

**MODERNIZÁCIA ŽELEZNIČNEJ TRATE HOLM-NYKIRKE, ČASŤ UHN-07
SNEKKESTAD - NÓRSKO**

**MODERNISATION OF THE RAILWAY LINE HOLM-NYKIRKE, PART UHN-07
SNEKKESTAD - NORWAY**

Oliver Horváth¹

ABSTRAKT

Článok popisuje razenie prístupového, hlavného a únikového tunela Snekkestad na novej dvojkolajovej železničnej trati na trase Holm – Nykirke v Nórsku. Stavba je súčasťou rozsiahleho projektu modernizácie trate Vestfold (Oslo – región Vestfold/Grenland), asi 80 km južne od hlavného mesta Nórska - Oslo. Celá trasa trate Holm – Nykirke v dĺžke 14,1 km pozostáva z 12,3 km dlhého dvojkolajového železničného tunela prierezu 133,1 m². Súčasťou projektu je aj výstavba podzemného terminálu pri meste Holmestrand, kde bude v dĺžke 850 m zväčšený prierez až na 500 m². Cieľom modernizácie trate je dosiahnuť zvýšenie dopravnej rýchlosti vlaku na 250 km/h a zníženie času prepravy do Osla o jednu tretinu.

Realizácia projektu bola rozdelená do 5 častí. Žilinská spoločnosť TuCon a. s. realizovala raziace práce na najjužnejšej časti UHN-07 Snekkestad v čase od augusta 2011 do decembra 2014. Razili sa tri tunely - 325 m dlhý prístupový tunel R13, 2100 m dlhý hlavný tunel (Holm a Fegstad) a 388 m dlhý únikový tunel R12 Almedal, všetky podľa zásad Nórskej tunelovacej metódy. Zvláštnosťou bolo razenie geologicky problematického 60 m úseku tunela Fegstad pod ochranným dáždnikom tvoreným mikropilótami DN 114/6,3 mm, striekaným betónom s oceľovou sieťovinou a oblúkovou výstužou HEB200.

ABSTRACT

The article describes the driving of the access, main and escape tunnel Snekkestad on a new double-track railway line on the route Holm – Nykirke in Norway. The construction is part of a major project of the modernisation of the Vestfold line (Oslo – Vestfold/Grenland region) about 80 km south of the capital of Norway - Oslo. The whole 14.1 km long route of the Holm – Nykirke line consists of a 12.3 km long double-track railway tunnel with a cross-section of 133.1 m². The project includes the construction of an underground terminal near the town of Holmestrand, where the cross-section will be enlarged up to 500 m² along a 850 m long section. The aim of the modernisation of the line is to achieve an increase of the transport speed of the train to 250 km/h and a reduction of the transport time to Oslo by one third.

The implementation of the project has been divided into 5 parts. The company from Žilina TuCon a.s. performed driving operations on the southernmost part UHN-07 Snekkestad in the period from August 2011 to December 2014. Three tunnels were driven - the 325 m long access tunnel R13, the 2100 m long main tunnel (Holm and Fegstad) and the 388 m long escape tunnel R12 Almedal, all according to the principles of the Norwegian tunnelling method. A curiosity was the driving of the geologically problematic 60 m long tunnel section

¹ Ing. Oliver Horvath, TuCon, a.s., K cintorínu 63, 010 04 Žilina – Bánová, tel.: + 421 917 884 003, e-mail: oliver.horvath@tucon.sk

Fegstad under a protective umbrella made up of DN 114/6.3 mm, micropiles, shotcrete with steel mesh and arch reinforcement HEB200.

1 ÚVOD

Dopravný systém v Nórsku je veľmi komplikovaný. Hustota železníc je pomerne riedka, veľmi hustá je naproti tomu cestná sieť. Rozsiahla je vzhľadom k počtu obyvateľov námorná doprava, avšak tá slúži prevažne k medzinárodnému obchodu.

Z vnútrozemskej dopravy pripadá asi 40 % na železničnú dopravu. Dĺžka železničnej siete je 4 087 km a dĺžka asfaltových komunikácií je asi 9 000 km. Železničné spojenie so severom (Narvik) je však možné iba cez švédske územie. Najrozvinutejšia železničná sieť je hlavne v okolí Osla a v južnej časti krajiny. Z celkovej dĺžky tratí je 2 622 km elektrifikovaných, 241 km je dvojkoľajných a 64 km je vysokorýchlostných (do 250 km/h). Na tejto relatívne riedkej sieti sa nachádza 696 železničných tunelov.

Štátna železničná spoločnosť Jernbaneverket sa pod záštitou nórskej vlády v roku 2010 podujala k ambicióznemu modernizácii železničnej siete.

Jednou z dôležitých etáp modernizácie je výstavba modernej železničnej dvojkoľajnej trate Holm-Nykirke na juhu Nórska. Cieľom projektu je urýchliť a zefektívniť spojenie medzi Oslom a južným Nórskom. Projekt zahŕňa 14,1 km dvojkoľajnej trate, z ktorej 12,3 km je vedených tunelom.

Projekt je rozdelený na 5 častí:

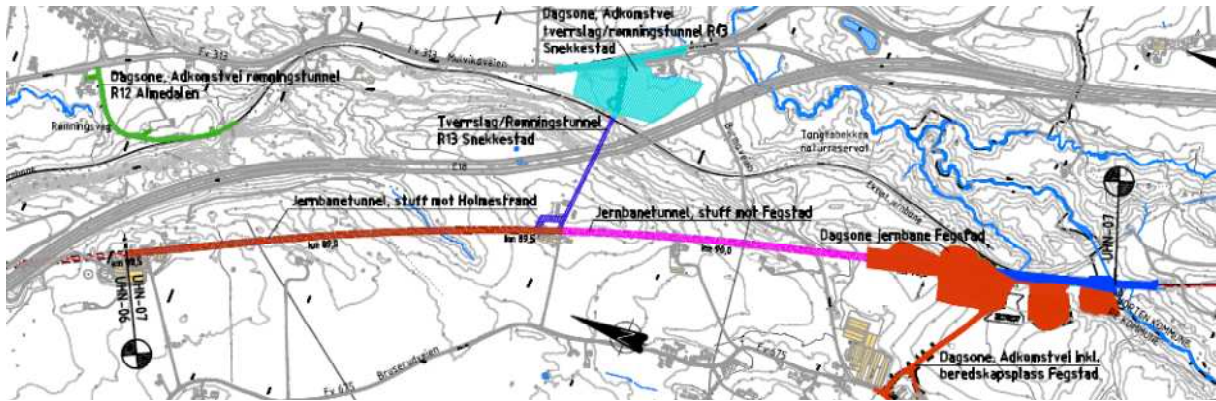
- UHN 01 Sjøskogen
- UHN 03 Holm
- UHN 045 Stasjon
- UHN 06 Fibo
- UHN 07 Snekkestad

Hlavným zhotoviteľom časti UHN 07 Snekkestad bolo MARTI IAV DA (združenie tvorené islandskou firmou IAV a Hf a Marti Contractors zo Švajčiarska). Hodnota kontraktu je 414 mil. NOK a celý projekt má byť uvedený do prevádzky na jeseň 2016.

Pri výstavbe tunela sa používal škandinávsky typ razenia tunelov – tzv. nórska tunelovacia metóda (NMT). NMT bola vyvinutá v Škandinávii pre razenie tunelov v tvrdých, netlačivých, rozpukaných horninách. Jej hlavnými rysmi je veľmi rýchly postup razenia, vysoký stupeň mechanizácie a nízke náklady.

Spoločnosť TuCon sa stala hlavným subdodávateľom pre MARTI IAV DA s cieľom vyraziť:

- prístupový tunel **R13** o dĺžke cca 320 m a profile 53 m²
- prekladacie miesto na križovaní hlavného tunela a prístupového tunela R13 (**Kryssområde og Omlastestasjon**) o objeme cca 7 300 m³
- hlavný tunel **Fegstad a Holm** o dĺžke 2 080 m a profile 133 m²
- únikový tunel **R12** o profile 25 m² v dĺžke 388 m.



Obr. 1 Schematický plán projektu UHN 07 Snekkestad
 Fig. 1 Schematic plan of the UHN 07 Snekkestad project

2 RAZENIE PRÍSTUPOVÉHO TUNELA R13

Zamestnanci spoločnosti TuCon nastúpili na stavbu začiatkom augusta 2011. Pretože sa jednalo o prístupový tunel v skalnom masíve, zhotoviteľ mal záujem čo najmenej zmeniť pôvodný vzhľad terénu. Z toho dôvodu bol portál tunela zaistený len 5 m dlhými ihlami v klenbe a skalnými PC kotvami spolu so striekaným betónom. Prvý odstrel sa uskutočnil už 19.8.2011.

Postup prác na razení:

- Úsek v staničení 325 – 320 bol razený deleným výlomom a krátkymi zábermi, pretože sa jednalo o vyrovnanie terénu do kolmej roviny. Zároveň to bol čas na zacvičenie osádky pre realizovanie trhacích prác. Boli stanovené prísne bezpečnostné opatrenia vzhľadom na blízkosť zástavby a miestnej komunikácie. Každý odstrel musel byť koordinovaný so zhotoviteľom (ten zabezpečoval prípadné odstavenie prevádzky železničnej trate nad tunelom) a bolo nutné kvôli rozletu odstaviť premávku na ceste č. 313.
- Úsek v staničení 320 – 304 - boli realizované 2 a 3 metrové zábery.
- Úsek v staničení 304 – 280 - vrtali sa 5 metrové zábery.
- Úsek v staničení 280 – 275 - zábery sa zredukovali kvôli zlej geológii na dĺžku 2,5 m. Na úseku 285 – 277,5 vznikol niekoľko m³ geologický nadprofil, preto bolo nutné zaistenie zosilniť ihlami priemeru 32 mm a tromi oblúkmi tvorenými 6 prútmi priemeru 20 mm.
- Úsek v staničení 275 – 233 - znova 5 metrové zábery.
- Úsek v staničení 233 – 216 - odstrel sa zredukoval na 3 m. V tomto úseku tunel pretínal trasu jestvujúceho diaľničného tunela Brekktunnel. Bola zredukovaná aj veľkosť a časový rozvrh jednotlivých náloží, pretože na vozovke diaľničného tunela boli umiestnené seizmické senzory a vibrácie boli prísne sledované. Efektivita odstrelov bola nižšia, častokrát bolo nutné priberať nedostatočne vybratý profil.
- Úsek v staničení 216 – 36 plánované vrtanie na dĺžku záberov 5 m, ale reálne dosahovaná dĺžka bola 4,1 m.



Obr. 2 Letecký pohľad na stavenisko a portál tunela R13
Fig. 2 Aerial view of the site area and R13 tunnel portal

Prvý odstrel s použitím emulznej trhaviny sa uskutočnil 28.10.2011 na staničení 191. Po zaškolení na nabíjacej jednotke systému Red Devil od firmy Austin Powder Norge sa nabíjacie práce značne urýchlili. Neprešlo sa však celoplošne na emulziu, ale nabíjanie bolo kombinované klasickou náložkovou trhavinou Austrogel v zálome, resp. v spodných vývrtoch. Obrysovú vývrty boli nabíjané 22 mm alebo 17 mm náložkami Kemix pipecharge s cieľom zabezpečiť čo najšetrnejší výlom.

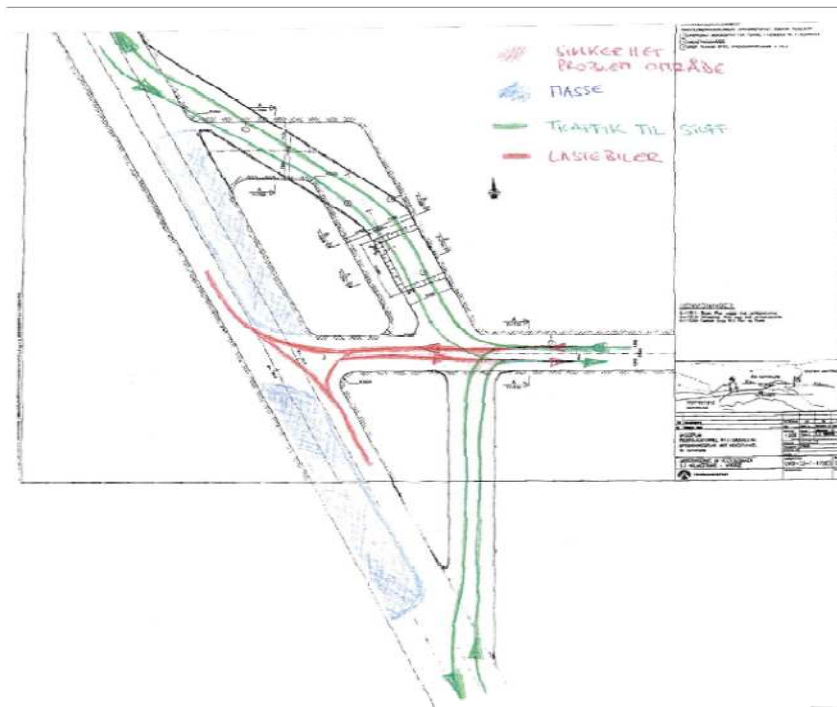
Špecifickou činnosťou bola odťažba, pretože hornina sa nsmela vozit' na skládku na stavbe, ale bola odvázaná veľkokapacitnými nákladnými autami na neďalekú stavbu diaľnice. Hornina bola nakladaná priamo v tuneli nakladačom Komatsu WA 500 s bočným výsypom.

Vrtné práce boli vykonávané moderným vrtačím vozom Sandvik DT 1130 i. Bol vybavený 3 lafetami a pracovnou plošinou. Krajné lafety boli vybavené automatickými podávačmi vrtných tyčí pre vrtanie dlhých vývrtov.

Podstatou Nórskej tunelovacej metódy je vysokotlaká injektáž predpolia. Pri razení tunela R13 sa pracovníci zaškolili na injektážnej jednotke Atlas Copco Unigrout EH 110. Zhotoviteľ stanovil pred razením zainjektovať horninu v predpolí razenia do dĺžky cca 25 m a potom vyraziť 3 zábery o dĺžke 5 m. Týmto systémom boli realizované raziace práce na celom projekte. V tuneli R 13 sa navráta sieť 34 vývrtov dĺžky 24 m a tie sa zainjektovali zmesou priemyselného cementu, plastifikátora, vody a urýchľovača pod tlakom až 100 bar. Po ukončení injektáže a odobratí injektážnych tyčí z vývrtov sa mohlo okamžite pristúpiť k vrtaniu vývrtov pre aplikáciu trhavín.

3 RAZENIE PRIESTOROV MEDZISKLÁDKY

Pôvodný plán Jernbaneverket bol na návrh MARTI IAV DA pozmenený. K projektovanému severnému bypassu, ktorý mal slúžiť ako medziskládka, pribudol aj južný bypass. Nový návrh zmenil celkovú koncepciu tak, že obidva bypassy slúžili ako prístupové cesty do severnej aj južnej tunelovej rúry, a medziskládka sa situovala do hlavného tunela. Tým sa zlepšila organizácia logistiky a znížili sa bezpečnostné riziká.



Obr. 3 Návrh zmeny umiestnenia medziskládky
Fig. 3 Proposal for the modification of the temporary dump pile location

4 RAZENIE HLAVNEJ TUNELOVEJ RÚRY SMER FEGSTAD A HOLM

Hlavný tunel v rámci projektu UHN 07 predstavoval 2 106 m včítane medziskládky. Južná rúra (smer Fegstad) bola razená dovrchne a vyúsťovala južným portálom, ktorý ukončoval projekt Holm-Nykirke. Severná rúra (smer Holm) bola razená úpadne a nadväzovala na tunel časti UHN 06 Fibo, ktorý razila spoločnosť Skanska.

V tuneli **Fegstad** boli razené výklenky:

- Signalnisje
- Telenisje
- každých 160 m otvory pre kanalizačné studne.

Posledných 300 m sa profil postupne zväčšoval zo štandardných 133 m² až na 179,6 m² pri zachovaní výlomu na plný profil.

V počve tunela boli na strane kanála každých 160 m prehĺbené otvory pre umiestnenie kanalizačných studní.

Na zaistenie ostenia pri razení hlavného tunela sa používal striekajúci betón s plastovými vláknami. Hrúbka nástreku sa pohybovala od 8 – 12 cm, výnimočne viac. Po celom obvode bol výlom osadený skalnými kotvami typu PC (kombinačné kotvy) o dĺžke 2,4 – 5 m, s rastrom 1,5 – 2,5 m.

5 RAZENIE 60 m TUNELA FEGSTAD POD OCHRANNÝM DÁŽDNIKOM

V staničení cca 90 170 došlo k zhoršeniu stabilných vlastností horniny v strope tunela. Geologické zloženie nadložja a jeho hrúbka sa výrazne zmenili a ukázalo sa, že práve nedôkladný geologický prieskum zo strany investora bol príčinou spomalenia postupu razenia. Práce sa dostali k úseku dlhému približne 60 m, ktorého nadložie tvoril skalný masív v hrúbke približne 3 m a nad ním bolo asi 10 – 15 m nesúdržnej zemin.

Od staničenia 90 178 boli zábery zredukované na 3 m. Od staničenia 90 185 do 90 190 bola výstuž posilnená o 3 oblúky z oceľových prútov a v ľavej časti klenby boli inštalované 6 m ihly priemeru 32 mm. Tie boli pospájané radiálnymi kotvami a oceľovými pásikmi (rock stripes).

Dňa 25.1.2013 večer Štátna železničná spoločnosť Jernbaneverket (JBV) razenie pozastavila. Externý subdodávateľ zriadil doplňujúce jadrové vrty a tie preukázali zlé geologické pomery najmenej v dĺžke 50 m tunela. Koncom 8. týždňa JBV rozhodla dočasne obísť kritický úsek vyrazením pilotného tunela v úrovni počvy. Koncom februára 2013 sa začal raziť pilotný tunel o profile 53 m². Po vyrazení 36 m pilotného tunela JBV práce zastavila a rokovala s Marti IAV DA o ďalšom riešení. Koncom marca sa rozhodlo o vyrazení kritických 60 m pod ochranným dáždnikom tvoreným mikropilótami DN 114/6,3mm (obr. 4) a metódou kalota-lavica s použitím oceľovej oblúkovej výstuže typu HEB 200. Po zabezpečení potrebného materiálu a strojného vybavenia sa práce začali 10.4.2013. Od toho termínu bolo v úseku 90 190 – 90 250 zhotovených 8 polí dáždnika, v každom 7 oblúkov oceľovej výstuže. Pri injektážach sa zredukoval tlak z 80 na 30 barov, aby sa zamedzilo úniku zmesi na povrch. Po ukončení dáždnika sa vytlačila rampa a razila sa lavica v 2 – 3 m záberoch. Práce na razení dáždnika vrátane lavice sa ukončili 6.8.2013. Za úsekom dáždnika sa výlom zaistil 4 oblúkmi z oceľových prútov (staničenie 90 250 – 90 268). Do konca augusta sa razili 3 – 5 m zábery v plnom profile a geologická situácia sa výrazne zlepšila.

Zástupcovia objednávateľa boli s navrhnutým technickým riešením, ako aj s vykonaním prác veľmi spokojní. Toto riešenie bolo v podmienkach škandinávskych krajín unikátne, pretože doposiaľ sa pri razení v Škandinávii nepoužilo.



Obr. 4 Vrtanie dáždnika v tuneli Fegstad
Fig. 4 Drilling the canopy tube pre-support in the Fegstad tunnel

6 RAZENIE ÚNIKOVÉHO TUNELA R12 ALMEDAL

Únikový tunel R12 o profile 25 m² sa razil z tunela Holm v staničení 89 600. Práce v R12 boli spojené s vyrazením bypassu a technickej kaverny rozmerov 15 x 27 m. Vyústenie tunela bolo plánované cca 4 m od stávajúcej železničnej trate. To malo za následok množstvo bezpečnostných opatrení a prevádzkových obmedzení. Posledný odstrel bol plánovaný tak,

aby po jeho vykonaní zostal horninový celík cca 2 m. Ten sa potom dokončil len hydraulickým kladivom.

7 INJEKTÁŽ PREDPOLIA AKO IZOLÁCIA TUNELA PROTI PRÍTOKOM VODY

Injektáž predpolia je základnou operáciou nórskej tunelovacej metódy. Na projekte Snekkestad sa injektáž horninového masívu vykonávala systematicky každých 15 m (3 x 5 m zábery).

Do vývrtov boli osadené obturátory od firmy Codan a injektážne rúry dĺžky 3 m. V prípade, že po odobratí 3 m rúry došlo k výtoku injektážnej zmesi, dodatočne sa diera utesnila 1,5 m rúrou s obturátorom.

Všetky rúry boli poprepájané bezpečnostnou reťazou, ktorá zabránila vysunutiu a vystreleniu rúry z diery pod veľkým tlakom.

Na tlačenie injektážnej zmesi bola použitá injektážna jednotka Atlas Copco Unigrout EH 110 so 4 čerpadlami. Tlak pri čerpaní bol dosahovaný 100 bar, bežne sa používal tlak 80 bar. Na výrobu zmesi bol použitý priemyselný cement s urýchľovačom a superplastifikátorom. Priemerne sa čerpalo do dier cca 1200 litrov zmesi. Pokiaľ nedochádzalo ani po načerpaní 1200 l k zvýšeniu tlaku na limit, používal sa urýchľovač.

Injektážny cement bol balený v „Big bag“ vreciach o hmotnosti 1 t a tie sa dopravovali vysokozdvížným vozíkom a vysypávali do dvoch síl na injektážnej jednotke. Neskôr sa zakúpilo pojazdné silo s kapacitou cca 25 t a to výrazne znížilo prácnosť pri plnení injektážnej jednotky.

Použitie systematickej injektáže sa ukázalo ako veľmi efektívne, pretože horninové prostredie bolo pred začatím razenia bez prítokov vody a zároveň spevnené.



Obr. 5 Injektáž prístupového tunela R13
Fig. 5 Grouting of the access R13 tunnel

8 Záver

Začiatkom roka 2014 bolo úspešne dokončené razenie všetkých objektov projektu. Počas výstavby tohto diela sa firme TuCon, a. s. Žilina podarilo naplniť ciele a očakávania investora a zároveň dodržať vysoké nároky na dobrú organizáciu práce a nasadenie zamestnancov.

Zároveň to bola neoceniteľná skúsenosť pre razičov, ktorí museli zvládnuť množstvo neočakávaných situácií.

Objednávateľ kládol vysoký dôraz na zachovanie škandinávskych bezpečnostných štandardov, čo v konečnom dôsledku prispelo k tomu, že počas pôsobenia firmy TuCon na projekte nedošlo k žiadnemu vážnemu pracovnému úrazu.

Vďaka pozitívnym dojmom z kvalitnej odvedenej práce, ktoré zamestnanci firmy TuCon zanechali po ukončení projektu, majú veľkú šancu sa uplatniť na ďalších z mnohých projektov v Nórsku.

9 Zoznam použitej literatúry

- [1] Jernbanen i Norge [online].[cit. 2015-03-13]. Dostupné na internete < no.wikipedia.org/wiki/Jernbanen_i_Norge >
- [2] Holm-Nykirke [online]. 2013 [cit. 2015-03-13]. Dostupné na internete < <http://www.jernbaneverket.no/Prosjekter/prosjekter/Dette-er-Vestfoldbanen/Holm-Nykirke/>>
- [3] Holm – Nykirke: Se ferske flyfoto [online]. 2014 [cit. 2015-03-13]. Dostupné na internete < <http://www.jernbaneverket.no/Prosjekter/prosjekter/Dette-er-Vestfoldbanen/Holm-Nykirke/>>
- [4] Facts about Holm – Nykirke [online]. 2014 [cit. 2015-03-13]. Dostupné na internete < <http://www.jernbaneverket.no/Prosjekter/prosjekter/Dette-er-Vestfoldbanen/Holm-Nykirke/Facts-about-Holm-Nykirke/>>