

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

KATEDRA ELEKTROMECHANIKY A VÝKONOVÉ ELEKTRONIKY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Historie a současný stav bývalé uhelné elektrárny
Andělská Hora

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Aleš HÉGR**
Osobní číslo: **E12B0022P**
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Elektrotechnika a energetika**
Název tématu: **Historie a současný stav bývalé uhelné elektrárny Andělská hora**
Zadávací katedra: **Katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky**

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

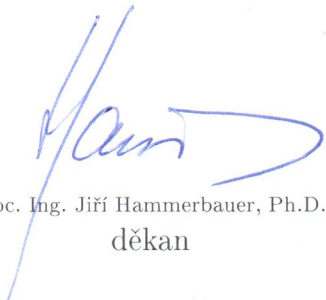
1. Provedte analýzu uhelné elektrárny Andělská hora z hlediska historického vývoje.
2. Popište a zdokumentujte současný stav uhelné elektrárny Andělská hora a ostatních důležitých objektů patřící bývalé společnosti Přespolní elektrárna Liberec.
3. Vypočítejte procentuální využití výkonu elektrárny z dobových zátěžových diagramů, potřebné výkonové zálohy na regulaci sítě a procentuální využití obnovitelných zdrojů v dané oblasti energetické soustavy.
4. Zhodnoťte celkové technologické řešení a provozní poměry uhelné elektrárny Andělská hora a porovnejte s moderní parní elektrárnou.
5. Porovnejte dobovou energetickou síť se současným stavem.

Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**
Rozsah pracovní zprávy: **20 - 30 stran**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:


1. **Elektrotechnický obzor 1922-1935.**
2. **Technický slovník naučný Teysler-Kotyška 1927-1939.**
3. **Elektronické informační zdroje, www stránky, katalogové listy.**
4. **Přednášky a skripta z doporučených předmětů, určí vedoucí BP při první konzultaci.**

Vedoucí bakalářské práce: **Doc. Ing. Zbyněk Martínek, CSc.**
Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání bakalářské práce: **15. října 2014**
Termín odevzdání bakalářské práce: **8. června 2015**


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




Prof. Ing. Václav Kús, CSc.
vedoucí katedry

V Plzni dne 15. října 2014

Abstrakt

Předkládaná bakalářská práce je zaměřena na historii uhelné elektrárny Andělská Hora, která patřila všeužitkové společnosti Přespolní elektrárna Liberec. Dále hodnotí stav a provoz energetické sítě v období první republiky a porovnává technologické řešení s moderní parní elektrárnou.

Klíčová slova

uhelná, elektrárna, Andělská Hora, Engelsberg, Přespolní elektrárna Liberec, Severočeská energetika, Liberecká energetika,

Abstract

The bacalary thesis is focused on the history of coal-fired power plants Andělská Hora, which belonged to company Přespolní elektrárna Liberec. It also evaluates the condition and operation of the power grid during The Republic of Czechoslovakia and compares technological solutions with advanced steam power plant.

Key words

Power plant, coal, Andělská Hora, Engelsberg, north-bohemia energy, Liberec energy, cross country power plant Liberec

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

Prohlašuji, že veškerý software použitý při řešení této bakalářské práce, je legální.

.....
podpis

V Plzni dne 31.5.2015

Aleš Hégr

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce Doc. Ing. Zbyňku Martínkovi, CSc. za metodické vedení práce, cenné profesionální rady a připomínky. Rád bych také poděkoval panu Štěpánu Hořejšímu a panu Doc. Ing. Konstantinu Schejbalovi CSc., kteří v elektrárně pracovali, za jejich vzpomínky, poznatky a postřehy z provozu. Poděkování patří i nynějším majitelům budovy elektrárny za jejich ochotu a vstřícnost, možnost si prohlédnout celý komplex.

Obsah

OBSAH	8
ÚVOD	10
1 HISTORIE UHELNÉ ELEKTRÁRNY ANDĚLSKÁ HORA	11
1.1 ANDĚLSKÁ HORA	11
1.2 SPOLEČNOST PŘESPOLNÍ ELEKTRÁRNA LIBEREC	11
1.3 STAVBA A PROVOZ V OBDOBÍ PRVNÍ REPUBLIKY	11
1.4 PROVOZ ZA VÁLKY	14
1.5 PROVOZ PO VÁLCE	15
1.6 NEUSKUTEČNĚNÉ PROJEKTY	16
2 SOUČASNÝ STAV OBJEKTŮ BÝVALÉ SPOLEČNOSTI EÜW	18
2.1 BUDOVA UHELNÉ ELEKTRÁRNY	18
2.2 MVE ANDĚLSKÁ HORA	19
2.3 MVE RUDOLFOV	20
2.4 TRAFOSTANICE STRÁŽ NAD NISOU A MNÍŠEK	22
2.5 DISTRIBUČNÍ TRAFOSTANICE LIBEREC	23
2.6 VEDENÍ	23
3 VÝPOČET PROCENTUÁLNÍHO VYUŽITÍ VÝKONU ELEKTRÁRNY, VÝKONOVÉ ZÁLOHY, PROCENTUÁLNÍ VYUŽITÍ OBNOVITELNÝCH ZDROJŮ	24
3.1 VÝPOČTY K ZÁTĚŽOVÉMU DIAGRAMU	26
3.2 VÝPOČET PROCENTUÁLNÍHO VYUŽITÍ VODNÍCH ELEKTRÁREN	26
3.3 VÝPOČET VÝKONOVÉ ZÁLOHY UHELNÉ ELEKTRÁRNY	26
3.4 ÚČINNOST CLAUDIUS – RANKIN CYKLU	27
3.5 VÝPOČET CELKOVÉ ÚČINNOSTI	27
4 POROVNÁNÍ S MODERNÍ PARNÍ ELEKTRÁRNOU	28
4.1 KOTELNA	28
4.2 STROJOVNA	28
4.3 ROZVODNA	29
4.4 ŘÍZENÍ	29
4.5 ZPRACOVÁNÍ POPELA	30
4.6 SPALINY	30
4.7 ZÁLOŽNÍ ZDROJ	30
4.8 CHLAZENÍ	30
4.9 VLASTNÍ SPOTŘEBA A ÚČINNOST	31
4.10 DOPRAVA UHLÍ	31
4.11 ÚPRAVA NAPÁJECÍ VODY	31
5 POROVNÁNÍ DOBOVÉ SÍTĚ SE SOUČASNÝM STAVEM	33
5.1 VZNIK DISTRIBUČNÍ SÍTĚ V LIBERECKÉ OBLASTI	33
5.2 DISTRIBUČNÍ SÍŤ V OBDOBÍ PRVNÍ REPUBLIKY	33
5.3 PROVOZ ENERGETICKÝCH SÍTÍ ZA PRVNÍ REPUBLIKU	34
5.4 DNEŠNÍ STAV DISTRIBUČNÍ SÍTĚ	35
ZÁVĚR	37
SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ	39
PŘÍLOHY	1

Seznam symbolů a zkratek

EÜW	Elektrisches Überlandwerk (přespolní elektrárna)
MVE.....	malá vodní elektrárna
Tlak - technická atmosféra....	(atm)
Tlak v jednotkách SI.....	(Pa)
Výkon.....	(W)
Zdánlivý výkon	(VA)
Elektrické napětí	(V)
Teplota	(C°)
Objem.....	(m ³)
Otáčky	(ot/min)
Průřez	(mm ²)
VN.....	vysoké napětí
NN	nízké napětí

Úvod

Předkládaná práce je zaměřena na historii uhelné elektrárny Andělská Hora, která byla ve 30. letech minulého století největší uhelnou elektrárnou v severních Čechách s instalovaným zdánlivým výkonem 42 500 kVA.

Práce obsahuje pět částí. První část se zabývá samotnou historií uhelné elektrárny Andělská Hora, druhá uvádí současný stav objektů patřící bývalé všeužitkové společnosti Přespolní elektrárna Liberec. Třetí část je zaměřena na výpočty výkonové zálohy elektrárny, procentuální využití vodních zdrojů a výpočtu účinnosti elektrárny. Ve čtvrté části je technologické a provozní porovnání s moderní uhelnou elektrárnou. Poslední pátá část obsahuje porovnání dobové rozvodné sítě z roku 1929 se současnou energetickou sítí.

1 Historie uhelné elektrárny Andělská Hora

1.1 Andělská Hora

Andělská hora se nachází v severních Čechách, přibližně 6 km severozápadně od Liberce. Protéká jí řeka Lužická Nisa, její nadmořská výška je 300 metrů n.m. Leží mezi Ještědsko-kozákovským hřbetem, Lužickými horami a Jizerskými horami (**Obr. č.1**).

1.2 Společnost Přespolní elektrárna Liberec

Roku 1913 se z důvodu nedostatku elektrického výkonu současných elektráren založila společnost Elektrisches Überlandwerk Reichenberg s většinovým městským podílem. Zbytek podílu vlastnily okolní vesnice, dále k nim patřily průmyslové oblasti Kateřinek a velkopřemyslníka Liebiga. Předsedou správní rady se stal starosta města Liberce.

Z důvodu potřeby dalšího rozšíření společnosti a nedostatečných finančních prostředků a kapitálu se Přespolní elektrárna Liberec se sídlem v Liberci nechala prohlásit výnosem Ministerstva veřejných prací dne 7. září 1920 číslo 43.085-XVIII podle zákona 438/1919 Sb za podnik všeužitečný (jako jeden z pětadvaceti v ČSR) z původního Elektrisches Überlandwerk Reichenberg.

Právo všeužitečnosti přineslo společnosti finanční výhody a možnost investovat do rozvoje elektrizace, jak to nařizoval zákon o všeobecné elektrizaci. Dále pak vyvlastňovat pozemky pro vedení a trafostanice (například: pozemek pro MVE Rudolfov spolu s vodním právem). V případě nedostatku financí mohla vydávat i dluhopisy. Hlavními povinnostmi, které nařizoval stát, bylo odebírat elektrickou energii z daných vodních elektráren, sjednotit ceny elektrické energie pro průmysl, spolupracovat s ostatními elektrárnami přes přenosové vedení, elektrárnu udržovat v přijatelném ekonomickém provozu při aplikaci moderních zařízení, na všelijaké opravy, či modernizaci a rozšiřování vypisovat veřejné soutěže.

1.3 Stavba a provoz v období první republiky

V roce 1914 byla postavena firmou Gustava Sacharse uhelná elektrárna Engelsberg (Andělská Hora), která byla financována společností Elektrisches Überlandwerk Reichenberg. Společnost, která byla družstevním podnikem smíšeně hospodářským s většinovým veřejným kapitálem, se rozhodla elektrárnu vybudovat z důvodu nedostačujícího výkonu městských libereckých elektráren a zároveň snížení dopravních nákladů, a znečištění ve městě. Elektrárna byla situována v úzkém zalesněném údolí řeky Nisy v blízkosti obce Andělská Hora. Na tomto místě byla vybudována vzhledem k dobré dostupnosti železniční trati (Liberec-Žitava), protékající řece a postavené vodní elektrárně z roku 1908, patřící společnosti EÜW. K elektrárně směřovala 800 m dlouhá vlečka odbočující z hlavní trati, vedená v příkrém svahu

ve výši 15 m nad úrovní elektrárny. Převýšení bylo využito pro skládku uhlí, kde byl postaven uhelný bunkr rozdělený do pěti částí o celkovém objemu 6000 m³. Zásoba paliva vydržela při 15 % výrobě elektrické energie jeden měsíc za použití kvalitního uhlí. Uhlí bylo dováženo po železnici na obyčejných vysokostěnných dvounápravových železničních vozech z několika povrchových hnědouhelných dolů. Nacházely se přibližně ve vzdálenosti 15 až 30 km, například z hnědouhelného lomu Kristýna v Hrádku nad Nisou a ze 170 km vzdálené Mostecké a Duchcovské pánve. O vykládku se starali zauhlovači, kteří plnili zásobníky přímo ze železničních vozů ručně či pomocí mechanických lopat.

S elektrárnou byla postavena chladicí nádrž o objemu 6000 m³, do které vtékala voda z odpadního kanálu vodní elektrárny nebo z jezu na řece poblíž nádrže (**Obr. č.2**). V prostoru mezi vodní a uhelnou elektrárnou byly postaveny obytné domy pro zaměstnance. Za kotelnou směrem k trati byly postaveny dva šikmé výtahy na úzkorozchodné vozy pro odvoz škváry na pokračující násep. Výrobu páry zajišťovaly tři nízkotlaké sekcionální kotle o jmenovitém tlaku 14 atm a celkové výhřevné ploše 1410 m². Celkový výkon tvořily tři nízkotlaké kondenzační turbíny značky MAN na 12 atm s generátory 2x5000 kVA a 1x2500 kVA (**Obr. č.3**). Vyvedení výkonu bylo provedeno dvojitým kabelovým vedením o napětí 20 kV o průřezu 3x50 mm² do trafostanice Stráž nad Nisou, odkud pokračovalo do hlavní rozvodny v Liberci a venkovním vedením směrem na Chrastavu, dále do Německé uhelné elektrárny Hirschfelde, která byla ve dvacátých letech připojena do německé 100 kV sítě. Každá linka byla napojená na transformátor o výkonu 4000 kVA s převodem 5/20 kV. S malou vodní elektrárnou byla propojena 5 kV kabelem. Ta tvořila pro elektrárnu zároveň záložní zdroj energie. V roce 1920 do zbývajících místa v kotelně byl zbytečně namontován čtvrtý nízkotlaký sekcionální kotel neúspěšné soustavy Burkhardt ještě s prototypovým roštem. Celková výhřevná plocha byla zvýšena na 1910 m². Kotel se po krátkém provozu porouchal, i když na něj byla záruka, opravy byly proplaceny. Kotel se po dalších poruchách opětovně odstavil a deset let nebyl v provozu. Jednalo se o jeden z prvních příkladů korupční aféry bývalého ředitele uhelné elektrárny Weinbergra, který zneužíval státní dotace pro elektrizaci Československa a zvyšoval cenu elektrické energie na nepřiměřenou mez i pro ostatní německé podniky v Liberci a jeho okolí.

V letech 1922-1923 byla provedena největší modernizace celé elektrárny, kterou navrhnul Karl Hocke. Modernizace spočívala v prodloužení dvouúložní haly kotelnou s podélným zauhlovacím koridorem na dvojnásobek původní plochy. Nová část byla oproti staré cihlové části železobetonová a její velikost byla přizpůsobena pro pozdější modernizaci. Byly zde nainstalovány dva nízkotlaké sekcionální kotle na 14 atm o celkové výhřevné ploše

530 m², které zabraly polovinu nového prostoru kotelny. Ve strojovně byla osazena nová nízkotlaká kondenzační turbína První Brněnské s generátorem o výkonu 15 000 kVA. K rozvodně byly přistaveny čtyři betonové kobky pro transformátory o výkonu 4000 kVA, dva s převodem 5/20 kV a dva s 5/35 kV. K budově elektrárny přibýlo několik menších budov s dílnami a kancelářemi. U chladicí nádrže byl postaven sklad s chemikáliemi a budova na údržbu zařízení společnosti EUW s olejovým hospodářstvím. Za kotelnou byla vybudována pomocná malá lanovka s přenosnými dřevěnými sloupy pro vyvážení škváry po okruhu 200 m. Dále bylo postaveno dvojlinkové přenosové vedení dlouhé 29 km do Tanvaldu přes Jablonec nad Nisou o napětí 35 kV. Bylo realizované měděnými lany o průřezu 50 mm². Distribuční venkovní vedení o napětí 20 kV bylo rozšířeno o jeden vývod, který se následně rozděloval na Machnín a Kryštofovo údolí, druhý pak dlouhý 17 km do Raspenavy napájející většinu Frýdlantského výběžku. Na **obrázcích č. 4 a 5** je vidět stav po dokončení největší modernizace uhelné elektrárny a rozvodných sítí VN.

Další významnější modernizace byla v období roku 1927 - 1929. To bylo instalování nové kondenzační turbíny značky První Brněnská na tlak páry 20 atm s výkonem škodovického generátoru 15 000 kVA, kvůli které musela být prodloužena budova strojovny směrem k trati. Současně byl namontován sekcionální kotel na 22 atm, který byl schopen dodat pouze poloviční hltnost páry pro turbínu. Měl výhřevnou plochu 800 m² s posuvným roštem a přidavným práškovým spalováním, které bylo používáno k rychlému náběhu kotle. Jmenovitý výkon celé uhelné elektrárny byl tedy navýšen na 42 500 kVA, ale nebylo ho možné prozatím dosáhnout. Dále byla přistavena další transformátorová kobka s přenosovým transformátorem o výkonu 7000 kVA s převodem 5/35 kV. S modernizací elektrárny bylo také dostaveno přenosové vedení 35 kV z Jablonce nad Nisou do malé vodní elektrárny Spálov dlouhé 16 km. Tímto se stala spálovská vodní elektrárna o výkonu 2000 kW rozvodnou a kompenzátorovou mezi dvěma velkými uhelnými elektrárnami. Byla propojená s Trutnovskou černouhelnou elektrárnou Poříčí o výkonu 42 000 kVA přenosovým vedením o napětí 30 kV a délce 47 km. Výsledná vzdálenost vedení mezi elektrárnami tedy byla 84 km. Vedení bylo poprvé vyzkoušeno 16. června 1927.

V roce 1928 byl vyzkoušen třikrát paralelní chod všech elektráren na lince Andělská Hora – Poříčí - Hradec Králové - Pardubice. Objevily se však nedostatky, a proto byla nainstalována do spálovské rozvodny moderní selektivní ochrana s Petersenovými cívkami. Zpočátku byl přenášený výkon omezen spálovskými transformátory, kde docházelo k dvojí transformaci 35/10 kV a 10/30 kV při maximálním výkonu 2 MVA. Problém byl vyřešen zakoupením regulačního autotransformátoru o výkonu 6 MVA s regulačním rozsahem ±12%.

Díky tomu mohla omezit neekonomický provoz uhelná elektrárna v Jablonci o výkonu 4000 kVA, v případě menší spotřeby elektrické energie byla provozována jen jedna z velkých uhelných elektráren. Paralelním chodem s uhelnou elektrárnou Poříčí bylo dosahováno vyšší výrobní ekonomie uhelných elektráren a lepší využití vodní energie. Celkem do soustavy pracovalo 43 elektráren. V roce 1929 bylo napětí na vedení z Poříčí do Spálova navýšeno na 35 kV, aby bylo možné obě soustavy propojit napřímo, a zároveň aby se zvýšila přenosová schopnost linky o 17%. V případě, že spotřeba pokrývaná oběma elektrárnami klesla pod 50%, byla provozována jen jedna z elektráren.

V letech 1931 - 1932 byly odstaveny a odstraněny dva staré nízkotlaké kotle o výhřevných plochách 500 m² a 350 m², kde na jejich místě byl postaven nový strmotrubný kotel na 22 atm o výhřevné ploše 1400 m² a redukční ventily mezi dvěma tlakovými soustavami. Současně s touto montáží byly původní cihlové komíny nejstarší části kotelny vysoké 22 m nahrazeny novými cihlovými o výšce 32 m. Střecha staré části kotelny byla zvýšena o dva metry z důvodu velikosti nového kotle. Montáž byla provedena za účelem plného využití nejnovější turbíny s nejlepší účinností. Ve strojovně přibyla nová rychloběžná protitlaková turbína na 20 atm s výstupem 2,5 atm využívaným k vytápění a destilaci vody. Spojená byla přes převodovku (6000/1500 ot/min) se synchronním generátorem o elektrickém výkonu 280 kW. V roce 1934 byla modernizována stará soustrojí Poříčské elektrárny. Turbíny o výkonu 2x 5000 kW byly schopné najet na plný výkon rychleji, protože byly připojeny ke kotlům s práškovým spalováním, které měly rychlý náběh a umožnily tím zlepšit efektivnost provozu celé přenosové soustavy. Podle výroční zprávy Přespolní elektrárny Liberec v roce 1934 zásobuje elektřinou buď přímo, nebo prostřednictvím připojených elektráren 127 obcí.

Poslední velká změna do války byla instalace strmotrubného kotle o výhřevné ploše 890 m² na 22 atm, který byl umístěn do posledního volného místa v nové části kotelny. V tabulce č. 1 jsou hodnoty výroby elektrické energie od roku 1919 do 1937.

1.4 Provoz za války

Ve válečných letech byly snahy o prosazení modernizačních úprav, ale z důvodu nedostatku materiálů a finančních prostředků nebyly uskutečněny. Jediná nutná investice byla provedena v roce 1940. Byl zakoupen pozemek za elektrárnou na protějším břehu, kde byla zřízena nová skládka škváry. Dopravu zajistila zpáteční jednovozíková lanovka dlouhá 320 m se dřevěnými kotvicími sloupy, v příloze je vidět vpravo na **obrázku č. 10**. V té době se také objevovali stížnosti, že elektrárna pouští do řeky záměrně popel a škváru. Do elektrárny se investovalo jen minimum a to na udržení bezporuchového chodu. Okolo roku 1940 došlo při

denní vykládce k samovznícení uhlí. Shořela celá dřevěná střecha uhelného bunkru a všechny dřevěné železniční vozy. Do doby uhašení uhelných zásob v zásobnících byla elektrárna odstavena (**obr. č. 6,7,8**).

1.5 Provoz po válce

Uhelná elektrárna nebyla po skončení války nějak zvlášť poškozena, jen se německý personál vyměnil za český. Elektrárny a rozvodné sítě společnosti byly přiřčeny do východočeské energetiky.

Na začátku padesátých let byla vybudována nová okružní lanovka na dopravu škváry o celkové délce okruhu 1,1 km, od Transporty Chrudim, z důvodu špatného stavu, nedostačující dopravní kapacity staré lanovky a nedostatku místa na škváru.

Roku 1958 přišla nejničivější povodeň (**obr. č. 9 a 10**), která zatopila celé přízemí - betonové kobky s transformátory, prostory rozvodny, prostory pod strojovnou (kondenzátory, vývěvy, oběhová čerpadla na chladící vodu), spodní část kotelny s drtiči škváry a spodní částí lanovky. Zatopeny byly také obytné objekty, dílna a sklady.

Z pohledu provozu byl největší problém s nekvalitním uhlím, na které elektrárna nebyla stavěna. Mokrý uhlí, spíše lignit dovážený z nedalekého Hrádku nad Nisou, bylo na hranici spalitelnosti. Proto se stále dovážela část uhlí z mostecké pánve s vyšší výhřevností a promíchávalo se s nekvalitním. Uhlí dovážené z Mostecké pánve ale obsahovalo kolem 20 % jemného prachu, který na posuvných roštech propadal k popelu a škváře. V důsledku obsahu nespáleného uhlí ve škváře docházelo opakovaně k výbuchům skládky škváry za uvolnění velkého množství sirného kouře. Elektrárna s tímto uhlím dosahovala pouze 50 % instalovaného výkonu a značně zamořovala široké okolí. Z pohledu efektivnosti se snažili provozovat hlavně soustrojí na 20 atm, ale generátor nebyl v dobrém stavu, měl značné svodové proudy na rotoru a byl dvakrát převíjen ve škodových závodech. Z důvodu jediného instalovaného nízkotlakého kotle na 14 atm byly provozovány redukční ventily z 22 atm.

Od konce padesátých let byla elektrárna velmi zanedbávána, nebyly prováděny žádné velké opravy, a proto se musela některá soustrojí přestat používat. Výjimkou byl rok 1963, kdy se do elektrárny namontovalo staré nízkotlaké soustrojí o výkonu 10 MW z jiné zrušené elektrárny u Brna a nahradilo původní nízkotlaké soustrojí První Brněnské, které již bylo mimo provoz. Provoz elektrárny byl ukončen roku 1966 z důvodu špatného technického stavu a neefektivnosti výroby elektrické energie z důvodu špatné účinnosti elektrárny, tak i nákladné dopravě uhlí po železnici. Po ukončení provozu bylo veškeré zařízení demontováno, komíny sníženy, okna zazděna a prostory elektrárny rozděleny do několika celků.

V příloze (**obr. č.11**) je celkový letecký pohled z roku 1954 na elektrárnu s lanovkou, chladicí nádrž a skládku škváry. Na snímku jsou patrné průřezky pro vedení do Raspenavy a Jablonce nad Nisou. Na další fotografii (**obr. č.12**) je zachycen stav v zimě před rokem 1958. Na **obrázku č.13** je z horního pohledu zachycen omezený víkendový provoz.

1.6 Neuskutečněné projekty

Ještě před rozhodováním, zda pokračovat v modernizaci elektrárny, byl předložen návrh na postavení teplárny v centru Liberce s použitím modernější technologie využívající protitlakové turbíny pracující do parní teploty sítě. Bohužel tento nadčasový projekt se nepodařilo prosadit a opět za to mohl ředitel uhelné elektrárny Weinberger, kterému to nezapadalo do korupčního plánu a rozhodl se pro předraženou modernizaci elektrárny zastaralou technologií. Liberec mohl mít teplárnu už v roce 1922, ale kvůli špatnému rozhodnutí se výstavba teplárny odsunula o 50 let.

Při první modernizaci (1922-1923) také projektovaly rozšíření chladicí nádrže na druhý břeh řeky a postavení další nádrže jeden kilometr proti proudu. Částečně se k myšlence vrátili v roce 1934. Projekt se týkal rozšíření chladicí nádrže s novým bočním vtokovým objektem, kde se měla nacházet dvě rotační válcová síta. Byly kompletně zpracovány výkresy s výpočty, ba i dokonce byly vodoprávně schváleny, ale k jejich uskutečnění nedošlo.

Další zajímavý projekt z roku 1926 s kompletní výkresovou dokumentací tvoří návrh výstavby lanové dráhy dlouhé 1905 m s celkovým převýšením 116 m na přepravu uhlí ze vzdálené stanice Karlov na trati Liberec – Česká Lípa, po které se přiváželo uhlí do Liberce z Mostecké hnědouhelné pánve. Návrh vznikl z důvodu překládky ze státní československé dráhy v Liberci na železniční vozy říšskoněmeckých drah, což zvyšovalo rapidně cenu. Ze strany elektrárny nebyla snaha se domluvit na výhodnějším tarifu a vozit uhlí z Varnsdorfu přes Německo do Žitavy a dále přes Hrádek nad Nisou. Varianta přes Německo byla nejen kratší, ale zároveň trať nepřekonávala tak velké výškové rozdíly, jak tomu bylo na druhé trati. Nakonec po důkladnějším prozkoumání došlo k dopravě uhlí přes Německo a tím byl celý návrh zavrhnut. Spíše se zase jednalo o snahu proinvestovat další státní prostředky. Jedinou výhodou měl být odvoz škváry jinak prázdnými vozíky lanovky zpátky ke Karlovu, kde před stanicí měla být studená uhašená škvára automaticky vysypávána do malého údolí.

V roce 1929 byly tendence k lepšímu využití odpadní škváry. Za uhelnou elektrárnou měla být vybudována cihelna. Z důvodu špatné kvality vody protékající řeky Nisy a nákladnému čištění se od projektu upustilo. Kvalita vody Nisy byla velmi špatná vzhledem k přítomnosti dvou velkých měst, které neměly čistící stanice, ale rozvinutý textilní průmysl.

Dle mapy projektované elektrizace přenosových vedení o napětí 100 kV z roku 1929, měla být elektrárna připojena k páteřním elektrárnám tehdejšího Československa. K připojení z důvodu celosvětové hospodářské krize nikdy nedošlo (**obr. č.14**).

Další snahu o napojení do soustavy vyššího napětí měli Němci v roce 1940, ale projekt ukončila probíhající světová válka.

Poslední úvahy se přímo týkaly elektrárny. Rozhodovalo se o tom, zda bude využívána jako teplárna pro město Liberec. Návrh se nakonec neprosadil. Bylo rozhodnuto o výstavbě centrální teplárny přímo ve městě na dostatečném prostoru s parní protitlakovou turbínou o výkonu 12 MW.

Po demontování veškerého strojního zařízení elektrárny bylo zvažováno zde zřídit centrální kovošrot. Z důvodu rušení vlečky bez možnosti obnovení a špatné dostupnosti pro těžkotonážní nákladní automobily bylo od projektu upuštěno.

2 Současný stav objektů bývalé společnosti EÜW

2.1 Budova uhelné elektrárny

Budova elektrárny si od ukončení provozu prošla mnohými stavebními úpravami a vystřídala několik majitelů. Pozůstatky zařízení, které se neodvezly na konci 60. let, byly vystaveny rabování od sběračů kovů. Do jednotlivých prostorů bylo zazděno více přístupů. Z oken zůstalo jen 20% nezazděných, a to z důvodu snížení tepelných ztrát při používání budovy jako skladiště. V některých případech došlo i k přepatrování místností. Dostavované dřevěné budovy po obvodu budovy časem zchátraly a rozpadly se. Spodní prostory se používaly často jako skladiště odpadu. Ve výsledku je využíváno 20 % prostorům, zbytek je buď nevyužíván nebo je bez možnosti využití.

V následujícím textu budu popisovat, co v budově zůstalo z původního vybavení. Nejdříve popíšu venkovní prostory po vnitřní, směrem od rozvodny po kotelnu.

Z vnějšího pohledu jde poznat, že se jednalo o elektrárnu, i když chladicí nádrž je už dávno zasypaná. Stále jsou vidět vývody z trafostanice s izolátory a zbytky zděných komínů (**obr. č. 15**). Uhelný bunkr zůstal v neporušeném stavu. Veškeré kovové zařízení jako hrdla výsypek, korečkový výtah, koleje se zábradlím pro zauhlovače a mechanické lopaty se nedochovaly. Střecha je po padesáti letech v polorozpadlém stavu (**obr. č. 16,17,18**). Jeřáb nad poslední násypkou byl také odstraněn. Z lanovky na odvoz škváry zůstaly jen betonové kotvící patky a venkovní ovládací rozvaděč. Většinu škváry si během padesáti let lidé z okolních vesnic odvezli. Vstup do budovy zajišťuje vchod nalézající se mezi transformovnou a strojovnou, za kterým je žulové schodiště s původním zábradlím a místností, kde byla kompresorovna. Ze zařízení se dochovaly jen přípojnicové izolátory a olejové kabelové hlavy. V druhém patře trafostanice byla rozvodna o napětí 20 kV. Jsou zde ještě betonové kobky a ovládací páky k vývodovým odpojovačům (**obr. č. 19**). V prvním patře byla rozvodna o napětí 35kV, ze které se nic nedochovalo. V přízemí je přípojnicový tunel, který propojoval vývodovou transformovnu s blokovou transformovnou přes transformátorové kobky. Z prvního patra je přístup do velínu, kde se nachází zbytek ovládacích pultů turbosoustrojí. Prosklenou stěnu je vidět prostor strojovny (**obr. č. 20**). Z velínu byl přístup do místnosti s ochranami a měřením výroby (**obr. č. 21**), sociálního zázemí pro zaměstnance, kanceláře ředitele a dále pak do rozvodny vlastní spotřeby, která stále slouží svému účelu. Jsou v ní dochovány odpínače a automatické vypínače AEG s proudovou spouští a zhášecími komorami (**obr. č. 22,23**). Ze strojovny se dochoval původní nýtovaný vnitřní mostový jeřáb o nosnosti 30 tun, napájený přes čtyři lanové vodiče se sběrači (**obr. č. 24**). Dochovaly se i ventilační střešníky s ovládáním a původní střecha se železnými krovky z příhradové oceli. Z klasicistní fasády a dlažby zůstaly

jen malé části (nejvíce patrné u prosklené příčky). Otvory po turbínách spolu se schodišti do prostoru kondenzátorů byly zabetonovány a dveře do kotelny zazděny. Do dalších prostorů se lze dostat druhým bočním vstupem, který se nachází pod velínem, kde byla bloková rozvodna od generátorů (**obr. č. 25**). Zde nalezneme prázdné betonové kobky s průchodkami. V dalších místnostech se dochovalo původní tlakové potrubí na 14 atm s vývodem na střešní pojistný ventil a konzervátor s buchholzovým relé od transformátoru pro vlastní spotřebu (**obr. č. 26**) a regulační klapka na chladicí vzduch pro generátory. Pod strojovnou zůstaly betonové kotvící bloky od kondenzátorů a oběžných chladicích čerpadel. V betonových kanálech pod úrovní podlahy jsou ještě zbytky rozvodného a sacího litinového potrubí na chladicí vodu. Z důvodu velké vlhkosti způsobené od betonových kanálů, které přiváděly a odváděly chladicí vodu, jsou prostory bez využití (**obr. č. 27**). Do prostoru kotelny je vstup ze zadní části. Přímo proti vstupu se nalézá podélný koridor pro vysypávání popela a škváry s bočními výsypkami a rychlostruskovači (**obr. č. 28**). Na několika místech jsou pozůstatky úzkorozchodných kolejí a točen (**obr. č. 29**), v zadní části jsou pak kotevní patky na turbonapaječky a podúrovňové kanály pro přívod vzduch ke kotlům. O patro výše se nalézá hlavní dvoulodní hala, ve které byly namontovány po obou stranách parní kotle (**obr. č. 30**). Na pohled je patrný rozdíl mezi původní cihlovou a novější železobetonovou stavbou. Nejvíce je to vidět ze zauhlovacího koridoru, kdy ve starší části použili příhradovou nosnou konstrukci a v nové části použili celobetonový skelet na nesení kotelních násypků (**obr. č. 31**). V zadní části kotelny se dochovala ocelová nádrž na napájecí vodu a místnosti se sociálním zázemím pro topiče. Na stěně také zůstal orientační nástěnný kilowattmetr o průměru jeden metr. K zauhlovacímu koridoru vede původní schodiště u vstupu do kotelny, kde jsou ještě další místnosti. Ve spodní části je rozvodna vlastní spotřeby pro dostavovanou část kotelny. O patro výše se nalézá betonová nádrž na napájecí vodu a ocelová nýtovaná tlaková nádoba s plovákovým spínačem k automatické regulaci turbonapaječek (**obr. č. 32**). Ve druhém patře je vstup na zauhlovací koridor (**obr. č. 33**). Zde se dochovaly jen dřevěné lávky se zábradlím. Na konci koridoru stála hlavní zauhlovací věž, do které ústil pásový dopravník z uhelného bunkru. Po skončení provozu byla zbourána. V posledním patře, které je výškově nad střechou kotelny, jsou pozůstatky strojního zařízení s násypkou ústící do nižšího patra. S původním ocelovým schodištěm se dochovaly i ocelové vzduchotěsné dveře.

2.2 MVE Andělská Hora

Na levém břehu Lužické Nisy byla postavena v roce 1908 průtočná malá vodní elektrárna (**obr. č. 34**). Ze stavidlového jezu je voda do MVE přiváděna podzemním tlakovým tunelem o průřezu 1,8 x 1,0 m a délky 133 metrů, který je zakončen vyrovnávací komorou

s výpustním a uzavíracím šoupátkovým ventilem. Tunel propojuje 2 km dlouhý meandr Lužické Nisy a díky tomu získává na takto krátkém přivaděči spád 11 metrů. Voda pokračuje k turbínám ocelovým tlakovým potrubím v délce 121 m a průměrem 1,5 metru. Odpadní voda odtéká z elektrárny krytým betonovým kanálem v délce 208 m zakončeným protipovodňovým stavidlem. Nejdříve byla strojovna osazena dvěma stejnými soustrojími o výkonu 2 x 100 kW s generátory na napětí 3 kV, později doplněna silnějším soustrojím o výkonu 160 kW a napětí 5 kV. Všechny synchronní generátory značky Siemens Schuckert Wien poháněly kotlové horizontální dvojité Francisovy turbíny vyrobené švýcarskou firmou ESCHER – WYSS. Vývody byly provedeny kabelem o napětích 5 a 3 kV. Na kabelech o napětí 3 kV byly připojené dvě vodárny vzdálené přibližně dva kilometry od elektrárny. Třetí generátor byl propojen s Libercem 5 kV kabelem. Dnes v elektrárně zůstalo původní nejvýkonnější soustrojí a přibyla nová Kaplanova turbína o výkonu 180 kW.

2.3 MVE Rudolfovo

Projekt na vybudování vodní elektrárny v energeticky nepoužitém strmém toku Černé Nisy vznikl v roce 1910, pět let poté, co se dostavěla údolní přehrada Bedřichov (**obr. č. 35**). Z důvodu špatného technologického řešení a začátku první světové války se od projektu upustilo. Změna situace nastala po zrodu Československa a vzniku zákona 438/1919 Sb o státní podpoře pro rychlou elektrizaci státu. V roce 1923-1924 byl původní projekt přepracován, kdy bylo potřeba v kabelové lince ze Stráže do Janova kompenzační špičkové vodní elektrárny. Pozoruhodné je, že úsek Černé Nisy z Rudolfova do Stráže nad Nisou byl na rozmezí 19. a 20. století z energetického hlediska nejlépe zužitkovaným řečištěm v oblasti celého Rakouska-Uherska, a následně Československa. Investorem stavby byla všeužitková Přespolní elektrárna a.s. Liberec. Architektem budovy elektrárny Rudolfovo byl Ing. arch. Artur Payr, profesor německé vysoké školy v Praze. Vodní dílo zahrnuje špičkovou vodní elektrárnu o výkonu 860 kW umístěnou na břehu vyrovnávací nádrže se třemi služebními byty, rozvodnou a vyrovnávací průtočnou elektrárnu o výkonu 50 kW umístěnou pod hrází vyrovnávací nádrže (**obr. č. 36,37,38,39,40**). Stavebně nejnáročnější je vodní přivaděč, který zajišťuje zásobování vodou z údolní nádrže Bedřichov. Stavební práce započaly v roce 1925. Od vzdouvacího objektu s česlemi a stavidly voda pokračuje betonovým krytým rovnotlakým přivaděčem tvaru „U“ délky 3251 m s celkovým spádem 2.1 m. V průběhu celého betonového přivaděče je navíc vybudováno 12 sběrných vtokových objektů, které využívají plochu povodí nad přivaděčem. Byly vybudovány pro pokrytí ztrát turbíny při kompenzačním provozu, protože za vodu z přehrady se platilo Vodnímu družstvu pro regulaci toků a výstavbu údolních přehrad. Přivaděč je zakončen ve vodním zámku, kde se nalézá vyrovnávací nádrž o objemu 500 m³, soustava

stavidel, přeпадů a druhé česle. Ve spodní části vyrovnávací nádrže je umístěn vtok do tlakového přivaděče s automatickou klapkou a zavzdušňovacím potrubím. Přetlakový přivaděč je zhotoven z ocelového potrubí o průměru 700/675/650 mm s vnitřním a vnějším asfaltovým nátěrem, uložený v zemi s kotvícími patkami a kontrolními šachtami. Na výrobu a montáž vysokotlakového nýtovaného potrubí byla na základě výběrového řízení vybrána firma Breitfeld Daněk z Blanska. Dělníci se potýkali s obtížným skalnatým terénem, pracovalo se bez použití těžké mechanizace a během prací došlo i ke smrtelnému úrazu. Délka tlakového potrubí činí 1140 m a celkové převýšení je 173 m. Tlaková zkouška potrubí proběhla dne 22.12.1926. Je dimenzované na tlak 25 atm a to z důvodu tlakových rázů při vypínání pod plným zatížením. Cena potrubí představovala 10% celkových nákladů na výstavbu. Tlakové potrubí je v elektrárně zakončeno šoupátkovým uzávěrem o průměru 60 cm s obtokovým ventilem. Dále je pak voda soustavou šoupátek přivedena k regulačním jehlám Peltonovy turbíny. Realizována je jako dvojitá s párem paprsků na každé kolo o celkové hltnosti 660 l/s. Na hřídeli s Peltonovou turbínou je zaklínován téměř osmitunový setrvačnick s průměrem 2,4 m. Regulaci na 500 obrátek za minutu zajišťuje mechanicko-hydraulický proporcionálně derivační regulátor s dálkovou změnou výkonu a je propojený s hladinovou regulací, která funguje na principu měření rozdílu tlaku probubláváním ve vodním zámku. Synchronní generátor je spojen s turbínou suchou lamelovou koženou spojkou. Ložiska jsou kluzná s mazacími kroužky, turbínová ložiska mají navíc vodní chlazení. Synchronní generátor o zdánlivém výkonu 1200 kVA a napětí 5,5 kV se zakrytovaným tělem pro nižší hlučnost a lepší chlazení je buzen rotačním budičem sestávající ze dvou stejnosměrných dynam. První kompaundní dynamo je převodováno na trojnásobné otáčky a slouží k napájení druhého cizebuzeného dynamu, které je přes odbuzovač připojeno na kroužky generátoru. Budící obvod byl navržen na minimální budící ztráty při kompenzačním provozu elektrárny. Budova elektrárny byla zřízena na vytápění teplým vzduchem od generátoru včetně bytů zaměstnanců.

Pro dodávku technologie elektrárny bylo vysoutěženo sdružení firem J.M.Voith St. Pölten a Siemens Schuckert Wien. Původní zadávací rozpočet na kompletní stavbu předpokládal 7,5 mil. Kč. V průběhu stavby se objevovaly další vícenáklady a konečná suma představovala 24.8 mil. Kč (včetně korupční aféry a následné interpelace v poslanecké sněmovně ČSR). První přifázování na síť proběhlo dne 2.1.1927. Před dostavbou vyrovnávací nádrže musela být elektrárna provozována jako pološpičková, s provozní dobou od 6 do 22 hodin. V polovině roku 1928 přešla na špičkový provoz dle potřeb rozvodné sítě Přespolní elektrárny Andělská Hora (**obr. č. 45,46**). Výška hráze vyrovnávací nádrže nad základovou spárou je 14,6 m, délka je 63 m a šířka koruny je 2,6 m, celkový objem 25 000 m³. Objem plně

dostačuje na vykrytí špičkového provozu a přijatelné změny účinnosti Francisovy turbíny. Zajímavostí je automatický pohyblivý jezový segment, který je přes soustavu kladek uchycen k betonovému protizávaží, které se převažuje v případě většího přítoku do nádrže. K hrázi je přistavěna budova strojovny s dvojitou spirální vodní turbínou typu Francis, savkami od sebe o celkové hltnosti 760 l/s. Asynchronní generátor o výkonu 50 kW a 1500 otáček je poháněn prostřednictvím řemenového převodu. Před elektrárnou byla postavena šterková nádrž na zachycování písků a dřeva při povodních. Kompletní vodní dílo bylo komisionárně zkolaudováno ve dnech 18. a 19. června 1929. Obsluhu tvořilo celkem 6 zaměstnanců. Pro údržbu přívodního kanálu, vodního zámku a výpustí na Bedřichovské přehradě byli určeni 3 pracovníci, ostatní pak obsluhovali obě soustrojí a rozvodnou síť v oblasti Rudolfova. Elektrárna byla vybavena celkovým registračním měřením přítoku, odtoku vyrovnávací nádrže a měřením teploty vzduchu z výstupu generátoru.

Dnes je většina objektů a jejich částí udržována v původním stavu, který byl v době dokončení stavby v roce 1928. Podstatné změny nastaly u technologických částí rozvodny VN a NN v interiéru budovy z důvodu změny napětí sítě na 10 kV v sedmdesátých letech. Úpravou prošla elektroinstalace a části poruchových ochran obou soustrojí. Ve strojovně pod hrázi byl nahrazen spálený asynchronní generátor jiným, byl zde odstraněn původní hydromechanický regulátor a nahrazen hydraulickým servem a mechanickou brzdou. V roce 2013 došlo k průrazu vinutí na statoru 5 kV generátoru, který měl původní bavlněné impregnované vinutí z roku 1926. Oprava byla provedena výměnou magnetického obvodu statoru s novým vinutím a zasazena do původní konstrukce. Budova elektrárny byla i se soustrojím prohlášena národní technickou památkou v roce 2014.

2.4 Trafostanice Stráž nad Nisou a Mníšek

Rozvodna byla postavena v roce 1913-1914. Sloužila jako spínací a zároveň distribuční trafostanice. Přívod byl proveden dvojitým kabelovým vedením o napětí 20 kV z uhelné elektrárny Andělská Hora. Vývody pak tvořily dvě kabelová vedení o napětí 20 kV směřující do rozvodny v Mníšku a do rozvodny v Liberci, odkud pokračovalo do největší Liebiegovy textilní fabriky. Další vývody tvořily tři kabely o napětí 5 kV, kde jeden procházel Kateřinským údolím se značným průmyslem, až do Janova nad Jabloncem nad Nisou. Byl na hranici přenosových možností, jednak z důvodu velké délky 14 km a také z výkonového hlediska, kde spotřeba byla 13,1% v roce 1927 z celkového území, kam společnost dodávala elektrickou energii. Tento problém částečně vyřešila kompenzační vodní elektrárna Rudolfova nacházející se v polovině délky kabelového vedení. Dnes trafostanice slouží jako sklad (obr. č. 41).

Rozvodna Mníšek byla postavena ve dvacátých letech s přívodním kabelem 20 kV z rozvodny Stráž nad Nisou. Vývody měla do čtyř kabelů o napětí 5 kV. Dnes je budova využívána jako depozitář liberecké knihovny (**obr. č. 42**).

2.5 Distribuční trafostanice Liberec

Jedná se o distribuční transformovnu na okraji města Liberce, vstup byl proveden vysokonapěťovým kabelem o napětí 5 kV a výstup venkovním vedením nízkého napětí vyveden na všechny strany. Je to architektonické ukázkové dílo distribučních rozvodů. Dnes je bývalá trafostanice v majetku Společnosti přátel tradic Liberecka, kteří ji udržují v původním vnějším stavu (**obr. č. 43**).

2.6 Vedení

Z linky 20 kV můžeme vidět v Mníšku původní výstužné betonové osmistěnné duté sloupy s betonovými konzolami odlitými v celku z roku 1923, které jsou stále používané, dnes již na 22 kV (**obr. č. 44**). Z bývalé přenosové linky 35 kV se stále používají výstužné ocelové nýtované sloupy.

3 Výpočet procentuálního využití výkonu elektrárny, výkonové zálohy, procentuální využití obnovitelných zdrojů.

Z dobových zátěžových diagramů názorně vysvětlím regulační problémy v soustavě, do které elektrárna dodávala elektrickou energii. Dále jsem spočítal celkovou účinnost se započtenou vlastní spotřebou uhelné elektrárny od roku 1919 do 1937, zpracoval jsem ji do tabulky spolu s roční výrobou elektrické energie, množstvím a kvalitou spáleného uhlí.

Ze zátěžových diagramů liberecké, jablonecké a tanvaldské oblasti (**obr. č. 45,46**) je názorně vidět, jaké problémy soustava pro elektrárny tvořila. U diagramů je plnou čarou značen výkon v roce 1924 krytý ze 70% společností EUW a čárkovanou roku 1926, kdyby nedošlo k využití vybraných nově postavených vodních elektráren ve špičkovém zatížení jako například MVE Spálov. (pozn. Maximální výkon v roce 1924: Andělská hora 22 400 kW, Jablonec 3480 kW, Tanvald 2000 kW) Pro lepší přehlednost přikládám do přílohy **obrázek č. 47**, mapu spojených energetických oblastí. Na **obrázku č. 45** levý diagram je z pracovního dne 3.4., kde minimum dosahuje hodnoty 1,8 MW a maximum 9 MW. Diagram má celkem tři špičky. První dvě jsou způsobené začátkem směn a polední pauzou, ve které zatížení klesne na 5 MW. Třetí je pak způsobená zapnutím městského osvětlení a světel v domácnostech. V pravé části je pak názorný příklad, jak vypadá průběh zatížení v neděli. Jedinou výkonovou špičku tvoří zapínání osvětlení. Z důvodu malého zatížení mimo pracovní dny se energie ze soukromých vodních zdrojů vykupovala a byla použita na celkové krytí nočních (od 22-6 h), svátečních a nedělních zatížení (celý den mimo dobu od 16-22 h), protože by byl provoz málo zatížených uhelných elektráren nerentabilní. Na základní výrobě elektrické energie se podílely přednostně vlastní vodní elektrárny. Z grafu je patrné, že celkové vodní rezervy byly 2.1 MW. Na **obrázku č. 46** je horší situace, a to z důvodu mnohem vyššího dosahovaného maximálního výkonu. Hodnoty se dostaly výše jednak z důvodu nových připojení, ale hlavně z důvodu menšího energetického potenciálu vody v prosinci, také dřívějšího stmívání a tím splynutí dvou špiček v jednu. Minimum bylo opět nízké 2,6 MW, maximum dosahovalo hodnoty 17 MW a polední minimum 5,5 MW. Rezerva ve vodě je nižší a dosahuje jen hodnoty 1,8 MW. V nedělním grafu přibyla ranní špička způsobená opět osvětlením. Jak jsem už jednou zmínil, propojením s uhelnou elektrárnou Poříčí se například vyřešilo víkendové malé zatížení provozem jen jedné uhelné elektrárny.

Z diagramu celkové výroby (**obr. č. 48**) v území Liberce, Jablonce a Tanvaldu pro rok 1924 je názorně vidět, jak to bylo s využíváním vodních zdrojů, které nebyly v majetku

distribučních společností. Je zřejmé, že většina vodních elektráren byla průtočná, protože největší výkonová nevyužitá rezerva byla v období jarního tání a nadbytečnou elektrickou energii nebylo v noci a v neděli, kam dodávat. Zlepšení nastalo po propojení energetických soustav a využití vodní energie stoupl ze 71% na 89%. Posledním ukazatelem je průběh maximálního zatížení, který dosahuje nejvyšších hodnot v zimním období.

Výkonová rezerva se pohybovala do roku 1937 v rozmezí 30% až 40%, jež byla většinou snižována kotlovou rezervou a zhoršenou účinností turbíny na 12 atm o výkonu 10,5 MW. V případě rozsáhlejší revize turbosoustrojí a kotlů mohlo dojít k omezování spotřeby z důvodu nedostačujícího výkonu zbylých turbín a překročení maximální přenosové schopnosti přenosového vedení.

3.1 Výpočty k zátěžovému diagramu

Výpočty k zátěžovému diagramu v zimním období (**obr. č. 46**) z roku 1924.

$$A_{CEL} = \int_0^T P(t) dt = 223950 \text{ kWh}$$

$$P_{STŘ} = \frac{A}{T} = \frac{223950}{24} = 9331,25 \text{ kW}$$

$$Z = \frac{P_{STŘ}}{P_{MAX}} = \frac{9331,25}{17000} = 0,5489$$

$$\tau = \frac{\int_0^T P(t) dt}{P_{MAX}} = \frac{223950}{17000} = 13,178 \text{ h}$$

Kde:

- A_{CEL} je vyrobená elektrická práce za jeden den
- $P_{STŘ}$ je střední dodávaný výkon
- Z je zatěživatel definující využití elektrárny
- τ je doba využití maxima

3.2 Výpočet procentuálního využití vodních elektráren

Výpočet procentuálního využití vodních elektráren v roce 1924 před propojením s uhelnou elektrárnou Poříčí z diagramu výroby v příloze **obrázek č. 48**.

$$\eta_{VYU} = \frac{A_{VYR}}{A_{MAX}} \cdot 100 = \frac{5,12}{7,21} \cdot 100 = 71\%$$

Kde:

- η_{VYU} je procentuální využití vodní energie
- A_{VYR} vyrobená elektrická práce ve vodních elektrárnách v GWh
- A_{MAX} maximální možná výroba elektrické práce ve vodních elektrárnách v GWh

3.3 Výpočet výkonové zálohy uhelné elektrárny

Výpočet výkonové zálohy uhelné elektrárny na regulaci sítě Andělská Hora v roce 1920 z **tabulky č.1**.

$$k_{ZAL} = 100 - \frac{P_{MAX}}{P_{INST}} \cdot 100 = 100 - \frac{6100}{8750} \cdot 100 = 30,29\%$$

Kde:

- k_{ZAL} je procentuální záloha výkonu elektrárny
- P_{MAX} maximální roční zatížení

- P_{INST} instalovaný výkon elektrárny

3.4 Účinnost Clausius – Rankin cyklu

Účinnost Clausius – Rankin cyklu pro parametry páry $i_a=3155$ kJ/kg , $i_k=2110$ kJ/kg, $t_a=350^\circ\text{C}$, $t_k=22^\circ\text{C}$, $p=1,216$ MPa se započtenou účinností turbíny $\eta=0,7$

$$\eta = \frac{i_a - i_k}{i_a - i_{KD}} = \frac{3155 - 2423,5}{3155 - 92,1096} = 0,239$$

$$i_{KD} = t_{KD} \cdot C_p = 22 \cdot 4,1868 \text{ kJ/kg}$$

Kde:

- i_a je entalpie vstupní páry
- i_k je entalpie výstupní páry
- i_{KD} je entalpie zkondenzované páry
- C_p je tepelná kapacita vody

3.5 Výpočet celkové účinnosti

Výpočet celkové účinnosti, spotřeby uhlí na kWh a množství chladicí vody z hodnot výroční zprávy z roku 1920 viz. příloha **tabulka č.1**.

$$\eta = \frac{A_{kWh}}{A_{CEL}} = \frac{3600}{39776,5} = 0,0905$$

$$M_{PAL} = \frac{A_{kWh}}{Q_{PAL} \cdot \eta} = \frac{3600}{16,033 \cdot 0,0905} = 2,481 \text{ kg/kWh}$$

$$M_{CHV} = \frac{M_{PAL} \cdot Q_{PAL} \cdot (1 - \eta)}{C_p \cdot (t_2 - t_1)} = \frac{2,48 \cdot 16030 \cdot (1 - 0,0905)}{4,1868 \cdot (22 - 12)} = 863,58 \text{ kg/kWh}$$

Kde:

- A_{kWh} je práce jedné kWh
- A_{CEL} je práce potřebná na výrobu jedné kWh
- M_{PAL} hmotnost paliva na jednu kWh
- Q_{PAL} výhřevnost paliva
- M_{CHV} je hmotnost chladicí vody na jednu kWh
- C_p je tepelná kapacita vody
- t_2 je teplota výstupní chladicí vody
- t_1 je teplota vstupní chladicí vody
- η je celková účinnost včetně vlastní spotřeby

4 Porovnání s moderní parní elektrárnou

Pro porovnání s moderní parní elektrárnou je brán převážně stav od roku 1914 do 1937, čerstvě po dostavení elektrárny, od které jsem měl nejvíce technických parametrů.

V následujícím textu v jednotlivých podkapitolách je srovnávána jedna technická oblast nebo část parní elektrárny.

4.1 Kotelna

Kotle namontované v roce 1914 byly nízkotlaké sekcionální o maximálním tlaku přehřáté páry 1,419 MPa a teplotě 350 °C. Sestávaly z jednoho výparníku, přehříváku a spalínového ekonomizéru. V nejvyšším místě se nacházel nýtovaný parojem s přetlakovými ventily. Pro spalovací komoru byl vybrán posuvný rošt soustavy Pluto-Stoker, kterému zajišťoval přísun vzduchu a odvod spalín tlačný a sací ventilátor. Po významnější rekonstrukci ve třicátých letech došlo k navýšení parametrů páry na 2,229 MPa o teplotě 375 °C. Pára byla převážně vyráběna v strmotrubnatých kotlích o vyšší účinnosti. V současné době, kdy vývoj kotlů a turbín překonal technické problémy s extrémními tlaky a teplotami, se provozují kotle s nadkritickými parametry o hodnotách 22,1 MPa a 600 °C s atmosférickou práškovou spalovací komorou nebo tlakovou fluidní vrstvou. Rozdíl v uspořádání parního oběhu kotle na nadkritické parametry je, že nemají parní buben a jsou průtočné. Moderní kotle využívají energii spalín efektivněji k dalším ohřevům: soustavu přihříváků páry mezi vysokotlakým a středotlakým stupněm a předehřívání čerstvého vzduchu. Mezi kotlem a napáječkou je řazené vícestupňové regenerativní ohřívání napájecí vody. Stavebně jsou prostory kotelny řešeny tak, aby délka parního potrubí byla co nejkratší. V porovnání odvodu spalín od kotlů měla stará elektrárna z důvodu jednoduché regulace čerstvého vzduchu ventilátory a každá spalovací komora svůj komín. Dnes samozřejmě mají také ventilátory, ale spaliny se odvádí do chladících věží, kdy po vyčistění neobsahují téměř žádnou síru, která by mohla zkondenzovat na kyselinu sírovou. Často jsou spaliny sváděny z více kotlů do jedné chladící věže.

4.2 Strojovna

Strojovna se z prostorového rozložení skoro nezměnila. Jedná se o umístění turbíny v patře, pod kterou se nalézá v přízemí kondenzátor a v polovině haly je zvukotěsně oddělený velín. Zásadní změna je v turbínách, které ve staré elektrárně byly pouze jednostupňové bez odběrových odboček. Výkon moderních turbín vzrostl o stonásobek a chlazení turbogenerátorů se ze vzduchového změnilo na vodíkové či vodní a to jak statoru, tak i rotoru. Napětí turbogenerátorů bylo 5,5 kV. Dnes obvykle bývá 15,75(24) kV. Buzení ve staré elektrárně zajišťovaly rotační budiče na hřídeli soustrojí. Dnes se z důvodu velkých výkonů

používají budiče tvořené synchronními generátory s řízeným usměrňovačem nebo bezkroužkové soustrojí s nesenými ventily (usměrňovač je umístěn na rotoru). U moderních turbosoustrojí jsou ložiska valivá oproti tlakovým klzným z důvodu snížení mechanických ztrát.

4.3 Rozvodna

Ve staré elektrárně byla jak bloková rozvodna, tak i vývodová distribuční rozvodna, která tvořila uzel soustavy. U dnešních uhelných elektráren, které se převážně staví v blízkosti hnědouhelných dolů, tak bloková a vývodová rozvodna jen vyvádí výkon do pátevní rozvodny postavené na nejvýhodnějším místě přenosové soustavy, kam může být vyveden výkon i z více elektráren. Systém přípojníc byl dvojitý s podélným dělením, a to jak v blokové, tak i vývodové rozvodně. V případě revizí došlo k odpojení vývodu. Dnes se v blokové a vývodové rozvodně používá systém jednoduchých přípojníc, kdy spolehlivost vysokonapěťových přístrojů umožňuje delší intervaly revizí. Revize na elektrických zařízeních se provádí současně s revizí strojního zařízení při plánované odstávce. Další zásadní změnou je, že každý blok (turbogenerátor) má vlastní blokový transformátor. Přípojnice od generátoru do blokového transformátoru se dělají co nejkratší z důvodu velkých proudů. Přípojnice jsou umístěny v izolačním potrubí, kterým je nuceně hnán vzduch na odvádění značných tepelných ztrát.

4.4 Řízení

Z pohledu řízení elektrárny pracovala stará elektrárna do malé soustavy, kde tvořila svým výkonem dominantní zdroj, takže regulace frekvence (výkonu) a napětí se prováděla v elektrárně. Samozřejmostí bylo telefonické domlouvání odebíraného výkonu z ostatních elektráren (Jablonec, Tanvald) a spolupráce s trutnovskou elektrárnou Poříčí. Předpokládané zatížení elektrárny bylo málo proměnné, větší podniky měly za povinnost ohlašovat odstávky a pouliční osvětlení se spínalo také na podnět elektrárny. Dnešní řízení výroby spočívá v centrálním dispečinku, který řídí výrobu ve velkých systémových elektrárnách, zajišťuje přenos elektrické energie přes naše území, výměnu s našimi sousedy a zvyšuje efektivitu výroby a přenosu, vhodně řídí akumulaci elektrické energie ve vodních přečerpávacích elektrárnách. Zajišťuje stabilitu soustavy, aby nedošlo k rozpadu na více dílčích soustav. V případě nedostatku výkonu odpojuje spotřebitele tak, aby se škody nedodávkou elektrické energie minimalizovaly.

4.5 Zpracování popela

Ze spalování na posuvných roštích převážně tvořila odpad škvára, která se dala využít k výrobě cihel a jako stavební materiál s dobrými izolačními vlastnostmi. V případě staré elektrárny se škvára a popel ukládal na skládku, protože cena dopravy přesahovala užitek. V dnešní době, ať u práškového nebo fluidního spalování, se popel granuluje ve vodě a následně rozemílá. Spolu s popílkem z elektrostatických odlučovačů se nejčastěji odváží do prostorů vytěženého uhlí, protože další zpracování by bylo dražší.

4.6 Spaliny

Je zřejmé, že před sto lety se spaliny málokdy čistily od popílku natož od síry. Stará elektrárna žádné čištění spalin neměla, ale je nutno vzít v potaz, že daný výkon nepředstavoval lokálně zase takový problém a také spalováním kvalitního hnědého uhlí o výhřevnosti 20,73 MJ/kg se na posuvných roštích vytvářelo daleko méně popela než při práškovém spalování. Dnes se jemného popílku zbavujeme nejčastěji elektrostatickými odlučovači, které mají účinnost 99 %. Na odstranění síry ze spalin existuje několik variant. Nejčastěji se používá mokrá vápencová vypírka, kdy se spaliny proplachují vodou s rozdrčeným vápencem a za přítomnosti vzduchu vápenec reaguje se sírou na sádrovec (energósádrovec), který se dá použít k výrobě sádry, ale ve většině případů se s ním opět zaváží prostory po vytěženém uhlí. U fluidního spalování je možnost přidávat drčený vápenec do uhlí. K reakci dojde rovnou ve spalovací komoře, ale sádrovec se smíchá s popelem a nelze ho následně zpracovávat.

4.7 Záložní zdroj

Záložní zdroj elektrické energie je pro uhelnou elektrárnu z důvodu velké vlastní spotřeby velmi důležitý. Bez záložního zdroje by nebylo možné uhelnou elektrárnu se studeného stavu dostat do provozu v případě nedostačujícího výkonu v síti nebo při výpadku sítě. Ve staré elektrárně tvořila hlavní záložní zdroj malá vodní elektrárna vzdálená 180 m od budovy elektrárny. Instalovaný výkon ve vodní elektrárně bez problému utáhnul celou vlastní spotřebu elektrárny potřebnou pro uvedení do provozu. Při dnešních instalovaných výkonech uhelných elektráren není možné, aby zálohu tvořily zdroje vnořené výroby, ale jiné systémové vodní elektrárny s dostatečným výkonem. U moderních elektráren je vlastní spotřeba vyšší, a to z důvodu čištění spalin, náročnější úpravy uhlí a z důvodu vzdálenějšího, nebo menšího chladicího zdroje. U nás nedokáže najet do provozu ze tmy žádná systémová uhelná elektrárna.

4.8 Chlazení

Z pohledu chlazení byla stará uhelná elektrárna umístěna vedle řeky a měla postavenou vodní nádrž, která sloužila hlavně k čištění chladicí vody. Rozdíl mezi vstupní a výstupní

hladinou na chladicích čerpadlech byl přibližně 1 metr a tím mohl být výkon čerpadel menší, pokrývající jen zbylé ztráty v potrubí. Dnešní systémové elektrárny se staví v blízkosti ložisek uhlí z důvodu nízké ceny dopravy. Chladicí vodu pak odebírají ze vzdálenějších řek. Pokud chladicí voda nedostačuje svým průtokem na přímé chlazení, staví se elektrárny s chladicím okruhem zakončeným v chladicích věžích.

4.9 Vlastní spotřeba a účinnost

Základní ukazatelem uhelné elektrárny je procentuální hodnota vlastní spotřeby. Počítá se do ní veškeré strojní zařízení, které je poháněné elektrickou energií. Největší spotřebu v elektrárně tvoří turbonapajčka. Ve staré elektrárně se hodnota pohybovala kolem 4 % instalovaného výkonu, a to z důvodu přímého chlazení turbočerpadlem, dopravy uhlí po železnici, absenci čistícího zařízení na spaliny, použití turbonapajčky a z důvodu spalování kusového uhlí. U moderních uhelných elektráren se pohybuje vlastní spotřeba kolem 9-11 %, pokud je použita turbonapajčka tak 4-6 %.

Celková účinnost staré elektrárny byla včetně vlastní spotřeby 9 % (po modernizaci 16%). U moderních uhelných elektráren se pohybujeme okolo 33 %.

4.10 Doprava uhlí

Doprava uhlí je vždy nejdůležitějším parametrem, protože náklady na přepravu z velké vzdálenosti velmi snižují ekonomiku elektrárny. Ve staré elektrárně bylo kvalitní uhlí dováženo 170 km vlakem z Mostecké uhelné pánve a nekvalitní uhlí z 15 km vzdáleného Hrádku. Dnešní velké systémové elektrárny jsou postaveny velmi blízko uhelným pánvím, ale jenom tušimická elektrárna má dopravu uhlí pásovým dopravníkem rovnou z dolu, ostatním se uhlí dopravuje opět po železnici. Samozřejmě technologie vykládky uhlí pokročila, pokud se používají výsypné železniční vozy, je vykládka jednoduchá. Pro klasické nákladní vozy je ve vykládce zařízení na jejich otáčení. Dalším technickým doplňkem je zařízení pro rozmrazování uhlí.

4.11 Úprava napájecí vody

Před sto lety se napájecí voda do kotlů demineralizovala klasickou destilací vody v instalovaném destilačním zařízení. Případně se ještě před destilací upravila chemicky tvrdost vody. Energeticky to byl nákladný způsob výroby demineralizované vody, ale protože se jednalo o kondenzační elektrárnu, ztráta kondenzátu byla minimální a tím se do celkové účinnosti elektrárny promítla jen minimálně. U dnešních parních elektráren se pro přípravu demineralizované vody používá deionizace, funguje na principu změny iontů látky. Nejčastěji se používají dva způsoby. Anex mění anionty nebo katex mění kationty. Deionizace je energeticky méně náročná, ale vyžaduje složitou technologii. Následně se deionizovaná voda

odplynuje v termických odplynovačích. Oproti staré elektrárně je kvalita kondenzátu a nové napájecí vody sledována průběžně a její složení udržováno v přesných mezích, které udávají normy.

5 Porovnání dobové sítě se současným stavem

Porovnání je rozděleno na čtyři podkapitoly. První až třetí se zabývá problematikou prvorepublikové distribuční soustavy a čtvrtá se zabývá dnešním stavem.

5.1 Vznik distribuční sítě v liberecké oblasti

Distribuční soustava se začala rozvíjet v libereckém oblasti od začátku 20. století a to v ostrovních provozech. Každé město, obec nebo větší průmyslové podniky investovaly do své elektrizace o technických parametrech zvolených jen pro danou lokalitu. Výsledek byl takový, že oblast byla rozdělena na šest energetických závodů. Každé město nebo průmyslový podnik investoval do parní elektrárny s parními stroji. Největší energetická oblast byla samozřejmě EUW Liberec, která jako první postavila velkou uhelnou elektrárnu napojenou do ostatních soustav a dodávající výkon do zbylých energetických závodů, kde instalovaný výkon malých parních elektráren nedostačoval. Jelikož ještě nebyla zavedená normalizace napětí a spolupráce mezi energetickými závody, každá oblast kupovala zařízení od jiného výrobce, a díky tomu měl každý závod jinou hodnotu napětí sítě. Výhodou bylo, že se prosadila hned od začátku elektrizace třífázovou střídavou soustavou z důvodu většího zastoupení německého obyvatelstva. Po propojení soustav samozřejmě docházelo ke zvýšeným ztrátám z důvodu transformace mezi distribučními soustavami.

5.2 Distribuční síť v období první republiky

Po vzniku samostatného československého státu a zpracování plánu na elektrizaci Československa, byla energetická oblast rozdělena podle větších měst na tři území: Liberec, Jablonec a Frýdlant. Okresní rozdělení bylo jen formální, protože jednotlivé soukromé energetické společnosti přesahovaly hranice energetických okresů. Pro příklad uvedu, jaké soustavy napětí používaly jednotlivé energetické závody v roce 1929. Nejmenší závod byl Hrádek nad Nisou s převážně venkovním vedením o napětí 10 kV. Byl propojen pouze jedním vedením přes transformační stanici o napětí 20 kV. Nejjednodušší síť měla Chrastava, jak z pohledu zvolené úrovně napětí, tak i z počtu rozdílných linek. Měla pouze linky venkovního vedení o napětí 20 kV, kterým propojovala čtyři energetické závody a provozovala propojovací vedení na německém území s uhelnou elektrárnou Hirschfelde. Frýdlant měl největší zastoupení v 3 kV síti se stejným poměrem kabelového a venkovního vedení, dále měl jednu linku venkovního vedení o napětí 5 kV a dvě linky venkovního vedení o napětí 20 kV propojující dvě energetické oblasti a napájení vzdálenější oblasti. Jablonec měl jednotnou síť o napětí 5 kV ze 70 % provedenou kabelovým vedením bez hraničního propojení s jinou soustavou. Rozvod byl napájen z městské uhelné elektrárny v Jablonci, která byla připojena

k přenosovému vedení 35 kV. Tanvaldská společnost měla také jednotnou síť jako Jablonec, ale měla jen venkovní vedení o napětí 10 kV napájené opět z městské uhelné elektrárny Tanvald, která byla propojena s přenosovou soustavou 35 kV. Nejsložitější a nejrozsáhlejší distribuční soustavu měl Liberec. Rozvod byl formálně rozdělen na distribuci v Liberci, na kterou se nevztahovalo právo všeužitečnosti a na okolní distribuci spolu s uhelnou elektrárnou, jež byla všeužitečná. Energetický závod měl nejrozsáhlejší rozvod o napětí 5 kV, kde 90 % bylo provedeno kabelovým vedením z důvodu jak městské zástavby, tak i přenosové kapacity. Méně zastoupený rozvod o napětí 3 kV byl proveden převážně kabelem u MVE Andělská Hora a v okolí Raspenavy. Páteř soustavy tvořilo vedení o napětí 20 kV zastoupené ve stejném poměru venkovního i kabelového provedení, jež zajišťovalo hlavní přenos elektrické energie do Liberce, Stráže nad Nisou, Mníškou a Raspenavy. Dvojité přenosové vedení 35 kV bylo provozováno a opravováno finančními prostředky společností, které byly k němu připojeny tj. Liberec, Jablonec a Tanvald. Pokračující vedení do Spálova bylo provozováno energetickým obvodem Semily.

V příloze (**obr č. 49,50**) je část mapy elektrizační soustavy z roku 1929 s vyznačenými oblastmi energetických závodů, které jsou v několika místech složitě rozděleny. Na obrázku č. 51 je část mapy s dobře viditelnou uhelnou elektrárnou Andělská Hora (Engelsberg), vodní elektrárnou Rudolfovo (Rudolfsthal) a rozvodnou Stráž nad Nisou (Habendorf).

5.3 Provoz energetických sítí za První republiku

Z pohledu provozu se dříve sítě provozovaly nejčastěji s napájením z jedné strany. Bylo to jednak z důvodu nízkých pořizovacích nákladů paprskových rozvodů, které jiný způsob zapojení neumožňují. V případě možnosti vytvoření mřížového rozvodu napájeného z více vedení se propojení nedělalo jednak z důvodu zkratových poměrů, tak hlavně z důvodu nedostačujících ochran, které by toto zapojení umožňovaly spolehlivě provozovat.

Z příložené mapy v příloze na **obrázku č.49,50** je vidět, že 90 % sítí tvoří paprskový rozvod s nejmenší spolehlivostí dodávky elektrické energie a velkým úbytkem napětí. Zbýlých 10% tvořily sítě umožňující rozvod napájený ze dvou stran, který byl v normálním provozu rozpojen. Zajímavostí je, že kabely na 5 kV byly velmi spolehlivé, např. tří-žilový pancéřový 5 kV kabel od generátoru do rozvodny s kabelovými hlavami v MVE Rudolfovo sloužil do výměny 84 let. Jak jsem již zmiňoval, z uhelné elektrárny vedlo dvojité kabelové vedení s dostatečným výkonem, kde i při poruše jednoho kabelu nedošlo k přerušení dodávky. Zásadně byly kabely provozovány samostatně a byla na nich rozdělena spotřeba. Například Liebiegova textilka nebyla na stejné lince jako zbytek města. V případě poruchy dvojitého kabelového vedení 20 kV z uhelné elektrárny bylo možné využít část venkovního vedení 20 kV do

Raspenavy a zajistit tak alespoň omezenou dodávku elektrické energie. Stejně řešení mohlo být prováděno i s dvojitým přenosovým vedením 35 kV. Největší problém představovalo kabelové vedení o napětí 5 kV do kateřinského údolí, které se svojí délkou 14 km a připojeným výkonem (v roce 1927 špičkový výkon 2 MW se započítanou vodní elektrárnou) bylo provozováno na své hranici možností. Částečně vyřešila tento problém kompenzační elektrárna MVE Rudolfov, která svým špičkovým výkonem umožnila připojení dalších spotřebitelů a na úkor zvýšení ztrát udržovala napětí v polovině délky sítě. V případě poruchy přívodu mohla pracovat do ostrovního režimu s omezenou zátěží.

Napětí se regulovalo v hlavních transformačních stanicích pomocí přepínatelných odboček transformátoru. Další regulace napětí probíhala regulací jalového výkonu. Většina velkých podniků měla synchronní generátory u vodních turbín nebo synchronní motory provozované v přebuzeném stavu kompenzující svůj účinník odběratele, i účinník sítě.

Důležité je zdůraznit, že v dřívější době byla většina průmyslových podniků postavená u zdroje mechanické energie, a díky tomu nebyly důsledky přerušení dodávky elektrické energie natolik markantní. Kvůli malému množství nočních a víkendových pracovních směn viz. zátěžové diagramy **obrázek č.45,46** se v těchto časech mohly provádět revize elektrických zařízení při přerušení dodávky elektrické energie bez jakéhokoliv přeložení napájení

5.4 Dnešní stav distribuční sítě

Dnešní stav distribuční sítě v Liberci a jeho okolí nese následky koncepce staré sítě z 20. let minulého století. Samozřejmě se postavily nové distribuční trafostanice 110 kV a velká trafostanice Bezděčín na přenosové lince 400 a 220 kV zajišťující elektrickou energii pro celý liberecký kraj. Kabelová síť v centru Liberce sice prošla modernizací v sedmdesátých letech, kdy bylo rozhodnuto o navýšení napětí na 10 kV, které dnes už nedostačuje výkonově. Dnes se postupně nahrazují kabelem o normalizovaném napětí 22 kV s předimenzovaným průřezem, protože se stále provozují na napětí 10 kV, do té doby, než je bude možné přepojit na vyšší napěťovou hladinu. Zajímavostí je, jak dopadly okolní distribuční sítě. Ve frýdlantském výběžku, kde převážně převládalo venkovní vedení 20 kV, bylo postupně rozšiřováno a napětí navýšeno na 22 kV. Původní přenosové vedení 35 kV se stalo distribučním už v 50.letech. Vedení 35 kV se postupně rozšiřovalo bez ohledu na budoucí náklady s jeho změnou napětí na normalizovaných 22 kV.

Z pohledu provozu se v městských aglomeracích používá mřížový rozvod. V okolí Liberce se soustavy po zestátnění zaokruhovaly, aby se zvýšila spolehlivost dodávky. S výstavbou trafostanic 110 kV se vytvořilo v soustavě více zdrojů, které zajišťují vyšší

instalovaný výkon, menší úbytky napětí a hlavně vyšší spolehlivost dodávky při poruše jednoho zdroje.

Závěr

Při studiu na střední škole jsem využil možnosti absolvování praxe v oblasti energetiky a dostal jsem se do malé vodní elektrárny Rudolfov. V elektrárně jsem celkem pracoval 4 měsíce, včetně dvou školních praxí v roce 2010-11. Nejvíce mě zaujalo plně funkční původní soustrojí s regulátorem, ale také okolnosti výstavby elektrárny, komu elektrárna patřila a jaké další objekty se podílely na výrobě elektrické energie. Protože informací z meziválečných let nebylo mnoho a z vyprávění jsem se dozvěděl jen nejdůležitější střípky, rozhodl jsem se, že se pokusím shromáždit více informací k energetické společnosti EUW a zpracovat je v rozumné škále. Po několikanásobné návštěvě budovy bývalé uhelné elektrárny a hledání zbylých objektů patřící bývalé EUW jsem se rozhodl, že informace, které jsem získal, by bylo dobré sepsat a dohledat další dobové zprávy. V knihovně jsem prošel všechny díly elektrotechnického obzoru z let 1919-1938, kde jsem našel několik článků zapadajících do vývoje elektrárny. Další údaje jsem dohledal v archivu SOKa Liberec, kde z dílčích výročních zpráv a referátů o dostavbě elektrárny bylo přijatelné množství podkladů ke zpracování historie elektrárny v meziválečných letech. Nejvíce provozních informací jsem získal od bývalých zaměstnanců, kteří v poválečných letech v uhelné elektrárně pracovali a ze současných fotografií si vzpomněli na mnoho důležitých poznatků.

Ze zpracovaných údajů jsem zjistil, že v provozu nevyužívali veškerou dostupnou vodní energii z důvodu zisku společnosti s uhelnou elektrárnou a porušovali hospodářské zákony o využití maxima energie z vody, a pak teprve z uhlí. Rovněž jsem zjistil, že výměna elektrické energie byla velmi složitá, a to hlavně z důvodu rozdílných cen v různých energetických společnostech. Ze složitosti sítě jsem vyjmenoval problémy, které síť představovala pro spolehlivost a ekonomiku dodávky elektrické energie. Poznatkem byla i rozsáhlá korupční aféra ředitele Waintberga, která se projevila, jak v uhelné elektrárně Andělská Hora, tak stavbou špičkové malé vodní elektrárny Rudolfov. Způsobila finanční ztráty nejen československému státu, který se na finančních dotacích podílel, tak i společnosti EUW, která si vzala 20-ti milionovou půjčku od německé banky a pomocí odběratelů elektrické energie ji splácela přes 17 let. Zajímavé je, jakou účinnost elektrárna měla při svém vzniku a po částečné modernizaci. Z mých výpočtů účinnosti vyplývá, že elektrárna před první modernizací dosahovala účinnosti pouze 9 % a po modernizaci se pohybovala dle zatížení do 16 % se započítaným neefektivním nočním a víkendovým zatížením, kdy se kotle udržovaly v teplém pohotovém stavu. Z výpočtu účinnosti tepelného oběhu turbíny na 12 atm vyšla účinnost se započítanou ztrátou na turbíně 23,9 %. Z toho vyplývá, že 15% připadalo na účinnost kotlů, neefektivní provoz při malém

nebo nulovém zatížení a vlastní spotřebu elektrárny. Z vypočteného zatěžovatele elektrárny je také zřejmé, že nešlo dosáhnout lepší účinnosti elektrárny, protože elektrárna pokrývala skoro celý diagram zatížení bez pomoci velké špičkové nebo akumulární vodní elektrárny, která by efektivnost celku zvýšila.

V této práci jsem vyčerpал své veškeré dosavadní poznatky nashromážděné od počátku mého zájmu a dochované informace v archivech a dobových odborných člancích. Doufám, že má práce napomůže k získání obrazu o historii liberecké energetiky. V roce 2012 jsem podal návrh k Ministerstvu kultury na zařazení MVE Rudolfov na seznam kulturních technických památek. Po zdlouhavém projednávání byla v roce 2014 MVE Rudolfov zařazena na ústřední seznam památek pod číslem 105 393.

Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] Osobní vzpomínky bývalých zaměstnanců
- [2] Elektrotechnický obzor 1919-1938
- [3] SOKa Liberec, archiv města Liberce
- [4] Beran, L., Valchářová, V.: Industriál Libereckého kraje, průvodce, ČVUT Praha 2007, ISBN 978-80-01-03798-0
- [5] <http://www.mpo-efekt.cz/dokument/1171.pdf> Online: 10.5.2015
- [6] České dráhy a.s. – archiv v Praze Libni
- [7] Technický slovník Tyssler a Kotyška 1923-1938

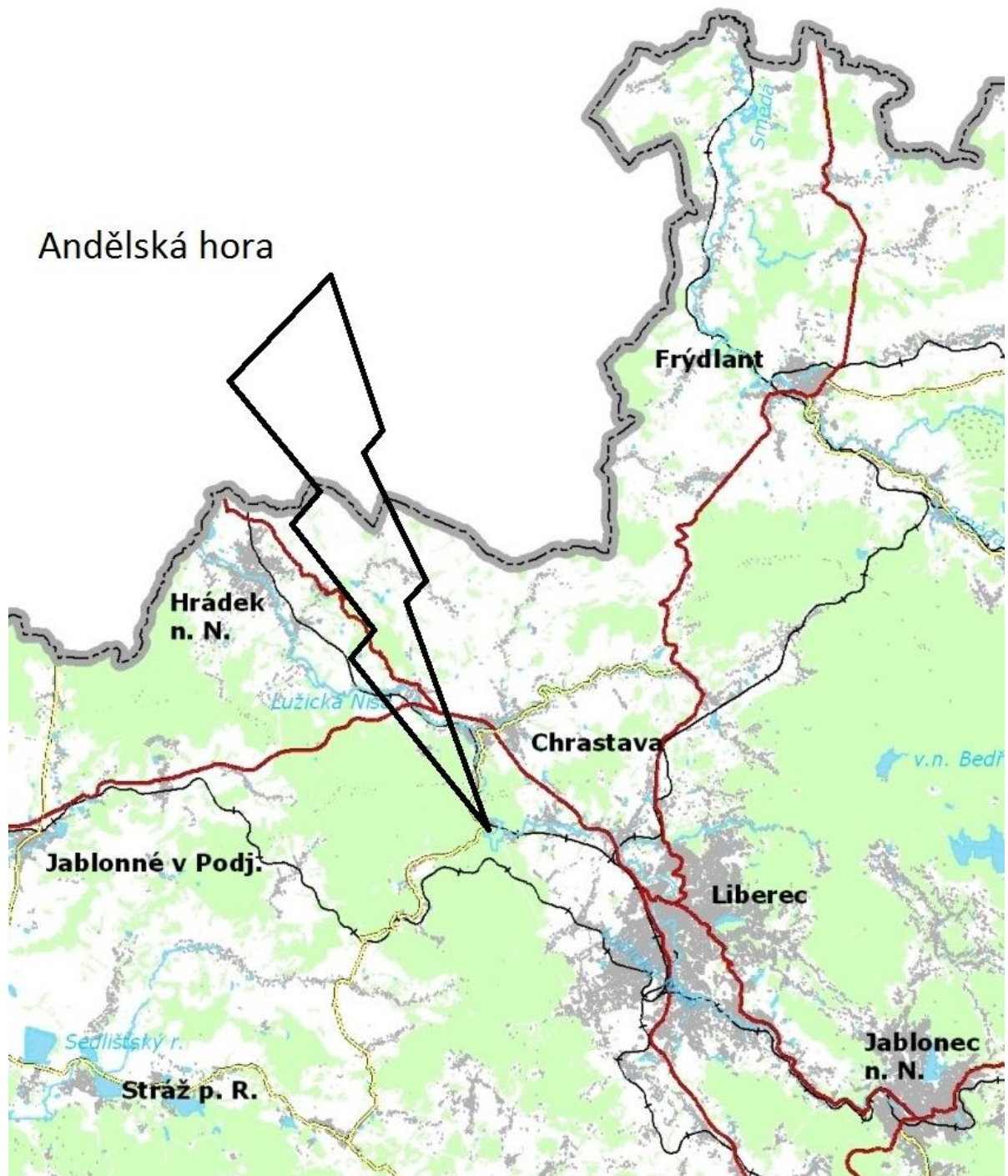
Přílohy

1. Tabulky

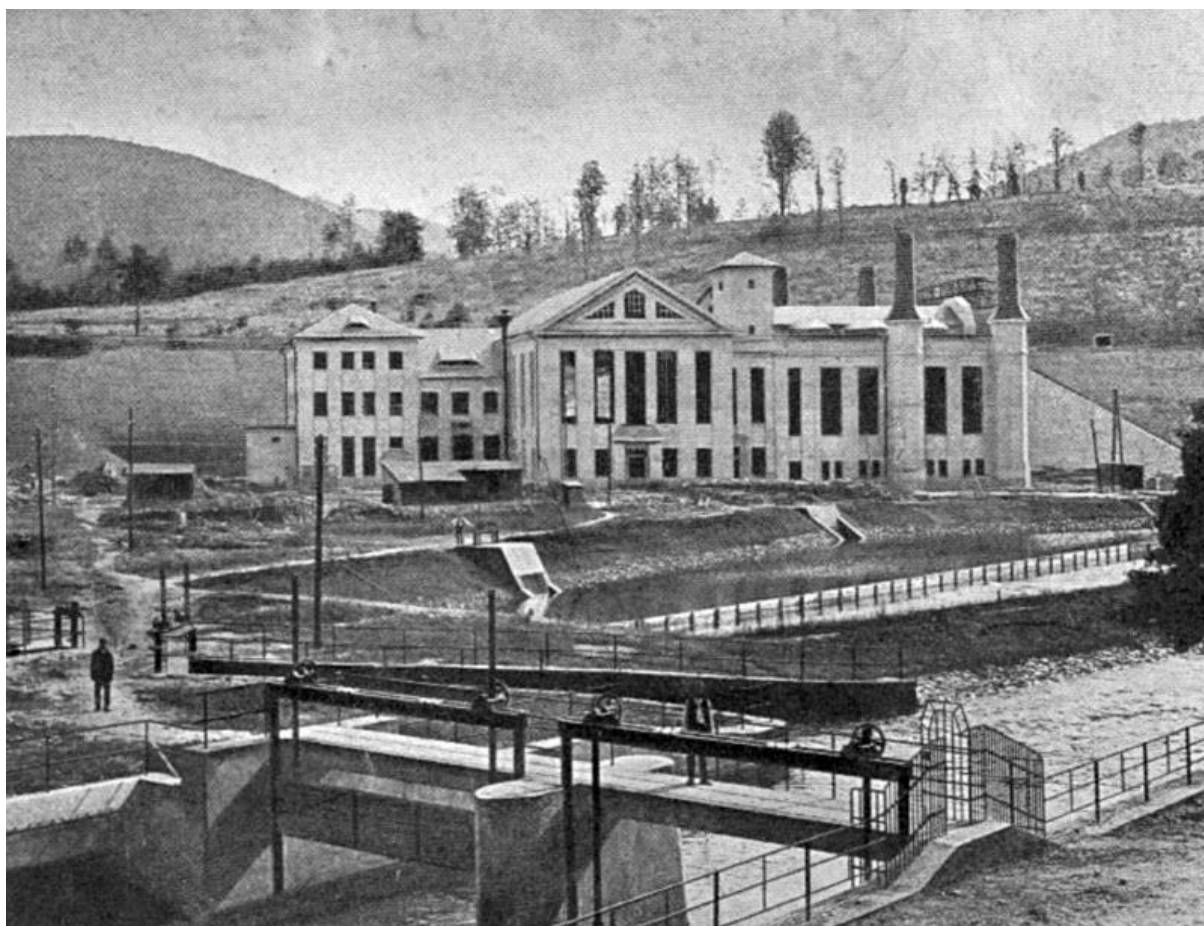
Tabulka hodnot z výročních zpráv uhelné elektrárny Andělská Hora z let 1919-37									
Rok	Instalovaný výkon	Maximální zatížení	Střední hodnota výkonu	Celková výroba	Spotřeba uhlí	Výhřevnost uhlí	Energie na kWh	Možství uhlí na kWh	Celková účinnost
	(kW)	(kW)	(kW)	(kWh)	(t)	(MJ/kg)	(MJ/kWh)	(kg/kWh)	(%)
1919	8 750	4 600	1 129	9 897 650	23 635	16,74	39,99	2,39	9,00
1920	8 750	6 100	1 737	15 227 320	37 733	16,03	39,78	2,48	9,05
1921	8 750	6 800	2 173	19 051 870	46 068	15,99	38,69	2,42	9,31
1922	8 750	6 800	2 045	17 929 570	43 919	15,87	38,86	2,45	9,27
1923	14 750	9 800	2 065	18 101 500	39 580	16,72	36,64	2,19	9,83
1924	19 250	12 300	3 288	28 818 554	59 832	16,62	34,33	2,07	10,49
1925	19 250	11 100	3 186	27 928 594	50 264	18,46	33,29	1,80	10,82
1926	19 250	13 600	3 067	26 882 656	54 208	16,29	32,83	2,02	10,97
1927	19 250	14 000	3 173	27 813 283	50 406	17,88	32,37	1,81	11,12
1928	19 250	14 600	3 801	33 317 929	51 673	19,68	30,57	1,55	11,78
1929	30 450	15 100	4 343	38 071 043	58 739	19,52	30,06	1,54	11,97
1930	30 450	10 300	3 249	28 481 709	39 029	19,92	27,34	1,37	13,17
1931	30 450	11 300	3 149	27 605 999	36 577	20,15	26,69	1,32	13,49
1932	30 450	11 000	3 000	26 296 964	34 644	20,36	26,80	1,32	13,43
1933	30 450	9 500	3 251	28 499 510	36 427	20,19	25,79	1,28	13,96
1934	30 450	9 500	3 666	32 138 497	33 849	20,73	21,84	1,05	16,49
1935	30 450	10 700	3 536	30 996 028	32 939	21,52	22,86	1,06	15,75
1936	30 450	10 400	3 559	31 195 380	33 864	21,08	22,90	1,09	15,72
1937	30 450	11 000	4 306	37 746 490	39 683	20,47	21,52	1,05	16,73

Tabulka č. 1 (vstupní hodnoty z výroční zprávy EUW – zdroj SOKa Liberec)

2. Obrázky (veškeré internetové odkazy byly online dne 10.5.2015)



Obr. 1: Mapa libereckého kraje (dostupné na http://www.kraj-lbc.cz/public/info/obecna_geografie_0c2116ee9f.jpg)



Obr. 2: Budova elektrárny (dostupné na <http://regionalni-rozvoj.kraj-lbc.cz/getFile/case:show/id:172524>)



Obr. 3: Strojovna elektrárny (dostupné na <http://ces.mkcr.cz/cz/img/8/8/0/p14423.jpg>)



Obr. 4: Elektrárna (soukromá sbírka)



Obr. 5: Elektrárna (z knihy Hrádecko-Chrastavsko na starých pohlednicích ISBN 80-86914-04-6)



Obr. 6: Požár uhelného bunkru (SOKa Liberec, archiv města Liberce)



Obr. 7: Požár uhelného bunkru (SOKa Liberec, archiv města Liberce)



Obr. 8: Shořelé železniční vozy na uhlí (SOKa Liberec, archiv města Liberce)



Obr. 9: Povodně 1958 (soukromá sbírka)



Obr. 10: Povodně 1958 (soukromá sbírka)



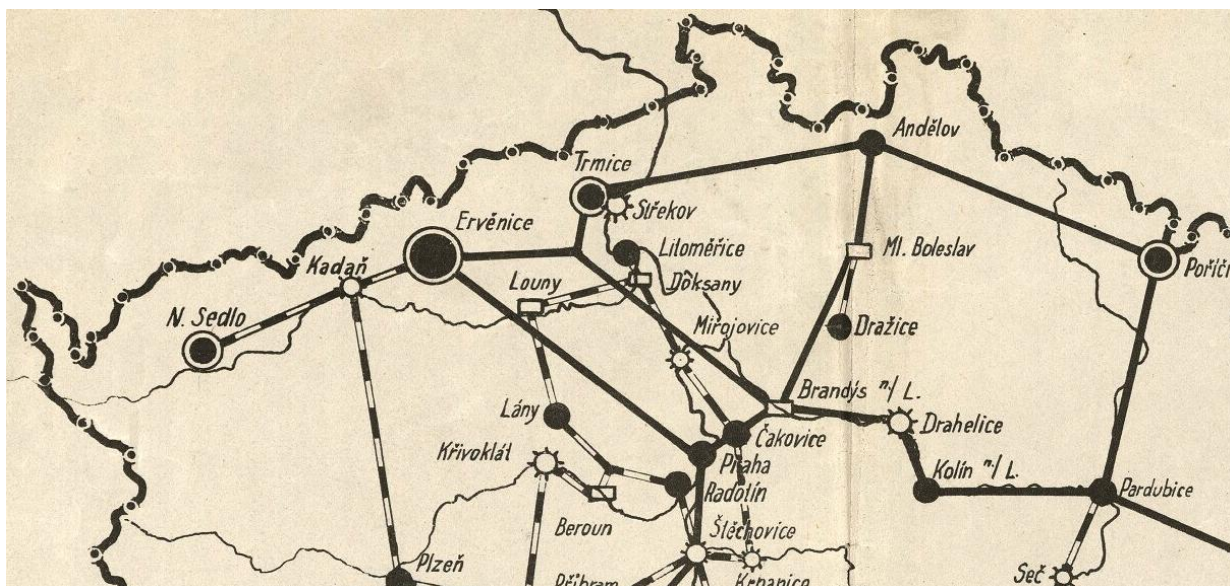
Obr. 11: Letecký pohled 1954 (dostupné na <http://kontaminace.cenia.cz/>)



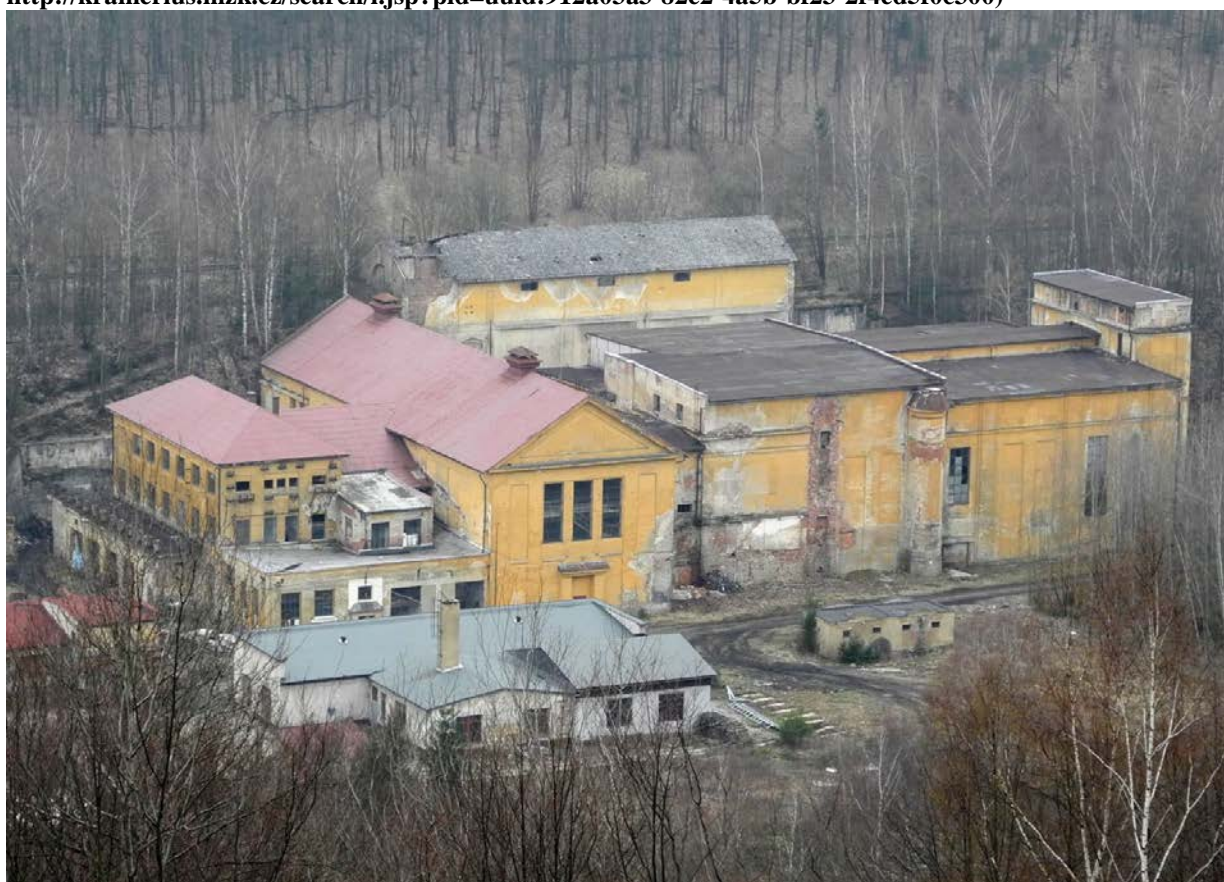
Obr. 12: Elektrárna (soukromá sbírka)



Obr. 13: Elektrárna (Kratzau – Ein Bilderbuch von Land und Leuten, Arno Miessler, Rudolf Schwertner, Kratzauer Gilde, 1983)



Obr. 14: Mapa plánované elektrizace (dostupné na <http://kramerius.mzk.cz/search/i.jsp?pid=uuid:912a03a3-82e2-4a5b-bf23-2f4ed5f0c300>)



Obr. 15: Budova elektrárny 2013 (vlastní foto)



Obr. 16: Uhelný bunkr (vlastní foto)



Obr. 17: Komora uhelného bunkru (vlastní foto)



Obr. 18: Uhelný bunkr (vlastní foto)



Obr. 19: Vývodová rozvodna vn 20 kV (vlastní foto)



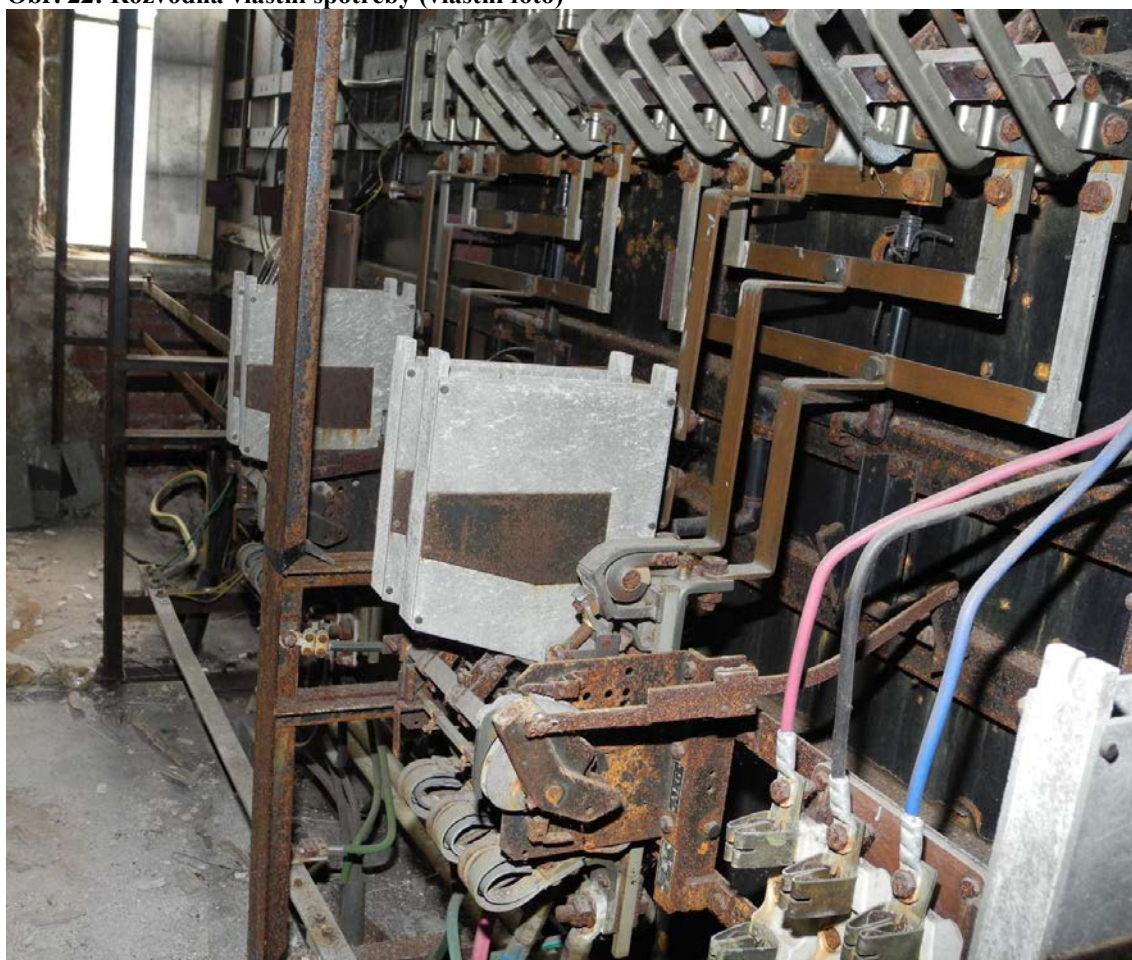
Obr. 20: Velín (vlastní foto)



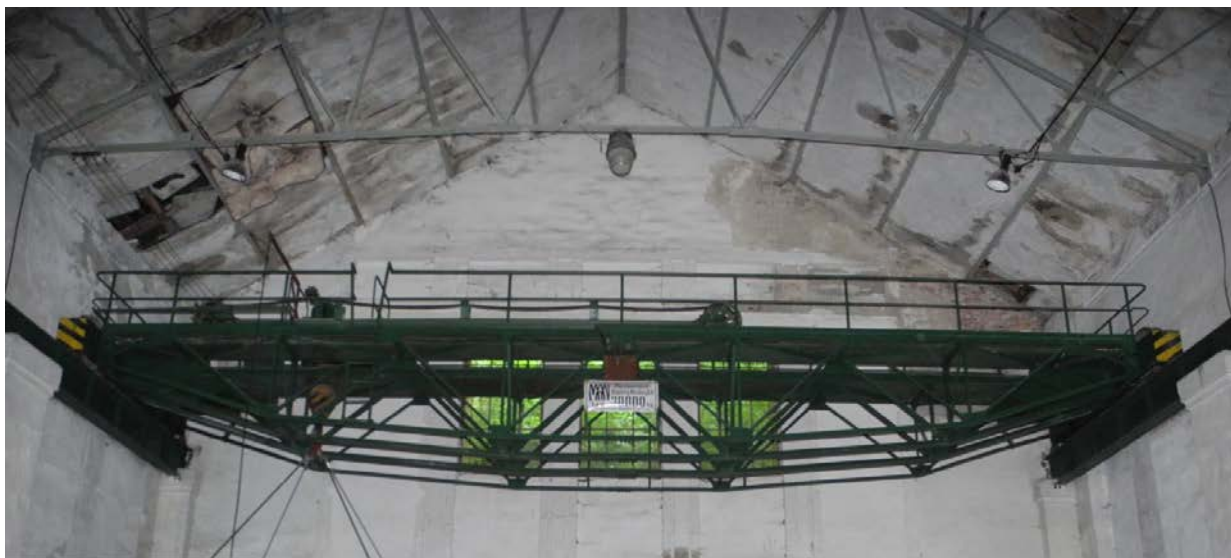
Obr. 21: Měření výroby (vlastní foto)



Obr. 22: Rozvodna vlastní spotřeby (vlastní foto)



Obr. 23: Vypínač od AEG (vlastní foto)



Obr. 24: Původní jeřáb (vlastní foto)



Obr. 25: Blokovaná rozvodna 5 kV (vlastní foto)



Obr. 26: Konzervátor transformátoru vlastní spotřeby (vlastní foto)



Obr. 27: Prostor pod strojovnou (vlastní foto)



Obr. 28: Výsypky popelu (vlastní foto)



Obr. 29: Podélný koridor pro odvoz popelu (vlastní foto)



Obr. 30: Prostor kotelny (vlastní foto)



Obr. 31: Kotelní násypky (vlastní foto)



Obr. 32: Tlaková nádoba s plovákovou hladinovou regulací (vlastní foto)



Obr. 33: Zauhlovací koridor (vlastní foto)



Obr. 34: Budova MVE Andělská Hora (vlastní foto)



Obr. 35: Udolní přehrada Bedřichov (vlastní foto)



Obr. 36: Budova MVE Rudolfovo (vlastní foto)



Obr. 37: Ovládací pult MVE Rudolfov (vlastní foto)



Obr. 38: Soustrojí MVE Rudolfov (vlastní foto)



Obr. 39: Vyrovnávací hráz MVE Rudolfov (vlastní foto)



Obr. 40: Soustrojí ve vyrovnávací nádrži (vlastní foto)



Obr. 41: Bývalá trafostanice Stráž nad Nisou (vlastní foto)



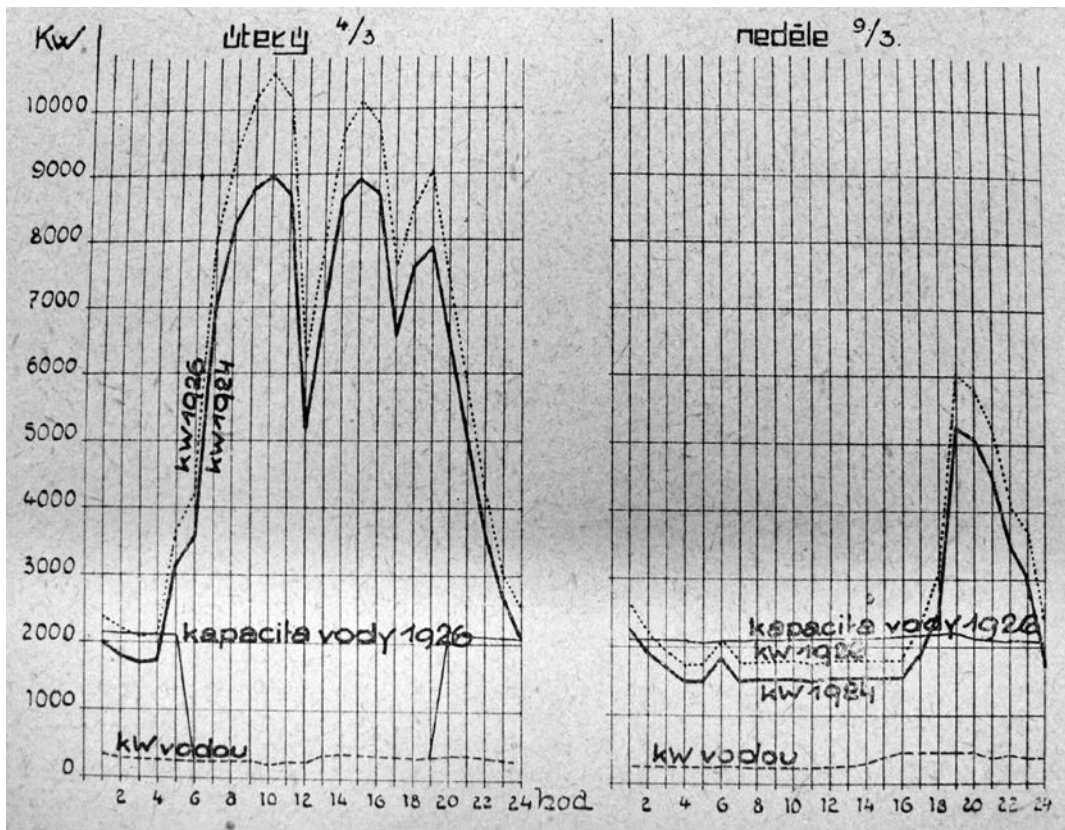
Obr. 42: Bývalá trafostanice Mníšek (vlastní foto)



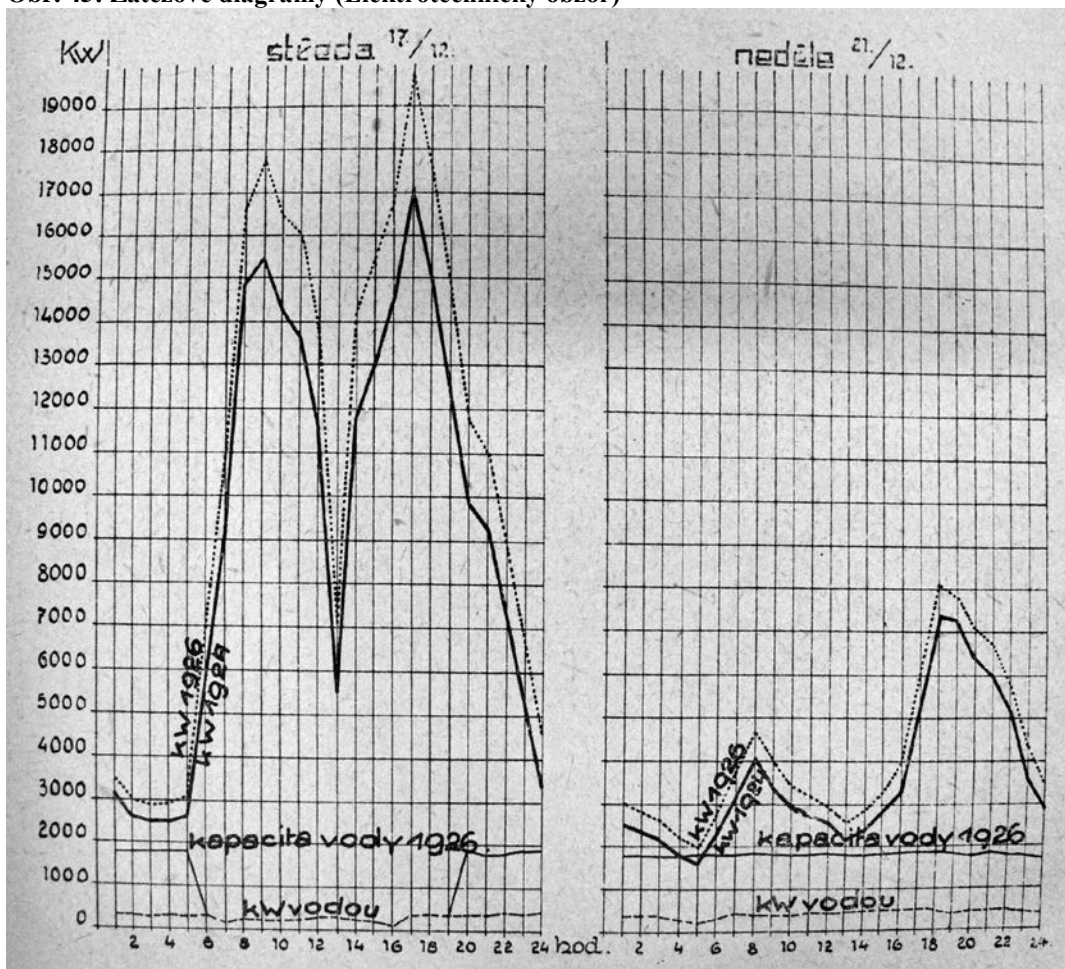
Obr. 43: Bývalá distribuční věžová trafostanice v Horním Hanychově (vlastní foto)



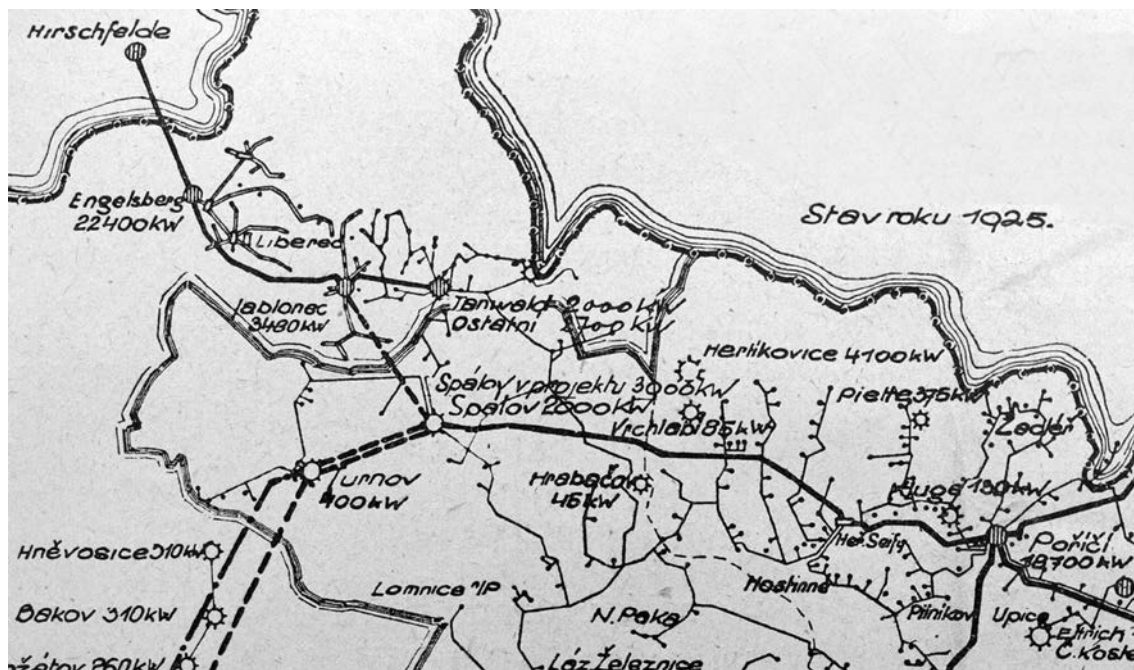
Obr. 44: Betonový sloup bývalého vedení 20 kV (vlastní foto)



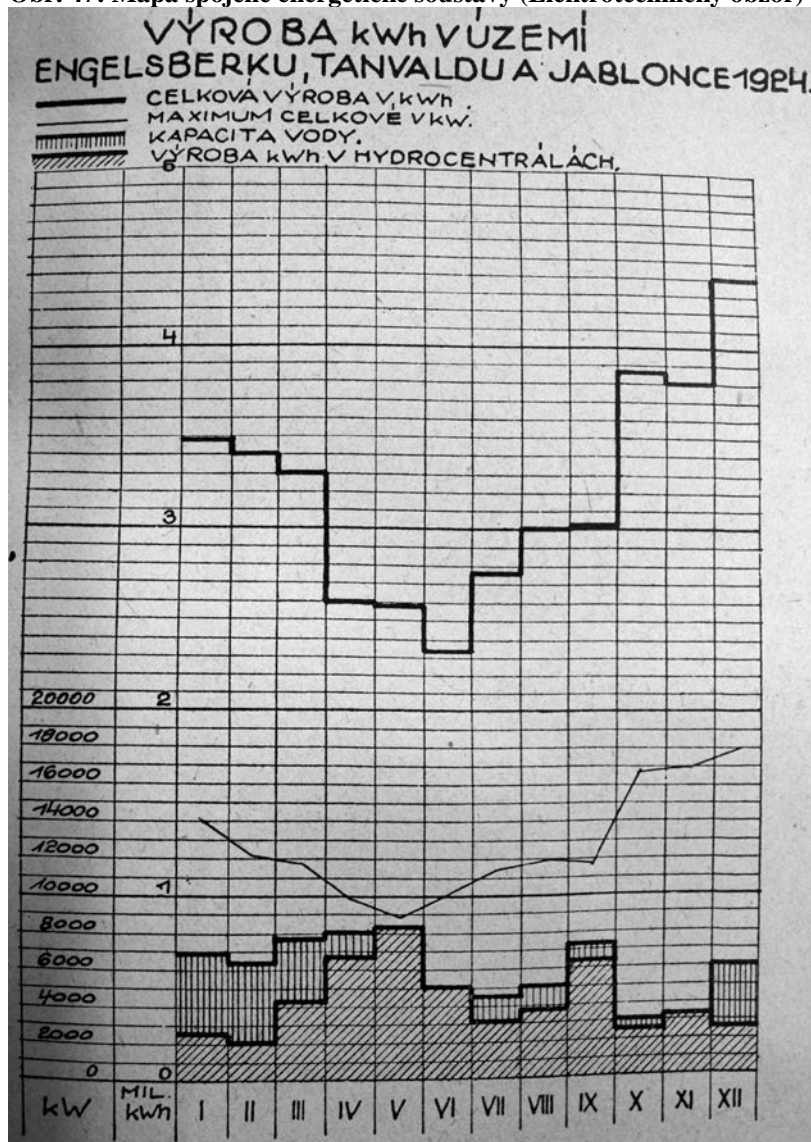
Obr. 45: Zátěžové diagramy (Elektrotechnický obzor)



Obr. 46: Zátěžové diagramy (Elektrotechnický obzor)



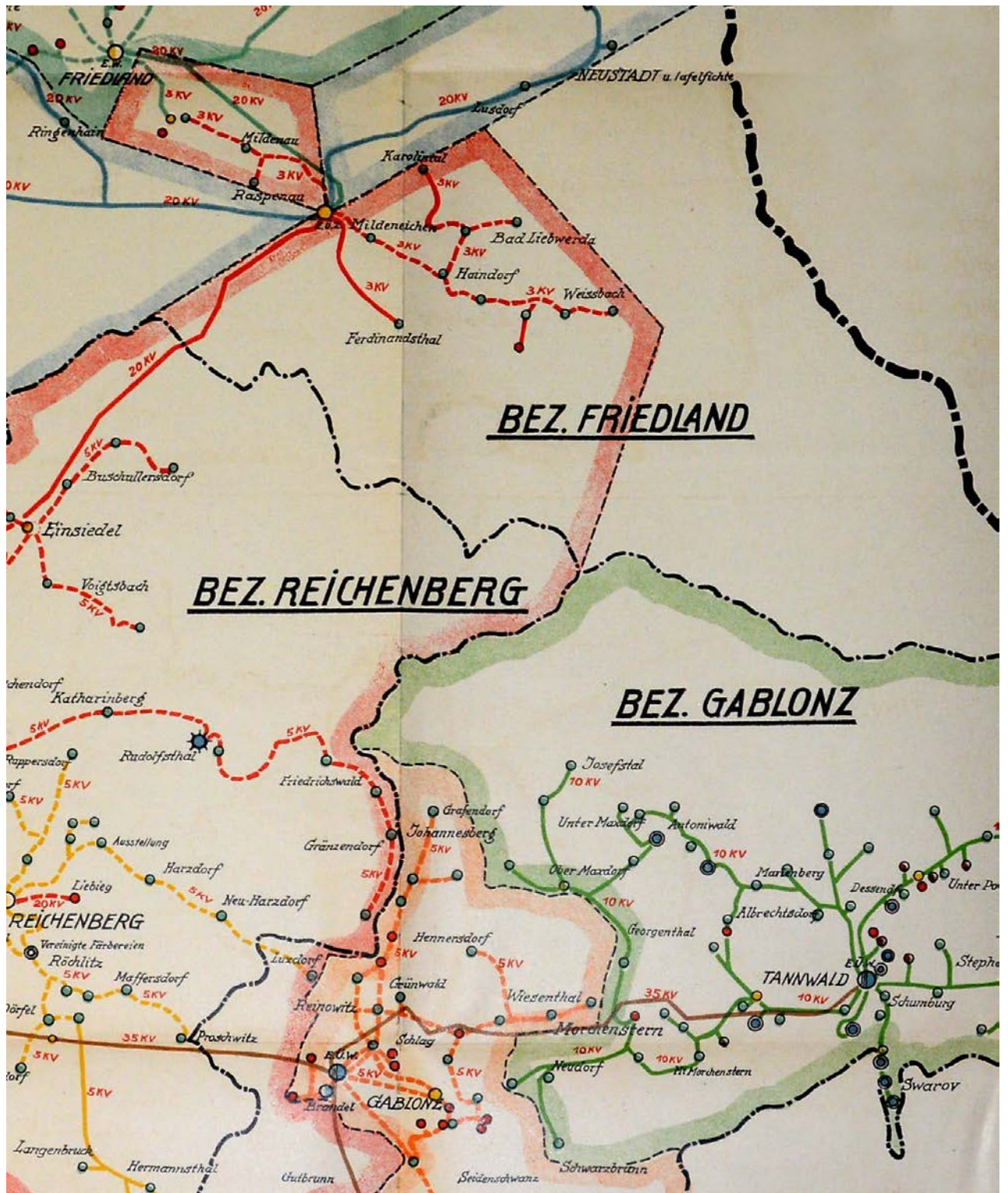
Obr. 47: Mapa spojené energetické soustavy (Elektrotechnický obzor)



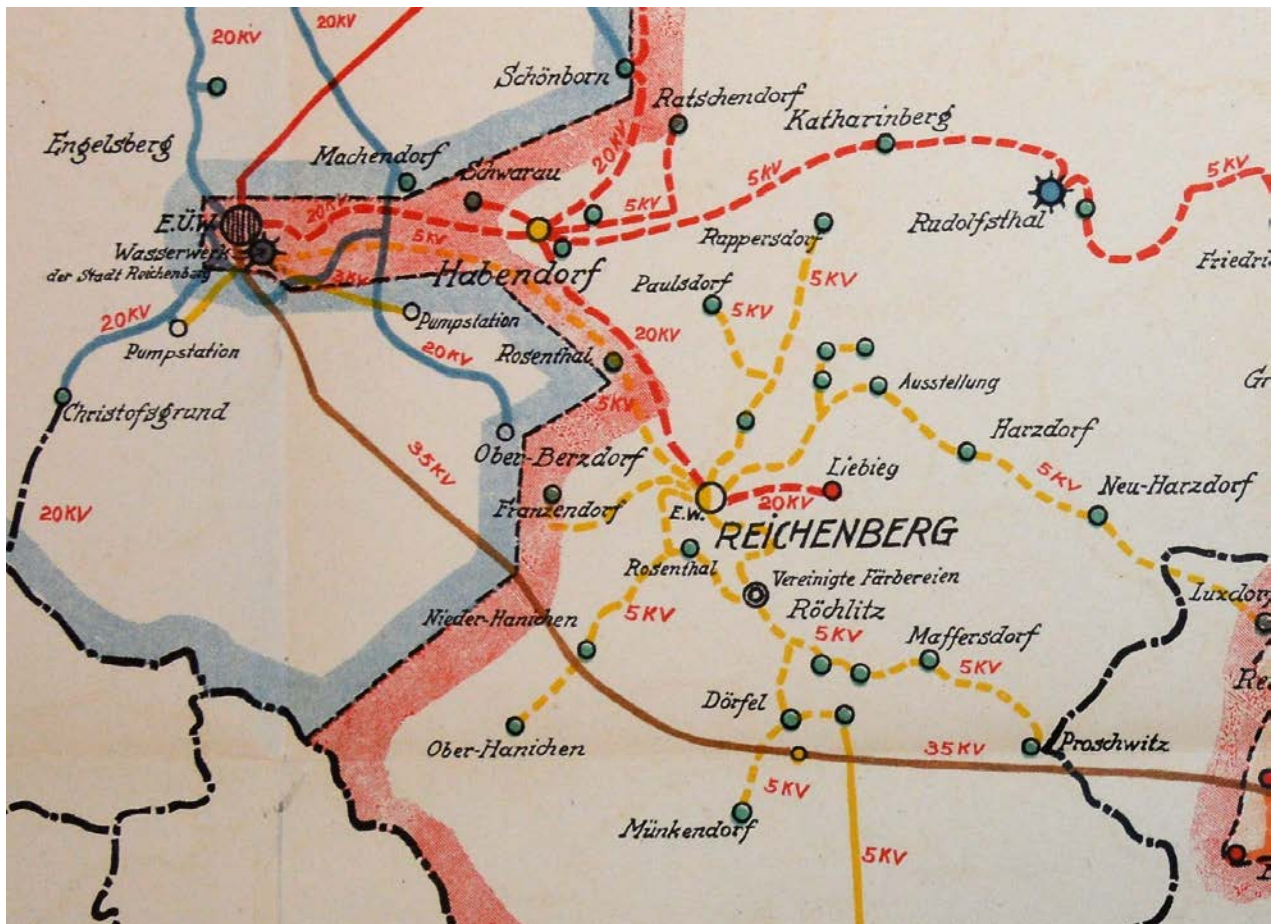
Obr. 48: Sloupcový graf celkové výroby z roku 1924 (Elektrotechnický obzor)



Obr. 49: Mapa elektrických vedení z roku 1929 (SOKa Liberec, archiv města Liberce)



Obr. 50: Mapa elektrických vedení z roku 1929 (SOKa Liberec, archiv města Liberce)



Obr. 51: Mapa elektrických vedení z roku 1929 (SOKa Liberec, archiv města Liberce)