

VYUŽITÍ GEOTERMÁLNÍ ENERGIE Z TUNELŮ SE ZAMĚŘENÍM NA STANICI METRA D NOVÉ DVORY

L. Mařík & J. Hobza

SAGASTA s.r.o., Praha, Czech Republic

P. Dědina

Gerotop spol. s.r.o., Liberec, Czech Republic

ABSTRAKT: Možnost získávání geotermální energie nabízí nové využití tunelů, které primárně slouží pouze k dopravním účelům. Tím se zvyšuje nejen ekonomická hodnota těchto staveb, ale v případě tunelů v městských oblastech také jejich akceptovatelnost mezi obyvateli. Tunel je pak méně vnímán jako nutná zátěž a více jako užitečný zdroj energie pro své okolí.

Vzhledem k tomu, že se jedná o bezemisní a geopoliticky nezávislý zdroj energie, začínají se o možnosti získávání geotermální energie z tunelů zajímat i významní investoři dopravních staveb v České republice. Autoři příspěvku dosud zpracovali dvě studie věnované tomuto tématu: studii pro využití geotermální energie z tunelů a stanic nové trasy metra D v Praze a studii pro využití geotermální energie pro plánované silniční a dálniční tunely ŘSD ČR.

První studii zadal Dopravní podnik hl. m. Prahy (DPP) s cílem prověřit možnosti získávání geotermální energie na budoucí trase metra D. Ve studii byly zkoumány jak stanice metra, tak mezistaniční traťové tunely. Pro jednotlivé typy konstrukcí byla navržena technická řešení jímání geotermální energie a vypočten možný energetický zisk. Výsledky studie byly prezentovány a kladně přijaty na Magistrátu hl. m. Prahy. Na jejich základě byla pro pilotní instalaci geotermálního systému vybrána jednodlní ražená stanice Nové Dvory.

Důvodem rozhodnutí byla příznivá situace v této lokalitě s přítomností tří městských společností, které splňují podmínky poskytovatele, zpracovatele a odběratele geotermální energie. Poskytovatelem zdroje bude DPP, zásobování teplem a chladem zajistí firma Pražská plynárenská, resp. její dceřiná společnost Teplo pro Prahu, a developerem nové městské čtvrti v nadloží stanice bude Pražská developerská společnost.

Z technického hlediska patří ražená jednodlní stanice Nové Dvory z pohledu integrace geotermálního systému k nejsložitějším na trase D. Předpokládá se energetické využití hlavní lodě stanice, technologických tunelů, výhyben i segmentového ostění přilehlých traťových tunelů. Požadavek na instalaci geotermálního systému bude jako pilotní projekt prvního využití této technologie v České republice součástí zadávací dokumentace pro výstavbu stanice.

1. GEOTERMÁLNÍ ENERGIE Z PODZEMNÍCH STAVEB

Využití geotermální energie pro vytápění a chlazení objektů pomocí tepelných čerpadel země-voda se úspěšně uplatňuje již několik desetiletí, a to jak u akcí malého rozsahu – rodinné domy a vilové objekty, tak u rozsáhlejších staveb a komplexů – administrativní budovy, bytové domy, školy apod. Obzvláště u větších staveb s kombinací nároků jak na topení, tak na chlazení nachází tato technologie stále větší uplatnění. U staveb tunelů je využití geotermální energie méně obvyklé, nicméně v zahraničí lze najít desítky aplikací, kde již byla tato technologie použita a je úspěšně provozována. V České republice se však tato technologie v tunelech doposud nevyužila, přestože přináší řadu výhod. Její nasazení podporuje snaha o využití obnovitelných zdrojů, klimatické změny i aktuální geopolitická situace.

1.1 VÝHODY GEOTERMÁLNÍ ENERGIE

Technologií čerpání geotermální energie z tunelů, resp. obecně ze stavebních konstrukcí v kontaktu s horninovým masivem, lze výrazně snížit náklady na výstavbu geotermálních zařízení. Tepelně

aktivované konstrukce, ke kterým v případě podzemních staveb patří ostění ražených tunelů, základové desky a podzemní stěny hloubených traťových úseků a stanic nebo vrtané piloty pro účely zajištění stability stavebních jam nebo hlubinného založení, jsou nutné z konstrukčních důvodů a mohou být navíc využity jako konstrukce pro čerpání geotermální energie, nebo ukládání zbytkového tepla vzniklého při klimatizování objektů v letních měsících. Tímto způsobem lze s relativně nízkými náklady vytvořit v porovnání s cenově nákladnými geotermálními vrty nesrovnatelně větší plochy pro čerpání i ukládání energie.

V porovnání s dalšími obnovitelnými zdroji energie, jako např. solární a větrnou energií není geotermální energie závislá na počasí nebo ročním období a může tak tyto zdroje vhodně doplňovat. Podzemní stavby jsou zpravidla umístěny tak hluboko pod povrchem, že jejich teplotní ovlivnění situací na povrchu je prakticky zanedbatelné.

I vývoj současné Evropské legislativy, která je promítána v legislativních požadavcích ČR je jasně určen směr dekarbonizace – tedy neustálé snižování emisí produkovaných provozem budov. Dle nové směrnice o energetické náročnosti budov (EPBD IV) se dokonce předepisuje nutnost produkce nulových emisí u všech nových budov, a to již od roku 2028 (veřejný sektor) a 2030 (všechny ostatní). Z tohoto úhlu pohledu jde tedy o „trendy“ zdroj, který je zároveň geopoliticky nezávislý, po dlouhá desetiletí udržitelný a schopný dodávat stabilní energii navzdory zájmům nepřátelských mocností a výkyvům cen energií.

Mezi další výhody této technologie patří:

- architektonická „netečnost“, primární zdroj je doslova schován v konstrukci, podloží, vrtech apod., na rozdíl od FVE nebo VTE parků a systémů, které veřejnost nevnímá často příliš pozitivně
- primární zdroj neprodukuje žádné emise hluku, světla, infrazvuku apod. opět na rozdíl od výše uvedených OZE
- primární zdroj slouží jak pro vytápění, tak pro chlazení a je možné jej zapojit i do tzv. studené sítě, tj. do systému sdílení energie
- životnost tohoto zdroje je řádu 100+ let, obdobně jako samotná konstrukce tunelového ostění
- systém je mechanicky velmi jednoduchý, s nízkými náklady na údržbu a provoz.

V neposlední řadě může instalace geotermálních zařízení do podzemních staveb zlepšit jejich mediální obraz a pozitivně ovlivnit veřejné mínění, které se zpravidla k výstavbě dopravních staveb staví negativně. Obce v nadloží tunelu mohou získat stabilní zdroj čisté energie relativně nezávislé na výkyvech cen elektřiny nebo plynu a dlouhodobě tak z existence tunelu profitovat.

Vzhledem k výše popsaným výhodám se začínají o využití geotermální energie z podzemních staveb zajímat i významní investoři dopravní infrastruktury v České republice. Konkrétně se jedná o Ředitelství silnic a dálnic, které zadalo technicko-ekonomickou studii pro využití geotermální energie ze silničních a dálničních tunelů ŘSD, a Dopravní podnik hl. m. Prahy, který zadal studii pro využití geotermální energie z tunelů a stanic nové trasy metra D. Tyto studie jsou popsány v dalších kapitolách. (Kap. 2-3)

1.2 PRIMÁRNÍ OKRUH TEPELENÉHO ČERPADLA V TUNELU

Primární okruh v tunelu tvoří systém potrubí pro vedení média integrovaného přímo do stavebních konstrukcí, které jsou v kontaktu s okolním horninovým masivem a systému rozdělovačů a sběračů, který zajišťuje hydraulické napojení jednotlivých okruhů na páteřní potrubí a cirkulaci média v systému. Jeho význam spočívá v tepelné aktivaci konstrukce a horninového masivu, se kterým je v kontaktu, což umožňuje jímání nízkopotenciální energie. V rámci celého geotermálního systému funguje primární okruh jako výměník tepla, kde cirkulující teplotně nosná kapalina (voda nebo nemrznoucí směs) v zimě teplo ze země odebírá nebo jej tam v létě ukládá. Tímto způsobem se může využít termodynamické setrvačnosti podzemních konstrukcí i horninového masivu k vytvoření „zemního akumulátoru“ a efektivnímu vytápění či chlazení objektů v nadloží tunelu nebo technologických objektů sloužících pro provozování tunelu.

Výstavba a umístění primárního okruhu se liší podle použité tunelovací metody. Geotermální energii lze získávat jak z cyklicky nebo kontinuálně ražených tunelů, tak i z hloubených úseků tunelů nebo stanic. Technické řešení se musí přizpůsobit konkrétní tunelovací metodě a postupu výstavby. Přitom je nutné zohlednit způsob zajištění vodonepropustnosti konstrukce. Pokud je u konvenčně ražených tunelů použito vodonepropustné ostění s těsněním pracovních spár mezi bloky betonáže, pak je možné potrubí

upevnit na primární ostění. V případě použití hydroizolační fólie musí být potrubí zpravidla umístěné do sekundárního ostění. Návrh geotermálního systému by měl zajistit, aby primární okruh neprocházel hydroizolační fólií, což by v místě prostupů zvyšovalo riziko vzniku netěsností. Prostupy hydroizolační fólií je sice možné technicky a systémově řešit, celou instalaci by to ovšem značně zkomplikovalo a prodražilo.

Současně je nutné brát v úvahu, že by instalace prvků geotermálního systému měla co nejméně ovlivnit harmonogram výstavby i složitost provádění samotného tunelu. Prodloužení doby výstavby by mělo být minimální. V zahraničí se proto u tunelů bez hydroizolační fólie často používají tzv. energetické absorbéry s potrubím upevněným do geotextilie, které umožňují rychlou plošnou instalaci s upevněním absorbéru přímo na primární ostění.

Jednotlivé absorpční smyčky primárního okruhu jsou vždy svedeny do rozdělovačů a sběračů, které regulují průtok teplotné kapaliny. Tyto komponenty mohou být umístěny v nikách přímo v ostění tunelu nebo jsou vyvedeny do systémových šachet nebo technologických prostor mimo hlavní tunelovou troubu, což značně usnadňuje údržbu a kontrolu systému. Z těchto míst je poté kapalina pomocí cirkulačních čerpadel vedena páteřním potrubím k samotnému tepelnému čerpadlu.

2. GEOTERMÁLNÍ ENERGIE ZE SILNIČNÍCH A DÁLNIČNÍCH TUNELŮ V ČR

V rámci technicko-ekonomické studie pro využití geotermální energie z tunelů ve správě ŘSD ČR byla zkoumány možnosti zabudování primárního okruhu do ostění nebo do jiných konstrukcí hloubených nebo ražených tunelů. Cílem bylo na dvou konkrétních příkladech hloubeného tunelu Suchdol na úseku 518 Ruzyně – Suchdol na silničním okruhu kolem Prahy a raženého dálničního tunelu Luka na dálnici D3 ukázat možnosti technického řešení primárního okruhu a využití energie včetně ekonomické rozvahy.

Tunel Suchdol délky 1970 m je navržen jako směrově rozdělený, dvoutroubový tunel se třemi jízdními pruhy a odstavným pruhem v každé tunelové troubě o světlé šířce 17 m. Mezi tunelovými troubami se nachází střední tunel sloužící jako vzduchotechnický kanál, kolektor a prostor pro kanalizaci. Celková šířka stropní desky tak činí 43,55 m a co do šířky tak půjde o největší tunel v České republice. Tunel prochází pásem mezi zastavěným územím Starého a Nového Suchdola a vzhledem k malé vzdálenosti od okolních staveb v nadloží ho lze považovat za tunel v intravilánu. Součástí nosné konstrukce tunelu jsou velkopřůměrové piloty, které tvoří pažení stavební jámy a společně s přibetonovanou boční stěnou tunelu zajišťují statickou funkci konstrukce tunelu. Pro geotermální aktivaci ostění se uvažuje základová deska pod tunelovými troubami, velkopřůměrové piloty a stropní deska. Potrubí pro vedení média není zabetonováno do nosných konstrukcí. Stejně tak do konstrukcí tunelu nezasahují ani šachty pro umístění rozdělovačů/sběračů, takže geotermální systém nijak neomezuje provozování tunelu a minimalizuje negativní vliv na harmonogram výstavby. Při aktivaci tunelových konstrukcí v délce cca 1 800 m lze z absorberů umístěných ve velkopřůměrových pilotách očekávat možnou roční dodávku cca 1 900 MWh tepla a 1 200 MWh chladu. Ze základové desky dosahuje vypočtený teoretický roční zisk cca 2 200 MWh tepla a 1 400 MWh chladu. Při aktivaci stropní desky ležící poměrně mělce pod terénem se uvažovalo s konzervativní hodnotou energetické výtěžnosti 13 W/m² a možnou dodávkou 3 000 MWh tepla za rok. Podmínkou pro využití geotermální energie z tunelu Suchdol pro objekty v nadloží je vybudování příslušné infrastruktury, což je v porovnání s trvalým využíváním geotermální energie z větší části jednorázová počáteční investice.

Tunel Luka je navržen jako dvoutroubový, směrově rozdělený tunel délky 1 843 m šířkové kategorie T 9,5/100 na dálničním úseku D3 Jílové - Hostěradice. V délce 1500 m je tunel ražený v prostředí vyvěřelých hornin s nadložím až 50 m pomocí NRTM, příportálové úseky jsou hloubené. Tunel se nachází v extravilánu. V jeho blízkosti se mimo provozně technologického objektu nenachází žádná další zástavba, ve které by bylo možné získanou geotermální energii využít. Hydroizolační systém tunelu je navržen dešťníkový s gravitačním odvedením podzemní vody k portálům. Pro účely modelového příkladu bylo navrženo využití jak hloubeného, tak raženého úseku tunelu v blízkosti portálů s předpokládaným využitím získané energie pouze pro potřeby provozování tunelu.

Prvním úsekem je hloubený tunel u portálu Praha, kde bude potrubí připevněno z vnější strany klenby ostění a překryto zásypem. Potrubí geotermálního systému je z jednotlivých okruhů svedeno do

rozdělovačů a sběračů v systémových šachtách a páteřním potrubím k tepelnému čerpadlu. Hloubený úsek tunelu je u pražského portálu délky 370 m. S ohledem na větší vychlazování prostor blízkých portálu bude prvních cca 25 až 30m bez energetického využití. Potrubí geotermálního systému bude před provedením zásypu upevněno na rub ostění hloubeného tunelu, překryto ochrannou vrstvou a zasypáno v rámci provádění zásypů hloubených úseků tunelů. Maximální délka jednoho hydraulického okruhu primárního výměníku se předpokládá do 200 m. Hydraulické propojení a napojení jednotlivých okruhů na rozdělovače/sběrače bude provedeno v šachtách vybavených armaturami pro uzavření, regulaci, plnění i odvzdušnění. Pro potřeby využití geotermální energie se uvažuje s aktivací obou tunelových trub v délce cca 90 m. Úsek bude rozdělen vždy do deseti okruhů. Při výpočtu bylo uvažováno s bezpečným konzervativním výkonem cca 13 W/m². V navrženém systému lze uvažovat s dodáním cca 100 MWh/rok tepla a 60 MWh/rok chladu. Vzhledem k tomu, že se jedná o hloubený úsek tunelu s hladinou podzemní vody pod úrovní dna tunelu, nebude v zásypovém materiálu docházet k výraznému proudění podzemní vody. Je proto možné geotermální systém a horninový masiv chápat jako akumulátor energie, do kterého je v letních měsících zbytkové teplo z chlazení ukládáno a v zimních měsících je z něj naopak čerpáno.

Druhý úsek je v ražené části tunelu v blízkosti portálu směrem k městu Tábor. Potrubí jednotlivých hydraulických obvodů se předpokládá připevnit přímo na primární ostění tunelu. K rozdělovačům a sběračům bude vedeno pod drenážním potrubím a průchodem betonovou patkou sekundárního ostění, aby se vyloučily prostupy hydroizolační fólií. Rozdělovače a sběrače budou v tunelu umístěny z boku na ostění do skříní, nebo je možné je z důvodu zmenšení rizika poškození při nárazu vozidla do ostění při dopravní nehodě umístit do speciálně vytvořených nik v sekundárním ostění. Ať už při umístění na ostění nebo v nikách by rozdělovače/sběrače byly zakryty nerezovým poklopem, aby byly splněny nároky na požární bezpečnost a aby se zabránilo neoprávněné manipulaci s ventily hydraulického systému. Od rozdělovačů a sběračů je vedeno páteřní potrubí opět sekundárním ostěním. Je zabetonované, takže lze využít potrubí z plastového materiálu. Páteřní potrubí je vždy dovedeno tunelem k portálu, poté je vedeno pod úrovní terénu v nezámrazné hloubce k tepelným čerpadlům.

2.1 VYUŽITÍ GEOTERMÁLNÍ ENERGIE

Získaná energie nachází uplatnění především z hlediska úspory provozních nákladů spojených vytápěním nebo chlazením provozně technologických objektů (PTO), kde je možné jí využívat pro vytápění a chlazení prostor s citlivou elektronikou řídicího systému tunelu a rozvodnami. Další významnou možností je temperování trvale zavodněného potrubí požárních vodovodů, které jsou běžně umístěny pod chodníky tunelů a vyžadují ohřev, aby se zabránilo jejich zamrznutí. Vzhledem k ohřevu požární vody pomocí tepelného čerpadla je možné snížit náklady na její ohřívání přibližně na jednu čtvrtinu.

Kromě vnitřní potřeby tunelu lze energii dodávat také externím spotřebitelům v blízkém okolí, jako jsou školy, úřady nebo nové developerské projekty. Moderním a výhodným konceptem je vytvoření takzvaných studených energetických sítí (5GDHC), které pracují s nízkými teplotami a umožňují decentralizované sdílení energie mezi objekty. V portálových úsecích nebo na navazujících mostech může geotermie sloužit také k vyhřívání vozovek, což zvyšuje bezpečnost provozu eliminací náledí.

2.2 ZÁVĚRY STUDIE

Výsledky technicko-ekonomické studie ukazují, že využití geotermální energie pro provozně technologické objekty (PTO) je výhodná při porovnání s tepelnými čerpadly čerpajícími tepelnou energii ze vzduchu, pokud se uvažuje delší investiční horizont. Prostá doba návratnosti geotermálního systému se pohybuje okolo 15 let. I když jsou počáteční investiční náklady na systém s tepelným čerpadlem zeměvoda přibližně šestkrát vyšší než u systému vzduch-vzduch, díky vysokému sezónnímu topnému faktoru (SCOP až 5,0) jsou následné provozní náklady o více než 60 % nižší. Tato úspora je klíčovým faktorem, který v dlouhodobém horizontu ospravedlňuje vyšší vstupní investici.

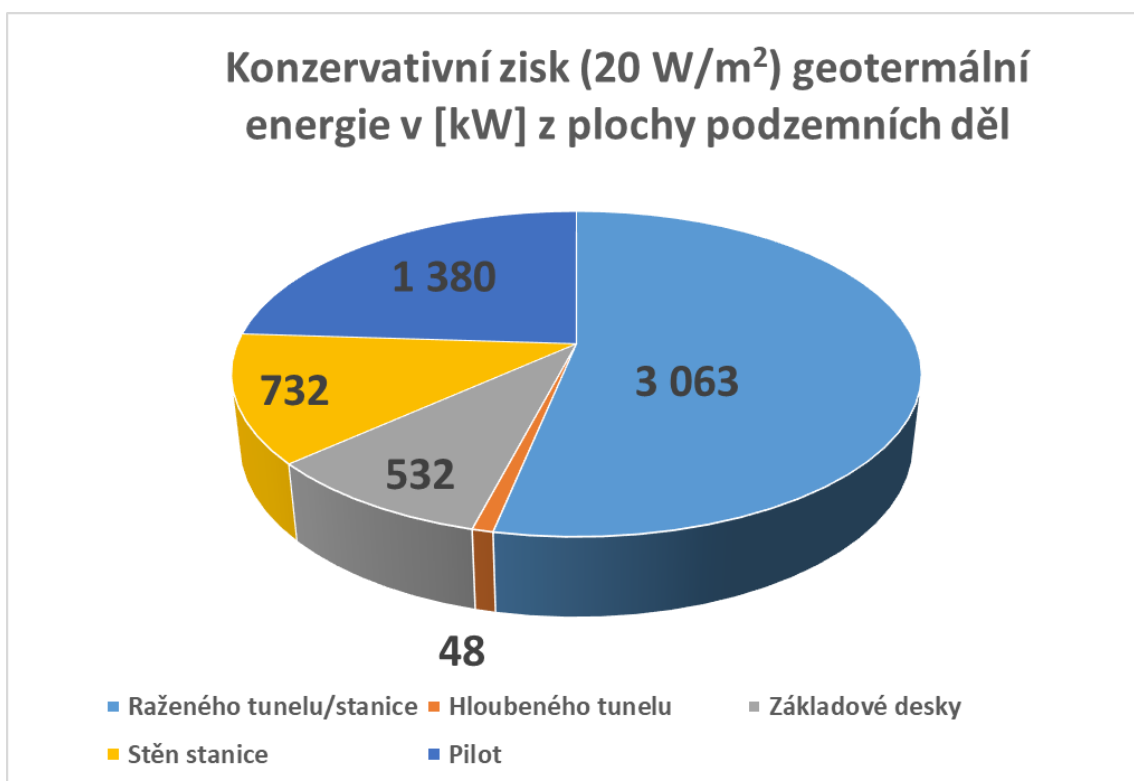
3. GEOTERMÁLNÍ ENERGIE ZE STANICE METRA D NOVÉ DVORY

3.1 STUDIE

Prvním krokem pro projekt geotermie ve stanici Nové Dvory byla studie využití geotermální energie Metra I. D zadaná magistrátem hl. m. Prahy. Motivací byl Klimatický plán hl. m. Prahy do roku 2030, jehož jedním z klíčových pilířů je využívání vysoce účinných tepelných čerpadel, která nahrazují klasické spalovací zdroje tepla nebo soustavy závislé na fosilních palivech. Realizace těchto energetických systémů v rámci metra je navíc v souladu s požadavky Taxonomie EU, jelikož tato zařízení dokáží vyrábět užitečnou energii s měrnými emisemi CO₂ do 100 kg na 1 MWh. Tento ekologický přístup zároveň odpovídá rostoucím nárokům na standardy ESG, které jsou dnes prioritou pro institucionální investory při realizaci nových nebytových staveb.

Z hlediska ekonomické efektivity byl hlavním impulsem fakt, že u metra zcela odpadá nutnost provádět nákladné vrtací či výkopové práce pro umístění primárního okruhu tepelného čerpadla. Navíc v okolí budoucích stanic metra D má vzniknout rozsáhlá nadzemní zástavba, která by mohla energii z metra využít, a proto bylo vhodné prověřit, jak významným energetickým zdrojem může být trasa metra.

Hlavním předmětem studie je posouzení energetického potenciálu části trasy pražského Metra I.D, konkrétně úseku od stanice Olbrachtova až po Depo Písnice za účelem jímání nízkopotenciálního zemského tepla pomocí tepelných čerpadel. Studie byla zpracována na základě odborných odhadů využívajících dostupnou literaturu a stávající projektovou dokumentaci z let 2014 a 2019, jelikož dosavadní geotechnické průzkumy nebyly zaměřeny na parametry pro získávání geotermální energie.



Obrázek 1: Rozdělení teoretického zisku geotermální energie pro hodnotu 20 W/m² na úseku metra I.D

3.2 VOLBA LOKACE PRO JÍMÁNÍ GEOTERMÁLNÍ ENERGIE

Studie uvažovala o tepelné aktivaci širokého spektra konstrukčních prvků, které jsou v přímém kontaktu s horninovým masivem nebo zeminou. Jednalo se o tyto prvky: Ostění ražených tunelů, hloubených tunelů a stanic, základové desky hloubených stanic a piloty sloužící pro dočasné zajištění stavebních jam. Kromě těchto konstrukcí studie zmiňuje i možnost využití zbytkového tepla z odpadního vzduchu ve větracích šachtách (výduších).

Byl proveden výpočet energetického potenciálu pro jednotlivé stanice a mezistaniční úseky metra. Při jednotném předpokládaném zisku 20 W/m² stanoveného na základě empirických zkušeností z jiných staveb, činí celkový teoretický výkon pro celou sledovanou trasu cca 5,5 MW.

Po dokončení studie byla vedena diskuze nad možnostmi využití geotermální energie pro budoucí nadzemní zástavbu (bytové domy, administrativní budovy, školy). Nakonec byla vybrána pro výstavbu geotermálního zařízení stanice Nové Dvory. Důvodem k tomu byl fakt, že plánovaná výstavba v okolí stanice má být realizována městskou společností PDS (Pražská Developerská Společnost), bylo by tedy možné snáze najít shodu o vhodné formě spolupráce. V zájmovém území má být v několika objektech vybudováno více než 100 tis. m² ploch.

Stanice Nové Dvory je velkou technickou výzvou. Jedná se o jednodlní raženou podzemní stanici s eskalátorem vstupujícím do středu lodi, což dělá ze stanice jednu z nejkomplicovanějších podzemních staveb v České republice. Pro představu: Výška klenby v křížení s eskalátorovým tunelem dosahuje přibližně 24 m. Vzhledem ke komplikovanosti výstavby stanice je komplikovaná i výstavba geotermálního zařízení. Kdyby se zvolila pro aplikaci geotermie hloubená stanice, dalo by se pro výstavbu primárního okruhu využít technologií, které se běžně využívají i v pozemních stavbách, energeticky aktivované podzemní stěny nebo energeticky aktivované piloty. Nicméně jako rozhodující pro volbu lokace se ukázala synergie tří pražských společností, respektive Dopravního podniku hl. m. Prahy (DPP), Pražské developerské společnosti (PDS) a Tepla pro Prahu.

Dopravní podnik hl. m. Prahy (DPP) jako vlastník infrastruktury metra umožňuje přímou integraci energetických absorbérů do konstrukcí budoucích tunelů a stanic. Pražská developerská společnost (PDS) připravuje v okolí stanice rozsáhlou nadzemní výstavbu, která bude hlavním odběratelem získaného tepla a chladu. Včasná koordinace se záměrem výstavby geotermálního zařízení umožňuje navrhnout budovy již od fáze studie tak, aby byly ideálně přizpůsobeny pro nízkoteplotní vytápění a chlazení pomocí tepelných čerpadel.

Jako správce geotermálního systému na Nových Dvorech bude pravděpodobně energetická distribuční společnost Tepla pro Prahu. Role správce zahrnuje:

- Provoz a údržbu: Správce odpovídá za chod tepelných čerpadel a pravidelnou kontrolu primárního okruhu včetně rozdělovačů a sběračů.
- Distribuce energie: Správce je zodpovědný za distribuci energie v nadzemní části geotermálního systému. Prodává energii koncovým spotřebitelům v nadzemní zástavbě, zajišťuje smluvní vztahy.
- Optimalizace: Správce musí sledovat energetickou bilanci systému (poměr mezi odběrem tepla v zimě a ukládáním tepla při chlazení v létě), aby nedošlo k tepelnému vyčerpání či „vymrazení“ horninového masivu.

Díky tomu, že jsou všechny tyto subjekty kontrolovány hlavním městem Prahou, je mnohem snazší najít shodu na technickém řešení a majetkoprávních vztazích.

3.3 PROJEKTOVÁNÍ VE FÁZI ZADÁVACÍ DOKUMENTACE

3.3.1 Technické výzvy

Projektové práce se od začátku potýkaly s řadou výzev. Problémem byl fakt, že projekt geotermie byl zahrnut do projektování výstavby metra I.D později, což působilo potíže v koordinaci. Muselo se dodatečně řešit umístění absorbérů, páteřního potrubí, rozdělovačů a sběračů.

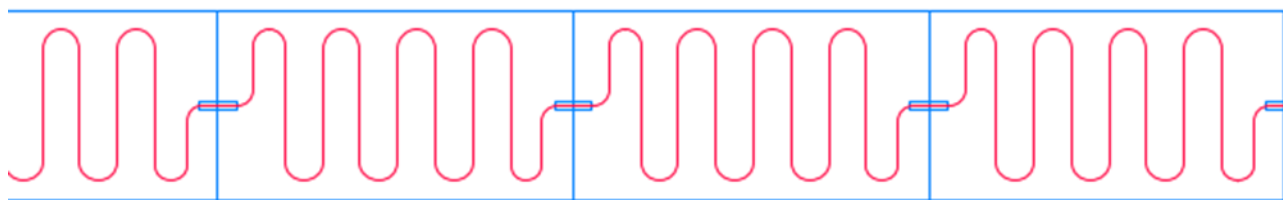
Kromě této koordinace v podzemí bylo současně nutné řešit koordinaci i s nadzemní částí. Klíčové bylo najít prostor, kudy vyvést páteřní potrubí z podzemí, a současně uspokojit požadavky pro nadzemní zástavbu. Nakonec byl určen bod napojení na nadzemní část umístěn do šachty pro inženýrské sítě přilehlé k objektu „Vestibul jih“. Tam bude dočasně provizorně zakončeno páteřní potrubí, než dojde k výstavbě nadzemních objektů a napojení nadzemní části geotermálního systému.

s předpokládanou životností srovnatelnou např. s životností hydroizolační fólie stanice. Potrubí je v konstrukcích ukládáno ve smyčkách s osovou roztečí přibližně 300 mm. Jednotlivé okruhy jsou napojeny na systémové rozdělovače a sběrače, buď přímo přes svěrné šroubení, nebo pomocí nerezových vlnovců. Tyto rozdělovače a sběrače umožňují automatickou regulaci průtoku pro každou smyčku.

Jímací potrubí je umístěno v sekundárním ostění objektů stanice ražených NRTM a v navazujících úsecích traťových tunelů ražených pomocí TBM.

V úsecích ražených konvenční metodou NRTM je jímací potrubí instalováno přímo do sekundárního monolitického ostění v horní i spodní klenbě. Je umístěno jak v hlavní lodi stanice, tak i v dalších objektech jako je výhybna stanice či větrací tunel. Nevhodná místa v ostění pro umístění potrubí jsou kvůli náročnosti vynechána (čelní stěny, křížení objektů).

U traťových tunelů realizovaných pomocí tunelovacích strojů TBM je jímací potrubí integrováno do prefabrikovaného segmentového ostění, přičemž jeden prstenec tvoří jeden ucelený jímací okruh. Absorbéry se do těchto segmentů vkládají již během jejich výroby, kde se bodově připevňují k hlavní nosné výztuži na vnějším líci tak, aby zůstala zachována krycí vrstva betonu. Pro následné propojování potrubí jsou segmenty vybaveny speciálními spojovacími nikami, které jsou umístěny na vnitřním líci ostění. Po osazení segmentů v tunelu se potrubí v těchto nikách vzájemně propojí a na dně ostění se vyvede směrem k rozdělovači a sběrači skrze kolejový beton. Celý technologický proces je v závěrečné fázi výstavby dokončen vyplněním spojovacích nik betonovou stěrkou.



Obrázek 3: Schéma jímacího potrubí na rozvinutém prstenci segmentového ostění

3.4 VÝHLED DO BUDOUCNA

Projekt výstavby geotermálního zařízení ve stanici metra D Nové Dvory není v době psaní tohoto článku se zhotovitelem smluvně zajištěn. V plánu je ho přidat ke smlouvě na výstavbu metra jako dodatek, což znamená, že samotný projekt výstavby geotermálního zařízení neprojde veřejnou soutěží.

Vzhledem k probíhajícím soudním sporům není známo, kdy dojde k zahájení výstavby geotermálního zařízení ani k výstavbě samotné stanice Nové Dvory.

Po dokončení podzemní části geotermie bude vytvořena energetická studená síť, k níž budou připojeny i další zdroje energie. Vnikající nadzemní zástavba bude ke studené síti postupně připojována. Předpokládá se, že geotermální energie z metra dodá cca 0,45 MW zdrojového výkonu. Součástí provozu bude i monitoring, zejména monitoring teplot, který nastaví optimální provoz geotermálního systému a zamezení nežádoucích stavů jako je vysrážení vzdušné vlhkosti na povrchu ostění nebo „vymrazení“ horninového masivu. Konkrétní a reálné energetické pokrytí tímto zdrojem tak bude možné vyhodnotit až po prvních letech provozu. Zahraniční zkušenosti s provozem těchto systémů již ovšem existují a jsou velmi pozitivní.

4. ZÁVĚR

Pilotní projekt stanice Nové Dvory na nové trase metra D potvrdil, že i v technicky nejnáročnějších podmínkách ražených podzemních děl lze úspěšně integrovat jímací systémy do monolitického ostění či prefabrikovaných tybinků, aniž by byla narušena integrita hydroizolace, snížena požární bezpečnost nebo docházelo k nepřiměřeným dodatečným opatřením, které by prodražily samotnou stavbu. Rozhodujícím faktorem pro projekt se ukázala synergie pražských městských společností DPP, PDS a Teplo pro Prahu, která umožňuje efektivní koordinaci mezi zdrojem energie v podzemí a budoucí nadzemní zástavbou.

Autoři věří v pokračování projektu jeho realizací a následným provozem. Pokud se tak stane, bude se jednat nejenom o první aplikaci využití geotermální energie z tunelů v České republice, ale půjde i o unikátní projekt co do rozsahu a komplikovanosti. Úspěšná realizace tohoto projektu tak otevře cestu pro širší uplatnění geotermie v dalších plánovaných silničních, dálničních i železničních podzemních stavbách po celé České republice.

Geotermální energie najde uplatnění zejména v městských tunelech, ze kterých lze dodávat geotermální energii do okolních budov a plně využít možný energetický zisk tunelu. Jde o inovativní řešení vytápění a chlazení budov, které přispívá k plnění klimatických cílů a ke geopolitické nezávislosti na zahraničních zdrojích energie. Zároveň může využití geotermální energie zvýšit akceptovatelnost tunelových staveb u široké veřejnosti. Jak ukázala studie zpracovaná pro ŘSD, další využití energie může být v samotných tunelech, čímž lze dosáhnout úspor provozních nákladů tunelů.

Pro zavedení této v České republice nové technologie bude nutné nejen zvládnout všechna úskalí technického řešení, ale i neméně důležitou a pro většinu lidí přirozenou nedůvěru ve vše nové a nalézt v oboru dostatek entuziastů, kteří budou chtít prosazení této myšlenky věnovat svou energii a čas.

Ing. Libor Mařík
Sagasta s.r.o.
libor.marik@sagasta.cz

Ing. Jáchym Hobza
Sagasta s.r.o.
jachym.hobza@sagasta.cz

Ing. Pavel Dědina
Gerotop spol. s.r.o.
p.dedina@gerotop.cz