



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV TECHNOLOGIE STAVEBNÍCH HMOT A DÍLCŮ

INSTITUTE OF TECHNOLOGY OF BUILDING MATERIALS AND COMPONENTS

**OVĚŘENÍ TĚSNÍCÍCH VLASTNOSTÍ
MEMBRÁNOVÝCH HMOT Z HLEDISKA ŠÍŘENÍ
VLHKOSTI V PODZEMNÍM STAVITELSTVÍ**

VERIFICATION OF SEALING PROPERTIES OF MEMBRANE MATERIALS IN TERMS OF
MOISTURE PROPAGATION IN UNDERGROUND CONSTRUCTION

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Veronika Čanigová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

prof. RNDr. Ing. STANISLAV ŠŤASTNÍK, CSc., Ph.D.

BRNO 2019



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3607T020 Stavebně materiálové inženýrství
Pracoviště	Ústav technologie stavebních hmot a dílců

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Veronika Čanigová
Název	Ověření těsnících vlastností membránových hmot z hlediska šíření vlhkosti v podzemním stavitelství
Vedoucí práce	prof. RNDr. Ing. Stanislav Šťastník, CSc., Ph.D.
Datum zadání	31. 3. 2018
Datum odevzdání	11. 1. 2019

V Brně dne 31. 3. 2018

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

Tunnel Waterproofing. Guideline, Österreichische Bautechnik Vereinigung Wien, 2015
PŘIBYL, P., BARTÁK, J., Tunely na pozemních komunikacích. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011. ISBN 978-80-01-04723-1.

DOLEŽAL, V., Plastické hmoty. 3. přeprac. a dopl. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1977.

Abeceda asfaltových izolací. Praha: Svaz výrobců asfaltových pásů v ČR, 2016. ISBN 978-80-905563-0-0.

Horák, V., Podzemní stavby, studijní literatura, Modul BF06, FAST VUT Brno 2007.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Vodotěsné membránové systémy se používají v podzemním stavitelství proti účinkům zemní vlhkosti, a to při působení jak tlaku, tak i beztlakovém účinku. Pro zajištění vodotěsnosti stavebního díla je důležitá vodotěsnost v celé jeho ploše. Hydroizolační membrány se spojují svařováním na stavbě ve větší celky, rizikovým místem jsou zejména technologie spojování jednotlivých částí.

V rámci diplomové práce proveďte.

i) Sestavte přehled těsnících technologií proti šíření vlhkosti použitelných v podzemním stavitelství,

ii) Proveďte přehled materiálů použitelných jako vlhkostní bariéry při průsaku vody,

iii) Přehled zkušebních metod, které se používají pro zkoušení vodotěsnosti svarů PVC těsnících membrán,

iv) Ověření tahové vlastnosti hydroizolačních materiálů na bázi PVC odtrhovou zkouškou,

v) Proveďte ověření kvality svařovaných spojů těsnících PVC membrán vakuovou a tlakovou metodou,

vi) Ověřte kvalitu ručně svařovaných spojů PVC membrány a spárových pásů metodou odtrhové jehly,

vii) Proveďte posouzení těsnících systémů používané v podzemním stavitelství, dále také posuďte možnosti doplnění těsnících systémů o materiály zvětšující svůj objem při styku s vlhkostí.

Při vypracování diplomové práce dbejte zásad platných na FAST VUT Brno; požadovaný rozsah diplomové práce 70 stran včetně tabulek a grafů

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).

2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

prof. RNDr. Ing. Stanislav Štastník, CSc., Ph.D.

Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Táto diplomová práca je zameraná na overenie vlastností spojov hydroizolačných membrán bežne používaných v podzemnom stavitelstve a tiež sa zaoberá možným doplnením bobtnavého profilu ako bariéry pre prípadne prenikajúcu vodu cez porušenie hydroizolačného systému. Najčastejšie používanými materiálmi pre účel hydroizolácie sú membrány na báze polymérov. Práca je sústredená na overenie vlastností automatických a ručných spojov fólie na báze polyvinylchloridu. V praxi sa najčastejšie využíva skúška tlaková u automatických zvarov a u ručných je to overenie tesnoti zvaru pomocou odtrhovej ihly a vákuového zvona. V laboratóriu je možné tiež overiť spoje pomocou skúšky odolnosti voči odlupovaniu a stanovením šmykovej pevnosti spoja pomocou skúšobného zariadenia. V prípade poškodenia hydroizolačného systému a prieniku tlakovej vody cez membránu je možným opatrením použitie bobtnavého pásika ako bariéry pre prechod vody z jedného injektážneho celku do druhého. V závere práce sa nachádza porovnanie hydroizolačného systému bez bobtnavého profilu a systému vrátane jeho aplikácie. Bobtnavý profil vykázal veľmi dobré vlastnosti čo sa týka vsiaknutia pritekajúcej vody do svojej štruktúry, a tak množstvo vody, ktoré bolo možné aplikovať v prípade vzorky s bobtnavým profilom bolo omnoho vyššie, ako v prípade bežne používaného hydroizolačného systému.

KLÍČOVÁ SLOVA

hydroizolačný systém, polyvinylchlorid, bobtnavý profil, injektážny blok, hydroizolačná membrána, tesniaci škárový pás

ABSTRACT

This diploma thesis is aimed at verifying the properties of joints of waterproofing membranes generally used in underground constructions and also deals with the possible addition of a swelling profile as a barrier to permeating water through the defect in the waterproofing system. The most commonly used materials for waterproofing membranes are polymers. The work is focused on verifying the properties of automatic and manual welding joints of polyvinylchloride membrane. In actual practice, there is a pressure test being used for automatic weldings, and for manual weldings there are tests with a tear-off needle and a vacuum bell. In the laboratory, it is also possible to verify the joints using a peeling test and determining the shear strength of the joint using a testing device. In case of damaged waterproofing system and soaking of pressurized water, it is possible to use a swellable strip as a barrier for the water leaking from one injection compartment to another. At the end of the thesis there is a comparison of the waterproofing system without the swelling profile and the system including its application. The swelling profile has shown very good properties with regard to the infiltration of the flowing water into its structure, and so the amount of water that could be applied to the sample with the swelling profile was much higher than in the case of the generally used waterproofing system.

KEYWORDS

waterproofing system, polyvinylchlorid, swelling profile, injection compartment, waterproofing membrane, waterstop

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Bc. Veronika Čanigová *Ověření těsnících vlastností membránových hmot z hlediska šíření vlhkosti v podzemním stavitelství*. Brno, 2018. 101 s., 0 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technologie stavebních hmot a dílců. Vedoucí práce prof. RNDr. Ing. Stanislav Šťastník, CSc., Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce s názvem *Ověření těsnících vlastností membránových hmot z hlediska šíření vlhkosti v podzemním stavitelství* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 8. 1. 2019

Bc. Veronika Čanigová
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Ověření těsnících vlastností membránových hmot z hlediska šíření vlhkosti v podzemním stavitelství* zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 8. 1. 2019

Bc. Veronika Čanigová
autor práce

POĎAKOVANIE

Na tomto mieste by som chcela poďakovať mojej rodine a blízkym za podporu počas štúdia a vypracovania mojej diplomovej práce, môjmu vedúcemu diplomovej práce, prof. RNDr. Ing. Stanislavovi Šťastníkovi, CSc., Ph.D, za odborné vedenie a cenné rady, ktoré mi poskytol pri jej vypracovaní a taktiež Ing. Perovi Königovi za odborné rady v oblasti hydroizolácií podzemných stavieb.

OBSAH	
ABSTRAKT	4
KLÍČOVÁ SLOVA	4
ABSTRACT	5
KEYWORDS	5
BIBLIOGRAFICKÁ CITACE	6
POĎAKOVANIE	8
OBSAH	9
ÚVOD	12
CIEĽ PRÁCE	13
TEORETICKÁ ČASŤ	14
1 HISTÓRIA V PODZEMNOM STAVITELSTVE.....	14
2 ZÁKLADNÉ POJMY V PODZEMNOM STAVITELSTVE	16
3 VÝSTAVBA A KONŠTRUKCIA TUNELOV	17
3.1 Rozpojovanie	17
3.2 Vystuženie	19
4 ROZDELENIE PODZEMNÝCH STAVIEB	19
4.1 Podľa dispozičného usporiadania	19
4.2 Podľa spôsobu prevádzania	19
5 METÓDY VÝSTAVBY PODZEMNÝCH DIEL	20
5.1 Cyklický postup	20
5.2 Plynulý postup.....	24
6 VLHKOSŤ	26
6.1 Prenos vlhkosti	27
6.2 Prenos kvapalnej fázy	27
6.3 Podzemná voda	28
7 MATERIÁLY POUŽÍVANÉ AKO VLHKOSTNÉ BARIÉRY	29
7.1 Historický vývoj	29
7.2 Súčasnosť.....	29
6.2.1 Asfaltové pásy.....	29
6.2.2 Polyméry.....	32
6.2.3 PVC – polyvinylchlorid	35
8 HYDROIZOLAČNÉ SYSTÉMY PODZEMNÝCH STAVIEB.....	37

8.1	DEFINÍCIA ZÁKLADNÝCH POJMOV z OBLASTI HYDROIZOLÁCIE.....	37
8.2	PRINCÍPY NÁVRHU HYDROIZOLAČNÉHO SYSTÉMU	38
8.3	PRVKY HYDROIZOLAČNÉHO SYSTÉMU	40
8.3.1	Komponenty hydroizolačného systému bez prítoku tlakovej vody - cyklický spôsob razenia	42
8.3.2	Komponenty hydroizolačného systému s prítokom tlakovej vody – cyklický spôsob razenia	43
8.4	DVA ZÁKLADNÉ TYPY HYDROIZOLAČNÝCH SYSTÉMOV POUŽÍVANÉ FIRMOU RENESCO A.S.	44
8.4.1	Hydroizolačný systém použitý na projekte Cityringen Metro – Kodaň	45
8.4.2	Hydroizolačný systém použitý na projekte Kolektor Hlavkův most Praha	47
9	PREHLAD MATERIÁLOV, KTORÉ NABERAJÚ OBJEM PRI STYKU S VODOU	50
	PRAKTICKÁ ČASŤ.....	52
10	VYSVETLENIE ZÁKLADNÝCH POJMOV PODĽA NORMY ČSN EN 13416.....	52
11	ZÁKLADNÉ INFORMÁCIE O SKÚŠOBNÝCH VZORKÁCH	53
12	PREHLAD SKÚŠOBNÝCH METÓD VODOTESNOSTI ZVAROV HYDROIZOLAČNÝCH MEMBRÁN.....	54
12.1	AUTOMATICKÝ ZVAR.....	54
12.1.1	Stanovenie tesnoti zvaru tlakovou skúškou podľa smernice DVS 2212 - 3	55
12.1.2	Makroskopické posúdenie zvaru podľa normy ČSN EN 12814 - 5... 56	
12.1.3	Stanovenie rozmerov zvaru podľa smernice DVS 2212 - 3	56
12.1.4	Stanovenie odolnosti voči odlupovaniu podľa normy ČSN EN 12814 - 4.....	57
12.2	RUČNÝ ZVAR	59
12.2.1	Stanovenie tesnoti pomocou odtrhovej ihly podľa smernice DVS 2212 - 3	60
12.2.2	Stanovenie tesnoti pomocou vákuového zvona podľa smernice DVS 2212 - 3	60
12.2.3	Stanovenie šmykovej pevnosti spoja podľa normy ČSN EN 12317 - 2	61
13	VYHODNOTENIE SKÚŠANIA SPOJOV HYDROIZOLAČNEJ MEMBRÁNY	64
13.1	Posúdenie vlastností automatického zvaru	64

13.1.1	Stanovenie tesnosti zvaru tlakovou skúškou podľa smernice DVS 2212 - 3	64
13.1.2	Makroskopické posúdenie zvaru podľa normy ČSN EN 12814 - 5...	65
13.1.3	Stanovenie rozmerov zvaru podľa smernice DVS 2212 - 3	67
13.1.4	Stanovenie odolnosti voči odlupovaniu podľa normy ČSN EN 12814 - 4.....	68
13.2	Posúdenie vlastností ručného zvaru.....	75
13.2.1	Stanovenie tesnosti pomocou odtrhovej ihly podľa smernice DVS 2212 - 3	75
13.2.2	Stanovenie tesnosti pomocou vákuového zvona podľa smernice DVS 2212 - 3	77
13.2.3	Stanovenie šmykovej pevnosti spoja podľa normy ČSN EN 12317 - 2.....	79
14	EXPERIMENT S DOPLNENÍM BOBTNAVÉHO PROFILU.....	83
14.1	Prehľad použitých materiálov	83
14.2	Priebeh experimentu	85
	ZÁVER.....	90
15	ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV	93
16	ZOZNAM OBRÁZKOV.....	97
17	ZOZNAM TABULIEK	100
18	ZOZNAM GRAFOV	100
19	TABUĽKA POUŽITÝCH SYMBOLOV A SKRATIEK.....	101

ÚVOD

V súčasnosti je výstavba podzemných diel stále viac rozšírená. Návrh tunelov ako náhrady dlhej a klúkatej cesty, ktorou by boli v minulosti spájané dve miesta, sa dostáva do popredia. Vďaka podzemným dielam, akými sú tunely či už cestné, železničné, alebo dokonca vodné, sa vzdialenosti skracujú a niektoré miesta sa stávajú omnoho prístupnejšími. Hlavným úskalím tohto plánovania je však rôzny geologický profil v rôznych miestach krajiny. Z toho dôvodu boli vyvinuté rôzne technologické postupy na výstavbu podzemných stavebných diel. Taktiež sa nesmie zabúdať na pôsobenie podzemnej vody, ktorá dokáže výstavbu veľakrát nepríjemne skomplikovať. Pre návrh vhodného systému ochrany proti podzemnej vode je potrebné brať do úvahy úroveň hladiny podzemnej vody, jej vlastnosti a tiež tlak prítoku. Preto je potrebný dôkladný návrh a zabezpečenie inštalácie vhodného hydroizolačného systému pre daný typ hydrogeologických pomerov.

Materiály, ktoré sa v stavebníctve používajú ako vlhkostné bariéry môžeme rozdeliť do dvoch základných skupín. Prvou veľkou skupinou sú materiály na báze asfaltu a nie menej dôležitou skupinou sú materiály vyrábané z plastických látok. Tieto materiály sa líšia svojimi vlastnosťami, ktoré ovplyvňujú aj rozsah ich využitia pri izolácii stavieb.

Uspokojivý výkon hydroizolačného systému počas jeho životnosti spočíva výlučne v priepustnosti hydroizolačnej membrány pri správnej realizácii konštrukcie a jej prevedenia. V reálnych podmienkach sú membrány vystavené rôznym namáhaniam, ako sú napr. tlaky zo stavebného zaťaženia, tlak pôdy, tlak dopravy, tlak vody, ktoré môžu spôsobiť deformáciu a poškodenie fólie najmä v podzemných priestoroch.

CIEĽ PRÁCE

Táto diplomová práca je zameraná na overenie tesnosti spojov hydroizolačnej membrány na báze polyvinylchloridu. Cieľom práce je:

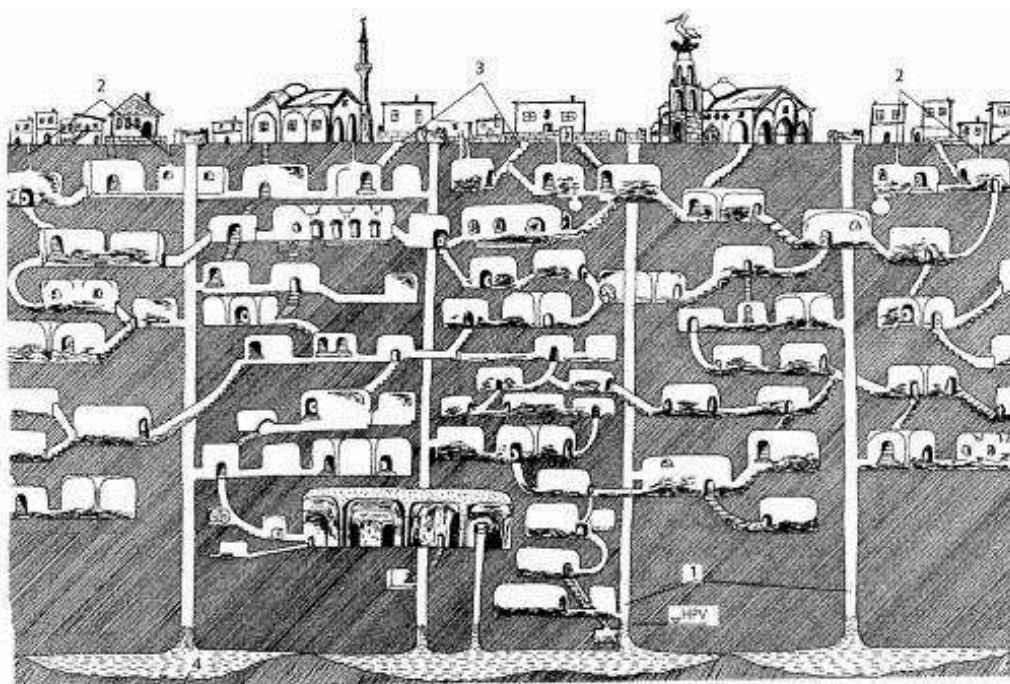
- pripraviť prehľad materiálov bežne používaných ako hydroizolácia proti prieniku vody do konštrukcie,
- zostaviť prehľad skúšobných metód pre overenie tesnosti spojov prevádzaných zvaracím automatom a ručným zvaraním,
- previesť skúšky tesnosti na hydroizolačnej membráne,
- zostaviť prehľad bobtnajúcich materiálov pri styku s vodou, ktoré by bolo možné doplniť do hydroizolačného systému, aby pôsobil ako bariéra proti prieniku vody cez škárový pás.

TEORETICKÁ ČASŤ

1 HISTÓRIA V PODZEMNOM STAVITELSTVE

Prvé razenie podzemných chodieb začalo v Egypte, 3000 rokov p.n.l., kedy sa budovali podzemné hrobky spojené s povrchom. Vodu do Jeruzalema privádzal prvý vodovodný tunel zhruba 1000 rokov p.n.l. V Babylone vybudovali prvú podzemnú chodbu, ktorá spájala palác s chrámom. Táto chodba bola postavená asi 600 rokov p.n.l. pod riekou Eufrat. Prvý cestný tunel bol vyrazený v 1. storočí p.n.l. a viedol z Neapola do Puzzuoli.

Za klenbu z kamenných kvádrov vďačíme Etruskom. Rimania vynali cement a technológiu železka a mlátka, čo spočívalo v zarážaní železných klinov do puklín pomocou palice. Pokiaľ bola hornina veľmi súdržná a bolo potrebné ju ešte viac rozpukať, zapálilo sa pri čelbe drevo a po vyhorení sa nahriata hornina ochladila vodou. Útlm v inžinierskych prácach nastal po páde Ríma. Veľmi významný nález v oblasti podzemných stavieb bol objavený v roku 1963. Bol to komplex podzemných miest objavený v strednej Anatólii (ázijská časť Turecka), ktoré boli vystavané do tufu, v období od 2. tisícročia p.n.l. do 6. storočia nášho letopočtu.



Obr. 1 – Vyobrazenie podzemného mesta Derinkuyi v Kappadokii [1],
1...prístupové šachty –studne, 2...vetracie vrtý, 3...schodiskové šachty, 4...nepriepustné
podložie

Prvým podzemným dielom na území ČR bola Rudolfova štôlna v Prahe, ktorá privádzala vodu z Vltavy do tzv. Kráľovskej obory.

Trhacie práce na rozpojenie horniny boli prvýkrát použité v Banskej Štiavnici v roku 1627. Do 18.storočia boli tunely budované v súdržných zeminách, kde nebolo potrebné použitie výstuže. Koncom 18teho storočia bola vystavaná prvá tunelová stavba, ktorá sa podobala na tie súčasné. Bola vyrazená do nesúdržnej horniny tzv. jadrovou metódou, ktorá spočívala vo vyrazení najprv obvodových štôlní a jadra až na záver.

Nástup železničnej prepravy zabezpečil ďalší rozvoj podzemného staviteľstva. Prvé železničné tunely boli postavené na trati Liverpool – Manchester v rokoch 1826 – 1830. V druhej polovici 19teho storočia začala výstavba alpskej železnice, kde bola výstavba tunelov nevyhnutná. A tak sa najznámejším železničným tunelom tej doby stal Gotthardský tunel vo Švajčiarsku, ktorý mal dĺžku necelých 15 kilometrov.

Rozvoj automobilizmu zaistil rozvoj výstavby cestných tunelov. Prvý cestný tunel viedol popod Labe v nemeckom Hamburgu. V Českej republike bol prvým cestným tunelom Vyšehradský tunel z roku 1903. Za ním nasledovali Letenský tunel (1950 – 1953), Těšnovský tunel (1980), Strahovský tunel (1985-1997) a ďalšie. [1]

2 ZÁKLADNÉ POJMY V PODZEMNOM STAVITELSTVE

PODZEMNÁ STAVBA je stavebný objekt, ktorý je obklopený horninovým masívom zväčša zo všetkých strán a je umiestnený pod úrovňou terénu, ktorý je pôvodný či upravený. Je vybudovaná presne podľa návrhu, ktorý bol zostavený tak, aby nedošlo k poškodeniam konštrukcie a povrchu územia. Konštrukcia podzemnej stavby má predpokladanú životnosť minimálne 100 rokov. [1] Základným znakom podzemnej stavby je, že je celá realizovaná v prostredí, ktorým je horninový masív. [6]

TUNEL je líniové podzemné dielo, ktoré má uzavretý priečny prierez. Môže byť razený alebo hĺbený. Razený tunel sa buduje do horninového masívu bez odstránenia nadložia. Hĺbený tunel je budovaný po odstránení nadložia a následnom zasypaní. [23]

KONŠTRUKCIA TUNELA je konštrukcia, ktorá zabezpečuje vnútorný priestor tunelovej rúry a odoláva tlaku horniny alebo vody.

TUNELOVÁ RÚRA je vymedzená časť tunela, ktorou je vedená pozemná komunikácia.

TUNEL PODZEMNEJ KOMUNIKÁCIE je líniový pozemný objekt, ktorým prechádza pozemná komunikácia. Umožňuje plynulú a bezpečnú jazdu vozidiel podchádzaním horského masívu, vodných prekážok, osídlených oblastí, apod. Vyznačuje sa uzavretým priečnym profilom. [2]

HYDROIZOLÁCIA je určité opatrenie, ktoré má zabrániť prieniku vody z jedného prostredia do druhého.

ZVÁRANIE je spájanie povrchov za prítomnosti tepla alebo rozpúšťadiel s následným stlačením povrchov. [10]

PLASTOVÁ MEMBRÁNA je fólia, priemyslovo vyrobená z polymérneho materiálu. [11]

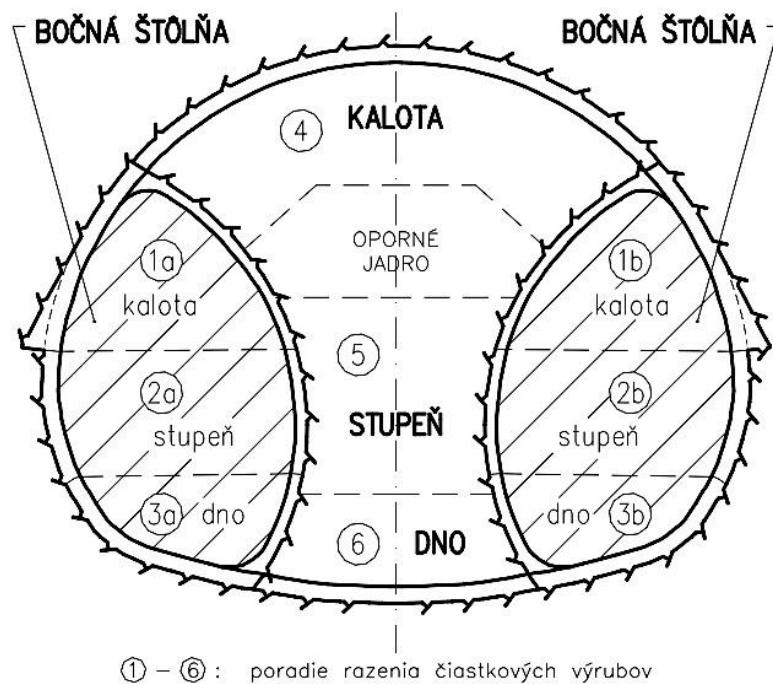
3 VÝSTAVBA A KONŠTRUKCIA TUNELOV

Členitosť terénu je jedným z najhlavnejších dôvodov pre výstavbu tunelov. Tým, že sa diaľnice a cesty nevedú v záreze, ale budujú sa tunely, sa chráni príroda a životné prostredie. Taktiež to skracuje vzdialenosť a urýchľuje dopravu oproti komunikáciám na povrchu, ktoré sa krížia s ostatnou dopravou. Tunelové stavby sa môžu zdať jednoduché z pohľadu betonáže, avšak nie je tomu tak. Veľký dôraz treba klásť na spolupôsobenie horninového masívu a betónového ostenia. Problematika ražby patrí do oblasti geotechniky. Najrozšírenejším spôsobom ražby vo svete je technológia TBM – Tunnel Boring Machine, ktorá je však veľmi ekonomicky náročná. U kratších tunelov budovaných v Českej republike sa najviac osvedčila metóda NRTM – Nová rakúska tunelovacia metóda. Je založená na spolupôsobení horniny a primárneho ostenia zo striekaného betónu. [7]

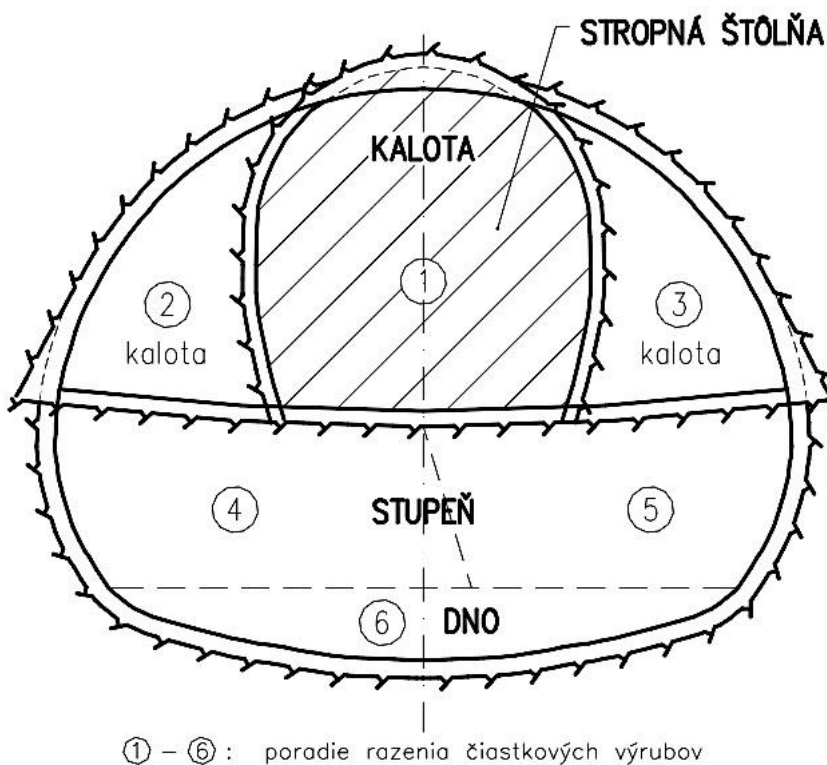
Výstavba razených podzemných stavieb však zahŕňa všetky práce spojené s vytvorením projektu podzemnej stavby a zaistením stability. Zaistenie stability je potrebné počas výstavby a taktiež počas doby užívania. Dvomi hlavnými zložkami pri stavbe podzemného objektu sú:

3.1 Rozpojovanie

Rozpojovanie je prevádzané na čelbe tunela. Môže byť vykonávané dvomi spôsobmi, a to buď trhacími prácami alebo s použitím tunelovacích strojov. Rozpojená hornina je rúbanina. Poradie odoberania výlomu v priečnom reze nám zachytáva schéma odoberania alebo tzv. členenie čelby. Prierez tunela sa delí na tri časti: kalota (horná časť výrubu), podperové časti tunela (plocha výrubu), dno (spodná časť výrubu).



Obr. 2 – Zobrazenie vertikálneho členenia výrubu s bočnými štôľňami a so stropnou štôľňou [24]



Obr. 3 – Schéma horizontálneho členenia výrubu s bočnými štôľňami a so stropnou štôľňou [24]

3.2 Vystuženie

Vystuženie zaisťuje stabilitu výrubu. Delíme ho na dočasné (provizórne), ktoré zaisťuje stabilitu počas výstavby a trvalé (definitívne), ktoré má vystužujúcu funkciu počas celej doby používania. Bráni trvalému poškodeniu či nadmerným deformáciám zo strany horského masívu. Dočasné vystuženie (svorníková výstuž, ocelové rebrá, striekaný betón,...) slúži k spoľahlivému zaisteniu podzemného diela počas doby výstavby. Trvalé vystuženie (monolitické betónové ostenie, striekaný betón,..) je funkčnou súčasťou stavebného diela po dokončení výstavby a staticky nahrádza dočasné vystuženie počas celej doby používania. Preto je potrebné ho navrhnuť s ohľadom na predpokladanú životnosť objektu.

V súčasnosti je najrozšírenejšia Nová rakúska tunelovacia metóda (NRTM), ktorá používa vystuženie dvojplášťovým ostentím. Primárne ostenie zaisťuje stabilitu počas ražby a to armovaným striekaným betónom. Sekundárne ostenie tvorí definitívnu výstuž, ktorá býva tvorená železobetónom alebo prostým betónom. [2]

4 ROZDELENIE PODZEMNÝCH STAVIEB

4.1 Podľa dispozičného usporiadania

Stavebné dielo, na ktorom sa prevádzajú podzemné stavebné práce sa delí na:

- stavby líniové (štôlne, tunely, šachty, úklonové štôlne a tunely, úklonové šachty),
- stavby plošné,
- stavby halové.

4.2 Podľa spôsobu prevádzania

RAZENÉ PODZEMNÉ OBJEKTY, ktorých výstavba prebieha v podzemí bez zásahu do nadložia. Táto metóda sa používa hlavne pri podzemných dielach uložených vo väčších hĺbkach, keďže je výrazne finančne náročnejšia ako v prípade podzemných objektov prevádzaných z povrchu.

PODZEMNÉ DIELA PREVÁDZANÉ Z POVRCHU, kde ide o tzv. hĺbené tunely, ktorých výstavba je vykonávaná vo vyhlíbenej jame a po dokončení je stavba zasypaná. Nevýhodou je veľké narušenie a zásah do životného prostredia.

5 METÓDY VÝSTAVBY PODZEMNÝCH DIEL

Pre razenie v pevných skalných horninách sú v súčasnosti známe dva základné spôsoby:

- cyklický postup,
- plynulý postup.

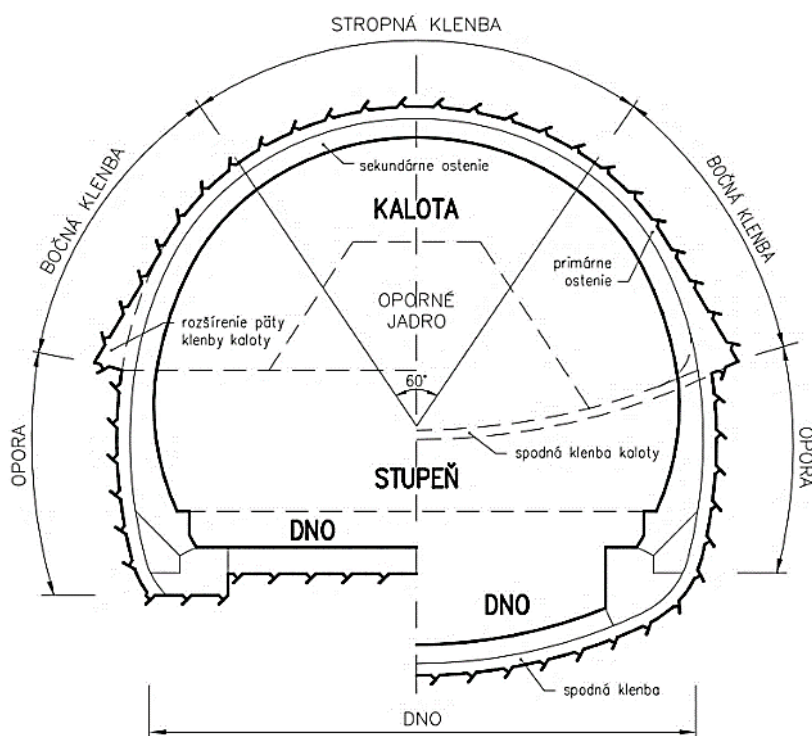
5.1 Cyklický postup

Pozostáva z tzv. záberu, v ktorom sa opakujú tie isté pracovné operácie. Jeho zásadou je rozpojovanie horniny. To buď pomocou trhacích prác alebo výložníkových fréz či tunelových bágrov.

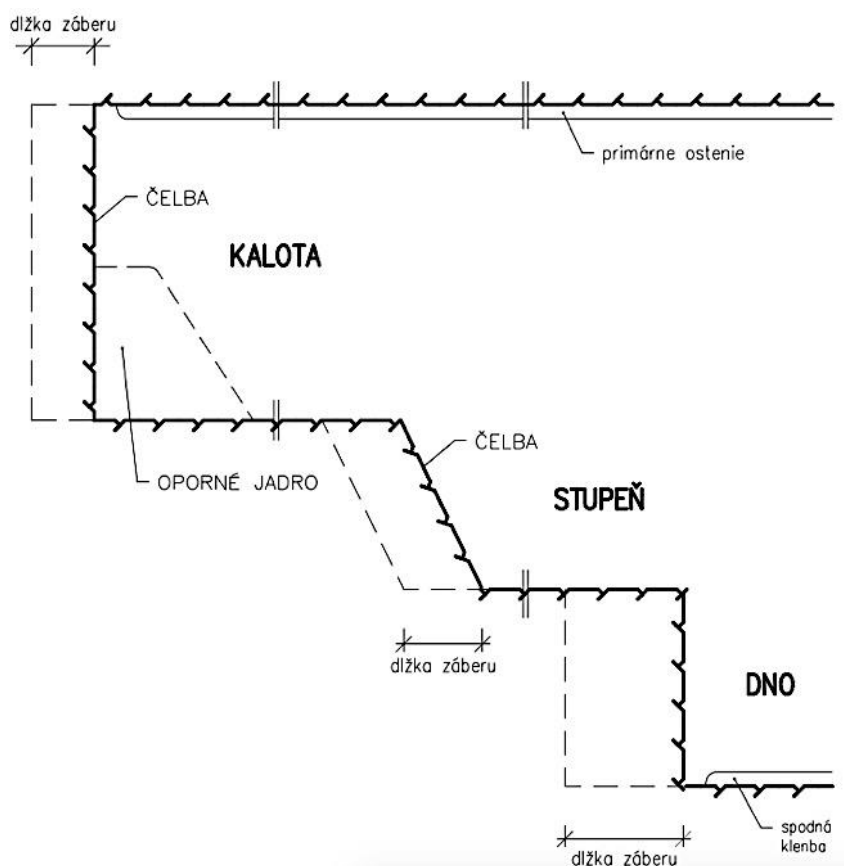
Pre nakladanie rúbaniny sa používajú kolesové lyžicové nakladače, ktoré môžu byť v niektorých prípadoch spojené s pásovým dopravníkom. Odvoz býva zabezpečený buď nakladačmi pred portál na výsypku, alebo v prípade väčších vzdialeností čelby od portálu tunela sa rúbanina nakladá na nákladné automobily.

Dočasná výstuž môže byť tvorená 4 základnými spôsobmi, ktorými sú:

- drevená výstuž,
- ocelová výstuž,
- svorníková výstuž,
- striekaný betón.



Obr. 4 – Schématické zobrazenie prierečného rezu cyklicky razeného tunela [24]



Obr. 5 – Schéma pozdĺžneho rezu cyklicky razeného tunela [24]

METÓDY CYKlickÉHO RAZENIA TUNELA:

Klasické metódy:

Historické tunelovacie metódy, ktoré vznikali začiatkom 19. storočia boli charakteristické komplikovanou dočasnou výdrevou a masívnym konečným obmurovaním. Tieto stavby sa vyznačovali otvorením plného výlomu, ktorý sa skladal z niekoľkých výrubov. Na základe spôsobu odoberania horniny sa rozlišovali schémy:

- rakúska,
- talianska,
- nemecká,
- belgická,
- anglická.

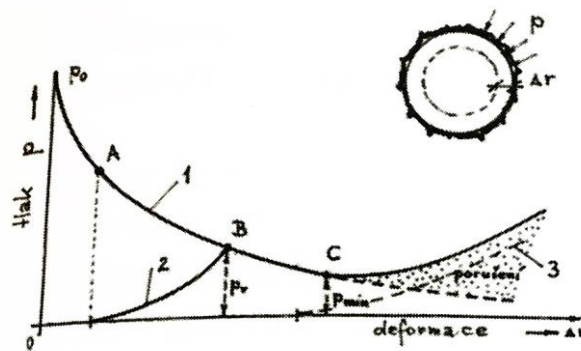
V pozdĺžnom smere bol pre klasické metódy charakteristický pilierový systém razenia. Vďaka tomu, že smerová štôľňa bola vopred vyrazená do horského masívu, mohla výstavba tunela prebiehať na viacerých pracoviskách naraz a to práve z jej priestorov.

Konvenčné metódy:

Medzi konvenčné metódy patrí už staršia prstencová metóda a metóda NRTM. Pri týchto metódach sa postupuje cyklickým spôsobom, ktorý pracuje po záberoch (popísané vyššie).

Prstencová metóda: Tento druh sa dnes už veľmi nepoužíva. Jej typickým znakom je ražba plného kruhového profilu v dĺžke jedného prstenca. Prstence sú definitívnym vystužením a skladajú sa z niekoľkých dielcov, tzv. tübingov. Dielce môžu byť lichobežníkového alebo obdĺžnikového tvaru.

NRTM: Jej typickým znakom je, že sa skladá z dvojplášťového ostenia. Spolupôsobenie horninového masívu a primárneho ostenia uvádza sily okolo výrubu do rovnováhy. Primárne ostenie je poddajné a dokáže sa rýchlo aktivovať. Tento jav zabezpečí, že hornina nad výrubom sa nestihne porušiť.

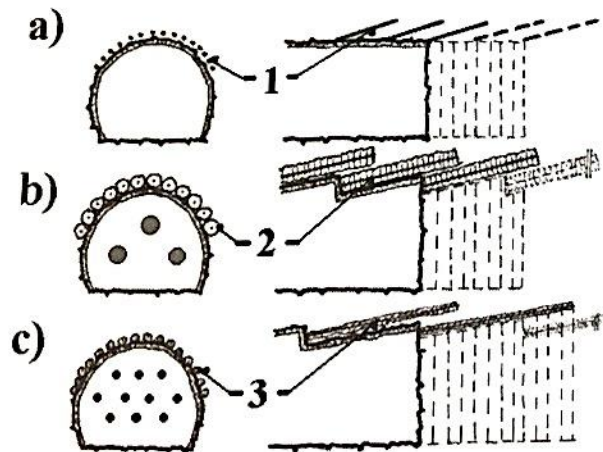


Obr. 6 – Priebeh Fenner-Pacherovej krivky [2],

1-krivka reakcie horninového masívu; 2-krivka odporu včas zabudovaného vystrojenia; krivka odporu neskoro zabudovaného a príliš poddajného vystrojenia

Z Fenner-Pacherovej krivky vyplýva, že čím je väčšia deformácia výrubu, tým menší tlak horninového masívu pôsobí na výrub. Počas razenia záberu a po ňom vznikajú deformácie výrubu ešte skôr ako je postavené primárne ostenie. To automaticky zníži tlak horniny. Keďže je primárne ostenie pomerne poddajné vďaka jeho nie prílišnej hrúbke, povolí ďalšie deformácie výrubu, aby sa zaistilo výrazné zníženie veľkosti horninového tlaku. V prípade, že by primárne ostenie nebolo vybudované vôbec, alebo príliš neskoro, nedošlo by k vytvoreniu rovnovážneho stavu, čo by spôsobilo kolaps. Rovnovážny stav nastane vtedy, keď sa vyrovná veľkosť klesajúceho tlaku horniny a veľkosť namáhania primárneho ostenia. Priebeh poklesu horninového tlaku a ustálenie rovnovážneho stavu je potrebné monitorovať pomocou intervalového merania deformácií líca primárneho ostenia, ktoré sa nazývajú konvergencia. Podľa konverencie primárneho ostenia je následne

potrebné prispôbiť ďalšie nevyhnutné činnosti pre zaistenie stability podzemného diela. Sú to napr. skrátenie záberu, zosilnenie primárneho ostenia, členenie čelby, atď. Sekundárne ostenie je výstuž konečná, ktorá má za úlohu zabezpečiť stabilitu diela po celý čas jeho životnosti. Je prevádzané najčastejšie pomocou výsuvného bednenia. Sekundárne ostenie býva tvorené železobetónom, čo zaisťuje prenesenie vysokých tlakov pri celkom malej hrúbke alebo prostým betónom, ktorý sa zvyčajne používa, keď tlaky horninového masívu nie sú také veľké. Pre zhutnenie sa používajú príložné vibrátory a nesmie sa zabudnúť ani na vhodné ošetrovanie počas tuhnutia a tvrdnutia betónu. [2] V konštrukcii, kde by bola obťažna oprava hydroizolačnej fólie v prípade poruchy spojov a netesností, býva použité vodonepriepustné sekundárne ostenie. Sekundárne ostenie prevádzané z vodonepriepustného betónu je potrebné brať ako celok od návrhu až po jeho prevedenie vrátane prevedenia dilatačných a pracovných špár. Porucha takéhoto ostenia je ľahko lokalizovateľná a sanovateľná. V závislosti na geotechnických podmienkach je možné použitie i prostého nevystuženého betónu pre sekundárne ostenie. [6] Podľa rôznych geologických podmienok je možné upravovať napr. hustotu svorníkov, dĺžku záberu, členenie čelby a pod. Preto môžeme povedať, že táto metóda je veľmi prispôsobivá. V prípade menej pevných hornín sa používajú tzv. predstihové stabilizačné opatrenia, ktoré zobrazuje obrázok 7. [2]



Obr. 7 – Prehľad základných typov predstihových stabilizačných opatrení pri NRTM [2],
 a) ihľovanie (3-5 záberov), b) trysková injektáž (6-8 záberov), c) mikropilotové dáždniky (9-13 záberov)

Po vyrazení tunela je najprv potrebné vyprofilovať primárne ostenie a pripraviť podklad pre inštaláciu hydroizolácie. Po izolácii sa prevádza definitívne ostenie pomocou bedniacich vozov. Majú dĺžku 7 – 12,5 m a tvar zhodný s lícom definitívneho ostenia. [6]



Obr. 8 – Fotografia bežne používanej ocelevej bedniacej formy zostavenej pre realizáciu sekundárneho ostenia [31]

5.2 Plynulý postup

Plynulý spôsob razenia podzemných diel býva prevádzaný plnoprofilovými strojmi, ktoré nepoužívajú trhacie práce na rozpájanie horniny, avšak súčasne budujú vystuženie tunela. Pri výstavbe podzemného diela v skalných horninách sa po rozpojení a odstránení horniny nemusí prevádzať výstroj. Prípadne sa použije iba svorníková výstuž v kombinácii so striekaným betónom. V ostatných horninových masívoch je potrebné po rozpojení a odstránení horniny zabudovať definitívnu výstuž, ktorá pozostáva z prefabrikovaných dielcov tvoriacich prstence ostenia. Razenie je takmer kontinuálne. Musí byť prerušené počas zabudovania prefabrikovaných dielcov. Následne sa opäť rozpojuje hornina a to v dĺžke výsuvných prítlačných axiálnych lisov. Posun stroja je zaistený odtlačením od zabudovaných segmentov.

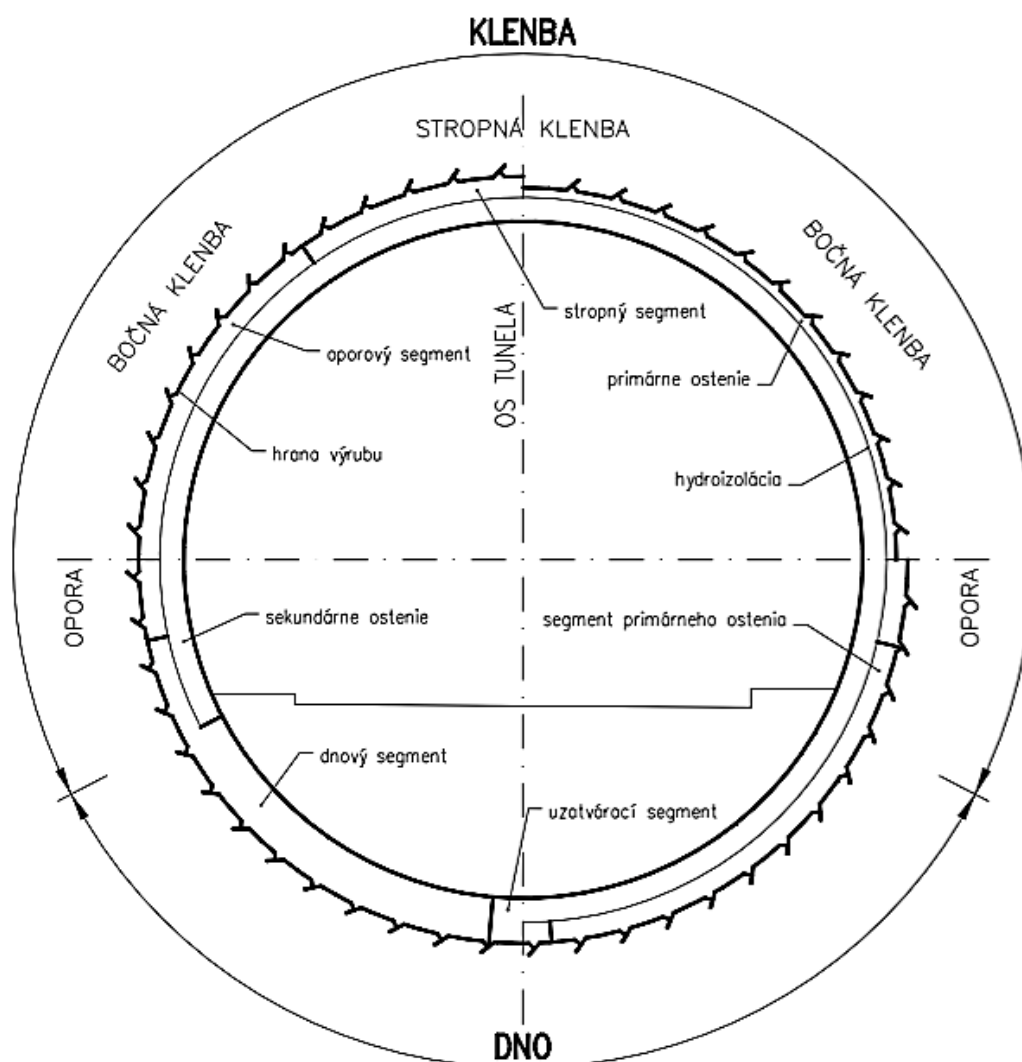
Rozdelenie tunelovacích strojov:

1. TBM

- bez štítu,
- so štítom (jednoduchý štít, dvojité štít).

2. ŠTÍTY

- s postupným poberaním v čelbe,
 - čelba bez pažení,
 - čiastočne pažená čelba,
 - podoprenie čelby stlačeným vzduchom,
 - podoprenie čelby bentonitovou suspenziou,
- s plnoprofilovým poberaním v čelbe,
 - čelba bez podoprenia,
 - mechanicky podoprená čelba,
 - podoprenie čelby stlačeným vzduchom – Pneumatický štít,
 - podoprenie čelby bentonitovou suspenziou – Bentonitový štít. [2]



Obr. 9 – Zobrazenie priečného rezu kontinuálne razeného tunela [24]

6 VLHKOSŤ

Prítomnosť vlhkosti v stavebných dielach vo väčšine prípadov vyvoláva poruchy. Vlhkosť vnášaná do diela pri jeho realizácii je vlhkosť technologická. Jej zdrojmi sú omietanie, murovanie, zabudovanie vlhkých stavív. Zemina, ktorá obklopuje stavebnú konštrukciu má určitú vlhkosť a tá sa dostáva do konštrukcie ako vlhkosť zemná. Zemnú vlhkosť je možné obmedziť kvalitnou hydroizoláciou. Zrážková vlhkosť sa dostáva do konštrukcie zo snehu, dažďa alebo námrazy. Tejto vlhkosti môžeme zabrániť úpravami povrchu. Hygroskopické vlastnosti materiálu spôsobujú, že sorpčnú vlhkosť prijíma stavebné dielo z ovzdušia. Vo vzduchu obsiahnutá para sa skondenzuje a zráža sa na povrchu konštrukcie alebo v jej vnútri. Veľká vzdušná vlhkosť je v priestoroch budov, v ktorých prebieha vlhká prevádzka ako sú napr. práčovne, umývárky, kúpele, papierenský priemysel, apod.

Každá stavebná konštrukcia má určitý obsah vlhkosti, ktorý je tolerovaný. S narastajúcou vlhkosťou sa znižuje tepelný odpor konštrukcie, zvyšujú sa tepelné straty budov, začínajú sa vyskytovať plesne a huby, až nakoniec nastanú povrchové deštrukcie konštrukcie a strata mrazuvzdornosti. Obmedzením výskytu vlhkosti sa predlžuje trvanlivosť konštrukcií. V prípade posudzovania prostredia a stavebných konštrukcií je obsah vlhkosti dôležitou charakteristikou.

Vzduch, ktorý nás obklopuje je zmes suchého vzduchu a vodnej pary. Vlhký vzduch má určité charakteristiky, ktorými sú čiastočný tlak vodnej pary p_d , absolútna vlhkosť vzduchu f , relatívna vlhkosť vzduchu φ . Ďalšími vlastnosťami vlhkého vzduchu je teplota rosného bodu t_s , merná hmotnosť ρ , merné teplo c a súčiniteľ difúzie vodnej pary δ .

Stanovenie vlhkosti materiálu je možné pomocou objemovej hmotnosti suchej a vlhkej látky, pomernej hmotnosti vlhkostí a pomerného objemu vlhkostí.

Pórovitosť nie je základnou charakteristikou stavebných hmôt, aj keď je významným parametrom. Býva nepriamo vyjadrená objemovou hmotnosťou materiálu. Pórovitosť vyjadruje pomer objemu pórov k celkovému objemu materiálu. Póry v stavebnom materiáli tvoria sústavu dutiniek, ktoré sú do určitej miery medzi sebou poprepájané. Spravidla bývajú vyplnené kvapalinou alebo plynom. Póry preto delíme na otvorené a uzavreté, z toho aj pórovitosť môže byť otvorená alebo uzavretá. Pórovitosť je možné stanoviť pomocou priamych alebo nepriamych metód. Ako priame metódy sa využíva svetlená alebo elektrónová mikroskopia, kde je možné priamo pozorovať štruktúru pórov na výbrusoch materiálu. Z nepriamych metód sú to stanovenie pórovitosti pomocou objemovej a mernej hmotnosti, metóda ortuťovej porozimetrie, metóda adsorpcie plynov a pár.

6.1 Prenos vlhkosti

Vlhkosť, ktorá sa pohybuje v diele sa môže vyskytovať vo všetkých troch fázach. Keďže materiál je schopný prijímať vlhkosť zo vzduchu, ktorý obklopuje konštrukciu, mení sa jej množstvo v závislosti na obsahu vodnej pary vo vzduchu. Táto zmena sa nazýva sorpciou vlhkosti.

Adsorpcia:

Medzi molekulami vodnej pary a molekulami tuhých látok pôsobia Van der Waalove sily, ktoré spôsobujú, že na stenách pórov vznikajú molekulárne vrstvy. Ich počet závisí na relatívnej vlhkosti vzduchu.

Absorpcia:

Plynná alebo kvapalná fáza sa vstrebáva difúziou dovnútra pevnej fázy.

Chemisorpcia:

Uplatňujú sa chemické väzby vody a tuhého materiálu.

Hygroskopická vlhkosť predstavuje najvyššiu sorpčnú vlhkosť materiálu, čo znamená, že vzduch je celkom nasýtený vodnou parou. So zmenami čiastočného tlaku vodnej pary sa mení aj obsah vlhkosti v konštrukcii, k čomu dochádza sorpciou alebo desorpciou.

V prípade difúzie vodnej pary je dôležitým parametrom voľná dráha molekúl difundujúcej látky. Táto hodnota je u vodnej pary $2,78 \cdot 10^{-10}$ m. Pokiaľ sú medzimolekulárne priestory materiálu väčšie než je hodnota voľnej dráhy molekúl, tak vodná para môže difundovať daným materiálom. U stavebných materiálov rozlišujeme mikropóry a makropóry. V póroch rôznej veľkosti sa vodná para pohybuje rôzne. U mikropórov je to podľa zákona efüzie a u makropórov podľa zákona difúzie. Koľkokrát je väčší difúzny odpor určitej látky oproti rovnako hrubej vrstve vzduchu s rovnakou teplotou nám vyjadruje faktor difúzneho odporu μ .

Keď sa čiastočný tlak vodnej pary ustáli na určitej hodnote, aj obsah vlhkosti materiálu zostane konštantná. Sorpčná izoterma vyjadruje nárast obsahu vlhkosti vo vzduchu. Pokiaľ je vzduch celkom nasýtený vodnou parou a obsah vlhkosti znížime, dostaneme desorpčnú izotermu. Potrebné je zabezpečiť konštantnú teplotu prostredia. Stavebné materiály majú odlišné izotermy sorpcie a desorpcie.

6.2 Prenos kvapalnej fázy

Aby bolo možné stavebné materiály aspoň orientačne porovnať z hľadiska vlhkosti, určujeme nasiakavosť, vzlínavosť a rovnovážnu vlhkosť pri dotyku vzorky s vodnou hladinou.

Množstvo vody, ktoré materiál pojme pri namočení do vody na určitú dobu, nám vyjadruje nasiakavosť. Pokiaľ voda v danej látke vystúpi nad hladinu vody v okolí, hovoríme o vzlínavosti. Po meraní vzlínavosti pokračujeme v meraní až do ustáleného obsahu vlhkosti vo vzorke, čím zistíme rovnovážnu vlhkosť v dotyku s vodnou hladinou.

Ďalšími vlastnosťami materiálu v súvislosti s vlhkosťou sú forma väzby vlhkosti s materiálom, merná energia väzby vlhkosti a súčiniteľ vodivosti vlhkosti.

Kvapalnú fázu v stavebných konštrukciách tolerujeme do určitej miery. Vysušanie konštrukcií je energeticky náročné. Je potrebné, aby bola zaistená vhodná teplota, rozdiel čiastočných tlakov vodnej pary a dostatočné vetranie. Malé množstvo vody, ktoré je v konštrukcii obsiahnuté trvalo, znižuje jej trvanlivosť a opakovane spôsobuje poruchy.

Z hľadiska návrhu konštrukcie je potrebné dbať na to, aby v nej nedochádzalo ku kondenzácii vodnej pary. Nie vždy je možné tomuto zabrániť, a tak je prípustná situácia kde fakt, že kondenzuje vodná para, nespôsobuje ohrozenie funkcie konštrukcie. [3]

6.3 Podzemná voda

Cez horninové nadložie sa podzemná voda dostáva k vonkajšej strane ostenia rôznymi spôsobmi. Tými sú pukliny v husto rozpukaných horninách, priepustné horniny s veľkým množstvom pórov alebo porušené horniny, k porušeniu ktorých došlo pri trhacích prácach. [46]

Pri návrhu ochrany tunela proti podzemnej vode je dôležité brať do úvahy výšku hladiny podzemnej vody, prítok a tiež vlastnosti pritekajúcej vody z horninového masívu, kde bude tunel situovaný. [47]

Pred výstavbou je potrebné urobiť prieskum vody, ktorá príde do styku s použitým materiálom a či je navrhnutý materiál vhodný do daného prostredia. Tiež tlak vody ovplyvňuje spôsob hydroizolácie podzemného diela. Vzhľadom k tomu, že je v dnešnej dobe kladený dôraz na ochranu životného prostredia, je rozhodovanie medzi plne tesniacim hydroizolačným systémom a dáždňíkovým systémom doplnený o drenáž, ktorá je neoddeliteľnou súčasťou projektu. V prípade drenáží sú na odvádzanú vodu, ktorá je vypúšťaná do verejných stok, kladené veľmi vysoké požiadavky. To znamená, že voda sa musí upravovať, čo vo výsledku môže značne ovplyvniť cenu celého projektu. [48]

7 MATERIÁLY POUŽÍVANÉ AKO VLHKOSTNÉ BARIÉRY

7.1 Historický vývoj

Sumeri, Egypťania, Asyria a Babylončania ako prví začali používať asfalt už v roku 4500 p.n.l. ako asfaltovú maltu pri lepení tehál alebo izolácii proti vode. V Čechách bol asfalt a deht po prvýkrát použitý na výrobu izolačných pásov na báze kameňouhoľných dehtov, a to v roku 1868. V roku 1938 už bolo na území ČSR okolo 50 výrobcov strešných dehtových lepeniek, čo predstavovalo objem asi 15 mil.m². Prechod výroby z dehtových na asfaltové izolačné materiály sa datuje medzi rokmi 1953 – 1966. Deht obsahuje viac polyaromatických uhlíkov, a preto sa od roku 1969 používajú výhradne asfaltové zmesi pre výrobu asfaltových pásov. Niektoré závody boli v roku 1965 zrušené, iné reorganizované do národných podnikov. Potom v roku 1989 nastala reštitúcia pôvodných závodov a zmodernizovanie výrobných technológií. Tak ich poznáme v súčasnosti. [4]

Historický základ v oblasti plastických hmôt tvorí vulkanfibr, ktorý bol objavený v roku 1859 a v roku 1869 nitrát celulózy. Prvou syntetickou látkou veľmi významnou pre rozvoj a využitie plastických hmôt je bakelit, ktorý bol vynájdený v roku 1907. Postupne boli objavované ďalšie plastické látky, ktorými sú napr. acetát celulózy, akryláty, polyvinylchlorid, polyetylén, silikóny a epoxidy. Vďaka intenzívnemu výskumu sú v poslednej dobe objavované polyméry s lepšími vlastnosťami, ktoré našli využitie napr. ako konštrukčné materiály. [5]

7.2 Súčasnosť

6.2.1 Asfaltové pásy

ZLOŽENIE A VLASTNOSTI:

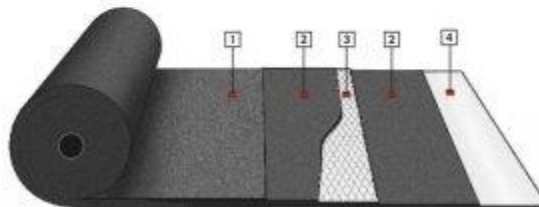
V dnešnej dobe sa používa veľa druhov asfaltových pásov. Niektoré vlastnosti majú podobné, iné sa však líšia druhom asfaltu a jeho úpravou, hrúbkou pásu, typom nosnej vložky alebo povrchovou úpravou. Podľa mechanicko – fyzikálnych vlastností izolačného pásu má svoje špecifické využitie.

Všeobecne sa asfaltový pás skladá z týchto vrstiev:

- povrchová úprava hornej krycej vrstvy,
- horná krycia vrstva,
- nosná vložka,
- dolná krycia vrstva,
- povrchová úprava dolnej krycej vrstvy.

Složení pásu:

1. horní vrstva
2. asfaltová hmota
3. nosná vložka
2. asfaltová hmota
4. spodní vrstva



Obr. 10 – Naznačenie základného zloženia asfaltového pásu [22]

Ako povrchová úprava hornej krycej vrstvy sa obvykle používa hrubozrnný posyp, granulát alebo kovová fólia. Slúži ako ochrana proti UV žiareniu, poveternostným vplyvom a znižuje povrchovú teplotu.

Na povrchovú úpravu dolnej krycej vrstvy sa používa jemnozrnný minerálny posyp alebo fólia či papier, ktoré pred pokládkou vyhoria alebo sa odstránia.

Hydroizolačné vlastnosti asfaltových pásov zaisťuje krycia vrstva, ktorá býva tvorená oxidovaným alebo modifikovaným asfaltom. Najčastejšie používané modifikované asfalty sú s obsahom termoplastických elastomerov alebo plastomerov. Pre stabilizáciu krycej vrstvy, zlepšenie výroby a spracovateľnosti výrobku sa používajú plnivá ako vápenec, bridlice alebo popolček.

Na zlepšenie funkčných vlastností, stability alebo mechanickej pevnosti pásu sa využívajú nosné vložky. Môžu sa nachádzať na povrchu alebo vo vnútri asfaltového pásu.

- Nosná vložka typu P je na báze polyesterového rúna. Zlepšuje odolnosť proti poveternosti a elasticitu pásu. Jej nevýhodou je zmena rozmerov v závislosti na teplote. Tento nepriaznivý jav je možné eliminovať prídavkom sklených vlákien.
- Nosná vložka typu G obsahuje sklenenú tkaninu, ktorá zvyšuje pevnosti pásu, zlepšuje mechanicú odolnosť a ohybnosť. Sú vhodné pre kotvené systémy mechanicým spôsobom.
- Nosná vložka typu V je tvorená sklenou rohožou, ktorú je však možné ľahko poškodiť ohybom.
- Nosná vložka typu Al je tvorená hliníkovou fóliou v kombinácii s ostatnými nosnými vložkami. Asfaltový pás odoláva prechodu plynov a vodných pár.
- Špeciálne nosné vložky sú určené pre použitie asfaltových pásov v špeciálnych podmienkach, ktorými sú napr. vegetačné strechy.

POUŽITIE:

Hydroizolácia striech:

- **jednovrstvová izolácia:**
V tomto prípade sa najčastejšie používa mechanické kotvenie alebo lepenie pásu k podkladu. Používané asfaltové pásy sú zložené z:
 - krycej vrstvy,
 - nosnej vložky, ktorá vykazuje dostatočnú pevnosť, rozmerovú stálosť a ťažnosť,
 - hornej úpravy povrchu, ktorá zaistí ochranu pred UV žiarením.
- **viacvrstvová izolácia:**
Asfaltové pásy podkladnej aj vrchnej vrstvy musia spĺňať požiadavky príslušnej normy. Podkladová vrstva býva aplikovaná lepením, natavením alebo mechanickým kotvením k podkladu. Obe vrstvy musia byť celoplošne spojené.

Hydroizolácia spodnej stavby:

Izolácia spodnej stavby pomocou asfaltových pásov môže byť v jednej alebo viacerých vrstvách. Pokiaľ ide o viac vrstiev, tieto vrstvy musia byť dokonale prepojené, aby sa zamedzilo šíreniu vody medzi nimi.

Podľa normy sa delia asfaltové pásy pre spodnú vrstvu na:

- typ A,
- typ T.

Asfaltový pás typu A sa používa proti zemnej vlhkosti a skladá sa z:

- hmoty, ktorá je modifikovaná,
- nosnej vložky typu P, G alebo ich kombinácie,
- hornej úpravy povrchu z jemnozrnného minerálneho posypu alebo spaliteľnej fólie.

Asfaltový pás typu T má využitie ako izolácia proti tlakovej vode a je tvorený:

- modifikovanou hmotou,
- nosnou vložkou typu G, P alebo ich kombináciou,
- hornou úpravou povrchu z jemnozrnného posypu či spaliteľnej fólie. [4]

6.2.2 Polyméry

Prehľad polymérnych materiálov používaných ako hydroizolačné bariéry sa nachádza v tabuľke Tab. 1 a 2. (5)



Obr. 11 – Fotografia vrchnákov z fliaš, ktoré sú vyrobené z HDPE [26]



Obr. 12 – Zobrazenie špagátu vyrobeného z PP [27]

Tab. 1- Prehľad polymérnych materiálov používaných ako bariéry proti vlhkosti – časť 1.

	základná surovina	spôsob výroby	vlastnosti	spracovanie	použitie
Polyetylén - PE	ethylén	Polymerácia : vysokotlakový spôsob nízkotlakový spôsob strednetlakový spôsob	bez chuti a zápachu neabsorbujú vodu odoláva teplotám od -50°C a do +200°C stálosť v neoxidačných kyselinách, výluhoch, soliach a ich roztokoch hustota závislá na spôsobe výroby vysokotlakový PE - lepšie elektroizolačné vlastnosti nízkotlakový PE- lepšia chemická odolnosť a mechanické vlastnosti	vstrekovanie rotačné tvarovanie vytláčanie lahčenie lisovanie žiarové nanášanie nanášanie na podkladové materiály	fólie v obalovej technike trubky opláštenie káblov hračky velkoobjemové nádoby nádrže lahčené hmoty dosky
Polypropylén - PP	propylén	stereošpecifická polymerácia	nižšia hustota bez farby a zápachu fyziologicky nezávadný vysoká pevnosť, tvrdosť vysoká tepelná odolnosť povrchová tvrdosť elektroizolačné a dielektrické vlastnosti	vstrekovanie vytláčanie lisovanie vyfukovanie	vlákna fólie na obalovanie tyče trubky dosky a bloky fľaše sudy kanistre hadičky injekčné striekačky časti fénov, ventilátorov

Tab. 2 - Prehľad polymérnych materiálov používaných ako bariéry proti vlhkosti – časť 2.

	základná surovina	spôsoby výroby	vlastnosti	spracovanie	použitie
Polyisobutylén - PIB	izobutylén	katiónová polymerácia	vyššia molekulová hmotnosť nižšia tepelná stabilita nízka stabilita voči UV žiareniu chemická odolnosť odolné voči koncentrovaným kyselinám a roztokom anorganických solí	podobne ako ostatné polyméry	hydroizolačné fólie častočná náhrada kaučuku v lepidlách, pneumatikách, hadiciach prídavok do mazacích olejov
Polyvinylchlorid - PVC	vinylchlorid	polymerácia v roztoku polymerácia v suspenzii polymerácia v bloku polymerácia v plynnej fáze	bez zápachu a farby nerozpustný vo vode hustota 1,38 g/cm ³ fyziologicky nezávadný postačujúce mechanické vlastnosti elektroizolačné vlastnosti vysoká pevnosť v ťahu rozmerová stabilita elasticita tepelná odolnosť odolnosť voči korózii a baktériám	pridávanie: zmkčovadiel stabilizátorov mazív pigmentov plnív valcovanie vytláčanie vstrekovanie vyfukovanie odlievanie	novodur, novoplast dosky ako ochrana proti korózii náhrada prírodnej kože obaľová technika fľaše zmršťovacie fólie vodovodné trubky hračky, lopty hydroizolačné fólie odpadné rúry súčasti okenných rámov podlahy

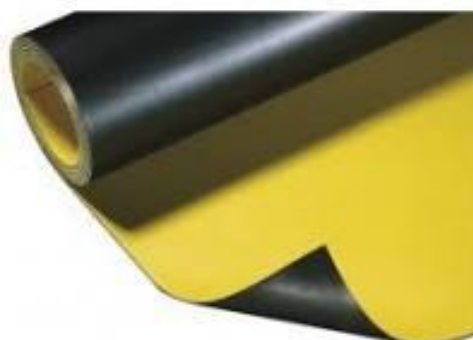
6.2.3 PVC – polyvinylchlorid

PVC je všestranný materiál veľmi využívaný najmä v stavebníctve. Keďže obsahuje veľké množstvo toxických prísad, stále ostáva otázkou či jeho výhody prevažujú nad mnohými zdravotnými rizikami spojenými s jeho manipuláciou a užívaním. PVC je termoplastický materiál, ktorý zaraďujeme celosvetovo medzi najdôležitejšie plastické látky. Používa sa v rôznych odvetviach stavebníctva ako napr. trubky a rúry, žľaby, profily dverí a okien, súčasti nábytku a čalunícke aplikácie, apod. Jeho výhodami sú hlavne trvanlivosť, jednoduchosť montáže a nie príliš vysoká cena. PVC je tiež využívané v každodennom živote ľudí ako napr. syntetická koža, oblečenie, povrch autosedadiel, atď. [8]

Priemyslová výroba polyvinylchloridu spolu s kopolymérmi bola rozvinutá v roku 1930. Počas 2.svetovej vojny a hlavne po nej sa výroba ešte zdvojnásobila. Vstupnú surovinu, vinylchlorid, je možné vyrobiť 3 hlavnými spôsobmi:

1. z acetylenu a chlóróvodíka,
2. z acetylen-ethylenu a chlóru,
3. z ethylenu, chlóru a kyslíka. [5]

Vodeodolné PVC vo forme zvitku sa delí na PVC typu P a S podľa zloženia a vlastností. PVC P je typ polyméru, ktorého základnou zložkou je plastifikované PVC, pričom zložkou PVC S je rozpustný materiál zmiešaný s uhoľným dechtovým olejom a PVC. Zvitkové PVC má vlastnosti, ktorými sú vysoká pevnosť v ťahu, dobrá flexibilita pri nízkej teplote, vysoká elasticita, dlhá doba použiteľnosti. Súčasne má dobrú rozmerovú stabilitu, tepelnú odolnosť, odolnosť voči korózii a odolnosť voči baktériám. Používa sa hlavne na hydroizoláciu striech v stavebnom inžinierstve, taktiež na izoláciu bazénov, priehrad, a pod. Metódami zabudovania hydroizolačného PVC sú lepenie, mechanické upevnenie alebo zváranie. [9]



Obr. 13 – Fotografia rolky izolačnej fólie vyrobenej z PVC [32]

Celosvetovo je viac ako 50 % všetkého vyrobeného PVC použitého v stavebníctve. Ako stavebný materiál je cenovo nenáročný, ľahko manipulovateľný čo sa týka inštalácie a výmeny v porovnaní s klasickými stavebnými materiálmi ako sú betón, drevo, kov alebo hlina. Vďaka jeho odolnosti voči vode sa používa na výrobu sprchových závesov a plášťov proti dažďu. Avšak v stavebníctve je táto vlastnosť veľmi prospešná hlavne pri výrobe vodovodných trubiek a kanalizačných rúr. Jeho mechanické vlastnosti sú lepšie v porovnaní s inými všeobecne používanými plastickými látkami na báze olefínov.

PVC sa používa hlavne na rúry odpadových potrubí, odzdušňovacích potrubí a odtokových zachytávačov. PVC potrubie sa jednoducho reže a spracováva na potrebnú dĺžku a v súčasnosti sa často využíva na opravy starých kovových potrubí. Časť potrubia sa jednoducho vyreže, nahradí sa PVC rúrou, ktorá sa s pôvodnou spojí mechanicky.

Profily okien a dverí sú ďalšou veľmi žiadanou komoditou z PVC. Používa sa na okenné rámy, dvere, zimné záhrady, zábradlia, systémy pre odtok dažďovej vody, atď. PVC je dobrým materiálom, ktorý zabezpečí ľahkú, bezúdržbovú a nákladovo efektívnu alternatívu. Dá sa rôzne prefarbovať. Pomaly nahrádza klasické materiály, ktorými sú drevo, hliník, vďaka jeho dobrým tepelne a zvukovo izolačným vlastnostiam. Použitie PVC má v tomto prípade predpokladanú životnosť 40 rokov, čo by malo znížiť náklady na údržbu a tým pádom aj dopad na životné prostredie. Miernou nevýhodou by mohla byť nárazová pevnosť PVC, čo je možné zlepšiť rôznymi prísadami ako je napr. chlorovaný polyethylén.

PVC podlahy majú veľké využitie v garážach, pivniciach, kuchyniach a miestnostiach s vysokou vlhkosťou, a pod. V Severnej Amerike PVC podlahy už vyše 40 rokov nahrádzajú tie klasické ako je linoleum. PVC má vysokú odolnosť v priestoroch ako sú obchodné a priemyslové haly, školy, kancelárie, športové areály, nemocnice, atď. Väčšina podláh je tvorená tzv. plastisolovým náterom. Zmäkčovadlá sa zmiešajú s práškovým PVC, z čoho vznikne PVC pasta. Tá sa potom aplikuje v niekoľkých vrstvách. Predpokladaná životnosť PVC podláh je minimálne 10 rokov.



Obr. 14 – Fotografia podlahy vyrobenej z PVC [28]



Obr. 15 – Obrázok vodovodných trubiek vyrobených z PVC [29]

PVC vložky majú využitie vďaka spojeniu dobrých fyzikálnych vlastností a chemickej odolnosti. PVC je aj dobre zvariteľný teplým vzduchom, preto sa používa aj ako geomembrány na izoláciu proti vode (rybníky, lagúny) či izoláciu skládok odpadu. PVC typu P sa ešte bežne používa ako izolačný materiál v oblasti elektrotechniky. [8]

8 HYDROIZOLAČNÉ SYSTÉMY PODZEMNÝCH STAVIEB

8.1 DEFINÍCIA ZÁKLADNÝCH POJMOV Z OBLASTI HYDROIZOLÁCIE

Hydroizolácia je stavebné opatrenie pre ochranu stavebného diela voči prítoku horninovej vody.

Existujú dve základné formy:

- izolácia polymérnou membránou,
- prechodu vody sa zabráni zvláštnymi stavebnými stenami, ktorými sú betónové ostenie z vodeodolného betónu. [13]

V prípade polymérnej membrány hydroizolačný systém pozostáva z podkladnej vrstvy (striekaný betón), ochrannej vrstvy (geotextília), vodeodolnej fólie.

Kompatibilita materiálu znamená, že materiál je zlučiteľný a spojitelný (zváraním, lepením, vulkanizovaním).

Profilovaný škárový pás je všeobecné pomenovanie pre hydroizolačný prvok vo forme pásu vyrobený z plastickej látky, s nepretržitým profilovaním na jednej alebo oboch stranách po celej jeho dĺžke.

Ochranná vrstva vo forme geotextílie slúži na ochranu hydroizolačnej fólie (zvyčajne medzi vrstvou striekaného betónu a membrány). [12]

Na izolačné dielo sú kladené zvláštne nároky a preto musí spĺňať funkciu izolácie proti horskej vode, pri silnom chemickom znečistení vody (prostredie XA3) musí byť membrána ochrannou vrstvou pre betón a výstuž a spĺňať požiadavku deliacej vrstvy medzi vonkajším a vnútorným ostením. Stavebné dielo by malo spravidla slúžiť po dobu 100 rokov. Preto je potrebné zhotovenie hydroizolačného systému dôkladným spôsobom, pretože po zhotovení a dokončení stavebného diela už nie je možný prístup k tejto vrstve pre prípadné opravy. [13]

8.2 PRINCÍPY NÁVRHU HYDROIZOLAČNÉHO SYSTÉMU

Podzemné stavby a ich príslušenstvo, inštalácia a vybavenie pre prevádzku, sú celé vystavené mnohým účinkom počas výstavby, ale tiež po jej dokončení. [12]

V priebehu stavby je to zaťaženie vodou, zmeny teplôt, hlavne v oblasti portálov, plošné zaťaženie betónom vo forme definitívneho ostenia, prierezové zaťaženie vo forme výstuže a podkladu a zaťaženie v prípade požiaru. Počas užívania podzemnej stavby na hydroizoláciu vplyvajú geostatické sily, agresívna voda z podlažia, hydraulický tlak, sadanie a zmena teplôt. [36]



Obr. 16 – Znáznornenie zaťaženi pôsobiacich na hydroizolačný systém počas výstavby podzemného diela [36]



Obr. 17 – Zobrazenie zaťaženia hydroizolačného systému počas užívania podzemného diela [36]

Tunelová stavba vyžaduje vysokú investíciu na jej samotnú výstavbu a tiež prevádzku, a preto sa vyžaduje stála ochrana pred prienikom vlhkosti, náhodnou vodnou infiltráciou a rizikom kontaktu s agresívnou vodou. Musí sa nainštalovať trvanlivý a spoľahlivý systém hydroizolácie, ktorý zabezpečí neobmedzené užívanie konštrukcie počas plánovanej životnosti. To závisí od výberu vhodného izolačného systému a jeho komponentov. [12]

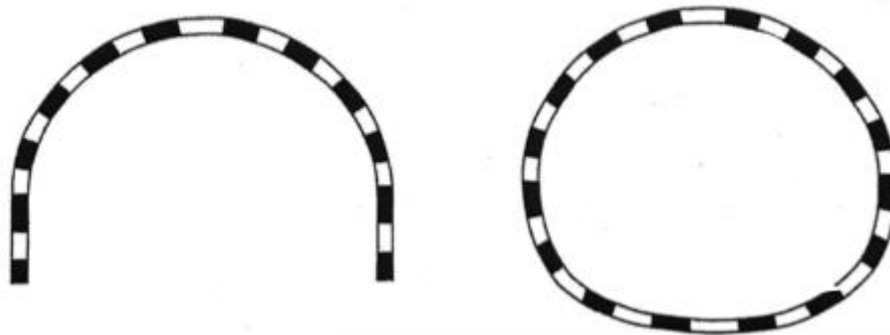
Pred výberom hydroizolačného systému je potrebné posúdenie nasledovných vplyvov:

- posúdenie hydrogeologických podmienok, prítomnosť tlakovej vody, chemické pôsobenie betónu, účinky vody na hydroizolačný systém,
- zohľadnenie možných účinkov na vodné hospodárstvo, prietoky vody a chemizmus vody,
- voľba izolačných doplnkov (drenážne a odvodňovacie opatrenia),
- stanovenie požiadavok na izolačné prvky,
- ostatné podmienky stanovené pri výstavbe (časový plán, transport materiálu, apod.),
- popis nevyhnutných opatrení zabezpečenia kvality,
- zostavenie výkonu prác,
- prehľad prvkov a systému výstavby hydroizolačného systému. [13]

Konštrukcia tunelového diela je do značnej miery určená jeho polohou vo vzťahu k podzemnej vode, ktorá určuje základný parameter hydroizolácie. A to, či je systém navrhnutý s odporom alebo bez odporu voči tlakovej vode.

Ak je tunel nad hladinou podzemnej vody, je iba v kontakte s presakujúcou vodou alebo tlak vody je trvalo znižovaný bočnou stenou, tak je všeobecne navrhnutý bez odolnosti voči tlakovej vode. Konštrukcia hydroizolačného systému je spravidla iba v mieste oblúka a je všeobecne známa ako tzv. ochranný kryt proti dažďu, teda dáždnikový typ hydroizolácie. Ak by náhodou nastal prítok vody v invertnej časti, je potrebné priesakom zabrániť dodatočným drenážnym systémom.

Ak je tunel vystavený tlakovej vode a nie sú plánované dodatočné opatrenia ochrany pred touto vodou, je potrebné navrhnutie hydroizolačného systému s odporom proti tlakovej vode. Takýto systém pokrýva celý prierez tunelovej stavby a je známy ako tzv. všestranná alebo kruhová izolácia.



Obr. 18 – Schématické zobrazenie dvoch základných typov hydroizolácie podľa typu pritekajúcej vody - vľavo dáždnikový typ, vpravo kruhový typ hydroizolácie [13]

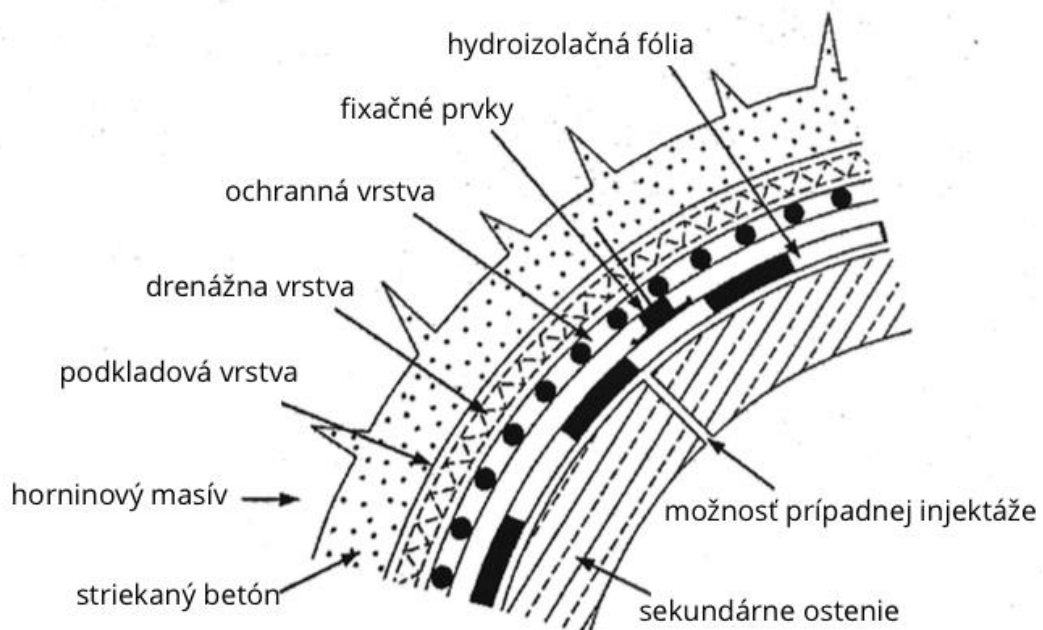
Prierez bez tlaku vody vyžaduje trvalý a spoľahlivý odklon podzemnej vody a priesakovej vody. Musí byť zabezpečená interakcia medzi hydroizoláciou a jej komponentami, pretože nesprávna funkcia odvodnenia môže viesť k poškodeniu celkovej konštrukcie. Aj tak je stále relatívne jednoduché zaizolovanie takého objektu oproti stavbe s vplyvom tlakovej vody. Takýto prierez si vyžaduje väčšiu zložitosť pri návrhu hydroizolačného systému vrátane jeho doplnkov. V prípade inštalácie hydroizolácie je náročný odklon podzemnej vody a nepretržitá prevádzka drenážneho systému.

Pri hydrogeologických podmienkach, ktoré sa líšia v závislosti od dĺžky tunela, alebo iných požiadaviek vyplývajúcich z osobitných obmedzení projektu, môže byť potrebné tieto dve metódy striedať pomocou návrhov prierezov s tlakom vody a bez neho. [12]

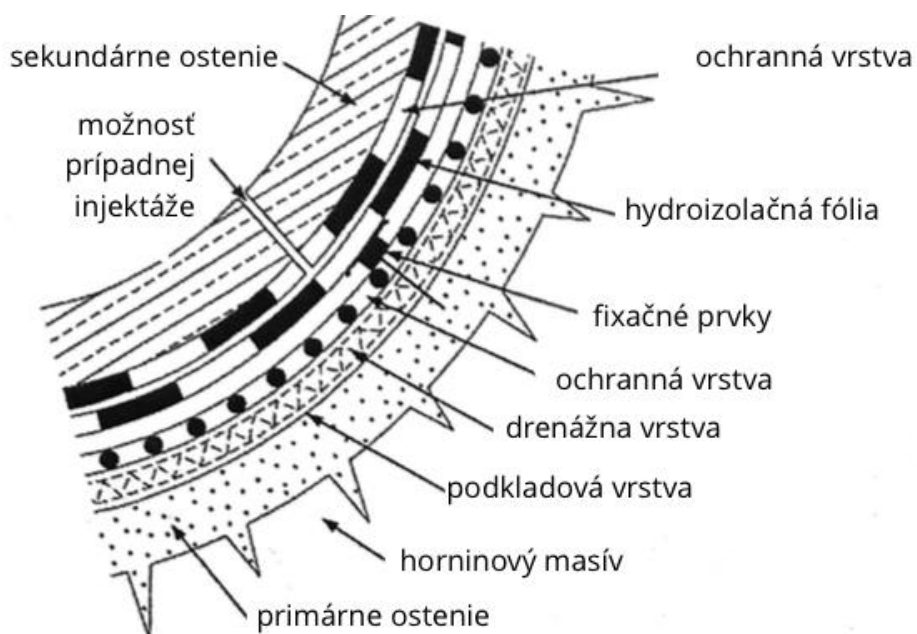
8.3 PRVKY HYDROIZOLAČNÉHO SYSTÉMU

Spájaním izolačných pásov vzniká izolačný systém, ktorý tvorí bariéru zo strany horniny. Jeho časti sú:

- primárne ostenie,
- upravený povrch primárneho ostenia (striekaný betón),
- ochranná vrstva (geotextília),
- hydroizolačná membrána (1/2 vrstvomá),
- ochranná vrstva (ochranná fólia),
- sekundárne ostenie.



Obr. 19 - Zobrazenie častí hydroizolačného systému v mieste kaloty [13]



Obr. 20 - Zobrazenie častí hydroizolačného systému v mieste dna [13]

Ďalšími prvkami hydroizolačného systému sú profilované škárové pásy, napájacie a externé škárové pásy, upevňovacie elementy a injektážny systém. [13]

8.3.1 Komponenty hydroizolačného systému bez prítoku tlakovej vody - cyklický spôsob razenia

Hydroizolačný systém používaný v cyklicky razených podzemných stavbách, bez predpokladu prítoku tlakovej vody, pozostáva z nasledujúcich častí (od strany horninového masívu):

1. podklad pre hydroizolačný systém,
2. drenážna vrstva,
3. ochranná vrstva,
4. hydroizolačná membrána.

1. Podklad pre hydroizolačný systém musí mať špeciálne vlastnosti, ktorými sú špeciálna rovinatosť, drsnosť povrchu a dostatočná pevnosť pre inštaláciu geotextilnej ochrannej vrstvy a hydroizolačnej membrány. Minimálna hrúbka podkladu je 3 cm.
2. Drenážna vrstva a jej elementy. V podzemnej stavbe s prierezom bez prítoku tlakovej vody musí byť zabezpečené, aby priesaková voda bola odvedená pozdĺž celého tunela. Ak hydraulická účinnosť ochrannej vrstvy alebo podkladu je nepostačujúca, je potrebné navrhnuť drenážny systém s odklonom presakujúcej vody. Jeho vlastnosti by mali byť definované na základe požiadavok daného projektu.
3. Ochranná geotextília musí byť nainštalovaná medzi membránou a podkladom. Jej cieľom je kompenzovať a vyrovnávať nerovnosti podkladnej vrstvy a znížiť vplyv drsností a napätia na hydroizoláciu počas betonáže sekundárneho ostenia. Geotextília by mala byť navrhnutá tak, aby ochránila hydroizolačnú fóliu pred namáhaním očakávaným počas výstavby a užívania konštrukcie. Plošná hmotnosť geotextílie na m^2 musí byť minimálne 500 g/m^2 pre použitie v klenbe a 900 g/m^2 pre použitie v protiklenbe.
4. Polymérna hydroizolačná membrána je vystavená rôznym vplyvom počas výstavby a užívania konštrukcie. Tento fakt musí byť braný do úvahy počas návrhu. Mechanické vplyvy, ako ťahové namáhanie v jednom alebo viacerých smeroch, lokálne alebo plošné tlakové napätie môžu spôsobiť jej poškodenie. Preto je potrebné navrhnuť takú membránu, ktorá bude mať dostatočnú robustnosť a hrúbku, čo v prípade prítoku netlakovej vody musí byť minimálne 2,00 mm vrátane signálnej vrstvy. Pre ľahké identifikovanie poškodenia je potrebná prítomnosť signálnej vrstvy svetlej farby na strane vnútra tunela, ktorá sa farbou líši od farby podkladného materiálu. V prípade dáždňového spôsobu izolácie sa hydroizolácia napája na drenážny odvodňovací systém. Hydroizolačná membrána nesmie byť použitá pre prenos šmykových síl, ale musí byť schopná

pohlť možné pohyby prilahlých častí konštrukcie bez poškodenia. Tlakové namáhanie v smere kolmom na hydroizolačnú plochu je neodmysliteľné.

V tuneli bez prítoku tlakovej vody nie je nevyhnutné deliť dielo na bloky pomocou externých škárových pásov. Izolačný systém je spájaný zvaraním a tvorí celoplošnú, plne tesnú izoláciu. Zvary sú realizované dvojstopým zvarom so stredovým poistným kanálikom.

8.3.2 Komponenty hydroizolačného systému s prítokom tlakovej vody – cyklický spôsob razenia

Hydroizolačný systém používaný v podzemných stavbách razených cyklickým spôsobom s prítokom tlakovej vody pozostáva z nasledujúcich častí:

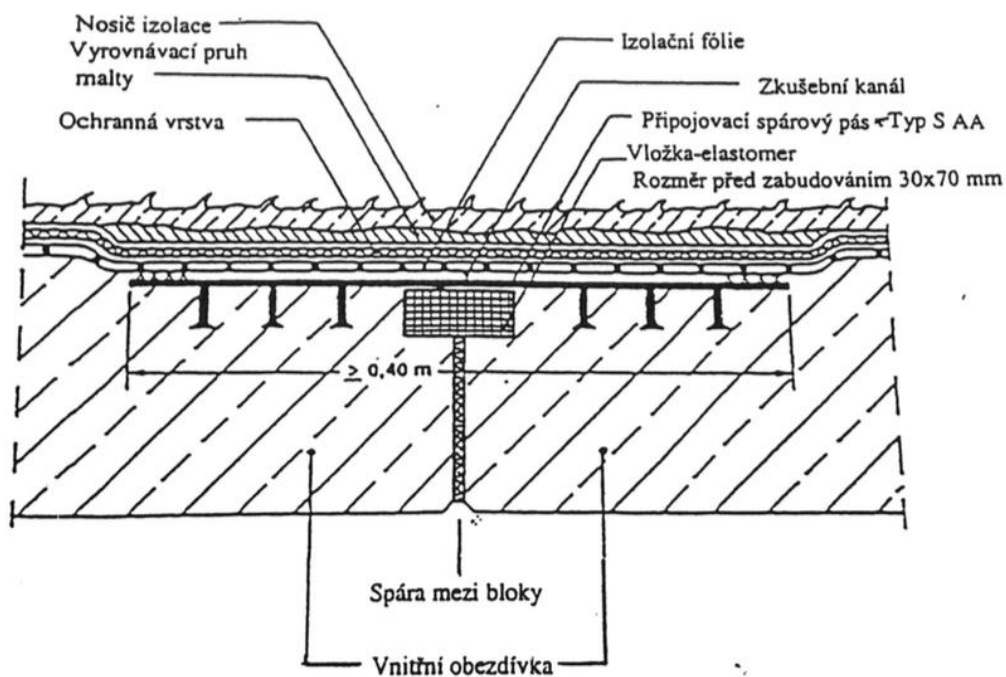
Klenbová časť:

1. podkladová vrstva,
2. ochranná vrstva,
3. hydroizolačná fólia.

Protiklenbová časť:

1. podkladová vrstva,
2. ochranná vrstva,
3. hydroizolačná fólia,
4. ochranná fólia alebo betónová vrstva.

1. Podkladová vrstva musí mať rovnaké vlastnosti ako v prípade hydroizolačného systému bez tlakovej vody.
2. Ochranná vrstva musí mať rovnaké vlastnosti ako v prípade beztlakového hydroizolačného systému, avšak geotextília nemá mechanickú únosnosť, preto na ňu nie sú kladené žiadne požiadavky tohoto typu.
3. Polymérna hydroizolačná fólia musí mať rovnaké vlastnosti ako v predchádzajúcom prípade, avšak jej minimálna hrúbka je 3,0 mm a podzemné dielo musí byť rozdelené do blokových častí pomocou vonkajších škárových pásov. [12]



Obr. 21 – Schématické zobrazenie tesniaceho škárového pásu v mieste pracovnej škáry, ktorý delí hydroizolačný systém do injektážnych blokov [49]

8.4 DVA ZÁKLADNÉ TYPY HYDROIZOLAČNÝCH SYSTÉMOV POUŽÍVANÉ FIRMOU RENESCO A.S.

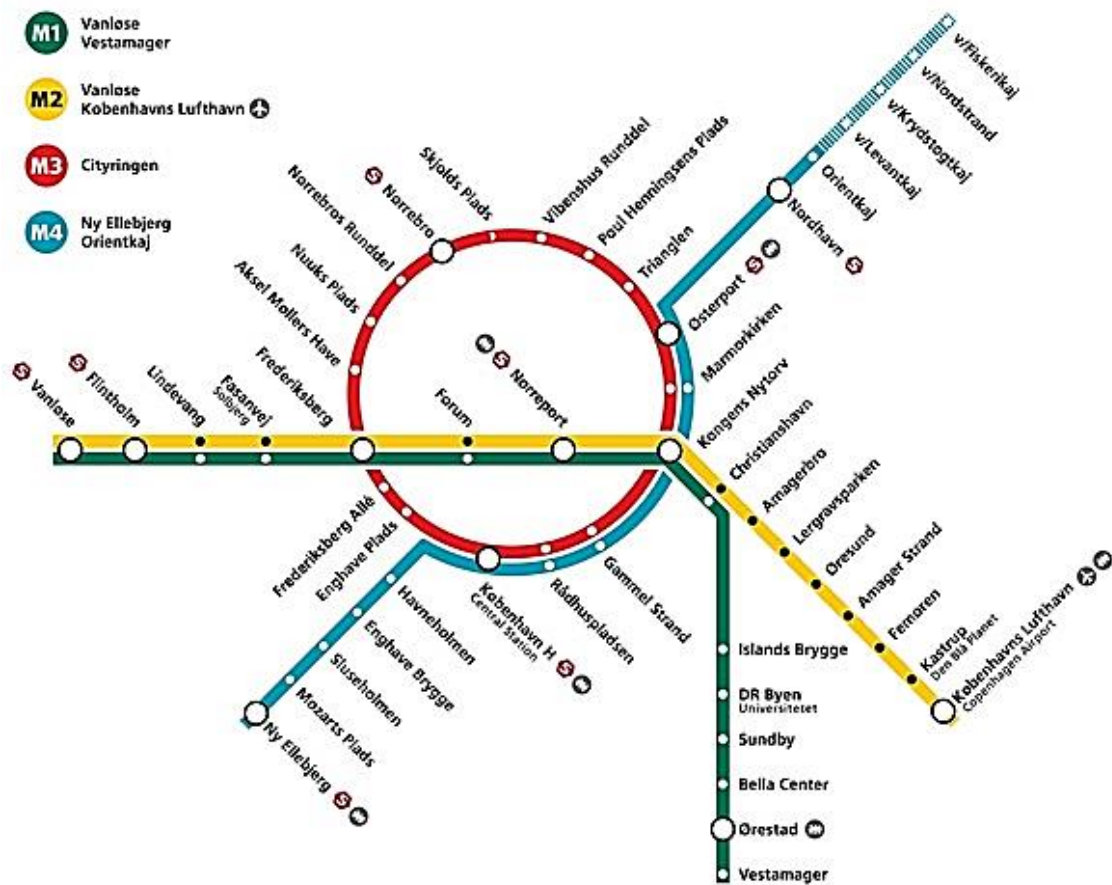
Firma Renesco a.s. poskytuje špeciálne služby v oblasti tesnenia podzemných konštrukcií proti tlakovej i netlakovej vode, rovnako ako injektážne práce. Hlavnými oblasťami aplikácie sú tuzemské a zahraničné projekty podzemných stavieb a infraštruktúry, ale i mnohé iné. [14]

Dva základné hydroizolačné systémy používané pre izoláciu podzemných diel na Slovensku a v zahraničí sú:

1. hydroizolačný systém použitý na projekte Cityringen Metro – Kodaň,
2. hydroizolačný systém použitý na projekte Kolektor Hlavkúv most – Praha.

8.4.1 Hydroizolačný systém použitý na projekte Cityringen Metro – Kodaň

Projekt Cityringen Metro je výstavbou linky metra M3 v Kodani, v Dánsku. Linka metra M3 je mestským okruhom v historickom centre mesta. Bude prepojená už s dvomi existujúcimi linkami M1 a M2. Obsahuje 21 staníc, ktoré sú v hĺbke 20 až 30 metrov. Tunelové prepojenie medzi jednotlivými stanicami je realizované technológiou TBM. Pracovnou náplňou firmy Renesco je inštalácia hydroizolačného systému v staniach metra.



Obr. 22 – Mapa existujúceho metra v Kodani a časť metra vo výstavbe [30]

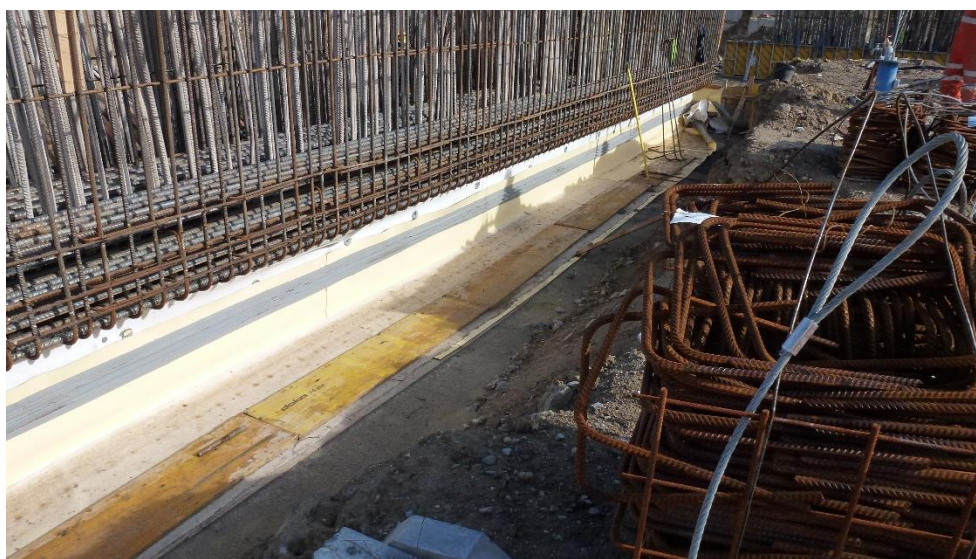
Práca na staniach začína izoláciou základového pásu, ktorý posluži na prepojenie vertikálnej izolácie s izoláciou vrchnej dosky. Následne po jej zabetónovaní začína ťažba stanic. Ťaží sa po určitých etapách a po každej etape sa osádzajú rozperné rámy, ktoré prenášajú tlaky horniny počas výstavby stavebného diela. Po vyťažení izolácia samotnej stanice začína spodnou základovou doskou, kde je veľmi dôležitý povrch podkladového betónu, ale taktiež betónu, ktorý bude aplikovaný na izoláciu ako finálna základová doska stanice metra. V niektorých

prípadoch hrúbka základovej dosky zo železobetónu dosahuje až 2,5 m. Po zaizolovaní spodnej dosky sa pokračuje na steny od spodu až po vrch stanice.

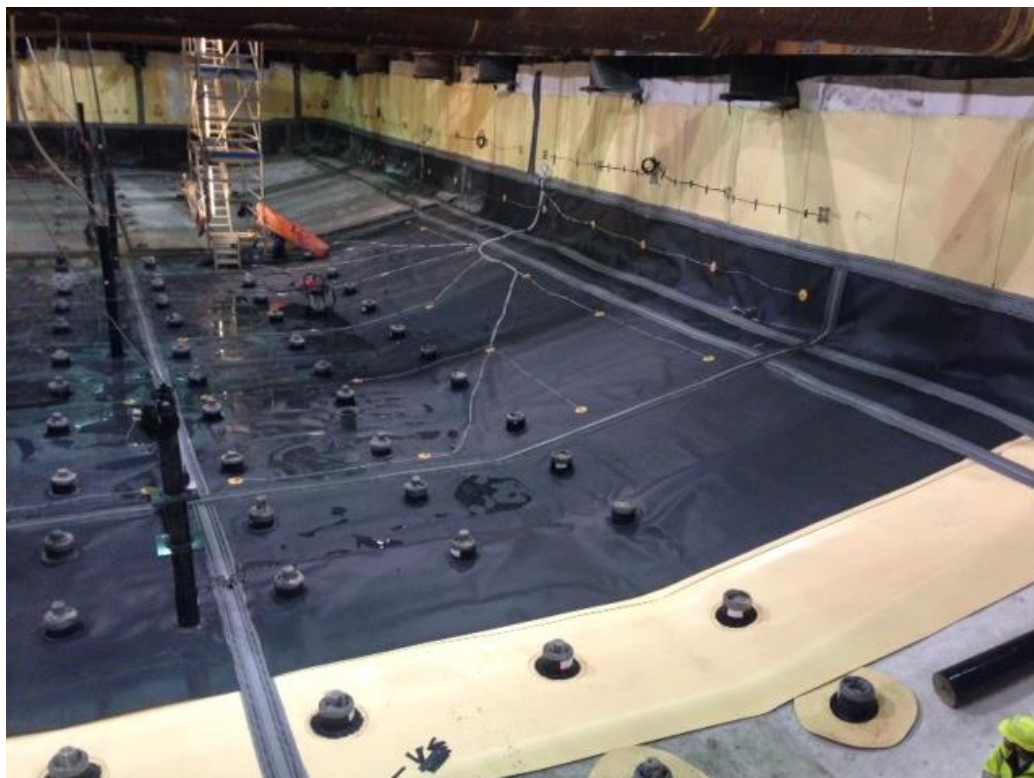
Samotný hydroizolačný systém pozostáva z týchto častí:

- geotextília 900 g/m² fixovaná k podkladu nastrelením terčov FPO,
- hydroizolačná fólia hrúbky 3,2 mm z materiálu FPO, pripevnená na terče a následne zvarená dvojstopým zvarom so stredovým poistným kanálikom,
- ochranná fólia v mieste základovej dosky, ktorá slúži na ochranu hydroizolačnej fólie proti poškodeniu prejazdom strojov alebo pohybom osôb,
- škárové pásy šírky 310 mm, slúžiace na rozdelenie hydroizolačného systému na bloky a injektážne celky. Pásy sú navarené na membránu v miestach presne stanovených projektovou dokumentáciou,
- injektážne taniere, ktoré sú bodovo navarené na fólii. Z nich vedie injektážna hadička cez budúci betón do injektážnej krabičky a je pripravená na použitie v prípade budúcej injektáže po zhotovení diela.

Takto navrhnutá hydroizolácia je nainštalovaná do výšky prvého rozperného rámu. Ten je následne demontovaný a hneď na to je bezodkladne vyhotovená permanentná nosná konštrukcia zo železobetónu. Následne sa pokračuje s inštaláciou hydroizolácie po ďalší rozperný rám, ktorý sa zase demontuje, a týmto spôsobom sa stanica zaizoluje až po strop, kde sa izolácia vertikálnej steny napojí na základový pás. [15]

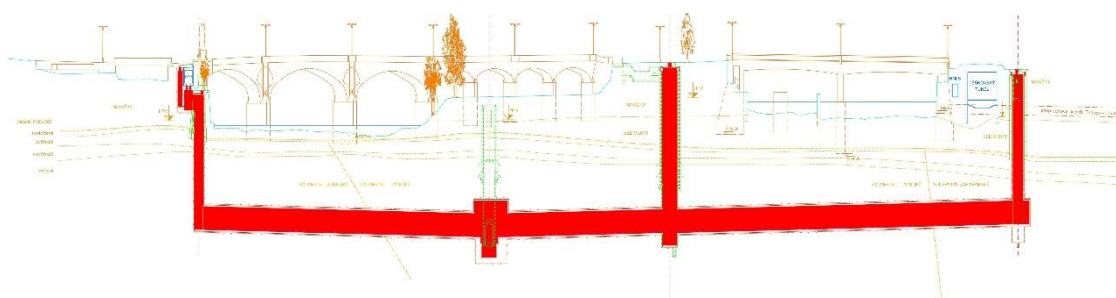


Obr. 23 – Fotografia nainštalovaného základového pásu hydroizolačného systému stanice metra v Kodani (ochranná geotextília, izolačná membrána, škárový pás) [zdroj:autorka]



Obr. 24 - Zobrazenie časti nainštalovaného hydroizolačného systému na základovej doske stanice metra v Kodani (ochranná geotextília, izolačná membrána, ochranná fólia, škárový pás, injektážny systém) a na vertikálnych stenách po prvý rozperný rám (ochranná geotextília, izolačná membrána, škárový pás, injektážny systém) [zdroj:autorka]

8.4.2 Hydroizolačný systém použitý na projekte Kolektor Hlavkův most Praha



Obr. 25 - Schématické zobrazenie jednotlivých šácht pri výstavbe kolektora Hlavkův most v Prahe [50]

Základnou funkciou výstavby hlbinného kolektora II. kategórie – Hlavkův most je prevedenie existujúcich inžinierskych sietí vedených v telese mosta do podzemia, aby bola možná následná rekonštrukcia mosta. Navrhnutá bola trasa dĺžky 385 m s dvomi technickými komorami o dĺžke 28 m, štyrmi šachtami s celkovou hĺbkou 130 m a vyhlbeným kolektorom na ostrove Štvanice dlhom 100 m. [16]

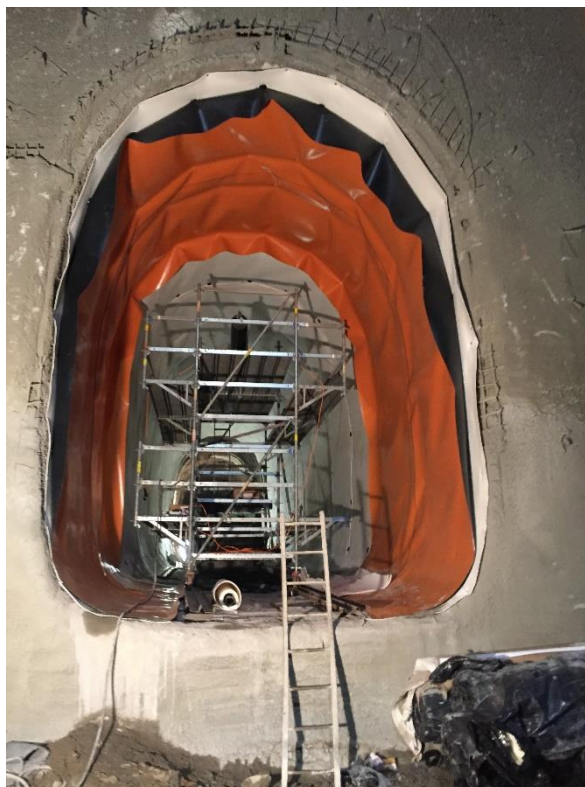
Časť stavby je zhotovená razením (použitie trhacích prác, a rozpojovanie mechanickým spôsobom) a časť hĺbením (kruhový prierez priemeru 8 m). [17]

Návrh trasy obsahuje úseky s medzifahlou izoláciou z PVC, ktorými sú úsek J102 – TK103, šachta 102, 103, 104 a technická komora TK103, a naopak úseky bez izolácie. Na miestach, kde nie je použitá medzifahlá izolácia sa betón primárneho ostenia preinjektoval a do betónu sekundárneho ostenia bola pridaná kryštalizačná prísada.

V miestach intenzívnych priesakov je použitá kombinácia organizovaných odvodov a plošnej izolácie s injektážnym systémom v špárach pre zaistenie vodotesnosti do výšky vodného stĺpca min. 30 m. Na dne primárneho ostenia sú osadené drenážne žľaby pre kontrolované zvedenie presakujúcej vody cez primárne ostenie.

Hydroizolačný systém sa skladá z týchto prvkov:

- podkladová vrstva zo striekaného betónu, ktorá musí spĺňať základné požiadavky,
- 1 až 2 vrstvy ochranej geotextílie s plošnou hmotnosťou 800 g/m², ktorá je zafixovaná do podkladu pomocou terčiekov,
- hydroizolačná fólia hrúbky 3,0 mm, vrátane signálnej vrstvy, navarená na terčiky a následne zvarovaná dvojstopým zvarom s poistným kanálikom,
- ochranná geotextília s plošnou hmotnosťou 2000 g/m², ktorá má za úlohu ochrániť spodnú podlahovú vrstvu hydroizolačnej membrány, pred možnými poškodeniami pohybom osôb,
- externé škárové pásy profilované, šírky 500 mm, ktoré sú navarené na fóliu v miestach dilatačných a pracovných škár,
- injektážny systém inštalovaný medzi rebrovými profilmi škárových pásov pre elimináciu prípadných priesakov dodatočnou cementovou a chemickou injektážou. Injektážne hadičky sú perforované, aby injektáž z nich mohla vytekať do priestoru, a napojené sú neperforovanými hadičkami, ktoré vedú cez budúci betón do injektážnych krabičiek. Z tých je možná dodatočná injektáž po dokončení diela.



Obr. 26 – Fotografia budúceho napojenia hydroizolačného systému z technickej komory do kolektorovej trasy, zobrazenie neupraveného podkladového betónu pred pokládkou hydroizolácie [25]



Obr. 27 – Zachytenie nainštalovanej hydroizolácie šachty J102, kde na dno bola nainštalovaná ochranná geotextília s plošnou hmotnosťou 2000g/m² [25]



Obr. 28 – Usporiadanie injektážnych hadičiek v nerezovom injektážnom boxe podľa výkresovej dokumentácie [25]

Prechod z častí s izoláciou do častí bez navrhnutej medziláhlej izolácie je navrhnutý s nasledujúcim opatrením. Izolácia nainštalovaná s presahom minimálne 1,5 m do priestoru bez izolácie a ukončená externým škárovým pásom, ktorý obsahuje poistný injektážny systém. Sekundárne ostenie týchto miest je z vodonepriepustného betónu. [18]

9 PREHĽAD MATERIÁLOV, KTORÉ NABERAJÚ OBJEM PRI STYKU S VODOU

Medzi najčastejšie používané plošne aplikované hydroizolačné materiály patria bitumenové pásy, stierkové izolačné hmoty, fólie, bentonitové rohože, apod. Pozornosť pri návrhu hydroizolácie je treba venovať tiež izolácii pracovných a dilatačných škár a prestupom vedenia inštalácií.

Základným pravidlom je, že systém izolácie musí byť uzavretý a vzájomne prepojený z kompatibilných prvkov.

Tesniace systémy pre škáry v monolitickom železobetóne sú:

Bentonitové a termoplastické bobtnavé pásiky, ktoré zväčšujú svoj objem absorbovaním vody do svojej štruktúry. Tým sa pritlačí o povrch betónu a utesní dané miesto. Fixácia takýchto pásikov je zabezpečená mechanicky alebo nalepením k podkladu.

Profilované tesniace pásy, ktoré zabezpečujú tesniaci účinok vďaka tzv. labyrintovému efektu. Tlak vody klesá vďaka profilu, ktorý sa voda snaží obtečť.

Osadenie musí byť symetrické vzhľadom k pracovnej škáre. Podľa hydrostatického tlaku, typu konštrukcie a metódy výstavby sa delia na vnútorné a vonkajšie.

Tesniace plechy, ktoré majú povrchovú úpravu z bitumenu, bentonitu, kryštalická izolácia, apod. Plechy sa zapúšťajú do betónu minimálne 30 mm hlboko v mieste škáry. Zabezpečujú okamžité tesnenie proti pritekajúcej vode.

Injektážny systém pozostávajúci z perforovaných hadičiek umiestnených v pracovných škárach. Ich výhodou je prispôsobenie zložitému tvaru konštrukcie a rýchla montáž. Vhodné je ich použitie spolu s iným tesniacim prvkom. Doplňujúci tesniaci prvok sa nainštaluje bližšie k zdroju vody a injektážna hadička slúži ako poistka. [45]

Tab. 3 – Prehľad rôznych druhov bobtnavých pásikov od rôznych výrobcov

Názov	Materiál	Použitie	Vlastnosti
SWELLFLEX (H-BAU TECHNIK GMBH) [41]	bentonit butylkaučuk	tesnenie pracovných škár v betónových konštrukciách, ktoré sú dočasne alebo trvale vystavené pôsobeniu tlakovej vody	proces bobtnania a vysychania môže byť opakovateľný jednoduchá montáž
SIKASWELL-A (Sika Group) [40]	akrylové polyméry	konštrukčné pracovné škáry prestupy	trvalá odolnosť voči účinkom vody aplikácia na rôzne materiály a podklady nie je nutné čakať na vytvrdnutie bez predčasného bobtnania pri pokládke betónu rôzne rozmery pre rôzne zaťaženie vodným tlakom
MIRRA WATERSTOP (MIRRA czech s.r.o.) [42]	bentonit	pracovné škáry v monolitickom betóne v pozemných a inžinierskych stavbách v stojatej i tlakovej vode	tlakotesnosť 50 m vodného stĺpca časovo nenáročná inštalácia tvarová stabilita nelepivý
AQUASTOP 2025 LONG TIME (ILLICHMAN) [43]	bentonit potiahnutý špeciálnou fóliou	pracovné škáry základ/základ, základová doska/stena, stena/stena	vďaka fólii odolá 10 dní stojatej vode alebo dažďu zloženie betónovej zmesi fóliu rozpustí po niekoľkých dňoch a pásik nabobtná po kontakte s vodou vratný proces bobtnania a vysychania rozmerová stabilita
IDROSTOP (MAPEI) [44]	akrylové polyméry	tesnenie pracovných a deliacich škár v podzemných, inžinierskych a vodných stavbách	vodotesný do tlaku vody 0,5 MPa odoláva aj agresívnym vodám, morskej vode a vode odpadovej stabilný v teplotách od -30°C do +50°C

PRAKTICKÁ ČASŤ

Cieľom praktickej časti bolo overiť vodotesnosť spojov hydroizolačných membrán na báze polyvinylchloridu, v spolupráci s firmou Renesco a.s.

Na zhotovenie skúšobných vzoriek som použila hydroizolačnú fóliu na báze polyvinylchloridu typu P a polyvinylchloridový škárový pás. Fólia medzi sebou a taktiež so škárovým pásom bola spájaná pomocou horúceho vzduchu. Overované boli dva základné typy spojov, a to spoj automatický a spoj ručný.

Na záver som previedla experiment, kde som škárový pás doplnila o bobtnavý pásik na akrylovej báze. Cieľom bolo nasimulovať prostredie v tuneli. Preto som vytvorila vzorku hydroizolačného systému doplneného o bobtnavý pásik spolu s betónom, ktorý má predstavovať sekundárne ostenie. Po vytvrdnutí betónu som pomocou ručnej injektážnej pumpy tlačila vodu do priestoru medzi betón a hydroizolačný systém. Cieľom bolo vyskúšať aké množstvo a aký tlak vody pojme bobtnavý pásik v porovnaní so vzorkou bez bobtnavého pásika.

10 VYSVETLENIE ZÁKLADNÝCH POJMOV PODĽA NORMY ČSN EN 13416

VZORKA je rolka hydroizolačnej fólie.

SKÚŠOBNÁ VZORKA je časť vzorky, z ktorej sa vyreže skúšobné teleso. Musí byť dostatočne veľká, aby sa z nej dalo vyrezať potrebné množstvo skúšobných telies.

SKÚŠOBNÉ TELESO je teleso pevných rozmerov vyrezané zo skúšobnej vzorky. Pred vyrezaním je potrebná prehliadka skúšobnej vzorky či neobsahuje rôzne poškodenia a zjavné vady.

11 ZÁKLADNÉ INFORMÁCIE O SKÚŠOBNÝCH VZORKÁCH

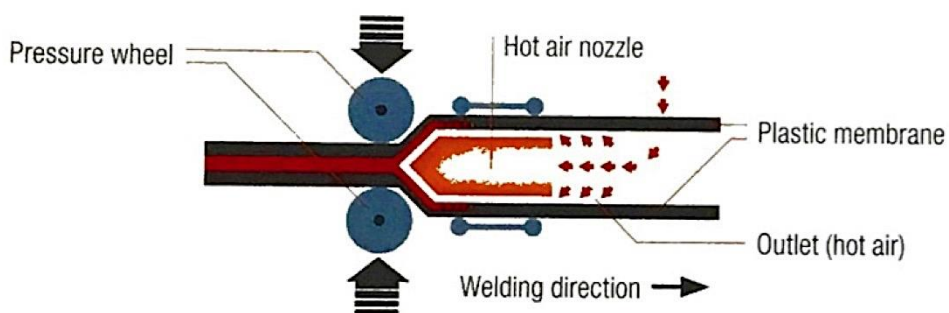
Tab. 4 – Prehľad použitého materiálu s praktickej časti so základnými informáciami

Hydroizolačná membrána - Sikaplan WP 1100 - 20 HL	
Popis produktu:	Je pružná, homogénna hydroizolačná fólia so signálnou vrstvou, na báze vysoko kvalitného polyvinylchloridu (PVC-P).
Použitie:	Hydroizolácia tunelov a podzemných stavieb proti spodnej vode, proti radónu. [37]
Škárový pás - Tricosal Elastomer A350	
Popis produktu:	Tesniace pásy Tricosal Elastomer sú trvalo flexibilné, zhotovené z elastomerov, SBR (styrén butadien guma) na tesnenie dilatačných a pracovných škár vo vodonepriepustných betónových konštrukciách.
Použitie:	Tesnenie škár v betónových konštrukciách, tesnenie dilatačných a pracovných škár pri betonáži na stavbe, napojenie nových a existujúcich konštrukcií pomocou škárového pásu a príruby. [38]
Injektážny tanier – Sikaplan WP injektážny bod	
Popis produktu:	Je určený na injektáž po zhotovení diela. Je potrebné ho doplniť o injektážnu hadičku, ktorá je vyvedená cez betón do injektážneho boxu.
Použitie:	Injektáž podzemných konštrukcií.
Bobtnajúci tmel – Sikaswell S-2	
Popis produktu:	Je 1-komponentný bobtnajúci tesniaci tmel na báze polyuretanu, ktorý bobtná pri kontakte s vodou.
Použitie:	Je určený pre utesnenie vodonepriepustných konštrukcií a upevnenie bobtnajúcich profilov SikaSwell A a SikaSwell P a bobtnajúcich injektážnych hadičiek SikaFuko Swell 1. [39]
Bobtnajúci pásik – Sikaswell A Profil 2005	
Popis produktu:	Bobtnajúci tesniaci profil na akrylovej báze pre tesnenie škár, pri styku s vodou bobtná.
Použitie:	Pre utesnenie pracovných škár, prieniku potrubia stenou a podlahovou doskou, stavebných škár medzi betónovými prefabrikátmi, stavebných škár káblových vedení a všetkých typov priechodov k betónu. [40]

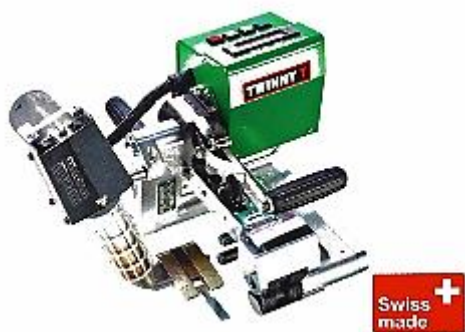
12 PREHLAD SKÚŠOBNÝCH METÓD VODOTESNOSTI ZVAROV HYDROIZOLAČNÝCH MEMBRÁN

12.1 AUTOMATICKÝ ZVAR

Spájanie membrány bolo prevádzkané pomocou zariadenia bežne používaného na automatické zváranie hydroizolačnej fólie v podzemnou staviteľstve. Je to zariadenie typu TWINNY T, ktoré spája technológiou tzv. dvojstopého zvaru s tlakovým kanálikom uprostred.



Obr. 29 – Schématické zobrazenie pohybu jednotlivých častí zváracieho automatu typu Twinny T počas automatického spájania membrán [33]



Obr. 30 – Zobrazenie zariadenia pre zváranie automatického zvaru s poistným kanálikom – Twinny T [33]



Obr. 31 – Zachytenie zváracieho automatu typu Twinny T pred prevádzkaním automatického spoja [zdroj: autorka]

Pre overenie automatických zvarov sa používa niekoľko skúšobných metód. Sú to tlaková skúška a skúška stanovenia odolnosti proti odlupovaniu, tzv. odtrhová skúška. Keďže sa podzemné stavitelstvo začalo rozvíjať najprv v krajinách ako sú Nemecko, Švajčiarsko a Rakúsko, sú v súčasnosti bežne skúšky prevádzané v súlade s nemeckými smernicami DVS, alebo podľa noriem DIN či ÖNORM. Niektoré z nich sú však už prevedené na normy európske, teda aj normy ČSN.

Tlakovú skúšku automatického zvaru som prevádzala v súlade so smernicou DVS 2212, časť 3, kapitola 7.4. a), požiadavky na zvar sú uvedené v Tabuľke 5.

Tab. 5 - Podmienky skúšania tlakovou skúškou a požiadavka na automatický zvar [35]

Podmienky	Výdrž	Požiadavka
2 bary	10 minút	pokles tlaku o max 10%

Po prevedení tlakovej skúšky na všetkých skúšobných vzorkách som vyrezala skúšobné telesá z každej vzorky pre odtrhovú skúšku, ktorú som prevádzala podľa normy ČSN EN 12814 – 4. Popis prevádzania skúšok sa nachádza v nasledujúcich kapitolách.

Pred skúškou stanovenia odolnosti voči odlupovaniu je ešte potrebné vizuálne posúdiť zvar na každom skúšobnom telese podľa normy ČSN EN 12814 – 5, a taktiež určiť rozmery zvaru na troch z piatich skúšobných telies, ktoré boli použité na odtrhovú skúšku. Rozmery zvaru som určila v súlade so smernicou DVS 2212, časť 3, kapitola 7.6.

12.1.1 Stanovenie tesnoti zvaru tlakovou skúškou podľa smernice DVS 2212 - 3

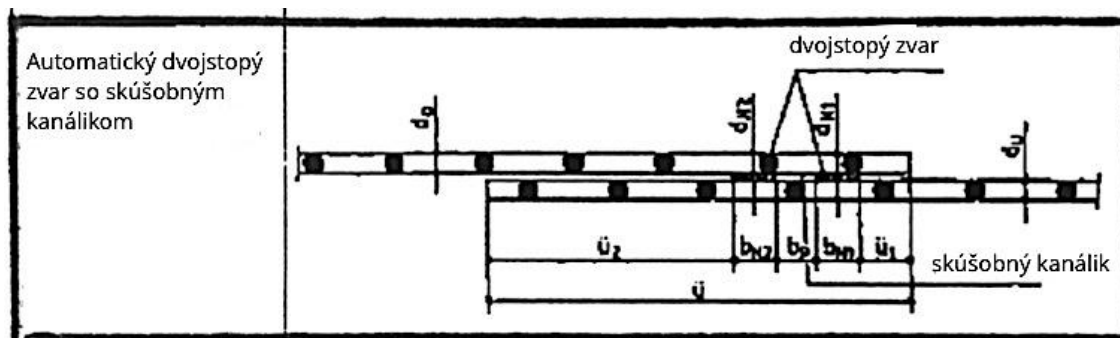
Dvojstopý automatický zvar má v strede poistný kanálik, vďaka ktorému je možné testovať tesnosť pomocou tlaku. Po spojení dvoch kusov fólie automatickým zvarom, sa kanálik na oboch koncoch zavarí, aby sa vytvoril nepriepustný kanálik. Skúšobná ihla, na ktorú je pripevnený manometer, sa pichne do kanáliku tak, aby ihla neprešla cez obe vrstvy. Pomocou kompresora sa kanálik nafúkne na tlak 2 bary a sleduje sa úbytok tlaku po 10 minútach. Pokiaľ je úbytok menší ako 10 %, zvar vyhovel. [35]

12.1.2 Makroskopické posúdenie zvaru podľa normy ČSN EN 12814 - 5

Slúži k zaisteniu vzhľadu zváraných spojov skúšobného telesa, obvykle na priečnom reze. Skúšobné telesá sú vyrezané zo skúšobnej vzorky kolmo na zvar. Následne je povrch skúšobného telesa pozorovaný pri zväčšení 1-10. [20]

12.1.3 Stanovenie rozmerov zvaru podľa smernice DVS 2212 - 3

Po vyskúšaní tesnosti pomocou tlakovej skúšky sa vyreže 5 skúšobných telies, ktoré budú skúšané tzv. odtrhovou skúškou (kapitola 12.1.4). U troch z nich sa pomocou posuvného meradla stanovujú jednotlivé rozmery podľa obrázka 32. Požiadavky na rozmer jednotlivých častí zvaru sú uvedené v tabuľke 6. [35]



- b_N = celková šírka zvaru
- b_p = šírka skúšobného kanáliku
- b_{N1} = šírka prednej časti zvaru
- b_{N2} = šírka zadnej časti zvaru
- d_o = hrúbka vrchnej fólie
- d_u = hrúbka spodnej fólie
- d_N = hrúbka zvaru
- d_{N1} = hrúbka prednej časti zvaru
- d_{N2} = hrúbka zadnej časti zvaru
- \bar{u} = celkový presah
- \bar{u}_1 = voľný predný presah
- \bar{u}_2 = voľný presah zadnej časti

Obr. 32 – Zobrazenie jednotlivých rozmerov zvaru podľa smernice DVS [35]

Tab. 6 – Požiadavky na rozmery automatického zvaru [35]

Rozmer	Požiadavka
d_{N1}	Δd_N maximálne 0,6 mm
d_{N2}	
b_{N1}	- 0 mm; + 3 mm
b_{N2}	
b_p	+ 0 mm; - 6 mm

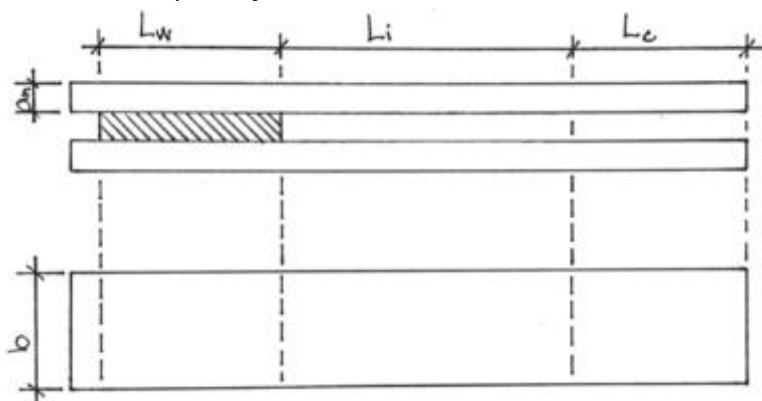
12.1.4 Stanovenie odolnosti voči odlupovaniu podľa normy ČSN EN 12814 - 4

Odolnosť proti odlupovaniu je aritmetický priemer hodnôt síl vydelený šírkou skúšobného telesa.

Skúška pozostáva z odlupovania v spoji pri konštantnej rýchlosti zaťažovania až kým nastane poškodenie skúšobného telesa.

Rozmery skúšobného telesa sú naznačené na obrázku 33, kde:

- a_n nominálna hrúbka fólie
- b šírka skúšobného telesa
- L voľná dĺžka skúšobného telesa
- L_w šírka celého zvaru - c
- c maximálna šírka kanálika
- L_c dĺžka fólie upnutej v čeľustiach.

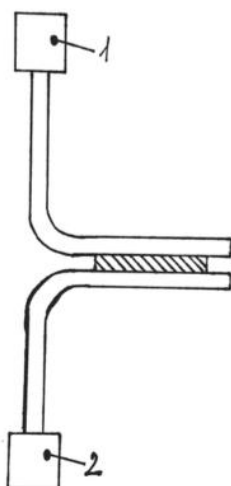


Obr. 33 – Rozmery skúšobného telesa [21]

V mojom prípade má skúšobné teleso rozmer a_n 2 mm, z čoho vyplýva, že $b = (15 \pm 0,5)$ mm a $L_i \geq 10 \cdot a_n \geq 20$ mm.

Z každého zváraného kusa, teda skúšobnej vzorky, je potrebné pripraviť 5 skúšobných telies. Tieto skúšobné telesá sa narežú z piatich rôznych miest - dve skúšobné telesá minimálne 15 cm od oboch okrajov a ostatné tri zo stredu

skúšobnej vzorky. Skúšobné zariadenie musí byť schopné zaťažovať konštantnou rýchlosťou, konkrétne pre PVC rýchlosťou (10 ± 2) mm/min, zároveň zaznamenávať silu zaťaženia. Skúšobné teleso sa upne do skúšobného zariadenia, do jeho čelustí, za dva nezvarené konce, podľa obrázku 34 a spustí sa zaťažovanie telesa. Pre poskytnutie ďalších informácií je vhodné zaznamenávať aj graf závislosti veľkosti pretvorenia na sile.



Obr. 34 – Zobrazenie upevnenia skúšobného telesa v skúšobnom zariadení pred stanovením odolnosti voči odlupovaniu [21]



Obr. 35 – Fotografia skúšobného telesa počas prevádzania skúšky odolnosti proti odlupovaniu v skúšobnom zariadení [zdroj:autorka]

Po vyskúšaní 5 skúšobných telies sa odolnosť proti odlupovaniu vypočíta podľa vzťahu:

$$P_1 = \frac{\bar{F}_w}{b}$$

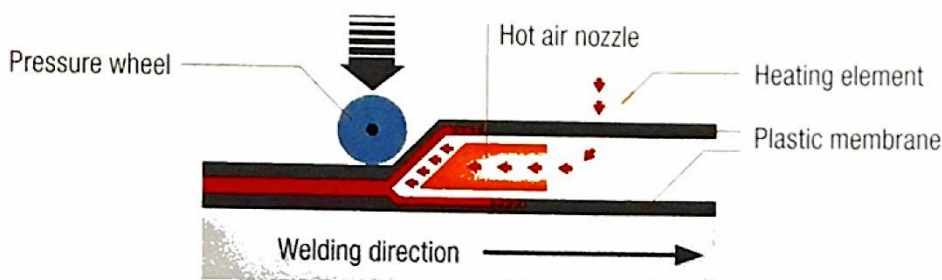
kde:

\bar{F} aritmetický priemer maximálne dosiahnutých síl pri porušení [N],

b šírka skúšobného telesa [mm]. [21]

12.2 RUČNÝ ZVAR

V tomto prípade bola fólia zváraná pomocou ručného zariadenia typu TRIAC ST doplneného nastavcom určeným pre zváranie dvoch fólií, prípadne fólie a škárového pásu. Pre dôkladné pritlačenie dvoch materiálov k sebe sa používa izolačný valček, ktorý má vlastnosti podľa zváraného materiálu (PVC, FPO, TPO). Takto vzniká povrchový zvar bez poistného kanálíka.



Obr. 36 – Schématické zobrazenie pohybu Triac ST a izolačného valčeka v priebehu ručného zvárania [33]



Obr. 37, 38, 39 - Zobrazenie jednotlivých zariadení a súčastí potrebných pre ručné spájanie dvoch hydroizolačných materiálov – vľavo Triac ST, vpravo hore dýza, [33] a vpravo dole izolačný valček [34]

Pevnosť ručných zvarov som overila pomocou skúšky odtrhovou ihlou, vákuovou skúškou a skúškou stanovenia šmykovej odolnosti spojov. Pomocou odtrhovej ihly som skontrolovala, či vo zvare nie sú diery alebo netesnosti. Takéto miesta musia byť ihneď označené a opravené. Pevnosť zvarov pomocou vákuovej skúšky som prevádzala v súlade so smernicou DVS 2212, časť 3, kapitola 7.4. b). Požiadavky na zvar sú uvedené v tabuľke 7.

Tab. 7 – Podmienky skúšania vakuovým testom a požiadavka na ručný zvar [35]

Podmienky skúšania	Výdrž	Požiadavka
0,5 bar	10 sekúnd	nevzniknú žiadne bubliny

Skúšobné vzorky fólie som podrobila skúške odtrhovou ihlou a vakuovým zvonom. Skúšobné vzorky fólie spojené so škárovým pásom boli testované odtrhovou ihlou a skúškou pre stanovenie šmykovej odolnosti spojov. Stanovenie šmykovej odolnosti som prevádzala podľa normy ČSN EN 12317 – 2. Presný popis prevádzania skúšok sa nachádza v nasledujúcich kapitolách.

12.2.1 Stanovenie tesnosti pomocou odtrhovej ihly podľa smernice DVS 2212 - 3

Ručné zvary je možné otestovať pomocou odtrhovej ihly. V praxi sa môže použiť aj skrutkovač menšieho priemeru. Ihlou sa prechádza po okraji zvaru a v prípade netesnosti a teda vniknutiu ihly medzi dva spoluzvarené materiály je potrebné toto miesto ihneď označiť a následne opraviť. [35]



Obr. 40 - Zobrazenie skúšobnej odtrhovej ihly používanej pre skúšanie tesnosti ručného zvaru [zdroj:autorka]

12.2.2 Stanovenie tesnosti pomocou vákuového zvona podľa smernice DVS 2212 - 3

Po stanovení tesnosti odtrhovou ihlou sa ručný zvar skúša tiež vakuovou skúškou. Povrch ručného zvaru sa potrie mydlovou vodou a priloží sa na vákuový

zvon. Pomocou vákuovej pumpy sa pod zvonom vytvorí vákuum a pokiaľ sa v okolí zvaru netvorí bubliny, zvar vyhovet. [35]

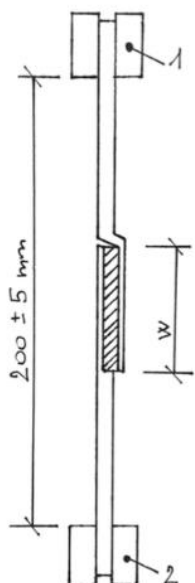


Obr. 41 – Fotografia vákuového zvonu použitého pre stanovenie tesnosti ručného zvaru
[zdroj:autorka]

12.2.3 Stanovenie šmykovej pevnosti spoja podľa normy ČSN EN 12317 - 2

Šmyková odolnosť je maximálna ťahová sila dosiahnutá v priebehu ťahovej skúšky do okamihu pretrhnutia alebo oddelenia v spoji. Podstatou skúšky je namáhanie spoja skúšobného telesa ťahom za konštantnej rýchlosti až do poškodenia v spoji. Skúšobné zariadenie zaznamenáva priebežne narastajúcu silu a tomu odpovedajúce pretvorenie skúšobného telesa.

Z každej skúšobnej vzorky sa vyreže 5 skúšobných telies. Sú vyrezané v kolmom smere na spoj a majú šírku (50 ± 1) mm. Pred skúškou sa už zhotovené skúšobné telesá vytemperujú pri teplote $(23 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ a relatívnej vlhkosti (50 ± 5) % po dobu 2 hodín. Do skúšobného zariadenia sa upevnia podľa obrázka 42. [51]



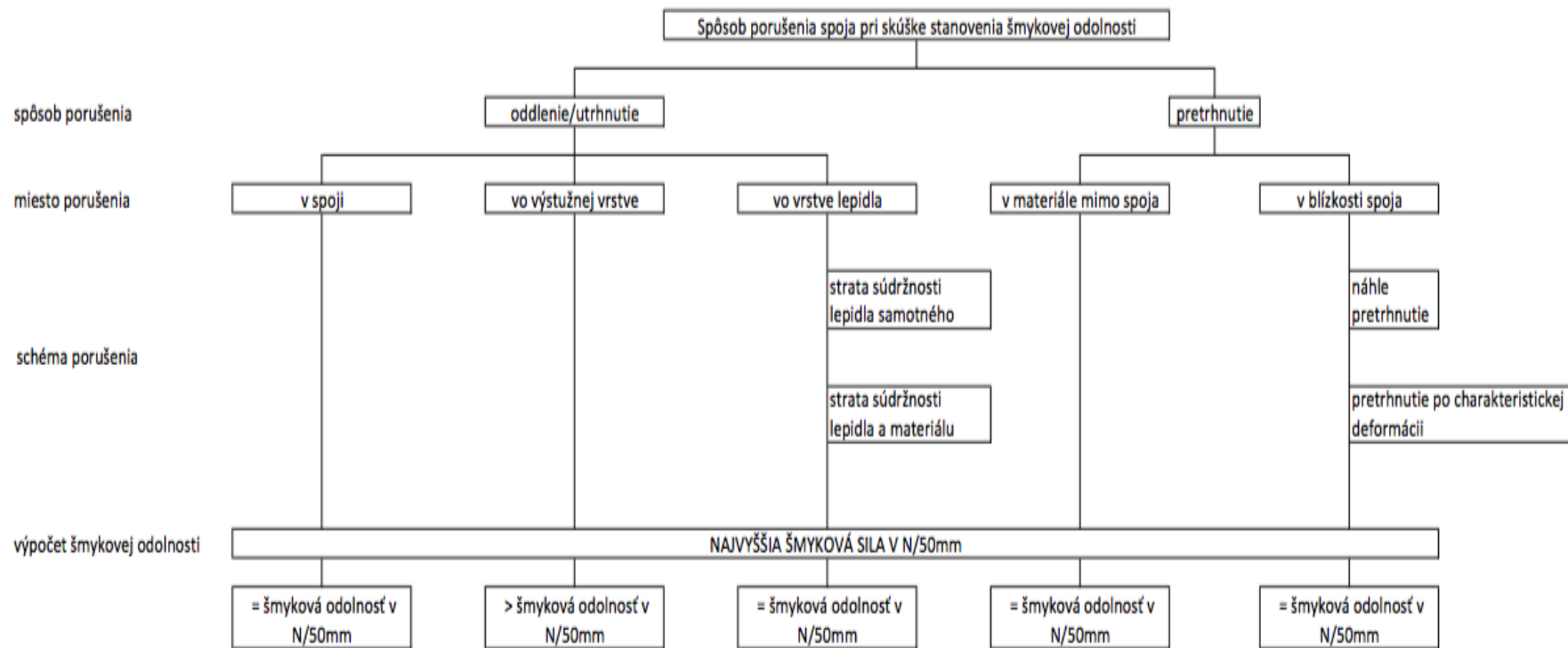
Obr. 42 - Zobrazenie upevnenia skúšobného telesa do skúšobného zariadenia (1,2 - čeluste, w - šírka spoja) [51]



Obr. 43 - Fotografia skúšobného telesa v priebehu zaťažovania v skúšobnom zariadení [zdroj:autorka]

V stroji je potrebné označiť miesto upnutia čelustí. Vzďialenosť čelustí je 3 - 4x šírka spoja, minimálne však 120 mm a maximálne 200 mm.

Rýchlosť zaťažovania je stanovená na (100 ± 10) mm/min. Na záver je potrebné zaznamenanie sily pri poškodení a tiež poškodenie spoja podľa schémy 44.[51]



Obr. 44 – Schéma rôznych spôsobov porušenia spojov, ktoré môžu nastať pri stanovení šmykovej pevnosti spoja [51]

13 VYHODNOTENIE SKÚŠANIA SPOJOV HYDROIZOLAČNEJ MEMBRÁNY

13.1 Posúdenie vlastností automatického zvaru

Pripravila som si 9 skúšobných vzoriek, ktoré boli zvárané pri rôznych teplotách a rôznou rýchlosťou posuvu zváracieho prístroja. Označenia vzoriek spolu s príslušnými parametrami zvárania sú popísané v tabuľke 8.

Tab. 8 – Prehľad teplôt a rýchlostí automatického zvárania vzoriek

vzorka	teplota zvárania [°C]	rýchlosť zvárania [m/min]
1.0	560	1,20
1.1	560	1,00
1.2	560	0,80
2.0	490	1,20
2.1	490	1,00
2.2	490	0,80
3.0	420	1,20
3.1	420	1,00
3.2	420	0,80

13.1.1 Stanovenie tesnosti zvaru tlakovou skúškou podľa smernice DVS 2212 - 3

Automatické zvary je potrebné otestovať pomocou tlaku, k čomu slúži skúšobný kanálik, ktorý sa nachádza medzi dvomi stopami zvaru. Skúšobný kanálik som na oboch stranách uzavrela a skúšala v súlade so smernicou DVS 2212-3. Sledovala som pokles tlaku po 10 minútach. Tejto skúške vyhovel všetkých 9 skúšobných vzoriek. Záznam skúšania sa nachádza v tabuľke 9.



Obr. 45 –Skúšobný manometer zachytený v priebehu prevádzania tlakovej skúšky [zdroj:autorka]

Tab. 9 – Prehľad výsledkov tlakovej skúšky automatických zvarov

		začiatok merania		koniec merania		rozdiel		výsledok merania
skúšobná vzorka teplota [°C] rýchlosť [m/min]	1.0. 560 1,2	čas	14:47	čas	14:57	čas	0:10	ok
		tlak [bar]	2,10	tlak [bar]	2,00	tlak [bar]	0,10	
skúšobná vzorka teplota [°C] rýchlosť [m/min]	1.1. 560 1,0	čas	14:23	čas	14:33	čas	0:10	ok
		tlak [bar]	2,00	tlak [bar]	1,90	tlak [bar]	0,10	
skúšobná vzorka teplota [°C] rýchlosť [m/min]	1.2. 560 0,8	čas	14:10	čas	14:20	čas	0:10	ok
		tlak [bar]	2,40	tlak [bar]	2,30	tlak [bar]	0,10	
skúšobná vzorka teplota [°C] rýchlosť [m/min]	2.0. 490 1,2	čas	12:50	čas	13:02	čas	0:12	ok
		tlak [bar]	2,00	tlak [bar]	1,90	tlak [bar]	0,10	
skúšobná vzorka teplota [°C] rýchlosť [m/min]	2.1. 490 1,0	čas	15:00	čas	15:10	čas	0:10	ok
		tlak [bar]	2,10	tlak [bar]	2,10	tlak [bar]	0,00	
skúšobná vzorka teplota [°C] rýchlosť [m/min]	2.2. 490 0,8	čas	13:06	čas	13:16	čas	0:10	ok
		tlak [bar]	2,10	tlak [bar]	2,00	tlak [bar]	0,10	
skúšobná vzorka teplota [°C] rýchlosť [m/min]	3.0. 420 1,2	čas	14:03	čas	14:13	čas	0:10	ok
		tlak [bar]	2,00	tlak [bar]	1,80	tlak [bar]	0,20	
skúšobná vzorka teplota [°C] rýchlosť [m/min]	3.1. 420 1,0	čas	13:50	čas	14:00	čas	0:10	ok
		tlak [bar]	2,10	tlak [bar]	1,90	tlak [bar]	0,20	
skúšobná vzorka teplota [°C] rýchlosť [m/min]	3.2. 420 0,8	čas	14:35	čas	14:45	čas	0:10	ok
		tlak [bar]	2,10	tlak [bar]	1,90	tlak [bar]	0,20	

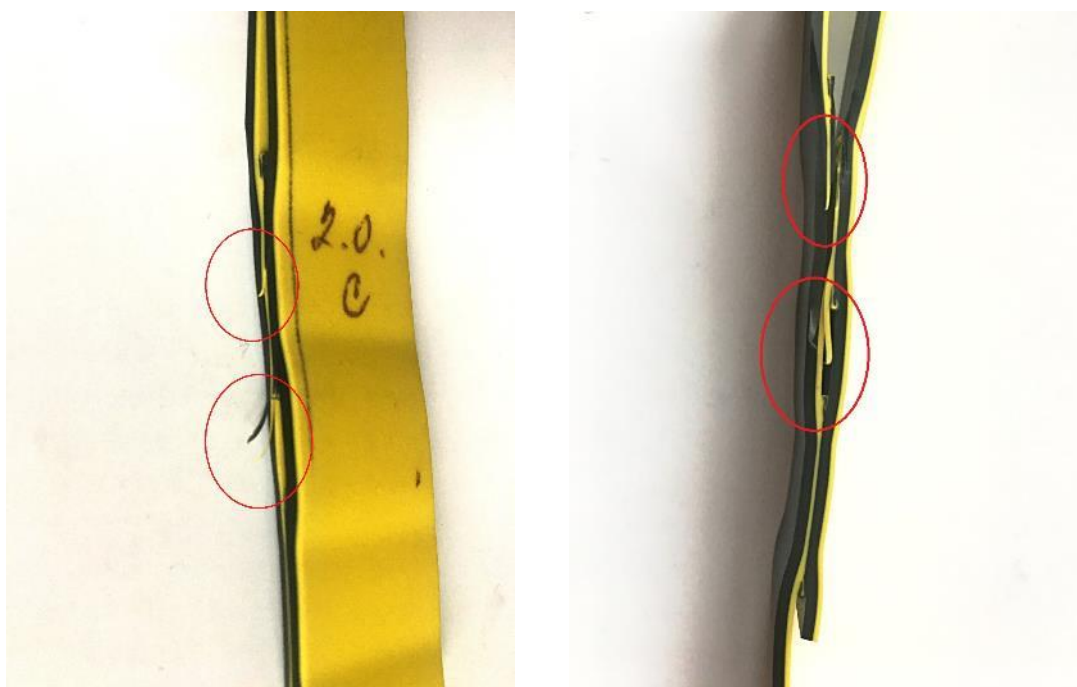
13.1.2 Makroskopické posúdenie zvaru podľa normy ČSN EN 12814 - 5

Makroskopickú skúšku som prevádzkala v súlade s normou ČSN EN 12814-5. Z každej skúšobnej vzorky som izolátorským nožom vyrezala 5 skúšobných telies, čo zapríčinilo, že nie všetky majú rovné hrany. Dve skúšobné telesá pochádzajú z krajov skúšobnej vzorky a tri zo stredu. Na takto pripravených telesách som pozorovala nerovnosti na hranách, prítomnosť rýh a zárezov. Vyhodnotenie makroskopickej skúšky sa nachádza v tabuľke 10. Skúšobné teleso 2.0 – C nevyhovelo požiadavkám normy.

Tab. 10 – Prehľad vyhodnotenia makroskopického posúdenia povrchu hrán skúšobných telies spájaných pomocou zvaracieho automatu, zvýraznenie žltou farbou zobrazuje skúšobné teleso nevyhovujúce normovým požiadavkám

		skúšobné teleso	prítomnosť rýh/drážok [N/Á - nie/áno]	poznámka
skúšobná vzorka teplota [°C] rýchlosť [m/min]	1.0. 560 1,20	A	N	-
		B	N	
		C	N	
		D	N	
		E	N	
skúšobná vzorka teplota [°C] rýchlosť [m/min]	1.1. 560 1,00	A	N	mierne prevarenie fólie
		B	N	
		C	N	
		D	N	
		E	N	
skúšobná vzorka teplota [°C] rýchlosť [m/min]	1.2. 560 0,80	A	N	značné prevarenie fólie
		B	N	
		C	N	
		D	N	
		E	N	
skúšobná vzorka teplota [°C] rýchlosť [m/min]	2.0. 490 1,20	A	N	mierne prevarenie fólie
		B	N	
		C	Á	
		D	N	
		E	N	
skúšobná vzorka teplota [°C] rýchlosť [m/min]	2.1. 490 1,00	A	N	mierne prevarenie fólie
		B	N	
		C	N	
		D	N	
		E	N	
skúšobná vzorka teplota [°C] rýchlosť [m/min]	2.2. 490 0,80	A	N	mierne prevarenie fólie
		B	N	
		C	N	
		D	N	
		E	N	
skúšobná vzorka teplota [°C] rýchlosť [m/min]	3.0. 420 1,20	A	N	-
		B	N	
		C	N	
		D	N	
		E	N	

skúšobná vzorka teplota [°C] rýchlosť [m/min]	3.1. 420 1,00	A	N	-
		B	N	
		C	N	
		D	N	
		E	N	
skúšobná vzorka teplota [°C] rýchlosť [m/min]	3.2. 420 0,80	A	N	mierne prevarenie fólie
		B	N	
		C	N	
		D	N	
		E	N	



Obr. 46, 47 – Fotografie skúšobného telesa 2.0. - C po makroskopickom posúdení, červenou zvýraznené nedostatky zaznamenané na povrchu hrán [zdroj:autorka]

13.1.3 Stanovenie rozmerov zvaru podľa smernice DVS 2212 - 3

Z každej skúšobnej vzorky som vyrezala 5 skúšobných telies, ktoré boli použité na skúšku odolnosti voči odlupovaniu. Z piatich som vybrala tri, u ktorých som stanovila rozmery podľa smernice DVS 2212-3. Tým, že jednotlivé skúšobné vzorky boli zvárané pri rôznej teplote, bolo spôsobené pretavenie a tým aj zväčšenie/zmenšenie jednotlivých častí zvaru. Skúšobné telesá vyrezané zo vzoriek, ktoré boli zvárané na vyššiu teplotu a pomalšou rýchlosťou majú menšiu šírku skúšobného kanálika b_p a naopak väčšiu šírku stopy zvaru b_N .

Tab. 11 – Prehľad rozmerov automatických zvarov podľa smernice DVS 2212-3, vyznačené hodnoty žltou farbou sú nevyhovujúce požiadavkám smernice

	sk. teleso	\ddot{u} (mm)	\ddot{u}_1 (mm)	\ddot{u}_2 (mm)	b_{N1} (mm)	b_{N2} (mm)	b_p (mm)	d_o (mm)	d_u (mm)	d_{N1} (mm)	d_{N2} (mm)	Δd_N (mm)
1.0.	A	108,74	10,98	38,29	22,83	23,79	12,85	1,92	1,89	3,58	3,73	-0,15
	C	101,79	8,45	33,35	22,99	23,73	13,27	1,84	1,92	3,59	3,69	-0,10
	E	113,37	8,32	45,96	22,31	23,62	13,16	1,83	1,90	3,49	3,61	-0,12
1.1.	A	102,82	10,49	30,35	25,81	27,81	8,36	1,96	1,93	4,61	5,33	0,72
	C	100,53	8,55	29,32	26,56	28,93	7,17	1,89	1,89	4,67	4,96	0,29
	E	103,83	5,37	37,43	25,67	29,89	5,47	1,88	1,91	4,99	5,05	0,06
1.2.	A	114,37	8,84	43,61	28,31	28,32	5,29	1,94	1,95	5,39	5,64	0,25
	C	114,43	8,02	44,00	28,43	30,08	3,90	1,97	1,98	5,27	5,62	0,35
	E	109,10	5,05	42,67	27,42	30,08	3,88	1,94	1,98	5,05	5,64	0,59
2.0.	A	100,19	9,54	33,29	21,15	25,27	10,94	1,92	1,95	4,69	4,77	0,08
	C	98,24	3,94	38,00	21,11	25,07	10,12	1,93	1,93	4,75	4,63	-0,12
	E	101,54	10,30	33,13	22,93	26,06	9,12	1,93	1,94	4,92	4,83	-0,09
2.1.	A	107,59	8,12	40,19	23,73	26,79	8,76	1,93	1,96	5,02	5,14	0,12
	C	113,66	8,97	45,20	23,78	26,35	9,36	1,94	1,97	4,82	5,04	0,22
	E	120,02	14,14	47,30	23,42	26,32	8,84	1,97	1,96	5,03	5,17	0,14
2.2.	A	120,65	12,64	48,08	23,00	23,61	13,32	1,94	1,94	3,60	3,59	-0,01
	C	118,49	11,48	47,39	22,54	23,69	13,39	1,90	1,92	3,55	3,59	0,04
	E	121,84	12,11	50,85	22,08	23,22	13,58	1,88	1,93	3,54	3,58	0,04
3.0.	A	109,04	9,57	48,14	17,26	21,03	13,04	1,97	1,96	4,26	4,36	0,10
	C	105,35	5,75	46,31	18,08	22,02	13,19	1,95	1,97	4,18	4,72	0,54
	E	109,41	7,48	46,91	19,99	22,47	12,56	1,96	1,96	4,51	4,65	0,14
3.1.	A	111,85	13,17	43,39	19,70	22,63	12,96	1,96	1,97	4,86	4,79	-0,07
	C	110,62	12,38	43,20	19,35	22,72	12,97	1,94	1,96	4,74	4,60	-0,14
	E	107,45	15,04	37,11	19,51	24,19	11,60	1,96	1,96	4,99	4,74	-0,25
3.2.	A	102,08	10,35	34,81	21,42	24,94	10,56	1,97	1,96	4,76	5,20	0,44
	C	99,80	11,22	32,72	20,96	24,56	10,34	1,95	1,96	4,51	5,06	0,55
	E	105,78	13,45	35,99	20,83	24,52	10,99	1,96	1,97	4,77	5,06	0,29

13.1.4 Stanovenie odolnosti voči odlupovaniu podľa normy ČSN EN 12814 - 4

Pre stanovenie odolnosti voči odlupovaniu som použila 5 skúšobných telies z každej skúšobnej vzorky. Skúšobné teleso sa uplo do čelustí skúšobného zariadenia podľa normy a začalo sa zafažovať v smere od seba. Zafažovanie trvalo do momentu porušenia v mieste zvaru alebo jeho okolí. Pokiaľ sa skúšobné teleso porušilo priamo cez zvar, spoj telesa nevyhovelo. V prípade, že porušenie nastalo v signálnej vrstve fólie, spoj vyhovelo. V nasledujúcej tabuľke 12 sú zosumarizované

hodnoty maximálnych síl F , pri ktorých došlo k porušeniu skúšobného telesa, a taktiež z toho vypočítaného maximálneho napätia P , vypočítaného v súlade s normou.

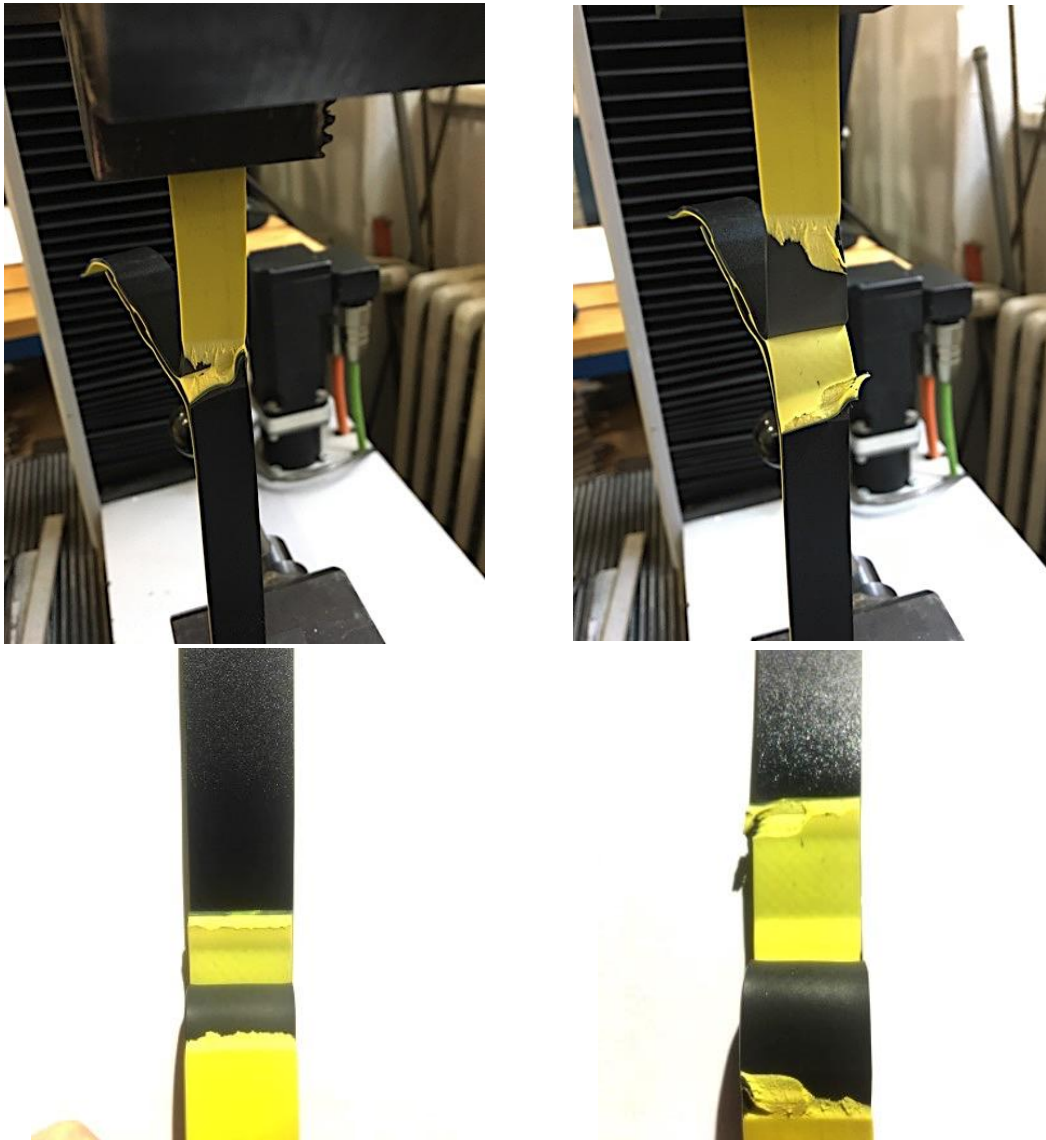
*Tab. 12 – Prehľad vyhodnotenia stanovenia odolnosti voči odlupovaniu, žltou farbou sú zvýraznené skúšobné telesá porušené v spoji teda nevyhovujúce, popis deformácie doplnený * popisuje porušenie v tesnej blízkosti zvaru*

sk. vzorka	sk. teleso	šírka [mm]	max sila F [N]	predĺženie [mm]	Napätie pri najvyššej sile sk.telesa [N/mm]	Napätie pri najvyššej sile skúšobnej vzorky P [N/mm]	typ deformácie
1.0.	A	18,410	160,000	113,494	8,691	8,402	v signálnej vrstve
	B	21,050	178,200	98,130	8,466		prešmyknutie v čelustiach
	C	18,900	158,100	120,609	8,365		signálnej vrstve
	D	19,930	172,700	93,437	8,665		prešmyknutie v čelustiach
	E	22,760	178,100	119,060	7,825		v signálnej vrstve
1.1.	A	15,520	116,000	81,247	7,474	9,060	v signálnej vrstve
	B	19,950	197,800	94,690	9,915		v signálnej vrstve
	C	16,930	154,400	78,709	9,120		v signálnej vrstve
	D	18,020	202,200	161,560	11,221		v signálnej vrstve *
	E	18,520	140,200	75,896	7,570		prešmyknutie v čelustiach
1.2.	A	16,770	132,900	165,149	7,925	9,324	v spoji
	B	18,470	139,200	144,601	7,537		v signálnej vrstve *
	C	20,360	171,800	222,710	8,438		v spoji
	D	15,470	155,600	143,305	10,058		v signálnej vrstve *
	E	18,670	236,400	133,749	12,662		v signálnej vrstve *

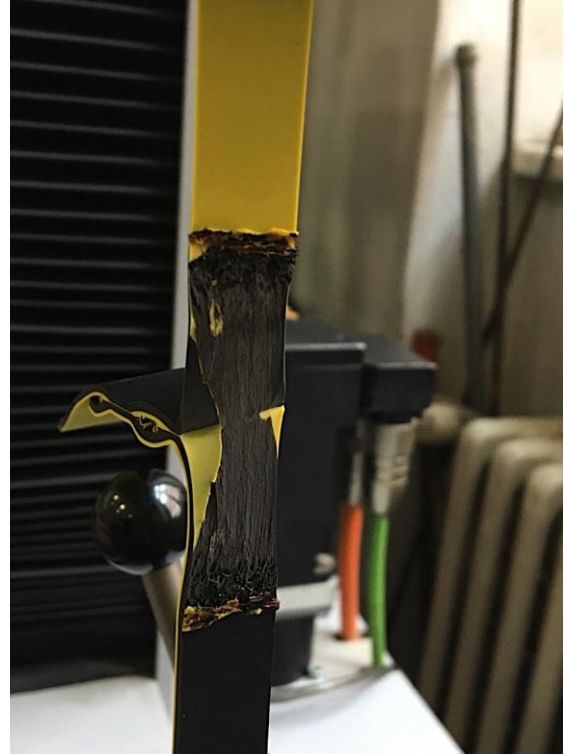
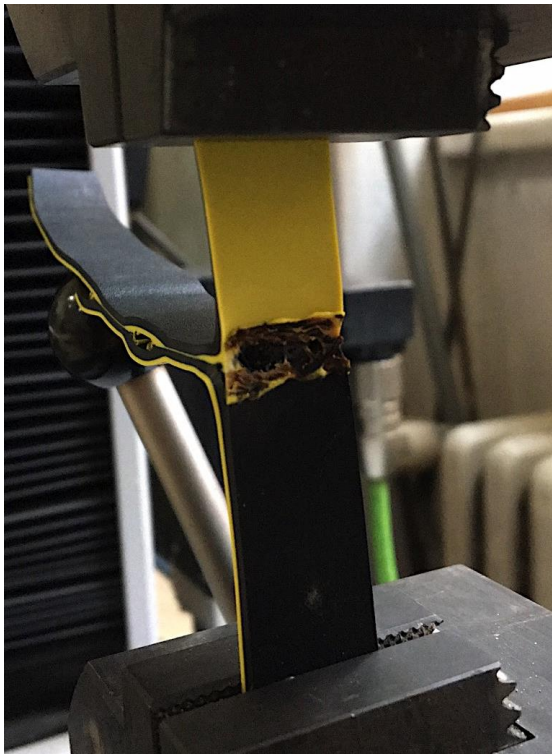
sk. vzorka	sk. teleso	šírka [mm]	max sila F [N]	predĺženie [mm]	Napätie pri najvyššej sile sk.telesa [N/mm]	Napätie pri najvyššej sile skúšobnej vzorky P [N/mm]	typ deformácie
2.0.	A	16,910	123,300	68,218	7,292	7,144	v signálnej vrstve
	B	15,920	121,300	72,890	7,619		v signálnej vrstve
	C	19,510	163,200	85,850	8,365		v signálnej vrstve
	D	20,810	133,700	69,728	6,425		prešmyknutie v čelustiach
	E	22,700	136,600	73,453	6,018		v signálnej vrstve
2.1.	A	16,690	149,500	102,530	8,957	9,544	v signálnej vrstve
	B	18,040	199,900	117,454	11,081		v signálnej vrstve
	C	18,430	166,700	107,470	9,045		v signálnej vrstve
	D	19,730	185,500	114,587	9,402		v signálnej vrstve
	E	19,450	179,600	109,698	9,234		v signálnej vrstve
2.2.	A	20,820	201,200	121,441	9,664	9,878	v signálnej vrstve
	B	20,050	190,500	131,822	9,501		v signálnej vrstve
	C	19,130	173,900	117,145	9,090		v signálnej vrstve
	D	22,010	191,600	134,033	8,705		v signálnej vrstve
	E	19,610	243,700	202,643	12,427		v signálnej vrstve *

sk. vzorka	sk. teleso	šírka [mm]	max sila F [N]	predĺženie [mm]	Napätie pri najvyššej sile sk.telesa [N/mm]	Napätie pri najvyššej sile skúšobnej vzorky P [N/mm]	typ deformácie
3.0	A	19,350	152,800	173,875	7,897	8,088	v signálnej vrstve *
	B	17,790	167,100	144,707	9,393		v spoji
	C	19,300	156,900	145,471	8,130		v signálnej vrstve *
	D	17,450	138,800	146,801	7,954		v signálnej vrstve *
	E	23,640	167,100	141,707	7,069		v signálnej vrstve *
3.1.	A	19,440	204,300	143,272	10,509	8,176	v signálnej vrstve *
	B	19,570	139,000	86,894	7,103		v signálnej vrstve
	C	19,880	151,100	123,147	7,601		v signálnej vrstve *
	D	19,550	144,000	73,593	7,366		v signálnej vrstve
	E	19,810	164,500	76,780	8,304		v signálnej vrstve
3.2.	A	16,730	197,600	131,564	11,811	10,836	v signálnej vrstve
	B	19,960	213,100	115,922	10,676		v signálnej vrstve
	C	19,390	221,300	108,520	11,413		v signálnej vrstve
	D	15,680	163,500	105,775	10,427		v signálnej vrstve
	E	18,830	185,500	121,785	9,851		v signálnej vrstve

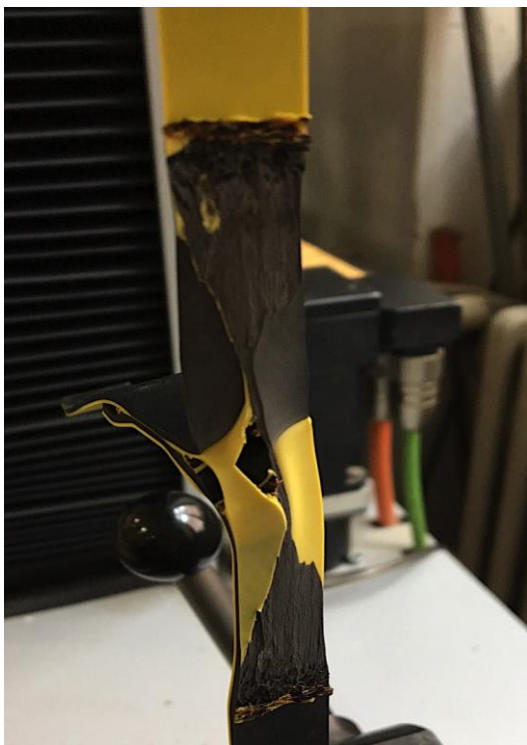
Najvyššie napätie pri porušení P som zaznamenala u skúšobnej vzorky 3.2. Táto skúšobná vzorka vyhovela, keďže všetky skúšobné telesá odobraté z nej sa porušili v signálnej vrstve a teda mimo spoja. Najhoršie však obstála skúšobná vzorka 1.2., ktorá síce vydržala napätie P 9,324 N/mm, ale dve skúšobné telesá sa porušili priamo v spoji a ostatné tri skúšobné telesá sa porušili v signálnej vrstve, avšak veľmi blízko spoja. Na nasledujúcich obrázkoch sú zobrazené skúšobné vzorky 3.2. a 1.2.



Obr. 48 – Fotografie skúšobných telies vyrezaných zo skúšobnej vzorky 3.2. v priebehu a po skúške odolnosti proti odlupovaniu

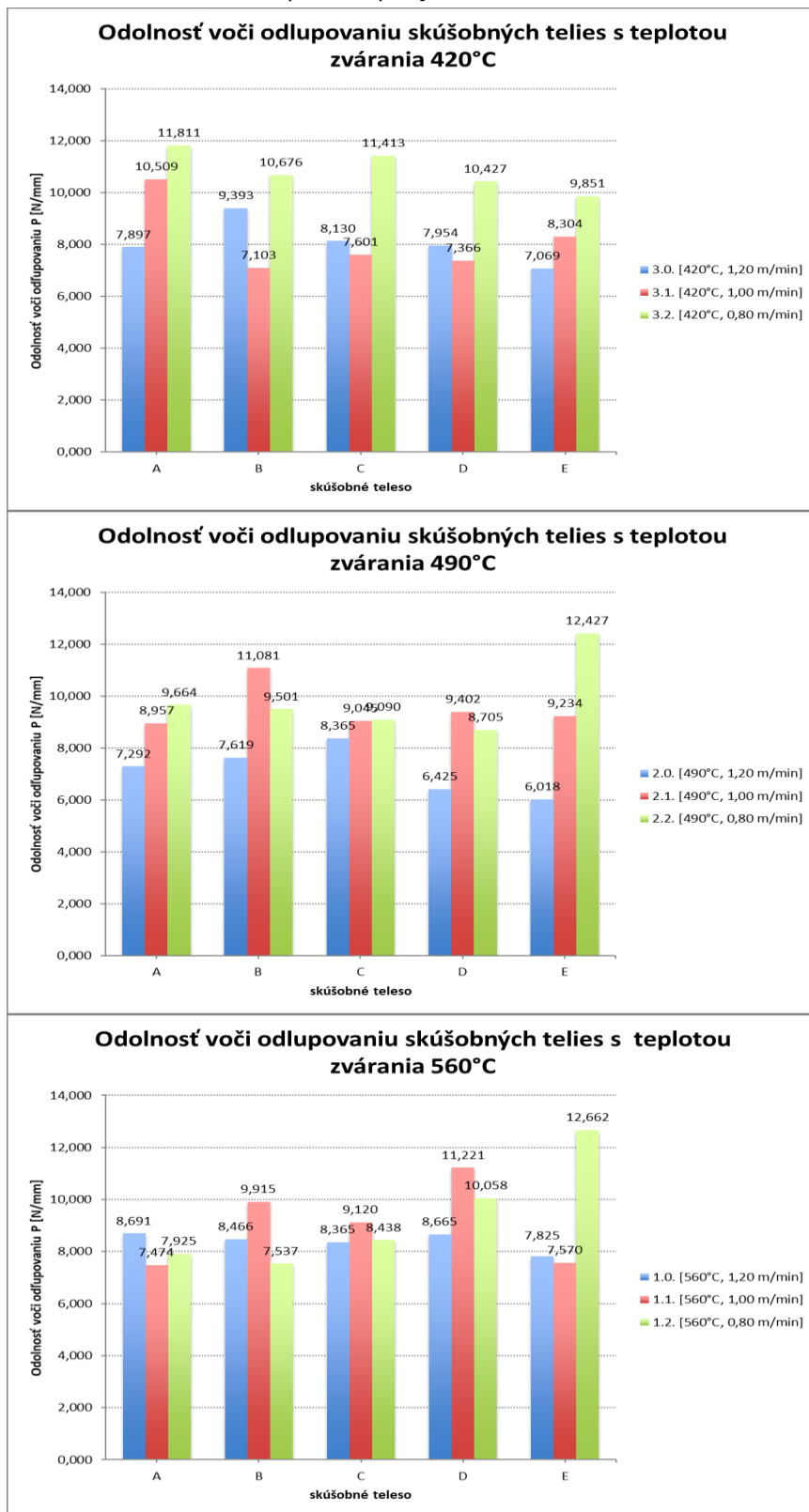


Obr. 49 – Zobrazenie skúšobného telesa 1.2. – A počas priebehu skúšky odolnosti proti odlupovaniu [zdroj:autorka]

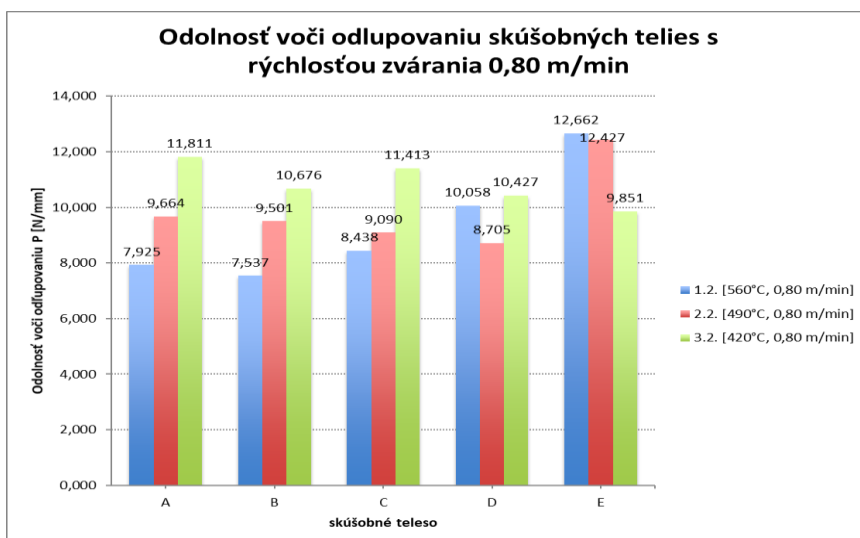
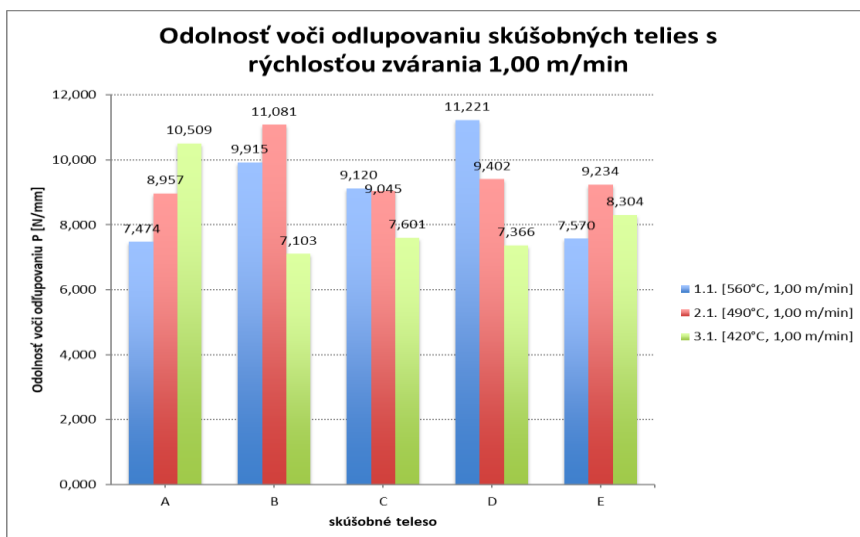
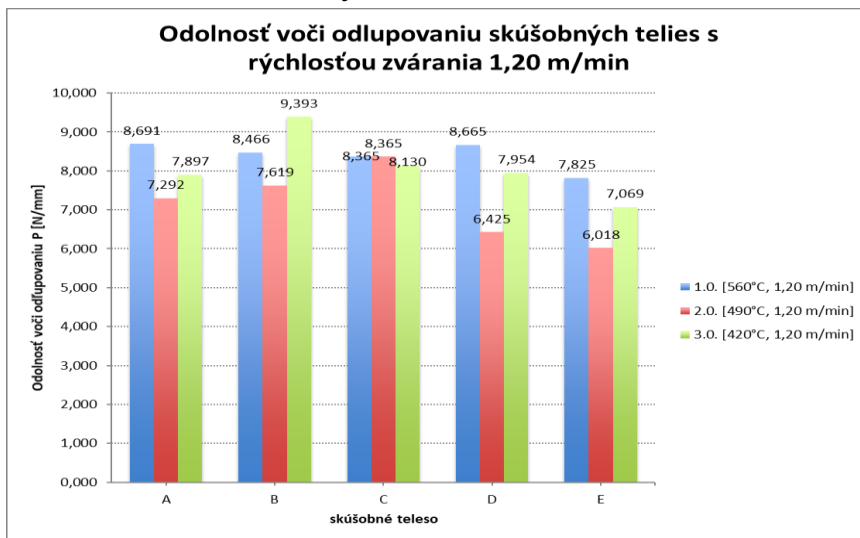


Obr. 50 – Zobrazenie skúšobného telesa 1.2. – A po porušení v spoji [zdroj:autorka]

Graf 1, 2, 3 – Zobrazenie výsledných hodnôt odolnosti voči odlupovaniu skúšobných telies podľa teploty zvárania



Graf 4, 5, 6 – Prehľad výsledných hodnôt odolnosti voči odlupovaniu skúšobných telies podľa rýchlosti zvárania



Z grafov 1,2,3 vyplýva, že zo skúšobných vzoriek, ktoré boli spájané rôznou rýchlosťou, ale teplotou 420°C, má najvyššiu odolnosť voči odlupovaniu skúšobná vzorka 3.2. Pri teplote 490°C je to skúšobná vzorka 2.2 a pri teplote 560°C je to skúšobná vzorka 1.2. Všetky tri skúšobné vzorky boli zvárané rýchlosťou 0,80 m/min. Podľa grafu 6 je zjavné, že najvyššiu odolnosť voči odlupovaniu má skúšobná vzorka 3.2., ktorá bola spojená zváracím automatom pri teplote 420°C a rýchlosťou 0,80 m/min.

13.2 Posúdenie vlastností ručného zvaru

V nasledujúcej tabuľke sa nachádza prehľad označení skúšobných vzoriek spájaných ručným spôsobom. Skúšobné vzorky A1 až A10 a V1 až V5 sú vzorky vzniknuté spojením dvoch hydroizolačných membrán a skúšobné vzorky B1 až B5 vznikli spojením hydroizolačnej membrány a tesniaceho škárového pásu.

Tab. 13 – Prehľad označenia skúšobných vzoriek membrán a membrány so škárovým pásom spájaných ručným zvarom

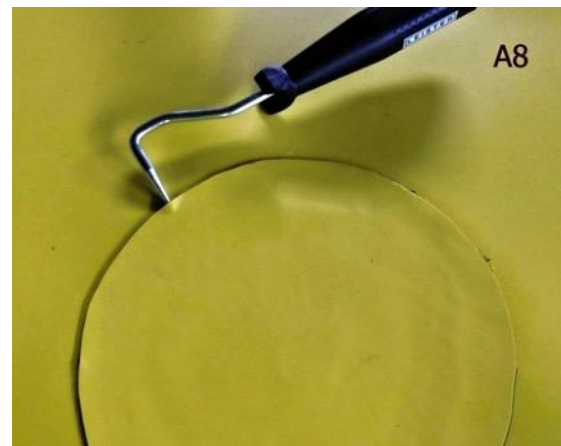
	zvárané materiály	skúšobná vzorka	zvárané materiály
A1	ručný zvar dvoch membrán	V1	ručný zvar dvoch membrán
A2		V2	
A3		V3	
A4		V4	
A5		V5	
A6		B1	ručný zvar membrány a tesniaceho škárového pásu
A7		B2	
A8		B3	
A9		B4	
A10		B5	

13.2.1 Stanovenie tesnosti pomocou odtrhovej ihly podľa smernice DVS 2212 - 3

Spájanie dvoch materiálov ručne nie je možné otestovať tlakom, keďže zvary nemajú skúšobný kanálik. Preto sa skúša súvislosť zvarov a či sa v nich nenachádzajú nejaké diery. Odtrhovú ihlou som skúšala spolu 20 skúšobných vzoriek. Vyhodnotenie sa nachádza v tabuľke 14 a porušenia jednotlivých vzoriek sú na obrázkoch 51, 52 a 53.

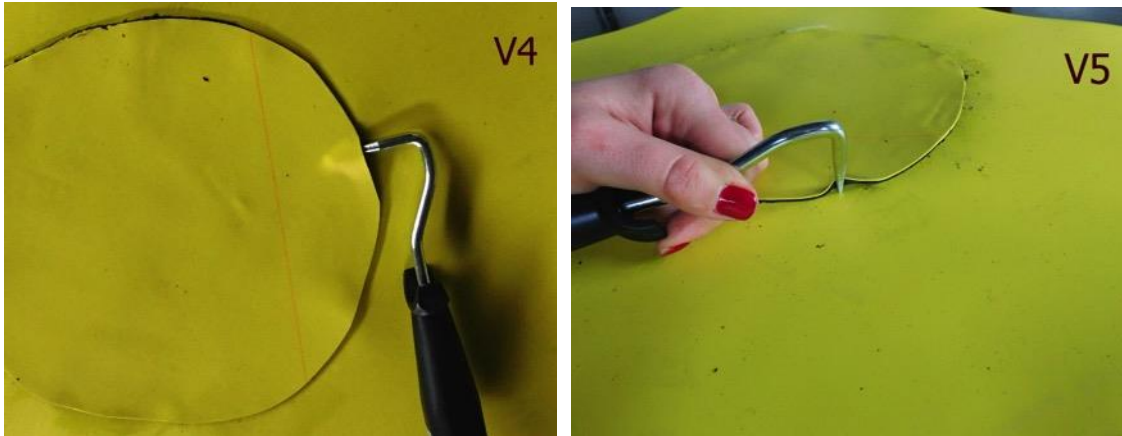
Tab. 14 – Prehľad vyhodnotenia skúšania tesnosti ručného zvaru pomocou odtrhovej ihly

skúšobná vzorka	výsledok skúšky	skúšobná vzorka	výsledok skúšky
A1	vyhovela	A6	nevyhovela
A2	vyhovela	A7	vyhovela
A3	vyhovela	A8	nevyhovela
A4	vyhovela	A9	vyhovela
A5	vyhovela	A10	vyhovela
skúšobná vzorka	výsledok skúšky	skúšobná vzorka	výsledok skúšky
V1	vyhovela	B1	vyhovela
V2	nevyhovela	B2	vyhovela
V3	nevyhovela	B3	nevyhovela
V4	nevyhovela	B4	nevyhovela
V5	nevyhovela	B5	nevyhovela



Obr. 51 – Zobrazenie identifikácie netesností vo vzorkách A6 a A8 pomocou odtrhovej ihly
[zdroj:autorka]





Obr. 52 – Zobrazenie netesností identifikovaných odtrhovou ihlou v skúšobných vzorkách V2, V3, V4 a V5 [zdroj:autorka]



Obr. 53 – Zobrazenie prevádzania skúšky tesnosti pomocou odtrhovej ihly na skúšobných vzorkách B3, B4 a B5 [zdroj:autorka]

13.2.2 Stanovenie tesnosti pomocou vákuového zvona podľa smernice DVS 2212 - 3

Ručné zvary som testovala tiež vákuovým zvonom. Podstatou skúšky je, že sa na povrch zvaru naniesie voda so saponátom a pod vákuovým zvonom vytvorí vákuum. Vzduch, ktorý prichádza z diery alebo netesnosti zvaru tvorí bublinky na okraji zvaru. Vákuová skúška prevádzaná po odtrhovej ihle môže potvrdiť netesnosti a nesprávne prevedenie zvaru, odhaliť nové netesnosti, ktoré neboli odtrhovou

ihlou odhalené alebo naopak diery nájdené odtrhovou ihlou môžu byť iba povrchové a neovplyvnia tak výsledok vákuového testu. Vyhodnotenie sa nachádza v tabuľke 15, z ktorej je zrejmé, že vzorka A1 a A2 síce vyhovela odtrhovej ihle, ale vákuovým zvonom boli odhalené netesnosti. Rovnako je to aj v prípade skúšobnej vzorky A7 a A9. Naopak vzorka A6, mala netesnosti iba povrchové, keďže výsledok vákuovej skúšky nebol ovplyvnený.

Tab. 15 – Prehľad vyhodnotenia vákuovej skúšky použitej na overenie tesnosti ručného spoja

skúšobná vzorka	výsledok skúšky	skúšobná vzorka	výsledok skúšky
A1	nevyhovela	A6	vyhovela
A2	nevyhovela	A7	nevyhovela
A3	vyhovela	A8	nevyhovela
A4	vyhovela	A9	nevyhovela
A5	vyhovela	A10	vyhovela

skúšobná vzorka	výsledok skúšky
V1	vyhovela
V2	nevyhovela
V3	nevyhovela
V4	nevyhovela
V5	nevyhovela





Obr. 54 – Zobrazenie priebehu vákuovej skúšky na vzorkách V2, V3, V4, V5 a identifikácia netesností v ručnom zvare [zdroj:autorka]

13.2.3 Stanovenie šmykovej pevnosti spoja podľa normy ČSN EN 12317 - 2

Šmykovú pevnosť ručného spoja som stanovovala na piatich skúšobných telesách, ktoré som vyrezala izolátorským nožom zo škúšobných vzoriek, ktoré vznikli spojením hydroizolačnej membrány a tesniaceho škárového pásu. Boli to skúšobné vzorky B1 až B5.



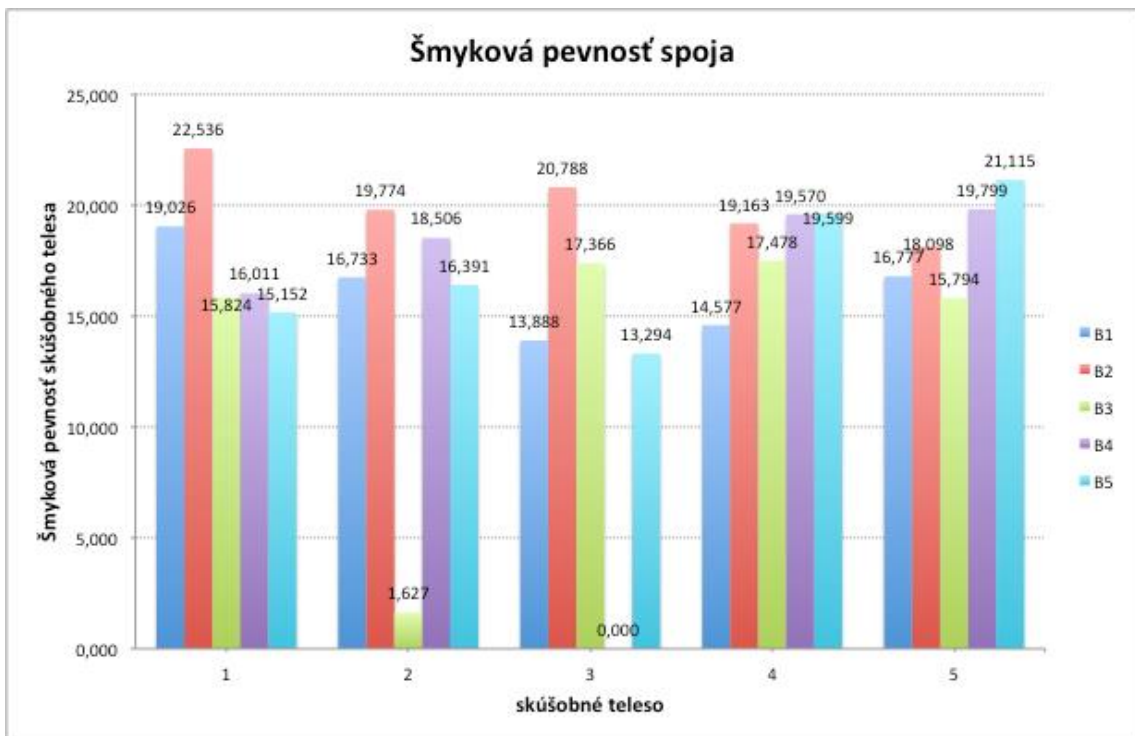
Obr. 55 – Vyobrazenie porušenia v mieste spoja, kde sa tesniaci škárový pás oddelil od izolačnej membrány [zdroj:autorka]

Norma stanovuje šírku skúšobného telesa na 50 mm. Šírku každého skúšobného telesa som si vopred zmerala, aby bolo možné vypočítať šmykovú pevnosť a následne som začala so samotným skúšaním. Skúšobné teleso som pripevnila do čelustí skúšobného zariadenia spôsobom stanoveným normou a zaťažovala rýchlosťou 100 mm/min smerom od seba. Na troch obrázkoch vyššie, pod číslom 55 sú zobrazené skúšobné telesá, ktoré sa porušili priamo v mieste spoja oddelením dvoch materiálov od seba.

Tab. 16 – Prehľad nameraných maximálnych síl pri porušení skúšobných telies a vypočítaných šmykových pevností skúšobných vzoriek

sk. vzorka	sk. teleso	šírka [mm]	max sila F [N]	predĺženie [mm]	Šmyková pevnosť sk. telesa [N/mm]	Šmyková pevnosť sk. vzorky [N/mm]	typ deformácie
B1	1	50,900	968,400	307,226	19,026	16,20	elastická deformácia vo fólii
	2	51,030	853,900	275,922	16,733		oddelenie v spoji
	3	49,440	686,600	147,776	13,888		oddelenie v spoji
	4	49,460	721,000	181,626	14,577		prešmyknutie v čelustiach
	5	49,050	822,900	274,932	16,777		prešmyknutie v čelustiach*
B2	1	48,430	1091,400	326,322	22,536	20,07	pretrhnutie fólie mimo spoja
	2	49,960	987,900	258,411	19,774		prešmyknutie v čelustiach
	3	48,610	1010,500	282,034	20,788		elastická deformácia vo fólii
	4	49,690	952,200	262,360	19,163		elastická deformácia vo fólii
	5	48,160	871,600	323,704	18,098		elastická deformácia vo fólii
B3	1	52,370	828,700	211,751	15,824	13,62	oddelenie v spoji, pretrhnutie fólie v mieste spoja
	2	49,920	81,200	29,200	1,627		oddelenie v spoji
	3	52,090	904,600	276,897	17,366		prešmyknutie v čelustiach
	4	48,930	855,200	240,413	17,478		pretrhnutie fólie v mieste spoja
	5	50,790	802,200	235,282	15,794		prešmyknutie v čelustiach
B4	1	34,270	548,700	147,020	16,011	18,47	oddelenie v spoji, pretrhnutie fólie v mieste spoja
	2	51,410	951,400	347,607	18,506		pretrhnutie fólie mimo spoja
	3	48,580	-	-	-		-
	4	51,380	1005,500	363,828	19,570		prešmyknutie v čelustiach
	5	50,130	992,500	276,768	19,799		pretrhnutie fólie v mieste spoja
B5	1	49,320	747,300	210,654	15,152	17,11	prešmyknutie v čelustiach*
	2	57,220	937,900	312,375	16,391		oddelenie v spoji, pretrhnutie fólie v mieste spoja
	3	49,150	653,400	133,500	13,294		pretrhnutie fólie v mieste spoja
	4	49,090	962,100	249,411	19,599		prešmyknutie v čelustiach*
	5	45,720	965,400	324,772	21,115		oddelenie v spoji, pretrhnutie fólie v mieste spoja

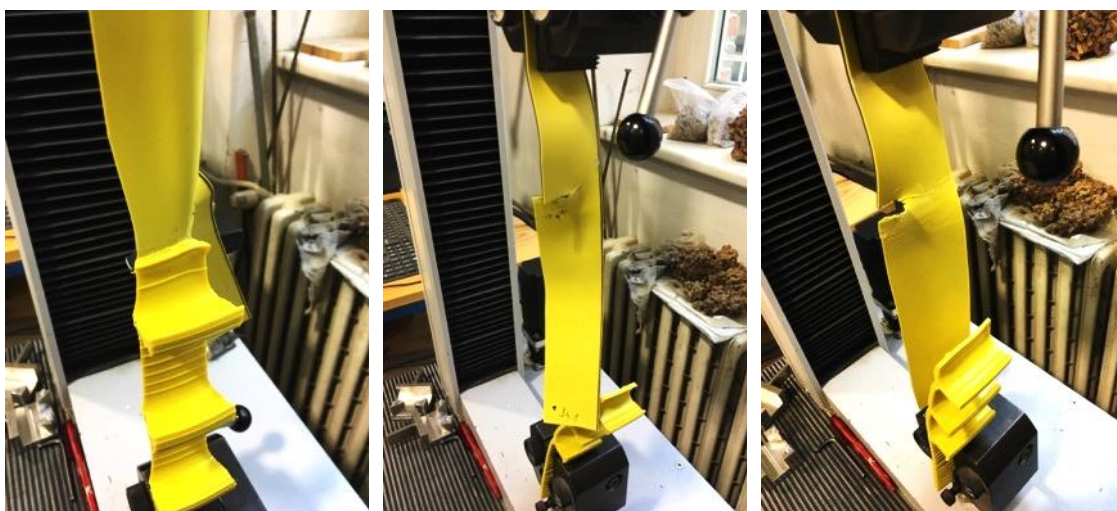
Najvyššiu šmykovú pevnosť som zaznamenala u skúšobnej vzorky B2, kde dosahuje 20,07 N/mm a ani jedno z piatich skúšobných telies sa neporušilo v mieste spoja. Naopak najviac porušení počas prevádzkania skúšky šmykovej pevnosti som zaznamenala u skúšobnej vzorky B5. Tri skúšobné telesá sa porušili v mieste spoja a zvyšné dve sa vyšmykli z čelustí. Avšak podľa správania sa materiálu v mieste spoja predpokladám, že aj u tých troch skúšobných telies by sa spoj porušil ďalším zaťažovaním. Z grafu 7 je zrejmé, že najvyšších pevností dosiahla skúšobná vzorka B2.



Graf 7 – Zobrazenie šmykových pevností jednotlivých skúšobných vzoriek



Obr. 56 – Zachytenie skúšobného telesa v priebehu skúšania šmykovej pevnosti, porušenie hydroizolačnej membrány mimo ručného spoja [zdroj:autorka]



Obr. 57 – Fotografie skúšobných telies v priebehu a po ukončení skúšky šmykovej pevnosti, porušenie telies v mieste spoja oddelením tesniaceho škárového pásu od membrány spolu s pretrhnutím membrány v mieste spoja [zdroj:autorka]

14 EXPERIMENT S DOPLNENÍM BOBTVAVÉHO PROFILU

V tejto časti mojej experimentálnej časti som vytvorila 2 vzorky bloku tunelového ostenia. Na hydroizolačnú membránu som privarila tesniaci škárový pás. Tesniace pásy sa používajú v tuneloch s prítokom tlakovej vody, a tým delia tunel na menšie časti – bloky, ktoré sú ľahšie injektovateľné v prípade priesakov. Tesniace škárové pásy sú profilované a betón sekundárneho ostenia sa dostáva medzi tieto tzv. rebrá. Pokiaľ by došlo k poškodeniu hydroizolačného systému v jednom bloku, profilované škárové pásy vytvoria bariéru vode, ktorá by presakovala z jedného bloku do druhého. Aby voda mala ešte väčší problém s pohybom z bloku do bloku, som na rebrá nalepila Sikaswell A 2005 bobtnavý pásik, ktorý v prítomnosti vody nabobtná a tým by mal vyplniť pukliny v betóne a v okolí rebier. Na vzorku som tiež nainštalovala injektážny tanier s injektážnou hadičkou. Druhá vzorka mala rovnako usporiadané časti hydroizolačného systému avšak bez bobtnavého pásika.

14.1 Prehľad použitých materiálov

Hydroizolačná membrána – Sikaplan WP 1100 – 20 HL

Škárový pás – Tricosal Elastomer A350

Injektážny tanier – Sikaplan WP injektážny bod

Injektážna hadička vonkajší priemer 8 mm

Tmel – Sikaswell S-2

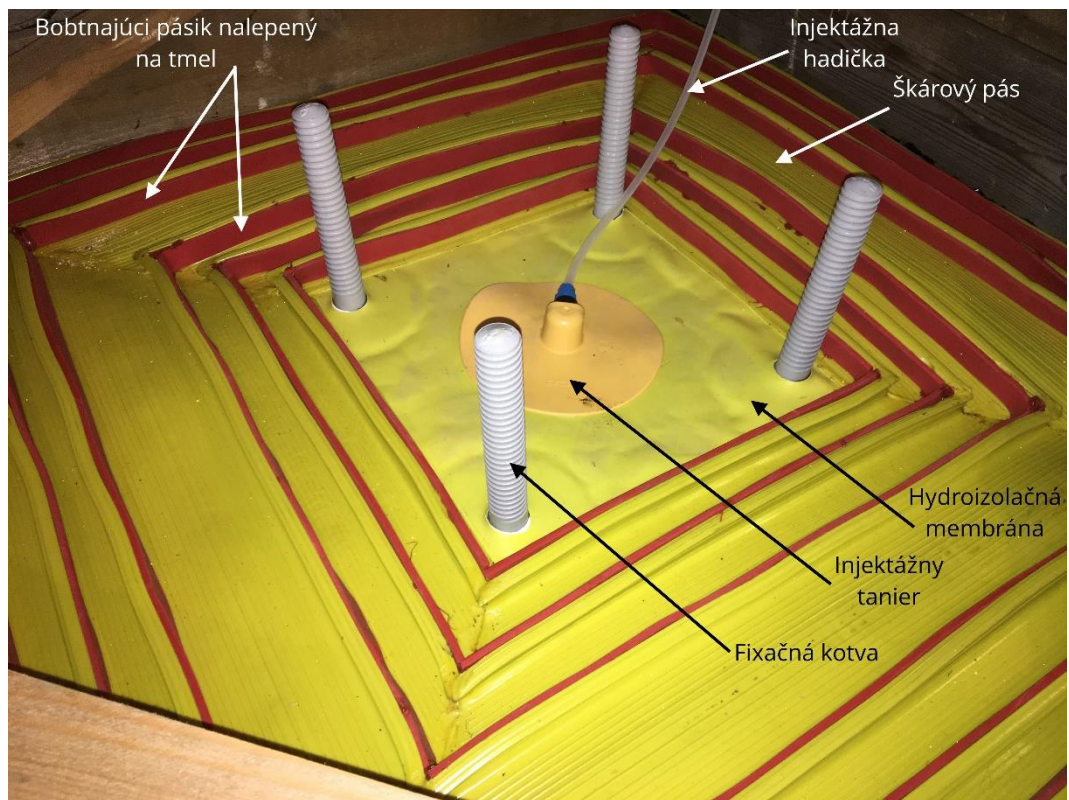
Bobtnavý pásik – Sikaswell A 2005

Fixačné kotvy

Betón pre sekundárne ostenie

Tab. 17 – Receptúra betónu použitého pre moje účely modelu sekundárneho ostenia

	kg / m ³	kg / 0,2 m ³
Cement CEM I 42,5 R	385	77
Kamenivo frakcia 0-4 mm	790	158
Kamenivo frakcia 8-16 mm	670	134
Kamenivo frakcia 11-22 mm	310	62
Superplastifikačná prísada Sika Vicocrete 1035 0,5 % m_c	1,92	0,385
Prevdzušňovacia prísada Mapeair LP X9 0,3 % m_c	1,1	0,231
Voda $w = 0,42$	162	32,5



Obr. 58 – Zobrazenie usporiadania jednotlivých súčastí hydroizolačného systému v skúšobnom bloku pred betonážou [zdroj:autorka]



Obr. 59 – Fotografia skúšobného bloku po prevedení betonáže [zdroj:autorka]

14.2 Priebeh experimentu

Po príprave vzoriek som namiešala betón podľa receptúry pre sekundárne ostenie tunela a celý hydroizolačný systém zaliala betónom.

Po 14 dňoch som vzorky odbednila a začala meranie. Najprv som prevádzkala pokus na betónovom bloku bez bobtnavého pásika a následne na bloku s bobtnavým pásikom.

Na injektážnu hadičku som osadila manometer (obrázok 60), ktorý meral tlak vody tlačenej pomocou ručnej injektážnej pumpy. Vodu som zafarbila potravinovou farbou, aby som ju vedela lepšie odlíšiť (obrázok 61). Betónový blok som podložila 2 cm hrubou platňou z HDPE, ktorú som zaistila pomocou svoriek. (obrázok 62). Týmto opatrením som chcela zabrániť vysunutiu rebier škárového pásu z betónu. Keď bola vzorka takto pripravená, pomocou injektážnej pumpy som začala tlačiť vodu cez injektážne hadičky medzi vrstvu fólie a betónu. To malo za úlohu nasimulovať dieru v hydroizolačnom systéme. Merané veličiny boli tlak a množstvo vody, ktoré som do bloku natlačila bez toho, aby voda prešla von cez rebrá tesniaceho škárového pásu.

Momentom ukončenia skúšky bola voda pretekajúca z betónového bloku von. Porovнала som hodnoty tlaku vody a tiež jej množstvo, ktoré som nainjektovala dovnútra betónového bloku do priestoru medzi hydroizolačným systémom a zatvrdnutým betónom.



Obr. 60 – Vyobrazenie pripojenia meriaceho manometra na injektážnu hadičku pre zachytenie vstupného tlaku vody, ktorá vchádza do skúšobného bloku [zdroj:autorka]



Obr. 61 – Fotografia ručnej injektážnej pumpy s pripravenou zafarbenou vodou pred samotným injektovaním do skúšobného bloku [zdroj:autorka]



Obr. 62 – Zachytenie skúšobného bloku zaisteného s HDPE platňou pomocou sťahovacích svoriek [zdroj:autorka]

Skúšobný blok č.1 – bez prítomnosti bobtnavého pásika:

Po začatí injektovania vody dovnútra bloku, tlak vody pomaly stúpal až na hodnotu 0,6 baru. Po krátkom čase bolo počuť pretečenie vody, čo mohlo byť spôsobené dutinou v betóne v blízkosti rebra škárového pásu. Tlak v tom momente klesol na 0,0 baru. Tým pádom sa voda dostala ďalej od stredu a pretekala cez rebrá, pričom tlak opäť stúpol na 0,25 baru. Po nainjektovaní 4,45 litra vody do priestoru medzi hydroizoláciou a betónom tlak klesol na 0,0 baru a voda vystrekla z okraja betónového bloku. Tým som ukončila meranie.



Obr. 63 – Zobrazenie preniknutia vody až za posledné rebro škárového pásu a vystreknutie z betónu, čím bolo meranie ukončené na bloku bez prítomnosti bobtnavého pásika [zdroj:autorka]

Skúšobný blok č.2 – s aplikovaným bobtnavým pásikom na rebrá škárového pásu:

Skúšanie druhej vzorky prebiehalo zo začiatku rovnako. Pomaly som začala vtlačať vodu medzi hydroizoláciu a betón pomocou ručnej injektážnej pumpy. Tlak na manometri vystúpil na maximálnu hodnotu 0,9 baru. V tom momente sa začala objavovať voda z praskliny v betóne (obrázok 64). Tlak začal po určitom čase pomaly klesať. To mohlo mať za následok, že sa bobtnavý pásik aktivoval a začal sať vodu do svojej štruktúry, tým pádom aj voda z praskliny prestala vytekať a okolie praskliny začalo pomaličky obsýchať. Tlak klesol na hodnotu 0,3 baru, kde sa ustálil. Na betónovom bloku bolo možné pozorovať rôzne zmeny. Bolo počuť pukanie, ale najmarkantnejšou zmenou bolo vydutie HDPE platne v miestach, kde nebola stiahnutá s betónom svorkou (obrázok 65). Po nainjektovaní 25,5 litra vody vystúpil tlak na hodnotu 0,45 baru a vtedy začala voda presakovať na rôznych miestach okraja betónového bloku. Betón bol na niektorých miestach už dosť vlhký a tak sa začali na okrajoch objavovať kvapky vody (obrázok 66). Tento moment by som mohla považovať za ukončenie skúšky, avšak bolo zaujímavé ďalej pozorovať zmeny, ktoré sa diali na betónovom bloku po ďalšej napumpovanej vode. Čím väčšie množstvo sa dostávalo do priestoru medzi hydroizoláciou a betónom, tým sa voda dostávala cez ďalšie a ďalšie rebrá s bobtnavým pásikom a v niektorých miestach nabobtnanie pásika dokonca rozrušilo betón (obrázok 67). Absolútny koniec experimentu som zaznamenala po nainjektovaní ďalších 10 litrov, čo je spolu už 35,5 litra. Voda začala v jednom mieste vystrekovať z betónu, avšak omnoho miernejším prúdom ako v prvom prípade (obrázok 68).



Obr. 64 – Zachytenie vytekajúcej vody cez praskliny v betónovom bloku pri tlaku vody 0,9 baru
[zdroj:autorka]



Obr. 65 – Fotografie zobrazujúce odchylenie HDPE platne od betónového bloku v miestach, kde platňa nebola zaistená sťahovacími svorkami [zdroj:autorka]



Obr. 66 – Zachytenie pretečenia vody cez posledné rebro škárového pásu a vytečenie z betónového bloku po nainjektovaní 25,5 litra [zdroj:autorka]



Obr. 67 – Zobrazenie porušení betónu počas injektovania, červený je bobtnavý pásik, ktorý zrejme svojou expanziou spôsobil odlúpenie betónu na krajoch skúšobnej vzorky [zdroj:autorka]



Obr. 68 – Fotografie, na ktorých je zachytený mierny prúd vody striekajúci z okraja skúšobného betónového bloku, po nainjektovaní 35,5 litra vody [zdroj:autorka]

ZÁVER

Cieľom diplomovej práce bolo zosumarizovať informácie o materiáloch používaných na zabránenie prieniku nežiadúcej podzemnej vody dovnútra podzemného diela a overení ich tesnosti. Či už je voda tlaková, alebo sú to iba jemné priesaky, jej obsah a vniknutie do konštrukcie je nežiadúce hlavne z dlhodobého hľadiska.

V praxi sa ako bariéra proti podzemnej vode používajú materiály na báze polyvinylchloridu a FPO, teda flexibilných polyolefínov. Mojou prvou úlohou bolo preveriť vlastnosti automatických a ručných spojov membrány z polyvinylchloridu. Automatické zvary som realizovala pomocou zváracieho zariadenia, kde bolo možné sledovať teplotu a rýchlosť zvárania. Preto som si pripravila deväť rôznych skúšobných vzoriek, kde každá vzorka mala iné vstupné hodnoty rýchlosti a teploty zvárania. Určila som si tri základné teploty zvárania 420°, 490° a 560°C, a tri druhy rýchlostí pojazdu 0,80, 1,00 a 1,20 metrov za minútu. Tieto parametre som medzi sebou kombinovala. Čo sa týka ručných spojov, tie som realizovala pomocou zváracieho zariadenia, ku ktorému je potrebné použiť izolačný valček. Pripravila som si pätnásť vzoriek, ktorými boli tzv. záplaty. Teda membrána, ktorá môže mať nejaké porušenie, napr. perforáciu, sa prekryla ďalšou vrstvou fólie a tá sa prizvárala ručne prevedeným spojom. Ďalších päť vzoriek, ktoré boli použité na overenie tesnosti ručných zvarov, pozostávalo z vrstvy membrány, na ktorú bol privarený tesniaci škárový pás. Ten v praxi slúži na rozdelenie hydroizolačného diela do menších, ľahšie injektovateľných celkov, tzv. injektážnych blokov.

Pred samotným skúšaním tesnosti zvarov jednotlivých skúšobných vzoriek som pripravila prehľad skúšobných metód bežne používaných pre tento účel. Podzemné staviteľstvo sa začalo rozvíjať najprv v krajinách, ktorými sú Nemecko, Švajčiarsko a Rakúsko, preto sa v praxi bežne používajú skúšobné metódy pochádzajúce z nemeckých predpisov a smerníc. V mojej práci som čerpala z nemeckých smerníc, európskych noriem, ale aj skúseností z praxe.

V prípade automatických zvarov je základnou skúškou overenia tesnosti skúška tlaková. U ručných zvarov je základnou skúškou skúška odtrhovou ihlou a môže byť doplnená vákuovým zvonom. V laboratóriu je tiež možné tesnosť spojov preveriť pomocou skúšobného zariadenia. Na hydroizolačných membránach sa stanovuje odolnosť voči odlupovaniu v spoji skúšobného telesa a tiež šmyková pevnosť spoja.

Mojich deväť skúšobných vzoriek s automatickým zvarom som v prvom rade podrobila skúške tlakom. Tejto skúške všetky skúšobné vzorky vyhovel. Následne som si z každej skúšobnej vzorky pripravila päť skúšobných telies, na ktorých som

prevádzala ďalšie skúšky. Pred stanovením odolnosti voči odlupovaniu som určila rozmery automatických zvarov. Skúšobné telesá nevyhoveli požiadavkám DVS smernice v 99%, čo sa týka rozmeru stopy zvaru. U skúšobných vzoriek zváraných pri vyššej teplote a pomalšou rýchlosťou to bolo spôsobené roztavením fólie v mieste zvaru. Avšak nesplnenie požiadaviek mohlo byť v niektorých prípadoch spôsobené aj nepresnosťou merania pomocou posuvného meradla. Hlavným parametrom tesnosti spojov však bola hodnota odolnosti voči odlupovaniu a typ deformácie automatického spoja. Pre túto skúšku som použila päť skúšobných telies z každej skúšobnej vzorky. Najvyššiu hodnotu napätia P som zaznamenala u skúšobných telies pripravených zo skúšobnej vzorky 3.2., a to 10,84 N/mm. Táto skúšobná vzorka bola zváraná pri teplote 420°C a rýchlosťou 0,80 m/min. Taktiež ani jedno skúšobné teleso zo skúšobnej vzorky 3.2. sa neporušilo v mieste spoja, a ani v jeho tesnej blízkosti. Preto prepokladám, že z kombinácií teploty a rýchleho zvárania, ktoré som si zvolila pred samotným meraním, sú teplota 420°C a rýchlosť zvárania 0,80 m/min najvhodnejšou kombináciou pre zváranie PVC membrány pomocou zváracieho automatu. Do budúcnosti by bolo možno vhodné overiť vlastnosti spojov aj s inak nakombinovanými parametrami zvárania ako som si zvolila ja.

Ručne spájané vzorky fólie som v prvom kroku preverila odtrhovou ihlou, ktorou som identifikovala prvé netesnosti v povrchu spojov. Skúške odtrhovou ihlou nevyhoveli skúšobné vzorky A6, A8, V2, V3, V4, V5 a tiež vzorky B3, B4, B5, ktorými bola membrána so škárovým pásom. Ďalej som skúšobné vzorky dvoch spojených membrán otestovala vákuovým zvonom. Niekedy môžu byť netesnosti identifikované ihlou iba povrchové, a tak po preskúšaní vákuovým zvonom prichádza do úvahy zistenie, že zvar je v skutočnosti tesný. Avšak aj takéto len povrchové netesnosti je ihneď potrebné opraviť. Vákuová skúška odhalila netesnosti v skúšobnej vzorke A1, A2, A7, A8, A9 a V2, V3, V4, V5. Z toho vyplýva, že u vzoriek A1, A2 a A9 boli netesnosti tak malé, že som ich odtrhovou ihlou ani nedokázala odhaliť a naopak skúšobná vzorka A6 mala netesnosti iba povrchové. Pre potrebu stanovenia šmykovej pevnosti ručných spojov som použila päť skúšobných vzoriek fólie so škárovým pásom. Z každej som si pripravila päť skúšobných telies. Najvyššiu šmykovú pevnosť mala skúšobná vzorka B2, teda 20,07 N/mm. Ani jedno skúšobné teleso pripravené z tejto skúšobnej vzorky sa neporušilo v mieste spoja. Najviac porušení skúšobných telies som zaznamenala u skúšobnej vzorky B5, ktorá nevyhovela ani skúške odtrhovou ihlou. V prípade ručných spojov sú veľmi dôležité schopnosti certifikovaného personálu. Preto je neoddeliteľnou súčasťou prevádzania hydroizolácie aj školenie a zváračské skúšky pracovníkov, ktorí hydroizolačný systém inštalujú priamo na stavbe.

Mojou druhou úlohou bolo preveriť možnosť doplnenia bobtnavého profilu v mieste škárového pásu. Ten slúži ako bariéra proti prieniku vody z jedného injektážneho celku do druhého. Vytvorila som dve vzorky injektážneho bloku o rozmeroch 1x1 meter. Hydroizolačný systém som usporiadala bežne používaným spôsobom, avšak do jednej vzorky som pridala bobtnavý profil, ktorý som aplikovala na škárový pás. Cieľom bolo porovnať množstvo vody, ktoré dokáže bobtnavý pásik nasiaknúť, a tým zadržať v danom injektážnom celku. Tiež som zaznamenávala tlak vody, ktorému odolá škárový pás a v druhom prípade škárový pás spolu s bobtnavým profilom. Vzorka bez bobtnavého profilu vydržala 4,55 litra vody s tlakom $p = 0,6$ baru, kým tesniaci škárový pás prepustil vodu von. V druhom prípade bobtnavý pásik dokázal zabrániť prechodu vody až do tlaku $p = 0,9$ baru a množstva 25,5 litra. Po tomto množstve bol už nasiaknutý vodou aj betón nasimulovaného sekundárneho ostenia, a tak voda začala presakovať hlavne v miestach vlhkého betónu. Od tohto momentu som ešte nainjektovala ďalších 10 litrov vody. Až toto množstvo spôsobilo, že betón v niektorých miestach neodolal tlaku expanzie bobtnavého profilu po nasiaknutí vodou a došlo k pretečeniu vody cez škárový pás v niektorých miestach vzorky.

Na základe tohto zistenia predpokladám, že použitie bobtnavého profilu v mieste tesniaceho škárového pásu by bolo vhodnou voľbou pre zabránenie prechodu vody, avšak jeho účinnosť závisí aj od mnohých iných parametrov. Tými je hlavne množstvo pritekajúcej vody za minútu. Bobtnavý profil potrebuje určitý čas na svoju aktiváciu a v prípade veľkého poškodenia hydroizolácie a tým rozsiahleho prítoku vody by mohol stratiť svoju funkciu. Taktiež je dôležité použitie vhodnej receptúry betónu sekundárneho ostenia a jeho primeraného zhutnenia. Pokiaľ sa v betóne nachádzajú neprimerane veľké dutiny hlavne v mieste škárového pásu, ani bobtnavý profil nedokáže vyplniť celé toto miesto, aby vode zabránil v prechode.

Zistené poznatky a výsledky merania na vzorkách hydroizolačnej membrány sú uvedené v mojej diplomovej práci a môžu byť prakticky využité pri návrhu a realizácii hydroizolačných bariér v podzemnom tunelovom staviteľstve.

15 ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV

- [1] HORÁK, Vladislav. *PODZEMNÍ STAVBY: MODUL BF06-M01* [online]. Brno, 2007 [cit. 2018-11-29].
- [2] PŘIBYL, Pavel a Jiří BARTÁK. *Tunely na pozemních komunikacích*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011. ISBN 978-80-01-04723-1.
- [3] HALAHYJA, Martin, Pavol HYKŠ a Ján FEHÉR. *Stavebná tepelná technika, osvetlenie a akustika: určeno pre posl. stavebných fakúlt*. Bratislava: Alfa, 1970. Edícia stavebníckej literatúry.
- [4] *Abeceda asfaltových izolací*. Praha: Svaz výrobců asfaltových pásů v ČR, 2016. ISBN 978-80-905563-0-0.
- [5] DOLEŽAL, Vladimír. *Plastické hmoty*. 3., přeprac. a dopl. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1977. Řada chemické literatury. Dostupné také z: <http://www.digitalniknihovna.cz/mzk/uuid/uuid:d64e9500-c0b3-11e3-b110-0050568>
- [6] HRDINA, Ivan. *PODZEMNÍ STAVBY V ČESKÉ REPUBLICE V POSLEDNÍM DESETILETÍ. BETON - technologie, konstrukce, sanace* [online]. Praha: BETON TKS, 2006, 06/2006, **2006**(06), 6 [cit. 2018-11-29]. Dostupné z: http://www.betontks.cz/sites/default/files/2006-6-03_0.pdf
- [7] VÍTEK, L. Jan. *PODZEMNÍ STAVBY – NEVYHNUTELNÉ ROZŠÍŘENÍ PROSTORU. BETON - technologie, konstrukce, sanace* [online]. Praha: BETON TKS, 2006, 06/2006, **2006**(06), 1 [cit. 2018-11-29]. Dostupné z: http://www.betontks.cz/sites/default/files/2006-6-02_0.pdf
- [8] AKOVALI, G. Plastic materials: polyvinyl chloride (PVC). *Toxicity of Building Materials* [online]. Elsevier, 2012, 2012, , 23-53 [cit. 2018-11-29]. DOI: 10.1533/9780857096357.23. ISBN 9780857091222. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780857091222500024>
- [9] Waterproof Materials. *Building Materials in Civil Engineering* [online]. Elsevier, 2011, 2011, , 253-423 [cit. 2018-11-29]. DOI: 10.1533/9781845699567.253. ISBN 9781845699550. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9781845699550500104>
- [10] ČSN EN 13956. *Hydroizolační pásy a fólie – Plastové a pryžové pásy a fólie pro hydroizolaci střeš – Definice a charakteristiky*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2013.
- [11] ČSN EN 13967. *ČSN EN 13967 – Hydroizolační pásy a fólie – Plastové a pryžové pásy a fólie do izolace proti vlhkosti a plastové a pryžové pásy a*

- fólie do izolace proti tlakové vodě – Definice a charakteristiky. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2013.
- [12] *Tunnel Waterproofing - Guideline*. Vienna: Österreichische Bautechnik Vereinigung, 2015.
- [13] *Empfehlungen zu Dichtungssystemen im Tunnelbau*. Essen: Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e. V., 2005. ISBN 3-7739-1333-8.
- [14] Company profile. *RENESCO* [online]. Moosseedorf: Renesco [cit. 2018-12-03]. Dostupné z: <https://www.renesco.com/#company-profile>
- [15] DLESK, Branislav. Prezentácia firmy Renesco a.s.: Projekt Cityringen Copenhagen. Prievidza, 2015.
- [16] *Tunel*. Praha: Česká tunelářská asociace a Slovenská tunelárska asociácia ITA-AITES, 2017, **26**(4/2017). ISSN 1211-0728.
- [17] *Tunel*. Praha: Česká tunelářská asociace a Slovenská tunelárska asociácia ITA-AITES, 2018, **27**(1/2018). ISSN 1211-0728.
- [18] *Tunel*. Praha: Česká tunelářská asociace a Slovenská tunelárska asociácia ITA-AITES, 2018, **27**(3/2018). ISSN 1211-0728.
- [19] ČSN EN 13416. *Hydroizolační pásy a fólie – Asfaltové, plastové a pryžové pásy a fólie pro hydroizolaci střech – Pravidla pro odběr vzorků*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2002
- [20] ČSN EN 12814-5. *Zkoušení svařovaných spojů polotovarů z termoplastů – Část 5: Makroskopická zkouška*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2003.
- [21] ČSN EN 12814-4. *Zkoušení svarových spojů polotovarů z termoplastů – Část 4: Odlupovací zkouška*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2018.
- [22] Složení asfaltového pásu. In: *INVEST-STAR* [online]. [cit. 2018-12-06]. Dostupné z: <https://eshop.invest-star.cz/asfaltove-pasy-pro-stresni-krytiny/>
- [23] Technické kvalitatívne podmienky staveb pozemných komunikácií: Kapitola 24 - TUNELY. Praha: Ministerstvo dopravy, 2006.
- [24] *Tunelové názvoslovie: Technické podmienky*. Bratislava: Ministerstvo dopravy, pôšt a telekomunikácií SR, 2006.
- [25] ARENDÁŠ, Peter. Kolektor Hlavkuv most: Fotodokumentácia priebehu inštalácie hydroizolačného systému. 2018.
- [26] Stock Photo - used bottle closures made of High-Density-Polyethylen (HD-PE). *123RF* [online]. [cit. 2018-12-06]. Dostupné z: https://www.123rf.com/photo_79377504_used-bottle-closures-made-of-high-density-polyethylen-hd-pe-.html

- [27] Špagát polypropylén. *MODEL PACK SHOP* [online]. [cit. 2018-12-06]. Dostupné z: <https://www.packshop.sk/z/spagat-polypropylen-6418.html>
- [28] PVC podlaha - PREMIUM Raymond-J 5. *Podlahy plotz: profesionální podlahové centrum* [online]. [cit. 2018-12-06]. Dostupné z: <https://www.nabidkapodlah.cz/pvc-podlaha-premium-raymond-j-5/pro9075.html>
- [29] Bob Vila Thumbs Up: The PVC Pipe Competition Starts Today. *Bob vila: Tried, True, Trustworthy Home Advice* [online]. [cit. 2018-12-06]. Dostupné z: <https://www.bobvila.com/articles/bob-vila-thumbs-up-the-pvc-pipe-competition-starts-today/>
- [30] Map over the existing and future metro lines. In: *Metroselskabet* [online]. 2007 [cit. 2018-12-06]. Dostupné z: <https://intl.m.dk/#!/about+the+metro/metro+expansion>
- [31] MERTA, Petr. OCELOVÉ BEDNICÍ FORMY PRO REALIZACI TUNELŮ. *BETON - technologie, konstrukce, sanace* [online]. Praha: BETON TKS, 2009, 05/2009, **2009**(05), 2 [cit. 2018-11-29]. Dostupné z: http://www.betontks.cz/sites/default/files/2009-5-58_0.pdf
- [32] IZOLAČNÁ FÓLIÁ SIKAPLAN® WP FLOOR SHEET-10H. In: *Eidea.sk* [online]. Piešťany, 2015 [cit. 2018-12-07]. Dostupné z: <http://www.eidea.sk/245-izolacna-fovia-sikaplan-wp-floor-sheet-10h.html>
- [33] Plastic Welding: General Catalog - LEISTER. 6.0. Kaegiswil: Leister, 2016.
- [34] LEISTER - Pritlačný valček silikónový (28mm). In: *FORBUILD, s.r.o* [online]. [cit. 2018-12-07]. Dostupné z: <http://www.stavebnedoplňky.sk/LEISTER-Pritlacny-valcek-silikonovy-28mm-d631.htm>
- [35] DEUTSCHER VERBAND FÜR SCHWEISSEN UND VERWANDTE VERFAHREN E.V.: DVS 2212-3. Düsseldorf: DVS, 1994.
- [36] Hydroizolace tunelů pomocí fólií Sikaplan. Brno: Sika, 2009.
- [37] Sikaplan® WP 1100-20 HL: Produktový list. 03.02. Brno: Sika, 2018.
- [38] Tricosal® Elastomer tesniace pásy: Produktový list. 14/11/2011. Sika, 2011.
- [39] SikaSwell® S-2: Technický list. 01/2017. Sika, 2017.
- [40] SikaSwell® A Profil (2005, 2010, 2015, 2025): Technický list. 01/2017. Sika, 2017.
- [41] H-BAU Bobtnavé pásy SWELLFLEX®. *J&P VÁŠ PARTNER SILNÝCH STAVEBNÍCH ZNAČEK* [online]. Praha: JORDAHL & PFEIFER STAVEBNÍ TECHNIKA [cit. 2018-12-16]. Dostupné z: <https://www.jp.cz/cs/produkty/detail/75>
- [42] Bentonitový bobtnavý pásek MIRRA WATERSTOP. *Mirraczech: výroba distančních podložek do betonu* [online]. Týniště nad Orlicí, 2018, 2018 [cit.

- 2018-12-16]. Dostupné z: <http://www.mirra.cz/cs/bentonitove-bobtnate-pasky.html>
- [43] AQUASTOP 2025 LONG TIME. *Illichman* [online]. Praha [cit. 2018-12-16]. Dostupné z: http://www.illichman.cz/in/aquastop_lt
- [44] *Idrostop: Technický list*. 411/2.01. Olomouc: MAPEI.
- [45] HEJTMÁNEK, Matouš. VODONEPROPUSTNÉ BETONOVÉ KONSTRUKCE – TĚSNĚNÍ SPÁR: WATER IMPERMEABLE CONCRETE STRUCTURES – JOINT SEALING. *BETON - technologie, konstrukce, sanace* [online]. Praha: BETON TKS, 2016, 2016, **03/2016**(03), 6 [cit. 2018-12-16]. Dostupné z: http://www.betontks.cz/sites/default/files/2016-3-40_0.pdf
- [46] *Tunel*. Praha: Česká tunelářská asociace a Slovenská tunelárska asociácia ITA-AITES, 1998, **7**,(2/98). ISSN 1211-0728.
- [47] *ZBORNÍK zo 7. celoštátneho seminára s medzinárodnou účasťou: HYDROIZOLÁCIE MOSTOV A TUNELOV*. Bratislava: Slovenská cestná spoločnosť pri Slovenskej správe ciest Bratislava, 1999. ISBN 80-232-0180-8.
- [48] KOLYMBAS, Dimitrios. *Geotechnik - Tunnelbau und Tunnelmechanik: Eine systematische Einführung mit besonderer Berücksichtigung mechanischer Probleme*. Springer. ISBN 978-3-642-63752-0.
- [49] Směrnice Německých drah, překlad Řehoř: Projektování, stavba a udržování železničních tunelů - Utěšňování a odvodňování.
- [50] Podélný profil: Začala příprava prvního kolektoru raženého pod Vltavou. In: *Praha.eu: portál hlavního města Prahy* [online]. Praha: Magistrát HMP, 2017 [cit. 2018-12-21]. Dostupné z: http://www.praha.eu/public/2a/ea/53/556709_1953_KHM_PODELNY_PR_OFIL.jpg
- [51] ČSN EN 12317-2. ČSN EN 12317-2 Hydroizolační pásy a fólie - Stanovení smykové odolnosti ve spojích - Část 2: Plastové a pryžové pásy a fólie pro hydroizolaci střech. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010.

16 ZOZNAM OBRÁZKOV

Obr. 1 – Vyobrazenie podzemného mesta Derinkuyi v Kappadokii [1],	14
Obr. 2 – Zobrazenie vertikálneho členenia výrubu s bočnými štôľňami a so stropnou štôľňou [24].....	18
Obr. 3 – Schéma horizontálneho členenia výrubu s bočnými štôľňami a so stropnou štôľňou [24].....	18
Obr. 4 – Schématické zobrazenie priečného rezu cyklicky razeného tunela [24]	20
Obr. 5 – Schéma pozdĺžneho rezu cyklicky razeného tunela [24]	21
Obr. 6 – Priebeh Fenner-Pacherovej krivky [2], 1-krivka reakcie horninového masívu; 2-krivka odporu včas zabudovaného vystrojenia; krivka odporu neskoro zabudovaného a príliš poddajného vystrojenia	22
Obr. 7 – Prehľad základných typov predstihových stabilizačných opatrení pri NRTM [2], a)ihlovanie (3-5 záberov), b)trysková injektáž (6-8 záberov), c)mikropilotové dáždniky (9-13 záberov)	23
Obr. 8 – Fotografia bežne používanej ocelevej bedniacej formy zostavenej pre realizáciu sekundárneho ostenia [31].....	24
Obr. 9 – Zobrazenie priečného rezu kontinuálne razeného tunela [24]	25
Obr. 10 – Naznačenie základného zloženia asfaltového pásu [22]	30
Obr. 11 – Fotografia vrchnákov z fliaš, ktoré sú vyrobené z HDPE [26].....	32
Obr. 12 – Zobrazenie špagátu vyrobeného z PP [27]	32
Obr. 13 – Fotografia rolky izolačnej fólie vyrobenej z PVC [32].....	35
Obr. 14 – Fotografia podlahy vyrobenej z PVC [28]	36
Obr. 15 – Obrázok vodovodných trubiek vyrobených z PVC [29].....	36
Obr. 16 – Znázornenie zaťaženia pôsobiacich na hydroizolačný systém počas výstavby podzemného diela [36]	38
Obr. 17 – Zobrazenie zaťaženia hydroizolačného systému počas užívania podzemného diela [36]	38
Obr. 18 – Schématické zobrazenie dvoch základných typov hydroizolácie podľa typu pritekajúcej vody - vľavo dáždnikový typ, vpravo kruhový typ hydroizolácie [13] ...	40
Obr. 19 - Zobrazenie častí hydroizolačného systému v mieste kaloty [13].....	41
Obr. 20 - Zobrazenie častí hydroizolačného systému v mieste dna [13].....	41
Obr. 21 – Schématické zobrazenie tesniaceho škárového pásu v mieste pracovnej škáry, ktorý delí hydroizolačný systém do injektážnych blokov [49]	44
Obr. 22 – Mapa existujúceho metra v Kodani a časť metra vo výstavbe [30].....	45
Obr. 23 – Fotografia nainštalovaného základového pásu hydroizolačného systému stanice metra v Kodani (ochranná geotextília, izolačná membrána, škárový pás) [zdroj:autorka].....	46
Obr. 24 - Zobrazenie časti nainštalovaného hydroizolačného systému na základovej doske stanice metra v Kodani (ochranná geotextília, izolačná membrána, ochranná fólia, škárový pás, injektážny systém) a na vertikálnych stenách po prvý rozperný rám (ochranná geotextília, izolačná membrána, škárový pás, injektážny systém) [zdroj:autorka].....	47

Obr. 25 - Schématické zobrazenie jednotlivých šacht pri výstavbe kolektora Hlavkúv most v Prahe [50].....	47
Obr. 26 - Fotografia budúceho napojenia hydroizolačného systému z technickej komory do kolektorovej trasy, zobrazenie neupraveného podkladového betónu pred pokládkou hydroizolácie [25].....	49
Obr. 27 - Zachytenie nainštalovanej hydroizolácie šachty J102, kde na dno bola nainštalovaná ochranná geotextília s plošnou hmotnosťou 2000g/m ² [25].....	49
Obr. 28 - Usporiadanie injektážnych hadičiek v nerezovom injektážnom boxe podľa výkresovej dokumentácie [25].....	50
Obr. 29 - Schématické zobrazenie pohybu jednotlivých častí zváracieho automatu typu Twinny T počas automatického spájania membrán [33].....	54
Obr. 30 - Zobrazenie zariadenia pre zváranie automatického zvaru s poistným kanálkom - Twinny T [33].....	54
Obr. 31 - Zachytenie zváracieho automatu typu Twiinny T pred prevádzaním automatického spoja [zdroj:autorka]	54
Obr. 32 - Zobrazenie jendotlivých rozmerov zvaru podľa smernice DVS [35]	56
Obr. 33 - Rozmery skúšobného telesa [21].....	57
Obr. 34 - Zobrazenie upevnenia skúšobného telesa v skúšobnom zariadení pred stanovením odolnosti voči odlupovaniu [21]	58
Obr. 35 - Fotografia skúšobného telesa počas prevádzania skúšky odolnosti proti odlupovaniu v skúšobnom zariadení [zdroj:autorka]	58
Obr. 36 - Schématické zobrazenie pohybu Triac ST a izolačného valčeka v priebehu ručného zvárania [33]	59
Obr. 37, 38 ,39 - Zobrazenie jednotlivých zariadení a súčastí potrebných pre ručné spájanie dvoch hydroizolačných materiálov - vľavo Triac ST, vpravo hore dýza, [33] a vpravo dole izolačný valček [34].....	59
Obr. 40 - Zobrazenie skúšobnej odtrhovej ihly používanej pre skúšanie tesnosti ručného zvaru [zdroj:autorka]	60
Obr. 41 - Fotografia vákuového zvona použitého pre stanovenie tesnosti ručného zvaru [zdroj:autorka]	61
Obr. 42 - Zobrazenie upevnenia skúšobného telesa do skúšobného zariadenia....	62
Obr. 43 - Fotografia skúšobného telesa v priebehu zaťažovania v skúšobnom zariadení [zdroj:autorka]	62
Obr. 44 - Schéma rôznych spôsobov porušenia spojov, ktoré môžu nastať pri stanovení šmykovej pevnosti spoja [51].....	63
Obr. 45 -Skúšobný manometer zachytený v priebehu prevádzania tlakovej skúšky [zdroj:autorka].....	64
Obr. 46, 47 - Fotografie skúšobného telesa 2.0. - C po makroskopickom posúdení, červenou zvýraznené nedostatky zaznamenané na povrchu hrán [zdroj:autorka]	67
Obr. 48 - Fotografie skúšobných telies vyrezaných zo skúšobnej vzorky 3.2. v priebehu a po skúške odolnosti proti odlupovaniu.....	71
Obr. 49 - Zobrazenie skúšobného telesa 1.2. - A počas priebehu skúšky odolnosti proti odlupovaniu [zdroj:autorka].....	72

Obr. 50 – Zobrazenie skúšobného telesa 1.2 – A po porušení v spoji [zdroj:autorka]	72
Obr. 51 – Zobrazenie identifikácie netesností vo vzorkách A6 a A8 pomocou odtrhovej ihly [zdroj:autorka]	76
Obr. 52 – Zobrazenie netesností identifikovaných odtrhovou ihlou v skúšobných vzorkách V2, V3, V4 a V5 [zdroj:autorka]	77
Obr. 53 – Zobrazenie prevádzania skúšky tesnosti pomocou odtrhovej ihly na skúšobných vzorkách B3, B4 a B5 [zdroj:autorka]	77
Obr. 54 – Zobrazenie priebehu vákuovej skúšky na vzorkách V2, V3, V4, V5 a identifikácia netesností v ručnom zvale [zdroj:autorka]	79
Obr. 55 – Vyobrazenie porušenia v mieste spoja, kde sa tesniaci škárový pás oddelil od izolačnej membrány [zdroj:autorka]	79
Obr. 56 – Zachytenie skúšobného telesa v priebehu skúšania šmykovej pevnosti, porušenie hydroizolačnej membrány mimo ručného spoja [zdroj:autorka]	82
Obr. 57 – Fotografie skúšobných telies v priebehu a po ukončení skúšky šmykovej pevnosti, porušenie telies v mieste spoja oddelením tesniaceho škárového pásu od membrány spolu s pretrhnutím membrány v mieste spoja [zdroj:autorka]	82
Obr. 58 – Zobrazenie usporiadania jednotlivých súčastí hydroizolačného systému v skúšobnom bloku pred betonážou [zdroj:autorka]	84
Obr. 59 – Fotografia skúšobného bloku po prevedení betonáže [zdroj:autorka]	84
Obr. 60 – Vyobrazenie pripojenia meriaceho manometra na injektážnu hadičku pre zachytenie vstupného tlaku vody, ktorá vchádza do skúšobného bloku [zdroj:autorka]	85
Obr. 61 – Fotografia ručnej injektážnej pumpy s pripravenou zafarbenou vodou pred samotným injektovaním do skúšobného bloku [zdroj:autorka]	86
Obr. 62 – Zachytenie skúšobného bloku zaisteného s HDPE platňou pomocou sťahovacích svoriek [zdroj:autorka]	86
Obr. 63 – Zobrazenie preniknutia vody až za posledné rebro škárového pásu a vystreknutie z betónu, čím bolo meranie ukončené na bloku bez prítomnosti bobtnavého pásika [zdroj:autorka]	86
Obr. 64 – Zachytenie vytekajúcej vody cez praskliny v betónovom bloku pri tlaku vody 0,9 baru [zdroj:autorka]	87
Obr. 65 – Fotografie zobrazujúce odchylenie HDPE platne od betónového bloku v miestach, kde platňa nebola zaistená sťahovacími svorkami [zdroj:autorka]	88
Obr. 66 – Zachytenie pretečenia vody cez posledné rebro škárového pásu a vytečenie z betónového bloku po nainjektovaní 25,5 litra [zdroj:autorka]	88
Obr. 67 – Zobrazenie porušenia betónu počas injektovania, červený je bobtnavý pásik, ktorý zrejme svojou expanziou spôsobil odlúpenie betónu na krajoch skúšobnej vzorky [zdroj:autorka]	89
Obr. 68 – Fotografie, na ktorých je zachytený mierny prúd vody striekajúci z okraja skúšobného betónového bloku, po nainjektovaní 35,5 litra vody [zdroj:autorka]	89

17 ZOZNAM TABULIEK

Tab. 1- Prehľad polymérnych materiálov používaných ako bariéry proti vlhkosti – časť 1.....	33
Tab. 2 - Prehľad polymérnych materiálov používaných ako bariéry proti vlhkosti – časť 2.....	34
Tab. 3 – Prehľad rôznych druhov bobtnavých pásikov od rôznych výrobcov.....	51
Tab. 4 – Prehľad použitého materiálu s praktickej časti so základnými informáciami	53
Tab. 5 - Podmienky skúšania tlakovou skúškou a požiadavka na automatický zvar [35]	55
Tab. 6 – Požiadavky na rozmery automatického zvaru [35]	57
Tab. 7 – Podmienky skúšania vakuovým testom a požiadavka na ručný zvar [35]..	60
Tab. 8 – Prehľad teplôt a rýchlostí automatického zvárania vzoriek.....	64
Tab. 9 – Prehľad výsledkov tlakovej skúšky automatických zvarov	65
Tab. 10 – Prehľad vyhodnotenia makroskopického posúdenia povrchu hrán skúšobných telies spájaných pomocou zváracieho automatu, zvýraznenie žltou farbou zobrazuje skúšobné teleso nevyhovujúce normovým požiadavkám	66
Tab. 11 – Prehľad rozmerov automatických zvarov podľa smernice DVS 2212-3, vyznačené hodnoty žltou farbou sú nevyhovujúce požiadavkám smernice	68
Tab. 12 – Prehľad vyhodnotenia stanovenia odolnosti voči odlupovaniu, žltou farbou sú zvýraznené skúšobné telesá porušené v spoji teda nevyhovujúce	69
Tab. 13 – Prehľad označenia skúšobných vzoriek membrán a membrány so škárovým pásom spájaných ručným zvarom	75
Tab. 14 – Prehľad vyhodnotenia skúšania tesnosti ručného zvaru pomocou odtrhovej ihly.....	76
Tab. 15 – Prehľad vyhodnotenia vákovej skúšky použitej na overenie tesnosti ručného spoja.....	78
Tab. 16 – Prehľad nameraných maximálnych síl pri porušení skúšobných telies a vypočítaných šmykových pevností skúšobných vzoriek	80
Tab. 17 – Receptúra betónu použitého pre moje účely modelu sekundárneho ostenia	83

18 ZOZNAM GRAFOV

Graf 1, 2, 3 – Zobrazenie výsledných hodnôt odolnosti voči odlupovaniu skúšobných telies podľa teploty zvárania	73
Graf 4, 5, 6 – Prehľad výsledných hodnôt odolnosti voči odlupovaniu skúšobných telies podľa rýchlosti zvárania.....	74
Graf 7 – Zobrazenie šmykových pevností jednotlivých skúšobných vzoriek	81

19 TABUĽKA POUŽITÝCH SYMBOLOV A SKRATIEK

symbol / skratka	názov / popis
p_d	čiastočný tlak vodnej pary
f	vlhkosť vzduchu
φ	relatívna vlhkosť vzduchu
t_s	teplota rosného bodu
ρ	merná hmotnosť
c	merné teplo
δ	súčiniteľ difúznej vodivosti vodnej pary
TBM	Tunnel Boring machine
NRTM	Nová rakúska tunelovacia metóda
HDPE	high density polyethylen
PP	polypropylén
PE	polyetylén
PIB	polyisobutylén
PVC	polyvinylchlorid
FPO	flexibilné polyolefíny
DVS	technická smernica zväzu Deutscher Verband für Schweißen und verwandte Verfahren e. V.
DIN	Deutsche Industrie-Norm, vydaná národná norma Nemeckým úradom pre priemyslovú normalizáciu (obvykle označená ako DIN a poradové číslo)
Ö NORM	Österreichisches Normungsinstitut, neštátna organizácia pre vytváranie noriem / štandardov v Rakúsku, člen ISO, CEN a ETSI