

Pg. Karel H a a s , VÚHU :

HYDROGEOLOGICKÉ POMĚRY PODZEMNÍHO GENERÁTORU PZU BŘEZNO U CHOMUTOVA

Generátor poloprovozního závodu PZU Březno II. je založen na střední sloji miocenního souvrství, ve výchozové oblasti Chomutovské pánve.

Střední sloj o průměrné zplynovatelné mocnosti 6,0 m se skládá ze dvou uhelných lávek, oddělených proplástkem hořlavých lupků, mocným 1,6 m. Průměrná popelnatost uhlí je 40 % A^S, průměrná výhřevnost 3 700 kcal/kg sušiny. Střední obsah původní vody je 30 %. Hloubka uložení sloje se zvětšuje směrem od jihu k severu vlivem rostoucí mocnosti nadloží od 40 do 55 m.

Podzemní generátor je tvořen provozními vrty, umístěnými v pravidelné čtvercové síti s rostečí 25 x 25 m, takže vznikají jednotlivé řady vrtů, jejichž počet narůstá během provozu PZU.

Podle hloubky založení se generátor dělí na část A, založenou ve svrchní lávce střední sloje a na část B, založenou ve spodní lávce střední sloje. V části A, která je tvořena řadami vrtů 1 až 4, docházelo tedy k zplynování střední sloje jen v její svrchní části. V části B, která je nyní v provozu, dochází ke zplynování střední sloje v celé bilanční mocnosti, a proto je tato etapa pro výzkum PZU v chomutovské oblasti nejdůležitější.

Dále se zabýváme pouze zplynováním v části B podzemního generátoru, kde jsou též složitější hydrogeologické poměry.

Nadloží střední sloje není jednotné. Je tvořeno jednak mezislojovými písčitými vrstvami a jednak svrchní slojí a nadložními jíly (obr. 2). Z petrografického hlediska vystupují tedy v nadloží horniny psamiticko-pellitické a uhelná sloj. Propustnost svrchní sloje je dokonalá, poněvadž je často tvořena rozpukaným uhlím xylitickým a blíže k výchozům oxyhumolitem. Tato sloj však neobsahuje volnou podzemní vodu. Písčitojíllovité mezislojové vrstvy jsou jako celek ve směru vertikálním nepropustné, avšak v místech, kde přecházejí do písků, je jejich propustnost dokonalá. Mezislojové písky však tvoří uzavřené čočky bez vzájemné spojitosti a bez přímé spojitosti s uhelnými slojemi. I tyto písky jsou zcela bez volné podzemní vody. Nadložní jíly, jimiž končí v této oblasti miocenní vrstevní sled, tvoří souvislou nepropustnou vrstvu, která je podmínkou podzemního zplynování.

Jediným zvodnělým horizontem je zde sama střední sloj, s hladinou podzemní vody nejprve volnou, směrem k severu však získává postupně artéský přetlak, daný hydrogeologickými poměry celé chomutovské oblasti.

Vliv podzemní vody na proces PZU

O vlivu podzemní vody na proces PZU musíme zásadně uvažovat ve dvou obdobích. Předně v době přípravy provozu generátoru, dále v době vlastního provozu PZU.

První období zahrnuje zapálení sloje a provedení úvodních sbojek, tj. propojení provozních vrtů ohňovými kanály ve sloji. K tomu je nutno v dané linii provozních vrtů sloj zcela odvodnit, poněvadž nelze sloj pod hladinou vody zapálit a propalovat v ní kanály. Z tohoto hlediska je v prvním období volná podzemní voda vždy překážkou PZU a je nezbytné ji z vrtů i ze sloje odstranit. Děje se to buď předběžným odvodňováním čerpacími vrty nebo dmycháním stlačeného vzduchu do vrtů. Nejvýhodnější je kombinace obou těchto způsobů, jak bylo zjištěno v případě podzemního generátoru Březno II.

Vliv podzemní vody na proces PZU v druhém období je složitější. Nejzávažnější reakce, které vedou v podzemí ke vzniku plynu, probíhají v redukční zóně generátoru, tzv. zóně endotermických reakcí. Dochází zde předně ke konverzi CO_2 na CO a dále k rozkladu vodní páry na vodní plyn na žhavém palivu, čímž se plyn PZU obohacuje o H_2 a CO . Platí zásada, že čím intenzivnější je rozklad vodní páry na vodní plyn, tím vyšší je výhřevnost vyráběného plynu. Ovšem tato endotermická reakce probíhá nejlépe při teplotách nad $1\,000^\circ\text{C}$, čímž je dána i optimální teplota redukční zóny. Se zvětšujícím se příkonem a rozkladem vodní páry klesá však teplota prostředí a redukční zóna se ochlazuje. Reakce pak probíhají nedokonale a místo rozkladu vodní páry nastává zvyšování vlhkosti plynu PZU.

Určitý příkon vodní páry, tj. přítok vody do generátoru je dokonce nutný, ale nadměrný přítok je nežádoucí a vedl by k přerušení procesu PZU. V zásadě se přítok vody do generátoru může pohybovat od požadovaného minima, přes optimum, do přípustného maxima, které je pro řízení procesu PZU a odvodňování generátoru nejdůležitější a nazývá se kritickým (přípustným) přítokem.

Uvedená maximální hranice přítoku je dána požadovanými parametry plynu, zejména jeho výhřevností, která nesmí klesnout pod určitou smlouvenou mez. Na základě takto požadované minimální výhřevnosti se stanoví příslušná vlhkost

plynu a příslušné množství vody rozložené. Součet vlhkosti a vody rozložené je za tohoto stavu hodnotou kritického přítoku vody do generátoru.

Přítok vody do generátoru je však nutno chápat v širším slova smyslu, poněvadž není tvořen podzemní vodou stejného druhu, ale je vždy přítokem sumárním, skládajícím se z podílu podzemní vody volné, podzemní vody fyzikálně vázané v uhlí a v horninách bezprostředního nadloží a podloží sloje, vody dodané ve formě vlhkosti dmychaného vzduchu a vody pyrogenetické, vznikající slučováním H_2 a O_2 při hoření sloje v oxidační zóně.

Tento sumární přítok se v generátoru z části rozloží na vodní plyn a z větší části odejde s plynem jako jeho vlhkost. Z hlediska báňského a hydrogeologického má největší význam přítok vody volné, poněvadž jediné tuto veličinu je možno během procesu PZU významně měnit a tím měnit do značné míry i přítok sumární. Regulovat je možno přítok gravitační vody buď přímým odvodňováním nebo tlakem a výkonem podzemního generátoru.

Předběžné odvodňování

Již jsme se zmínili o tom, že před zahájením sbojek provozních vrtů je nutné zcela odvodnit vrty i uhelnou sloj. Na pracovišti PZU Březno II. byl tento problém řešen kombinovaným způsobem. Nejprve byla hladina snížena předběžným odvodňováním čerpacími vrty a těsně před zahájením sbojkových prací bylo konečné odvodnění provedeno stlačeným vzduchem.

Předběžné odvodňování bylo zahájeno 29. května 1963 a ukončeno bylo dne 5. 5. 1965. Doba předběžného odvodňování je neúměrně dlouhá, což bylo způsobeno velmi opožděným zahájením provozu generátoru proti plánu vzhledem ke skluzům ve výstavbě závodu. Odvodňovací systém se skládal ze čtyř čerpacích vrtů vybavených ponornými čerpadly Nautila o výkonu 100 l/min. a výtlačné výšce 80 m. Průměr výstroje odvodňovacího vrtu byl 305 mm, hloubka vrtů 60 m. Filtr byl tvořen perforovanou pažnicí s cca 10 % perforací, dále síťovým pletivem a štěrkovým obsypem o průměru zrna 0,5 až 2,5 cm. Později byl odvodňovací systém doplněn ještě třemi spouštěnými filtry, jimiž byla voda ze sloje odváděna do písčitého horizontu v podloží. Filtr na úrovni sloje byl stejné konstrukce, vzezovací filtr na úrovni písčitého horizontu, byl lepený.

Čerpané množství vody dosahovalo na začátku odvodňování 60 l/min., na konci 2 l/min. Snížení hladiny ve sloji dosáhlo 4 m a zůstalo zde tedy před zahájením zplynování 2 m vody. Konečné odvodnění bylo provedeno stlačeným

vzduchem těsně před zahájením provozu. Dmycháním vzduchu o tlaku 7 atp do provozních vrtů 5. řady došlo již za 24 hodin k úplnému vysušení vrtů i nejbližšího okolí sloje. V několika dalších dnech byla celá řada připravena k zahájení sbojek.

I když během provozu odvodňovacího systému došlo k podstatnému snížení hladiny ve sloji, nutno konstatovat, že účinek odvodňování byl velmi pomalý. Bylo to způsobeno poměrně špatnou propustností střední sloje pro vodu. Depresní kužel kolem odvodňovacího vrtu je za těchto okolností velmi strmý a má malý efektivní dosah. Propustnost střední sloje je charakterisována koeficientem propustnosti, stanoveným již v minulých letech pomocí dlouhodobého čerpacího pokusu. Průměrná hodnota součinitele propustnosti střední sloje činí 0,4 m/den.

Přítoky vody do generátoru a bilance vody

Po zahájení provozu PZU bylo čerpání z odvodňovacích vrtů zcela přerušeno pro malý přítok. Jediným činitelem, který nadále ovlivňoval režim podzemních vod ve sloji, byl proces podzemního zplynování a zejména jeho tlakové účinky. Pro posouzení závislosti parametrů plynu na množství přitékající vody do generátoru bylo nutno přikročit k výpočtům těchto přítoků.

Pro dané účely je možno použít jednak metod dynamiky podzemních vod a jednak metodu bilanční. Výpočty na základě dynamiky podzemních vod však v tomto případě nevedou vždy k spolehlivým výsledkům z několika důvodů. Předně neznáme vždy přesně okamžité rozměry zóny zplynování ve sloji, dále jsme nuceni počítat s průměrným koeficientem propustnosti sloje, který se může vlivem tepelného účinku procesu PZU značně měnit. Konečně při výpočtech počítáme se středním tlakem v generátoru, což je opět hodnota značně nestabilní. Za mnohem spolehlivější metodu stanovení přítoků volné vody do generátoru považujeme metodu vodní bilance, která je založena na vztahu

$$W_g + W_v + W_y + W_d = W_r + W_w$$

Symbole uvedené v této rovnici vysvětluje následující tabulka :

Tab. 1

Symbol	Význam symbolu	Rozměr
W_g	voda gravitační (volná), relativní přítok	$g \text{ H}_2\text{O}/\text{Nm}^3 \text{ plynu}$
W_v	voda vázaná v uhlí a v horninách, která se uvolní a vstoupí do procesu PZU	- " -
W_y	voda pyrogenetická	- " -
W_d	voda dmychaná ve formě vlhkosti vzduchu	- " -
W_r	voda rozložená v procesu PZU	- " -
W_w	voda odcházející jako vlhkost plynu	$g \text{ H}_2\text{O}/\text{Nm}^3 \text{ plynu}$

Z uvedené rovnice vyjádříme přítok volné vody jako

$$W_g = (W_r + W_w) - (W_v + W_y + W_d).$$

Dostáváme tak relativní přítok do generátoru, vyjádřený v gramech na jednotku plynu. Absolutní přítok získáme vynásobením této hodnoty výkonem generátoru.

Tuto metodu považujeme za spolehlivější zejména proto, že počítá převážně s objektivně měřenými hodnotami. Mimo to má tu výhodu, že nám poskytuje dostatečný obraz o funkci všech druhů vody v procesu PZU.

Bilance vody se provádějí jedenkrát za sedmidenní období a jejich výsledky se průběžně vyhodnocují. Předběžné výsledky bilancí za období zplynování a spojek mezi 5. a 7. řadou vrtů jsou v souhrnu uvedeny v tabulce č. 2.

Provoz generátoru na základě dosavadních výsledků bilancí probíhá za výhodných hydrogeologických podmínek a relativní přítok v době zplynování ve výši $179 \text{ g H}_2\text{O}/\text{Nm}^3$ není překážkou procesu PZU. V přepočtu na absolutní přítok při průměrném výkonu generátoru $16\,705 \text{ Nm}^3/\text{hod.}$ činí absolutní hodnota $50,4 \text{ l/min.}$, tj. $3 \text{ m}^3/\text{hod.}$ Střední tlak v generátoru byl v tomto období $0,60 \text{ atp.}$ Výhřevnost plynu je za těchto poměrů $996 \text{ kcal}/\text{Nm}^3$, stejně příznivá je i vlhkost plynu. Dosažené výsledky potvrzují, že přímé odvodňování generátoru čerpacími vrty není v daných hydrogeologických podmínkách během provozu PZU nutné.

Tab. 2

E t a p a P Z U	Výkon generátoru Nm ³ /hod.	Absolutní přítok l/min.	Relat. přítok gH ₂ O/Nm ³	Uvolněná voda vázaná gH ₂ O/Nm ³	Voda rozložená gH ₂ O/Nm ³	Výhřevnost kcal/Nm ³	Vlhkost plynu gH ₂ O/Nm ³
IX. etapa Období sbojek na 5. řadě vrtů	1 880	7,8	250	306	116	791	440
X. etapa Období rozšiřování sbojkového kanálu na 5. řadě vrtů	11 083	51,2	278	341	169	987	450
XI. etapa Období zplynování mezi 5. a 6. řadou vrtů	16 705	50,4	179	356	172	996	363

Pokusili jsme se též stanovit absolutní přítok volné vody do generátoru metodami hydrodynamiky. Přítok do zóny zplynování uvažujeme jako přítok do oboustranné galerie a do velké studně rozdělené na dvě poloviny (viz obr. 1). Množství přítékající vody je pak dáno rovnicí

$$Q = \frac{\pi \cdot k \cdot (H + p) \cdot (H - p)}{\lg R - \lg r} + \frac{2 \cdot k \cdot L \cdot (H + p) \cdot (H - p)}{R - r}$$

Tab. 3

Symbol	Význam symbolu	Rozměr	Hodnota pro generátor PZU
k	koeficient propustnosti sloje	m/sec	0,00000463
L	délka zóny zplynování	m	125,00
2 r	šířka zóny zplynování	m	25,00
H	mocnost zvodnělé vrstvy	m	7,50
p	střední tlak v generátoru	m H ₂ O sl.	výpočet proveden pro různé hodnoty p
Q	absolutní přítok volné vody	m ³ /sec	různé hodnoty v závislosti na tlaku p

Podle uvedené rovnice byl počítán přítok pro různé hodnoty tlaku a sestaven graf závislosti na obr. 3. Při tlaku 0,60 atp činí přítok $3 \text{ m}^3/\text{hod}$, což plně odpovídá výsledkům vodní bilance. Nutno však poznamenat, že naprostou shodu výsledků, ke které zde u obou metod došlo, považujeme za náhodnou.

Závěrem této kapitoly zdůrazňujeme, že pro chod generátoru není tak důležitý absolutní přítok volné vody, jako přítok této vody, připadající na 1 Nm^3 vyráběného plynu, tj. přítok relativní. Velikost absolutního přítoku je významně ovlivňována tlakem plynného média v generátoru, velikost relativního přítoku je do značné míry dána výkonem podzemního generátoru, to znamená množstvím vyráběného plynu.

Z uvedeného plynou základní principy pro regulaci přítoku gravitačních podzemních vod do generátorů PZU :

1. absolutní přítok se reguluje prostřednictvím tlaku plynného média v podzemí;
2. relativní přítok se reguluje změnami výkonu generátoru;
3. snižování absolutního přítoku při konstantním výkonu generátoru se snižuje i přítok relativní a naopak;
4. snižování relativního přítoku (při rostoucím výkonu a konstantním tlaku) se absolutní přítok prakticky nemění.

Ekonomicky nejvýhodnější je regulovat relativní přítok zvyšováním výkonu při konstantním tlaku zhruba 0,5 atp. Volná podzemní voda je jedinou složkou vodní bilance, kterou lze významně ovlivňovat řízením technologie PZU. Ostatní druhy vody jsou v daných hydrogeologických a klimatických poměrech prakticky neměnitelné.

Stanovení kritického přítoku volné vody do generátoru PZU

Při projektování průmyslových generátorů PZU v Chomutovské pánvi bude nezbytné rozhodnout o způsobu odvodňování jednotlivých generátorů. Podklady, které toto rozhodnutí umožní jsou : výkon projektovaného generátoru, projektovaný tlak v podzemí a přípustný (kritický) přítok vody do generátoru z fondu vody gravitační.

Očekávaný přítok volné vody do projektovaných generátorů bude stanoven podle výsledků hydrogeologického průzkumu dané oblasti metodami dynamiky podzemních vod. V těch případech, kdy očekávaný přítok volné vody nepřevýší přítok kritický, přímé odvodňování generátorů čerpacími vrty se provádět nebude. V případech, kdy očekávaný přítok převýší přítok kritický, bude nutno snížit předěš-

ně hladinu podzemních vod odvodňovacími vrtly, jejichž počet a vzdálenost budou určeny velikostí požadovaného snížení hladiny.

Stanovení kritického přítoku je úkolem výzkumu. Prakticky jde o to, stanovit maximální množství vody, které se ještě může v generátoru zpracovat, aniž by výhřevnost plynu klesla pod smlouvenou mez, tj. v současné době pod 800 kcal/Nm^3 . Odečteme-li od tohoto množství vody podíl z fondu vody vázané, který je zhruba konstantní a který nemůžeme měnit, dostáváme přípustný přítok vody volné.

Pro stanovení kritického přítoku je tedy nezbytné objasnit vztahy mezi výhřevností a vlhkostí plynu a mezi množstvím vody rozložené a výhřevností. Tyto vztahy je nutno zjišťovat na základě dlouhodobého provozu generátoru v daných hydrogeologických podmínkách a výsledek musí být průměrem z velkého množství naměřených hodnot. V současné době jsou v tomto směru k dispozici jen předběžné výsledky (obr. 4). Při požadované minimální výhřevnosti 800 kcal/Nm^3 je na základě těchto výsledků možno stanovit kritický přítok na $240 \text{ g H}_2\text{O/Nm}^3$, při čemž vlhkost plynu bude $400 \text{ g H}_2\text{O/Nm}^3$. Při výkonu generátoru $20\,000 \text{ Nm}^3/\text{hod.}$ je pak absolutní kritický přítok $4,80 \text{ m}^3/\text{hod.}$ při tlaku v generátoru zhruba $0,5 \text{ atp.}$ Z vodních bilancí víme, že skutečný absolutní přítok při výkonu zhruba $17\,000 \text{ Nm}^3/\text{hod.}$ je $3 \text{ m}^3/\text{hod.}$ Znamená to, že generátor PZU Březno je řízen příznivě a přítok volných vod je regulován tlakem a výkonem tak, že skutečný přítok činí pouze 62 % přítoku kritického.

Závěr

Hydrogeologické poměry podzemního generátoru poloprovozního závodu PZU Březno u Chomutova jsou pro proces zplynování sloje pod zemí poměrně příznivé. Je zde zvodnělá pouze zplynovaná sloj, v níž byla hladina podzemní vody před zahájením sbojek snížena odvodňováním pomocí systému čerpacích vrtů a dmycháním stlačeného vzduchu až na počvu sloje. V době provozu PZU bylo od přímého odvodňování sloje čerpacími vrtly upuštěno a množství vody volné přicházející do generátoru je řízeno v rámci technologie PZU změnami výkonu a tlaku tak, aby nedosáhlo kritické hodnoty.

V rámci dosavadního výzkumu byly dostatečně objasněny hydrogeologické poměry generátoru. V další etapě je nutno stanovit konečné závislosti mezi vlhkostí plynu a jeho výhřevností, mezi množstvím vody rozložené v procesu PZU a výhřevností. Tyto zákonitosti umožní pak stanovit hraniční podmínky

pro přítok volné vody do generátorů PZU v chomutovské oblasti, což bude jedním z nejdůležitějších podkladů pro projekci odvodňování průmyslových generátorů podzemního zplynování uhlí.

S h r n u t í

V článku jsou popsány hydrogeologické poměry podzemního generátoru Březno, význam a funkce podzemní vody v procesu zplynování uhlé sloje. Zvláštní pozornost je věnována možnostem regulace režimu podzemních vod pro účely podzemního zplynování uhlí. Dále obsahuje článek předběžné výsledky bilancí vody generátoru PZU a některé parametry vyráběného plynu.

Р е з ю м е

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ПОДЗЕМНОГО ГЕНЕРАТОРА ПГУ БРЕЗНО У ХОМУТОВА

В статье обсуждаются гидрогеологические условия подземного генератора для подземной газификации угля у села Брезно, значение и функция подземной воды в процессе газификации угольного пласта. Особое внимание уделяется возможностям регуляции режима подземных вод для подземной газификации угля. Статья заключает в себе предварительные результаты балансов воды генератора ПГУ и некоторые параметры производимого газа.

S u m m a r y

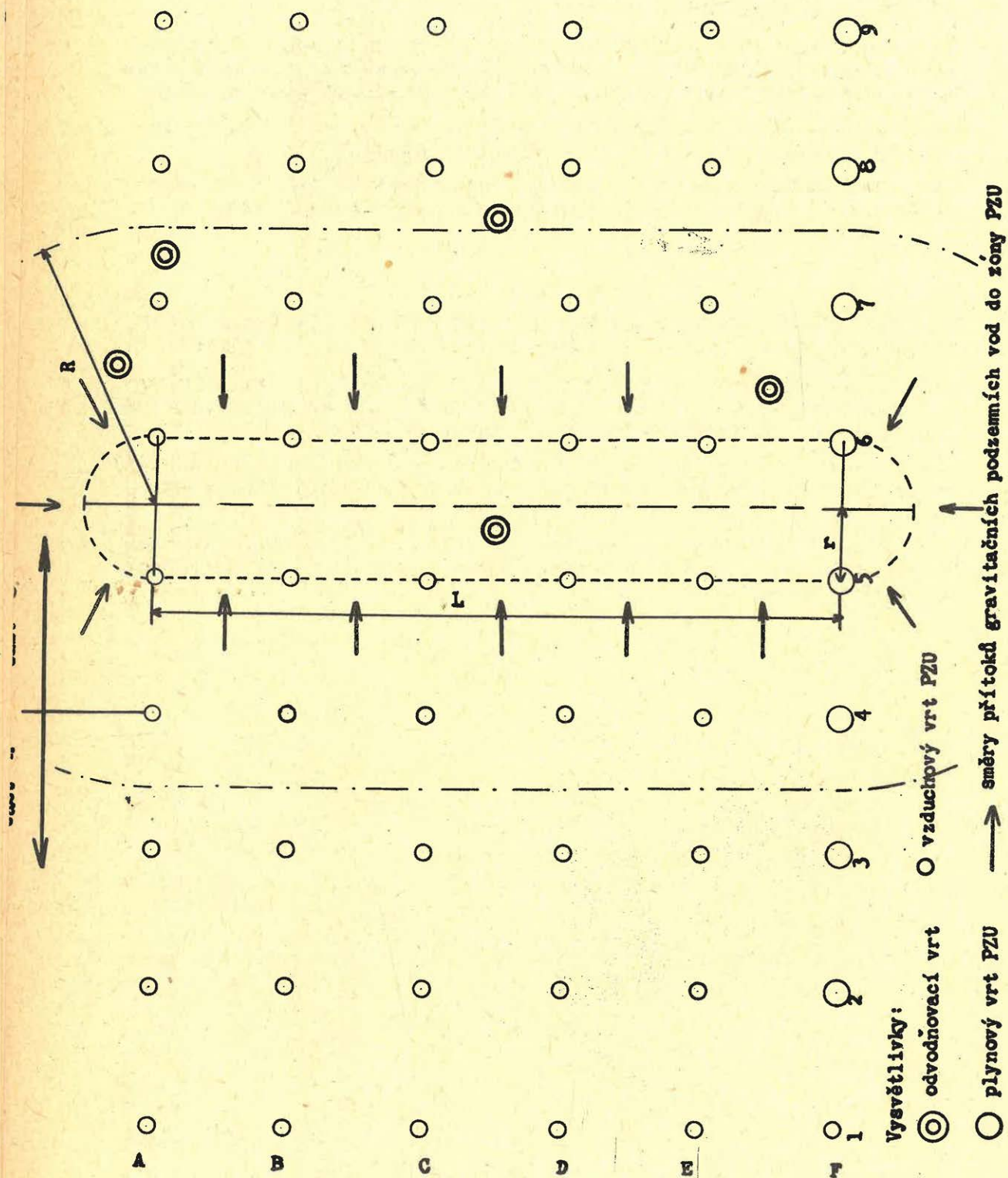
HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS OF THE UNDERGROUND GENERATOR FOR GASIFICATION OF BROWN COAL IN BŘEZNO BY CHOMUTOV

The article describes hydrogeological conditions of the underground generator in Březno and the significance and function of underground water during the gasification process in the coal seam.

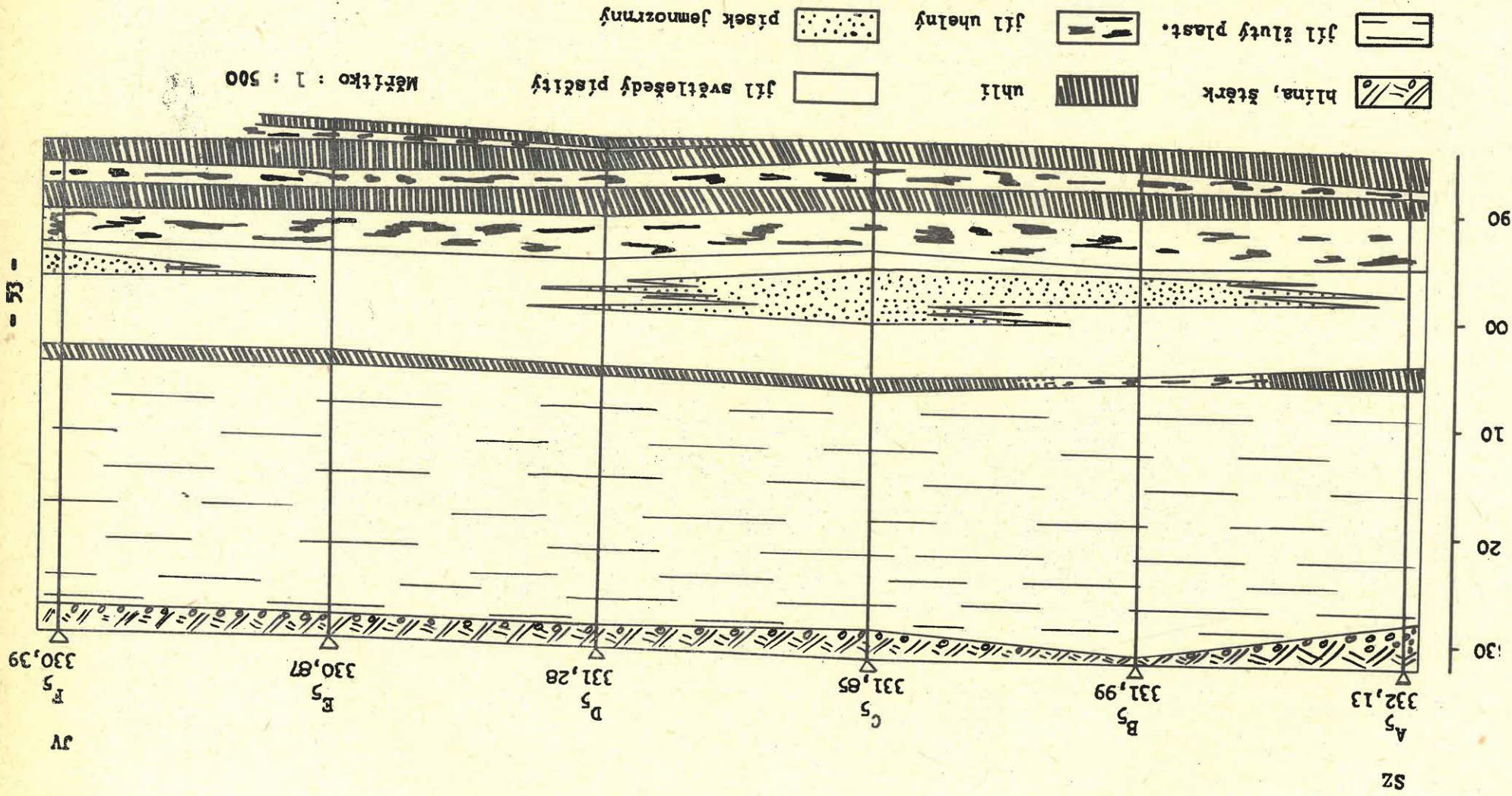
Special attention is given to the possibilities of regulating the underground water regime for coal gasification.

Further the article refers to preliminary water balance results in the generator for the underground gasification of coal and to some parameters of the produced gas.

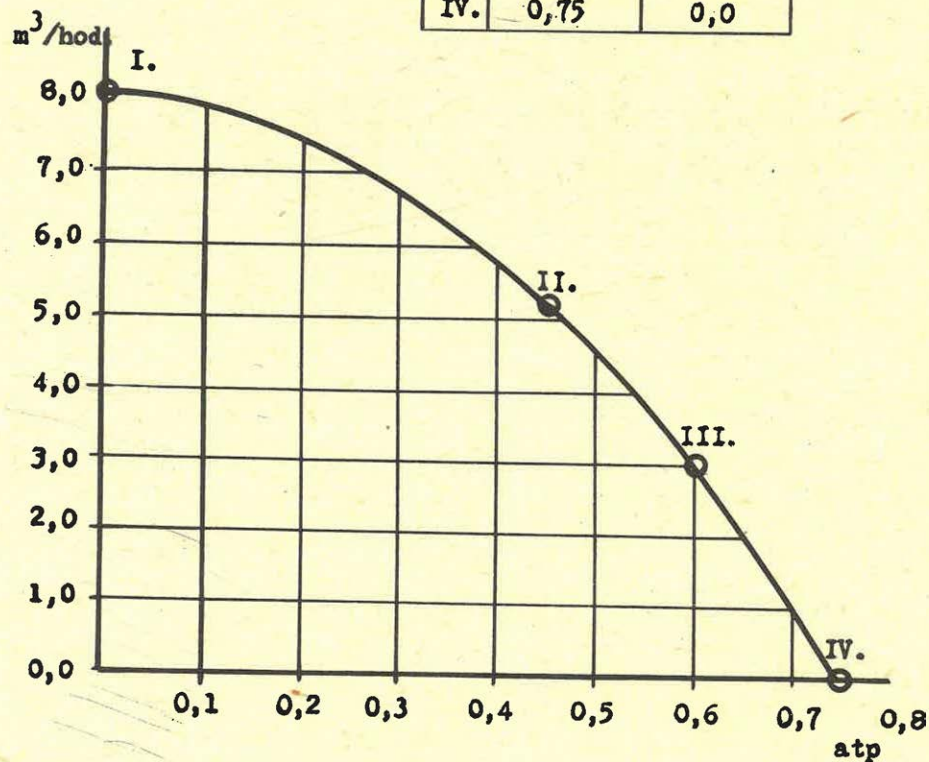
Obr. 1. Situační náčrt systému vrtů podzemního generátoru PZU Březno u Chomutova 1 : 1 000 .



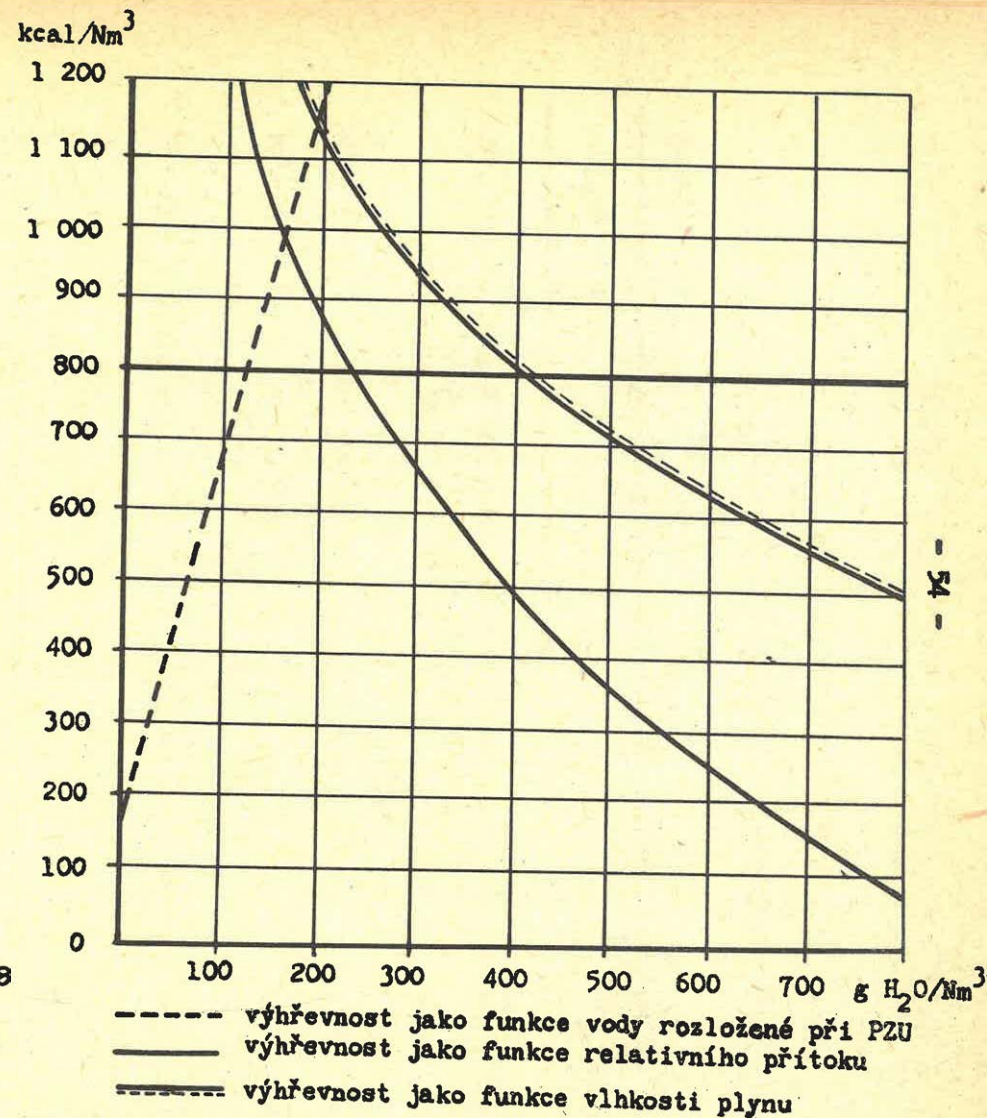
Obr. 2. Geologický řez v linii provozních vrtů 5. řady podzemního generatoru Brezno.



	$p(\text{atp})$	$Q(\text{m}^3/\text{hod})$
I.	0,00	8,1
II.	0,45	5,2
III.	0,60	3,0
IV.	0,75	0,0



Obr. 3. Graf závislosti přítoku volné vody na tlaku plyného media v podzemním generátoru PZU.



Obr. 4. Graf závislosti výhřevnosti plynu na vlhkosti, na relativním přítoku volné vody a na vodě rozložené.