obr. 77 Graf činnosti dopravníka č.2

Na nasledovnom obrázku sú znázornené výsledky činnosti dopravníka biomasy č. 2 po optimalizácii.

| Conveyor Statistics Report by Total Simulation Time | |
|---|------------|
| Name | Dopravník2 |
| % Empty | 0.44 |
| % Move | 54.86 |
| % Blocked | 44.69 |
| % Queue | 0.00 |
| % Broken Down | 0.00 |
| Now On | 9 |
| Total On | 1012 |
| Avg Size | 6.88 |
| Avg Time | 24.48 |
| % Off-Shift | 0.00 |

Obr. 78 Výsledky činnosti dopravníka č. 2 po optimalizácii



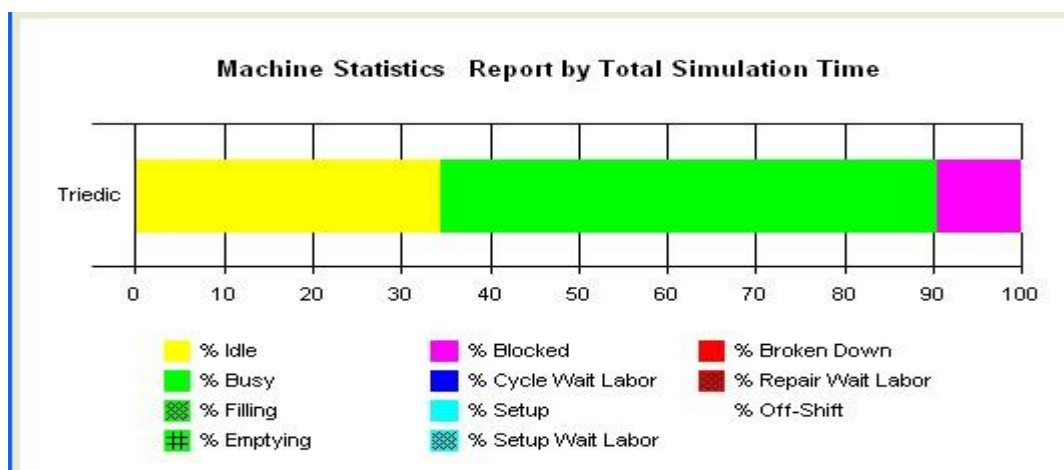
Obr. 79 Graf činnosti dopravníka č.2 po optimalizácii činnosti

Na obrázku 80 a 81 sú výsledky činnosti triediča biomasy.

| Machine Statistics Report by Total Simulation Time | |
|--|---------|
| Name | Triedic |
| % Idle | 34.41 |
| % Busy | 56.07 |
| % Filling | 0.00 |
| % Emptying | 0.00 |
| % Blocked | 9.52 |
| % Cycle Wait Labor | 0.00 |
| % Setup | 0.00 |
| % Setup Wait Labor | 0.00 |
| % Broken Down | 0.00 |
| % Repair Wait Labor | 0.00 |
| No. Of Operations | 1009 |
| % Off-Shift | 0.00 |

Obr. 80 Výsledky činnosti triediča biomasy

Nasledovný graf je výsledkom simulácie triediča biomasy.



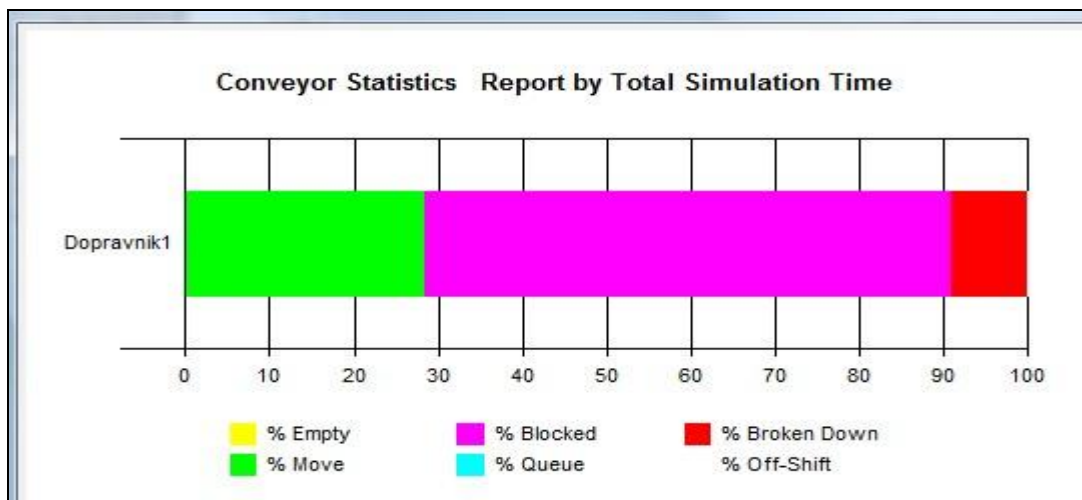
Obr. 81 Graf činnosti triediča biomasy

Na obrázku 82 a 83 sú znázornené výsledky činnosti dopravníka č.1, kde čas chodu dopravníka poklesol na 28,5 % z celkového času prevádzky. U dopravníka č. 1 sa simulovala aj porucha dopravníka čo predstavovalo časovo 9 % z celkového času prevádzky. Tieto poruchy je možné definovať v rôznej forme (náhodné, presne definované) u každého elementu a tak skúmať vplyv porúch na celkovú prevádzku systému.

Výsledky simulácie dopravníka 1 sú na nasledovnom obrázku.

| Conveyor Statistics Report by Total Simulation Time | |
|---|------------|
| Name | Dopravník1 |
| % Empty | 0.00 |
| % Move | 28.41 |
| % Blocked | 62.50 |
| % Queue | 0.00 |
| % Broken Dow | 9.09 |
| Now On | 3 |
| Total On | 6396 |
| Avg Size | 3.30 |
| Avg Time | 17.42 |
| % Off-Shift | 0.00 |

Obr. 82 Výsledky činnosti dopravníka č. 1

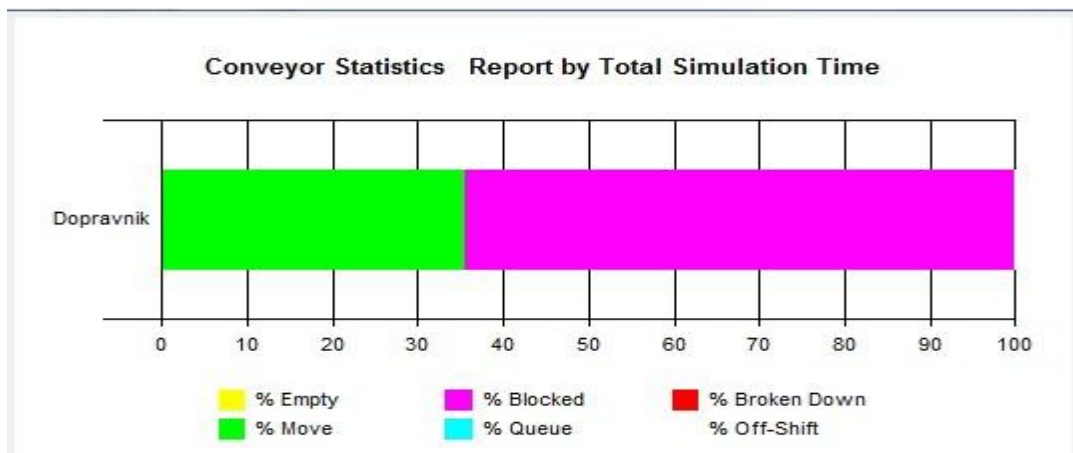


Obr. 83 Graf činnosti dopravníka č.1

Na obrázku 84 a 85 sú znázornené výsledky simulácie dopravníka biomasy B, kde čas chodu dopravníka bol 35,5 % z celkového času prevádzky.

| Conveyor Statistics Report by Total Simulation Time | |
|---|-----------|
| Name | Dopravník |
| % Empty | 0.00 |
| % Move | 35.43 |
| % Blocked | 64.57 |
| % Queue | 0.00 |
| % Broken Dow | 0.00 |
| Now On | 10 |
| Total On | 5985 |
| Avg Size | 9.82 |
| Avg Time | 55.42 |
| % Off-Shift | 0.00 |

Obr. 84 Výsledky činnosti dopravníka pre biomasu B



Obr. 85 Graf činnosti dopravníka pre biomasu B

Z experimentov s modelom dopravy a spracovania biomasy vyplynuli námety na optimalizačné opatrenia, ktoré umožnili skrátenie celkového času prevádzky dopravníkového systému pri zachovaní kapacity spracovania biomasy. Skrátenie času prevádzky dopravníkov sa premieta vlastne do doby prevádzky jednotlivých elektromotorov, ktoré slúžia na samotný pohon dopravníkov a ostaných elektrozaariadení, ktoré súvisia s vlastným chodom celého dopravníkového systému.

Z výsledkov simulácie vyplynulo, že softvér WITNESS môžeme uplatniť pri projektovaní a analýze výrobných systémov, kde nám umožňuje zisťovať údaje pre optimálny a plynulý chod systémov. Výsledky simulácie sa zobrazujú jednoducho a prehľadne v rôznych grafických formách, ako tabuľky a grafy. Proces simulácie môžeme sledovať v rôznych časových priebehoch. Môžeme nastaviť reálny čas, kde všetky operácie a činnosti prebiehajú v reálnom čase. Pre simulovanie dlhých časových úsekov môžeme nastaviť zrýchlený čas, prípadne podľa potreby aj spomalený čas.

Takáto dynamická simulácia nám umožňovala v krátkom čase navrhnuť a vyskúšať rôzne varianty a alternatívy prevádzky navrhovaných alebo existujúcich systémov. Počas simulovania možno nastavovať aj rôzne prevádzkové stavy, ako:

- § poruchy,
- § údržbu,
- § odstávky,
- § opotrebenie súčastí.

Z uvedeného príkladu optimalizácie dopravníkového systému výrobnéj linky možno konštatovať zmysel využívania simulácie pri zdokonaľovaní výrobných procesov. Pre vytvorenie simulačného modelu nie je potrebný zložitý matematický aparát. Prehľadné je aj zobrazovanie výsledkov simulácie pre jednotlivé časti systému.

Pomocou simulácie možno riešiť aj veľmi zložité systémy, ktoré sa ťažšie riešia analytickými metódami.

6 DISKUSIA

V rámci našej dizertačnej práce sme sa zamerali aj na projektové plánovanie, kde správne stanovenie cieľov, podrobné a detailné plánovanie a ich dôsledná realizácia zásadne zvyšuje výkonnosť spoločnosti a pravdepodobnosť úspešnej realizácie projektu, ako na to upozorňuje aj **Lešková (2007)**.

Ako uvádza **Brooks (1975)**, **Forsberg (2005)** najčastejšou príčinou zlyhania projektov je nedostatok času. Počas realizácie projektu sa potvrdilo, že hlavným faktorom pre úspešný priebeh projektu je dostatok času. Časové plánovanie je teda jeden z najdôležitejších krokov pri zostavovaní projektov, na čo upozorňuje aj **Mikita (2005)**. Podľa štúdie **Verner, Evance (2005)** prvotné časové odhady robí vyšší manažment alebo aj zákazníci a nie vždy sa zúčastní projektový manažér pri týchto prvotných plánovaniach. Preto sme sa pri príprave a analýze úloh pre čiastkový projekt realizácie systému kontroly a riadenia zamerali na dôslednú vecnú dekompozíciu úlohy a detailné vypracovanie hlavných a čiastkových úloh projektu.

Dôležitým faktorom v procese projekčného riadenia sú nielen rôzne metódy plánovania času, zdrojov, metódy kontroly realizácie, postupov prác, ale aj samotná osoba projekčného manažéra. Podľa **Browna (2008)** nemusí byť len metodika hlavným faktorom úspechu projektu. Silné vedenie projektu, pokiaľ sa týka metodiky môže znamenať niekedy viac, ako dodržiavanie metodiky. V prípade nedostatočne spracovanej metodiky realizácie projektu môže výrazné vedenie projektu priviesť projekt k úspešnému koncu.

Pri riešení našej dizertačnej práce sme sa zamerali aj na teóriu TOC (Theory of Constraints), ktorej autorom je **Goltrud (1999)**. Táto teória obmedzenia poskytuje riešenia, ako uvádza **Vidová (2003)** v oblastiach *informačných systémov*, stratégie podniku, riadenie výroby, riadení podniku a aj pri *riadení projektov a inovácií*. Aplikáciu tejto metódy potvrdzuje aj **Nanci (2009)** kde tvrdí, že TOC aplikácie sú používané vo viacerých úrovniach, ako je výroba, distribúcia, *projekty*, riadenie odbytu, logistika. Pri vytváraní časového plánu pre proces realizácie systému kontroly a riadenia technologického procesu spaľovania biomasy sme skúmali možnosti použitia tejto metódy v procese projekčného riadenia.

V našej práci sa kládol hlavný dôraz na využitie informačných technológií v štruktúrach výrobných systémov. Riadiace technológie sa rozširujú a sú súčasťou už každej stránky nášho života. Aplikácia kontrolných a riadiacich systémov pokrýva široké spektrum použitia v rôznych oblastiach. Konkrétne príklady a spôsoby aplikácie týchto systémov uvádza **Levine (1999)**.

Aplikácia decentralizovaného riadiaceho systému (DCS - Direct Digital Control) na báze PLC pre systém merania množstva tepla umožnila plne automatizovaný zber, spracovanie

a vyhodnotenie nameraných údajov. Na aplikáciu a význam týchto systémov upozorňuje aj **Georgiev, Jurišica (2006)**. Predpokladom pre funkčnosť systému je použitie meračov tepla, ktoré umožňujú prenos údajov pomocou niektorých zo štandardov priemyselnej komunikácie. V našom prípade pre komunikáciu meračov tepla s riadiacim systémom a operátorským pracoviskom boli použité štandardy RS 484 a PROFIBUS DP. S jednotlivými druhmi, princípmi priemyselnej komunikácie a jej aplikáciou sa zaoberá aj **Balog et al. (2001)**. Spracované výsledky meraní, ktoré sú uložené v PC operátorského pracoviska je možné v našom prípade distribuovať pomocou podnikovej siete Ethernet na ďalšie vzdialené pracoviská závodu. Záverom možno konštatovať, že tento systém merania predstavuje výraznú racionalizáciu, keď odpadá manuálne odčítavanie a spracovanie nameraných údajov. Pri väčšom počte aplikovaných meračov tepla to predstavuje aj výraznú časovú pri zbieraní a spracovaní nameraných údajov.

Medzi hlavné výhody patrí aj možnosť sprístupniť okamžité údaje pre posúdenie energetickej bilancie výrobného systému, monitorovať priebeh technologického procesu a vykonať prípadné potrebné zásahy a korekcie do výrobného procesu. Z nameraných údajov sme vyhodnocovali energetickú bilanciu výrobného systému sušiarňí drevovláknitých dosiek.

Riešenie poukázalo na priebeh účinnosti využitia tepelnej energie technológie výmenníkov tepla pre starý sušiaci kryt (SSK) a nový sušiaci kryt výroby drevovláknitých dosiek. Pri staršej technológii sušiarne SSK sa účinnosť využitia tepelnej energie pohybovala v rozpätí 69 % až 91 % pričom priemerná hodnota bola 83,8 %. Pri spoločnej prevádzke aj s novým sušiacim krytom (NSK), čo je zmodernizovaná technológia sušiarne sa účinnosť pohybovala v rozpätí od 72,2 % až 99,5 % pričom priemerná hodnota bola 90,9 %. Na základe týchto údajov možno konštatovať opodstatnenosť modernizácií starých technológií. Naše výsledky vyhodnotenia meraní poukázali na výhody automatizovaného systému pre meranie množstva tepla, čo viedlo k optimalizácii spotreby a racionálnemu využitiu tepelnej energie a tým aj k očakávaným ekonomickým zhodnoteniam.

Zmeny a inovácie technologických a podnikových procesov prinášajú so sebou aj určité riziká. Ako uvádzajú **Ferenčíková, Bigoš (2006)** program WITNESS pomáha takéto riziká obmedziť tak, že umožňuje modelovať pracovné prostredie a simulovať dôsledky rôznych rozhodnutí. WITNESS je svetovo najúspešnejší nástroj pre simuláciu výrobných, obslužných a logistických procesov. Podľa **Daněka (2007)** patrí medzi spôsoby širokej sféry aplikácie WITNESS aj analýza materiálových tokov, riadenie výroby, identifikácia a odstránenie materiálových tokov. Na potrebu simulácie poukazujú **Ming, Sun (1993)**, kde vyzdvihujú jej použitie a opodstatnenosť v Just-In-Time aplikáciách. Na tieto simulačné metódy poukazuje a upozorňuje na ich význam aj **Králová (2005)**, kde v práci rieši optimalizáciu montážnej linky.

Pri riešení úloh našej práce sme aplikovali systém WITNESS pre simuláciu systému dopravy a úpravy (triedenie a čistenie) drevnej štiepky, ktorá slúži ako palivo pre energetický systém spaľovania biomasy. Ako uvádza **Markt a Mayer (1997)**, tekutiny, tanky, procesory, potrubia a dopravníky predstavujú kontinuálne elementy na modelovanie prietokov. Tekutiny môžu byť ako tekutiny, ale môžeme pre potreby simulácie použiť aj ako prachy, plyny, zrná, alebo iné hmotné časti.

Výsledky dosiahnuté simulačným procesom poukazujú na opodstatnenosť simulácie, ktorá hlavne v procese plánovania a projektovania výrobných systémov prispieva k zvýšeniu efektivity práce. Počas riešenia danej problematiky sme využívali poznatky, ktoré vo svojej práci uvádzajú **Jerz a Tolnay (2006)**.

Celkom možno konštatovať, že informačné technológie v súčasnej dobe predstavujú rozhodujúce nástroje pri projektovaní, riadení a optimalizovaní výrobných systémov.

7 KONKRÉTNE ZÁVERY PRE VEDU A PRAX

7.1 Vedecko-výskumné prínosy riešenia dizertačnej práce

Automatizovaný systém na meranie a vyhodnotenie množstva tepla

Meranie množstva tepla

Na základe dlhodobej aplikácie inštalovaných meracích prístrojov a výsledkov vykonaných meraní možno konštatovať, že navrhnuté meracie prístroje spĺňali požiadavky potrebné pre bezporuchovú prevádzku, stabilitu metrologických parametrov a presnosť. Možno konštatovať že použité snímače – meracie prístroje sú vhodné pre danú oblasť aplikácie.

Aplikácia decentralizovaného riadiaceho systému (DCS - Direct Digital Control) na báze PLC pre systém merania množstva tepla umožnilo plne automatizovaný zber, spracovanie a vyhodnotenie nameraných údajov. Spracované výsledky meraní, ktoré sú uložené v databáze PC operátorského pracoviska je možné distribuovať pomocou podnikovej siete Ethernet na ďalšie vzdialené pracoviská. Takto sú sprístupnené výsledky meraní pre ďalšie vyhodnocovanie meraní. Tieto údaje umožňujú vyhodnocovať priebežne energetickú bilanciu a vytvárať mesačný, týždňový a podľa potreby aj denný prehľad o spotrebe tepelnej energie. Na základe týchto údajov potom možno priebežne počas prevádzky analyzovať energetickú bilanciu a tak operatívne optimalizovať riadenie systému.

Záverom možno konštatovať, že tento systém merania a zber údajov predstavuje výraznú racionalizáciu, keď odpadá manuálny zber a spracovanie nameraných údajov z meračov tepla, ktoré nie sú zapojené do systému automatizovaného zberu dát. Pri väčšom počte aplikovaných meračov tepla to predstavuje aj výraznú časovú úsporu pri ktorom odpadá ručný zber a matematické spracovanie údajov z jednotlivých meračov tepla. Možno konštatovať, že toto riešenie prináša časový a aj ekonomický efekt.

Na základe týchto záverov môžeme potvrdiť hypotézu, že *„automatizovaný zber a vyhodnocovanie údajov o množstve tepla umožňuje objektivizovať poznanie o energetickej náročnosti skúmaného výrobného systému“*.

Analýza využitia tepelnej energie

Cieľom tejto časti bolo skúmať efektívnosť využitia tepelnej energie a poukázať na možné energetické straty v systéme rozvodu a odovzdávania tepelnej energie v technológii sušiarňí drevovláknitých dosiek. Ako prvé sa zisťovali údaje keď bola v prevádzke len jedna sušiareň a to starý sušiaci kryt – tunel, čo je vlastne pôvodná technológia prevádzky na výrobu drevovláknitých dosiek. Na základe nameraných hodnôt sme skúmali využitie tepelnej energie

pre okruh starého sušiacého krytu, kde hodnota účinnosti sa pohybovala v rozmedzí 69,8 % až 90,7 %, pričom priemerná hodnota za sledované obdobie bola 83,7 %. Z uvedených meraní vyplýva, že celkové straty tepla pri prevádzke starého sušiacého sa pohybovala v priemere okolo 16 %. Pri analýze účinnosti využitia tepelnej energie v prípade keď bol v spoločnej prevádzke starý a nový sušiaci kryt sa zistila lepšia účinnosť využitia tepelnej energie. Zistená hodnota účinnosti sa pohybovala v rozmedzí 72,2 % až 99,5 %, pričom priemerná hodnota za sledované obdobie bola 90,9 %.

Je predpoklad, že uvedené straty boli ovplyvňované najmä únikom tepla teplonosného média a to horúcej vody. Na tieto úniky môže mať vplyv viacej faktorov napríklad ako:

- § technický stav technologického zariadenia (netesnosti potrubí, ventilov, výmenníkov tepla...),
- § spôsob prevádzkovania jednotlivých technológií – výrobných systémov,
- § spôsob regulácie.

K prekurovaniu systému dochádzalo pri prekročení nastavenej teploty a tlaku v regulačnom systéme. Zmena stavu sa riešila znižovaním tlaku v systéme sekundárneho okruhu. Pri tomto spôsobe znižovania tlaku dochádzalo k vypúšťaniu horúcej vody a následnému poklesu tlaku. Skúmanie vzájomného vzťahu jednotlivých technologických parametrov (tlak, teplota, prietok) na účinnosť využitia tepelnej energie nám potvrdila určitý vzájomný vplyv.

Dosiahnuté výsledky pri skúmaní a určovaní miery závislosti medzi jednotlivými technologickými parametrami pary a horúcej vody (tlak, teplota, prietok) a percentom využitia tepelnej energie potvrdzujú hypotézu č. 3.

Na základe monitorovania a merania množstva tepla sa navrhuje, aby vypúšťaná horúca voda zo systému sa zbierala v pomocnej nádrži a takto získané teplo sa využívalo napríklad na sušenie biomasy na skládke biomasy. Pre ďalšie zlepšovanie efektivity celého energetického systému navrhujeme nasledovnú metodiku pre tepelno-energetický audit.

Návrh metodiky pre monitorovanie a ekonomické vyhodnotenie tepelných strát

1. Analýza výroby a spotreby tepelnej energie celého výrobného systému,
 - zdroje tepelnej energie (para, horúca voda) – vyrobené množstvo,
 - spotrebiče tepelnej energie – spotrebované množstvo,
2. Podrobná identifikácia zdrojov straty tepla (úniky) v celom energetickom systéme
2. Kvantifikovať množstvo uniknutého tepla:
 - meranie množstva únikov,
 - odhadom (nie je možné merať),

– matematické a štatistické vyhodnotenie.

3. Analýza a vyjadrenie využitého a uniknutého tepla (m^3 , GJ)
4. Finančné vyjadrenie strát
5. Návrhy riešení

Na základe tejto metodiky by bolo možné konkrétne identifikovať a kvantifikovať tepelné straty a následne riešiť opatrenia pre zamedzenie týchto strát, alebo hľadať technické riešenia na využitie takto získaného tepla. Jedna z možností je ako bolo uvedené na sušenie biomasy, ktorá buď nespĺňa parameter vlhkosti alebo na dosušovanie, čím by biomasa získala na výhrevnosti a následne by sa znížila jej spotreba.

Ekonomické vyjadrenie úspor

Z predchádzajúcich záverov možno konštatovať, že samotná technológia novej sušiarne má významný vplyv na účinnosť využitia tepelnej energie a tým aj na celkovú energetickú bilanciu tepelného hospodárstva. Pri priemernej mesačnej spotrebe tepla pre sušiarne 5500 GJ by v prípade zvýšenia účinnosti inováciou starej technológie SSK o 6 % znamenalo úsporu 330 GJ. Pre výpočet ceny tepla sa použila priemerná cena pre výrobu tepla spaľovaním biomasy, ktorá sa v roku 2008 pohybovala v priemere $9,29 \text{ Eur.GJ}^{-1}$ bez DPH (Fabuš, 2008).

Vzorec pre výpočet ceny tepla:

$$N_T = Q \cdot C_{GJ} \quad (5)$$

kde:

| | |
|------------------------------------|----------------------|
| N_T – náklady na vyrobené teplo, | Eur |
| Q – množstvo vyrobeného tepla, | GJ |
| C_{GJ} – jednotková cena tepla, | Eur.GJ^{-1} |

Mesačná úspora vo finančnom vyjadrení by bola v priemere 3065,7 Eur.

Na základe štatistického vyhodnotenia nameraných údajov a ekonomickej analýzy počas prevádzky starého a nového sušiaceho tunela pre výrobu drevovláknitých dosiek sa potvrdila hypotéza, že „*použitie novej technológie sušiaceho tunela pre výrobu drevovláknitých dosiek zvyšuje účinnosť využitia tepelnej energie a tým aj celkovú energetickú bilanciu technológie celého výrobného systému*“.

Projektové riadenie realizácie projektu

V predmetnej realizácii sme sa predovšetkým zamerali na koordinovanosť čiastkových činností aby bolo možné doceliť splnenie hlavnej úlohy – prípravu projektu a jeho realizáciu v stanovenom termíne. Vykonávali sa analýzy počas priebehu projektu, pravidelne sa vyhodnocoval harmonogram a hlavné ukazovatele projektu. Po ukončení celého projektu sa vykonala celková analýza projektu a vykonalo sa záverečné vyhodnotenie projektu. Z výsledkov vyhodnotenia projektu môžeme definovať faktory, ktoré majú významný vplyv na úspešný priebeh projektu.

- nedostatočná dekompozícia projektu,
- nesprávne odhadnuté zdroje projektu,
- nie je spracovaný podrobný plán projektu,
- nekvalitne rozpracovaná štruktúra plánu projektu,
- nepresne naplánované náklady.

Ako vyplynulo z celého priebehu projektu, systémovým manažmentom všetkých činností, ktoré súvisia s plánovaním a realizáciou „Systému kontroly a riadenia technologického procesu spaľovania biomasy“ možno vykonať realizáciu predmetnej technológie v stanovenom termíne, bez negatívnych ekonomických dopadov. Takýmto spôsobom je možné zracionalizovať celý postup prác a vniesť dôsledný poriadok a prehľad nadväzností jednotlivých časových etáp.

Na základe uvedených výsledkov môžeme konštatovať, že hypotéza – *Aplikácia Microsoft Project v procese plánovania a realizácie projektu „Systém riadenia regulácie technologického procesu spaľovania biomasy“ umožňuje efektívne plánovanie, organizáciu práce a komunikáciu* sa potvrdila.

Hodnotenie simulácie pomocou WITNESS

Cieľom tejto časti práce bolo uplatniť programový systém WITNESS pre návrh a riešenie štruktúry výrobných systémov a analyzovať aspekty jeho využitia.

Ako podklad pre skúmanie tohto problému sme použili časť dopravníkového systému na dopravu biomasy do energetického zariadenia a zariadenie na spracovanie biomasy. Zariadenia na spracovanie biomasy je energetický kotol na spaľovanie biomasy.

Počas simulácie bola monitorovaná a optimalizovaná prevádzka jednotlivých dopravníkov dopravníkového systému na dopravu biomasy. Biomasa – drevná štiepka vstupuje do simulačného modelu dopravníkového systému ako vstupný parameter simulácie. Činnosť dopravníkového systému a zariadenia na spracovanie biomasy sa simuloval počas

osem hodinového pracovného cyklu. Na základe výsledkov simulácie bolo možné optimalizovať prácu jednotlivých dopravníkov v nadväznosti na kapacitu zásobníka paliva pred kotlom a režimami práce zariadenia na spracovanie biomasy.

Na základe zmeny parametrov práce dopravníka č. 2, ktorý bol v prevádzke 76,3 % z celkového času a po optimalizácii parametrov celého systému sa čas prevádzky znížil na 55 % celkového času. To je časová úspora chodu dopravníka 21,3 %. U dopravníka č.1, kde čas chodu dopravníka po optimalizácii poklesol na 28,5 % z celkového času prevádzky. U dopravníka č. 1 sa simulovala aj porucha dopravníka čo predstavuje čas 9 % z celkového času prevádzky. Pri dopravníku č. 1 sa vykázalo zníženie času chodu o 18,4 %. Čas chodu dopravníka B bol 35,5 % z celkového času prevádzky. Tieto časové úspory sa premietajú do ekonomického zhodnotenia celého systému dopravy paliva. Zo získaných výsledkov možno konštatovať, že ekonomický efekt sa prejaví nasledovne:

- § zníženie energetickej náročnosti zariadenia – úspora elektrickej energie,
- § zníženie opotrebenia strojného zariadenia – zníženie nákladov na údržbu, na náhradné diely.

Pri potrebe zmeny parametrov celého palivového systému (doprava a spracovanie) simulačný systém skráti čas na návrh, preverenie a odskúšanie práce celého systému. Tieto zmeny a úpravy nebude potrebné skúšať počas reálnej prevádzky a nemusí byť narušený chod výrobného systému. Tot zefektívnenie práce systému môže priniesť aj ekonomický efekt v podobe ušetreného času, kedy by musel výrobný systém pracovať v skúšobnej prevádzke.

Dynamická simulácia v prostredí WITNESS nám umožnila v krátkom čase preverovať rôzne alternatívne riešenia. Umožňuje nám skúmať počas simulácie rôzne stochastické javy, ako simulovanie poruchy zariadenia, neplánované odstávky, opotrebovanie strojných zariadení a podobne.

Na základe dosiahnutých výsledkov môžeme konštatovať, že vyslovená hypotéza č. 5 „*Používanie modelového a simulačného systému WITNESS umožňuje efektívne zostavovať – navrhovať štruktúru výrobných systémov a hľadať optimálnu skladbu systému*“ sa potvrdila.

Z uvedených celkových poznatkov z dizertačnej práce možno vyvodiť záver, kde môžeme konštatovať, že hypotéza č. 1 „*Implementácia informačných technológií v manažmente technických činností umožňuje získať kvalifikovaný prehľad o technických a ekonomických aspektoch systému pre využívanie biomasy na energetické účely*“ sa potvrdila.

7.2 Prínosy riešenia dizertačnej práce pre spoločenskú prax

Zo získaných výsledkov uvedených v predloženej dizertačnej práci vzišli nasledovné odporúčania pre spoločenskú prax:

- § Dodržiavať správne zásady projekčného riadenia pri časovom a vecnom plánovaní úloh,
- § Pri realizácii projektov rekonštrukcie a obnovy výrobných systémov dôsledne a pravidelne kontrolovať časové plnenie, spotrebu zdrojov a kvalitu jednotlivých činností,
- § Po ukončení projektu vykonať záverečné hodnotenie projektu, zmapovať a analyzovať odchýlky a ich príčiny od implementačného plánu,
- § Pri projektovaní riadiacich a informačných systémov klásť dôraz na kompatibilitu jednotlivých komponentov v oblasti priemyselnej komunikácie,
- § Získané výsledky môžu byť použiteľné vo firmách, ktoré sa zaoberajú podobnou činnosťou.

7.3 Prínosy riešenia dizertačnej práce v pedagogickom procese

Poznatky získané na základe riešenia predmetnej dizertačnej práce budú využité v pedagogickom procese realizovanom v rámci odborných predmetov denného aj externého štúdia, (Výrobné systémy 1 a 2, Projektovanie výrobných systémov, Manažérstvo technického rozvoja, Bioenergetika, Technika na spracovanie biomasy, Stroje a technológie pre výrobu a využitie biomasy, Riadenie a organizácia výrobných procesov), týkajúcich sa na technickej fakulte Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre zameraných na :

- § projekčné riadenie,
- § simuláciu výrobných systémov,
- § aplikácie informačných technológií v procese riadenia a monitorovania technologických procesov výrobných systémov.

7.4 Odporúčania pre ďalší rozvoj vedy v riešenej problematike

V ďalšej vedeckej práci v danej problematike za účelom lepšieho poznania vplyvu informačných technológií oblasti riadenia projektov, automatizovaného zberu dát a simulácie výrobných systémov je žiadúce:

- vzájomne porovnať nové softvérové nástroje a metódy určené pre prípravu a riadenie projektov v procese projekčného manažmentu,

- skúmať možnosti a spoľahlivosť prenosu informácií pri zbere dát medzi jednotlivými snímačmi a riadiacou centrálou pomocou bezdrôtovej rádiovej komunikácie (napríklad WirelessHART, EmersonSmart Wireless),
- ďalej skúmať možnosti aplikácie WITNESS v oblasti optimalizácie návrhu a riadenia výrobných systémov,
- skúmať ďalšie možnosti optimalizácie využitia tepelnej energie.

8 ZÁVER

Informačné systémy a informačné technológie ako súčasť podnikovej infraštruktúry sa stali jedným z najvýznamnejších faktorov rastu ekonomík vyspelých krajín. Rozvoj informačných technológií výrazne ovplyvňuje súčasné hospodárske prostredie a kvalita informačného systému podniku. Predložená dizertačná práca skúma problematiku štruktúry výrobného systému orientovaného na výrobu tepla a elektrickej energie s použitím spaľovania biomasy (dendromasy – lesnej štiepky) vo výkonnom energetickom zariadení.

Vzhľadom na zložitosť skúmanej problematiky v predloženej práci sú použité informačné technológie v procese plánovania, prípravy, budovania a prevádzky energetického zariadenia.

Riešenie práce vychádza z podrobnej analýzy energetického média, pričom pozornosť je venovaná kombinovanej výroby elektrickej energie a tepla. Riešenie celého problému sa odvíja z konkrétneho opisu štruktúry daného systému, čo následne vytvorilo dostatočnú platformu pre projektovanie daného systému opierajúcu sa o realizáciu čiastkových krokov.

V práci je podrobne charakterizovaný použitý SW produkt Microsoft Project 2003 a to vrátane prípravy jeho použitia v procese projekčného riadenia.

Dizertačná práca opisuje súhrn potrebných znalostí, činností, postupov a metód, ktoré sú potrebné v zložitom procese projektového manažmentu. Veľký dôraz kladie na využitie a prácu s modernými informačnými technológiami, ktoré sú v súčasnej dobe nevyhnutné pre efektívnu a racionálnu činnosť v procese projektového manažmentu.

Ďalšou problematikou ktorou sa zaoberá dizertačná práca sú možnosti využitia simulácie a simulačných softvérov v procese plánovania a realizácie výrobných systémov. Práca skúma možnosti aplikácie a praktického využitia simulácie pri navrhovaní výrobných systémov pomocou programového produktu WITNESS spoločnosti LANNER GROUP® Ltd.

Informačné technológie majú a budú mať zásadný vplyv na ekonomické prežitie podnikov v globalizujúcom sa konkurenčnom prostredí. Podniky sa už dnes prakticky nezaobídu bez dostatočne pružných a výkonných informačných systémov, ktoré by boli schopné pokryť výrobu, prevádzku a hospodárenie v oblasti ekonomiky, údržby, opravárenstva a rozvodu energií.

9 ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY

1. Akčný plán využívania biomasy na roky 2008 – 2013. 2008. [cit. 2009-8-15]. Dostupné na internete: http://www.abe.sk/dokumenty/Akcny_plan.pdf
2. AHMAD, N. – LAPLANTE, P. A. *Software Project Management Tools: Making a Practical Decision Using AHP*. In: Proceedings of the 30th Annual IEEE/NASA Software Engineering Workshop SEW-30. 2006, p. 76-84
3. ALFA LAVAL: *Deskové výmenníky tepla*. [Cit. 2009-2-23]. Dostupné na internete: <http://www.alfalaval.com>
4. ALLEN, T. – WHITSON, K. *Measurement of specific heat*. 2008. [cit. 2009-3-9] Dostupné na internete: <http://oneweb.utc.edu/~Harold-Climer/Sheatlab.pdf>,
5. ALLEN, W.E. P.Eng., CMC, PMP, Panalta Management Associates Inc., Calgary, Alberta, 1991
6. ALTENDORF, M. et al. *Flow handbook, 2nd Edition 2004*, Enndres+Hauser Flowtec AG, CH-4153 Reinach/BL: 2004, p. 456, ISBN 3-9520220-4-7
7. BALOG, R. et al. *Priemyselne komunikacie*. Slovenská technická univerzita, Bratislava: 2001. 166 s. ISBN 80-227-1600-6
8. BARILLA, J. – SIMR, P. *Excel pro techniky a inženýry*, Computer Press, Brno: 2008. 366 s. ISBN 978-80-251-2421-5
9. BASL, J. *Podnikové informačné systémy*. GRADA, Praha: 2002, 142 s. ISBN 80-247-0214-2
10. BASL, J. – MAJER, P. – ŠMÍRA, M. *Teorie omezení v podnikové praxi*. Grada Publishing, Praha: 2003
11. BÉDI, E. *Obnoviteľné zdroje energie*. Fond pre alternatívne zdroje energie – SZOPK, Bratislava, 2001
12. BENKOVÁ, M. *Montáž meračov pretečeného množstva vody*. Slovenský metrologický ústav, Bratislava: 2006, 106 s.
13. BERAN, V. *Dynamický harmonogram*. ACADEMIA, 2002, 172 s. ISBN 80-200-1007-6
14. BERGMAN, R. – ZERBE, J. *Primer on Wood Biomass for Energy*. Madison, WI: Forest Products Laboratory, p. 10, 2004
15. BEKSA, M. *Projektové plánovanie – Riadenie*, 2004, [cit. 2008-2-21]. Dostupné na internete: <http://www.stavebnitechnologie.cz/view.php?cislocclanku=2002042401>
16. BENGEE, L. – MILLER, J. *Multi Project Management in Software Engineering Using Simulation Modeling*. Software Quality Journal. Springer Netherland. March 2004, vol.12, no. 1, p. 59-82
17. BODDY, D. *Managing Projects Building and Leading the Team*. Pearson Education Ltd., 2002
18. BROOKS, F.P. jr. *The Mythical Man Month: Essays on software engineering*, Addison – Wesley, 1975

19. BROWN, J.T. *Why Your Project Management Methodology Doesn't Matter Much*. In: PM Word Today, sept. 2008, vol. X
20. BROWN, K. A. *Project Management In: Operation Management*, McGraw-Hill-Irvin, 2004.
21. BROŽ, K. – ŠOUREK, B. *Alternativní zdroje energie*. Vydavatelství ČVUT, 2003, Praha: 213 s. ISBN 80-01-02802-X
22. CENKA, M. *Obnovitelné zdroje energie*. FCC Public, Praha 2001, s. 208, ISBN 80-901985-8-9
23. CERTIFIKÁT TYPU MERADLA č. 019/311/04, SLOVENSKÝ METROLOGICKÝ ÚSTAV, 2004
24. CRAWFORD, J., K. *Strategic Project Office, The: A Guide to Improving Organizational Performance*. Marcel Decker, 2001. s. 272, ISBN 08247007508
25. DAŇEK, J. *WITNESS*. Humusoft, Tlačová správa. [cit. 2009-3-06]. Dostupné na internete: <http://www.humusoft.cz/archiv/press/index.php?lang=cz&p1=6&p2=1> [2007-4-11]
26. DAŇEK, J. *Využití simulačních metod pro podporu manažerského rozhodnutí*. Humusoft, Tlačová správa. [cit. 2009-2-11]. Dostupné na internete: http://www.humusoft.cz/old/pub/witness/syst9903/sim_rp.htm
27. DINSMORE, P.C. – CABANIS-BREWING, J. *The AMA Handbook of project management*. Amacom, 2005, ISBN: 81-44-72710
28. DOLEŽAL, J. *Klasika a Pert*, In: Odhadování doby trvání činností, 2005. [cit. 24-6-2006]. Dostupné na internete: <http://www.czpm.eu/index.php>
29. DRAHOTSKÝ, I. – ŘEZNÍČEK, B. *Logistika – procesy a jejich řízení*. Computer Press, Brno: 2003, s. 392, ISBN 80-7226-521-0
30. FABUŠ, M. *Ekonomika alternativních zdrojov*, 2008, [cit. 2008-08-28]. Dostupné na internete: <http://www.slideshare.net/Oikosbratislava/ekonomika-alternatvnych-zdrojov>
31. FERENČÍKOVÁ, M. – BIGOŠ, P. *Simulácia ako nástroj na riešenie problémov programom Witness*. In: Transfer inovácií, 2006, č. 9, s. 68-72
32. FIALA, P. *Projektové řízení*. Professional Publishing, Praha: 2004, 276 s. ISBN 80-86419-24-X
33. FORSBERG, K. – MOOZ, H. – COTTERMAN, H. *Vizualizing Project Management: Models and Frameworks for Mastering Complex Systems, 3rd Edition*, John Wiley & Sons, 2005, p. 480, ISBN 0471648485
34. GADUŠ, J. *Výroba a možnosti využitia bioplynu v poľnohospodárskom sektore Slovenska*. SPU Nitra
35. GEORGIEV, B. – JURIŠICA, L. *Prevádzkové riadiace systémy (1)-Úvod*. In: AT&P journal, jan. 2006, č.1, s. 58-60
36. GEORGIEV, B. – JURIŠICA, L. *Prevádzkové riadiace systémy (7)-projektovanie*. In: AT&P journal, júl 2006, č.7, s. 75-77
37. GOODPASTURE, J.C. *Quantitative Methods in Project Management*, J. Ross Publishing, 2004, ISBN 1932159150

38. GOLDRATT, E.M. *Kritický řetěz*. Inter Quality, Praha, 1999
39. GOZORA, V. *Projektový manažment II. Praktická časť*. SPU Nitra, FEŠ a RV, 2005
40. GOZORA, V. – SCHWARCZ, P. *Projektový manažment – Úvod do projektového manažmentu. Témy prednášok a cvičení*. SPU Nitra, FEŠ a RV, 2005
41. GOZORA, V. *Podnikový manažment*, SPU Nitra, 193 s. ISBN 80-7137-690-6
42. GROUMPOS, P. – P, MERKURYEV, Y. *A Methodology of Discrete-Event & simulation of Manufacturing Systems: An Overview*. University of Patras, GR-265 Rion, Grece. [cit. 2009-4-19]. Dostupné na internete: http://www.ici.ro/eng/SIC/sic2002_1/art05.htm
43. HALUŠKOVÁ, M.– KOLLÁR, F. *Projektový manažment*. Slovenská technická univerzita, Bratislava, 1999, 144 s. ISBN 80-227-1279-5
44. HAYES, R.H.– WHEELWRIGHT, S.C. 1 *Dynamická výroba*. Victoria Publishing, Praha, 1993, 363 s.
45. HORBAJ, P. *Možnosti využívania biomasy v SR*. In: Acta Montanistica Slovaca. roč. 11, 2006, č. 4, s. 258-263
46. HOW BIOMASS ENERGY WORKS. [Cit. 2008-12-02] Dostupné na internete http://www.ucsusa.org/clean_energy/technology_and_impacts/energy_technologies/how-biomass-energy-works.html#_edn1
47. HRUBEC, J. *Riadenie kvality*, SPU Nitra, 203 s. ISBN 80-7137-849-6
48. IAPWS_2 [cit. 2008-12-02] Dostupné na internete <http://www.cheresources.com/iapwsif971.pdf>
49. IBLER, Z. et al. *Energetika v príkladech*. BEN, Praha: 2003, 384 s., ISBN 80-7300-097-0
50. JAMES, H. DONNELLY, jr. JAMES, L. GIBSON. *Management*. Grada Publishing, 1997, 822 s. ISBN:80-7169-422-3
51. JERZ, V. – TOLNAY, M. *Simulácia disktrétnych systémov*. STU Bratislava: 2006, ISBN 80-227-2384-3
52. CHAJDIAK, J. *Štatistické úlohy a ich riešenie v exceli*. Stasis, Bratislava: 2005, 268 s. ISBN 80-85659-39-5
53. CHAPMAN, J. R. *Work Breakdown Structure (WBS)*,2007. [cit. 2008-2-21] Dostupné na internete: http://www.hyperhot.com/pm_wbs.htm
54. CHARVAT, J. *Project Management Methodologies - Selecting, Implementing, and Supporting Methodologies and Processes for Projects*. Wiley, 2003, s. 264, ISBN: 0-471-22178-3
55. CHROMJAKOVÁ, F. *Simulácia*. IPA Slovakia. [2009-3-17] Dostupné na internete http://www.ipaslovakia.sk/slovník_view.aspx?id_s=71
56. CHVALOVSKÝ, V. *Řízení projektu*. ASPI, Praha: 2005, s. 132, ISBN 80-7357-085-8
57. KALIŠ, J. *Řídíme projekty s Microsoft Project*, 2002. Computer Press, Brno: 331 s. ISBN 80-7226-776-0
58. KAVAN, M. *Výrobní a provozní management*. GRADA, Praha: 2002, 423 s.

59. KNOROVÁ, R. *Montáž meračov tepla*. Slovenský metrologický ústav, Bratislava: 2006, 32 s.
60. KOVÁČ, J. *Využitelný potenciál obnoviteľných zdrojov v SR*, Zb.: Racionálne využívanie energie v hospodárstve SR, Bratislava, 1996, 170 s.
61. KOVÁČ, M. *Projektovanie výrobných systémov*. ALFA, Bratislava: 1991, 359 s.
62. KRÁLIKOVÁ, R. – LUMNITZER, E. *Trendy v oblasti využitia ekologických zdrojov energie*. Zborník, Katedra enviromentalistiky a riadenia procesov, SjF Technická Univerzita Košice, 1998
63. KRETZSCHMAR, H.J. *Mollier h,s - Diagram for Water and Steam: IAPWS Industrial Formulation 1997 for the Thermodynamic Properties of Water and Steam*, Springer, 1998, ISBN 3540643753
64. LEŠKOVÁ, A. *Faktory úspešnosti projektového riadenia*. 2007, In: Transfer inovácií, č.10, s. 62-65
65. LEVINE, S.W. *Control System Applications*. Boca Raton, Fl., USA, 1999, ISBN: 08493000541
66. MARKT, P.L. - MAYER, M.H. *Witness simulation software a flexible suite of simulation tools*, Winter simulation Conference, Lanner Group, Inc., p. 711-717, 1997
67. MATTIAS, A. *Flow handbook, 2nd Edition 2004*, Enndres+Hauser Flowtec AG, CH-4153 Reinach/BL: 2004, ISBN 3-9520220-4-7
68. MAYLOR, H. *Project Management*, 3rded. FT Publishing, London: 2003
69. MERAČE TEPLA, Príloha č.51 k vyhláške č.75/2001 Z. z., 2001
70. MEREDITH, S.J. – MANTEL, J. *Project Management: A Managerial Approach, 5th edition*, John Wiley, 2000. 784 s. ISBN 0471073237
71. MING, W. – SUN, G. *Managing short cycle time manufacturing with Witness simulation software*. [cit. 2007-5-10]. Dostupné na internete: <http://www.cimtek.com.sg/images/WE01.PDF>
72. MICHALEC, P. - MEREŠ, B. *Parametre ovplyvňujúce tepelné straty tepelných sietí*. In: *Magazín Energia*, 2002, č. 1, s.39-40
73. MIKITA, O. *Úspechy a neúspechy projektov – kde sú príčiny?* In: *Manažment v softvérovom inžinierstve*, máj 2005, s. 1-9
74. MILO, P. *Technologické projektovanie v praxi*. ALFA, Bratislava: 1990, 328 s.
75. MORRIS, P.: W. G. *PMBOK*, 2000, edition, p15
76. MPM 06-98, *Smernica pre prípustné metódy merania tepla vo vodnej pare a v kondenzáte v obchodnom styku*. ÚNMS SR, Bratislava: 1998
77. NANCI, B. *TOC for Project Management*. Project Monitor, 21-5-2009,
78. NĚMEC, V. *Projektový management*. GRADA, Praha: 2002, 215 s. ISBN 80-247-0392-0
79. NOZDROVICKÝ, L. – FINDURA, P. *Predpoklady rozvoja odvetvia bioenergetiky na báze biomasy*, 2007, Biomasa pre regionálnu energetiku, Zborník príspevkov z medzinárodnej odbornej konferencie, s. 107 – 121, ISBN 978-80-8069-892-8

80. NUSSBERGER, J. *Topíme pevnými palivy lacino a ekologicky*. Nussberger, Poříčany: 2005, 148 s. ISBN 80-902010-4-0
81. PEPICH, Š. *Legislativa v oblasti biomasy v Európskej únii a v Slovenskej republike*, 2007, [2009-11-10]. Dostupné na internete:
http://www.agroporadenstvo.sk/oze/legislativa/Legislativa_INTERREG.pdf
82. PETŘÍKOVÁ, V. - VÁŇA, J. *Biomasa pro energii*. Profit, 1996, č. 12
83. PREVODNÍKY TLAKU. Příloha č.33 k vyhlášce č.75/2001 Z. z., 2001
84. PRIETOKOMERY AKO ČLENY MERAČOV TEPLA. Příloha č.53 k vyhlášce č.75/2001 Z.z., 2001
85. PUSTINA, P. *Project Management & Project Controls*. Power Point presentation, 12/2003
86. RATAJ, V. *Projektovanie výrobných systémov. Výpočty a analýzy*. Nitra: 2005, s. 120, ISBN 80-8069-609-8
87. RATAJ, V. *Tvorba vedeckého a odborného textu*, NITRA: 2008, ISBN 978-80-8069-994-9
88. ROSENAU, M. D. *Řízení projektov*. Computer Press, Praha: 2000, ISBN 80-7226-218-1
89. SNÍMAČE TEPLoty, Příloha č.37 k vyhlášce č.75/2001 Z. z., 2001
90. STN ISO 9000:2005 (STN 01 0300): 2006 Systém manažerstva kvality. Základy a slovník
91. STN ISO 9001:2008 (STN 01 0320): 2009 Systém manažerstva kvality. Požiadavky
92. STN ISO 9004:2000 (STN 01 0321): 2001 Systém manažerstva kvality. Návod na zlepšovanie výkonnosti
93. SVOZILOVÁ, A. *Projektový management*. GRADA, Praha: 2006, 353 s. ISBN 80-247-1501-5.
94. ŠOLTÉS, J. – RANDA, M. *Výroba elektriny z biomasy*, Slovenská energetická agentúra, 2005
95. ŠTURCEL, J. *Snímače a prevodníky*. STU Bratislava, 2002, ISBN 80-227-1712-6
96. ŠŮRI, L. *Obnoviteľné zdroje energie*, 2005, [cit. 2007-22-08]. Dostupné na internete:
<http://ozeport.sk/zdroje/biomasa.html#teplo>
97. VERNER, J. – EVANCE, W. *What Project Management Practiecs Lead to Succes?* In: House Software Development, IEEE Software, Vol. 22, č. 1, s. 86-93
98. VIDOVÁ, J. *Efektívnosť z pohľadu teórie obmedzenia*. In: Transfer inovácií, 2003 č. 6, s. 126-127
99. VÍGLASKÝ, J. – SUCHOMEL, J. *Biomasa ako zdroj obnoviteľnej energie -potenciál pre rozvoj poľnohospodárstva a vidieka*. TU Zvolen
100. VÍGLASKÝ, J. *Potenciál dreva a slamy na výrobu energie na Slovensku*. In: Zb: Pokrokové využitie biomasy pre energetiku, Bratislava, 1994, 102 s.
101. Vírový průtokoměr Prowirl 72. Technická informace TI 040D/06/cs č. 50084975, Endress+Hauser, 2006

102. WAGNER W. et al. *The IAPWS Industrial Formulation 1997 for the Thermodynamic Properties of Water and Steam*. ASME J. Eng. Gas Turbines and Power, Vol. 122, 2000, p. 150-182
103. WEISS, J.W. – WYSOCKI, R.K. *5-Phase Project Management: A Practical Planning and Implementation Guide*. Addison-Wesley, 1992.
104. ZÁKON O METROLÓGII č. 142/2000 Z. z. V znení zákona č. 432/2004 Z. z. Úplné znenie s výkladom, Zbierka zákonov
105. [www://gopher.fns.uniba.sk/zp/fond/2001/biomasa.htm](http://www.gopher.fns.uniba.sk/zp/fond/2001/biomasa.htm)
106. www.microsoft.com
107. <http://manazment.wordpress.com/2006/10/08/teoria-uzkych-hrdiel-toc-teoria/>
108. <http://www.kovcomp.co.uk/xlstat/xlsbroc.html>

10 PRÍLOHA