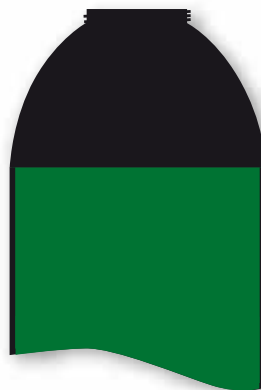


Řada: informace, normy, předpisy

Dusík



Dokument 1/2014

Dusík

Zpracovali: Ludmila Dvořáková
Zdena Pojezná
Jan Hamerník
Miroslav Holub
Daniel Krátký
Radek Křepelka
Pavel Rohan
Vít Tuček

Praha, leden 2014

*Autoři děkují recenzentům, zvláště ing. V. Chrzovi, CSc.
a ing. J. Plechatému, za podnětné připomínky k publikaci.*

Obsah

1.	Úvod	4
2.	Historie	4
3.	Fyzikálně-chemické vlastnosti	4
4.	Výroba	5
5.	Kvalita dusíku	7
6.	Nádoby pro dopravu a skladování dusíku	8
6.1	Tlakové lahve a svazky tlakových lahví	8
6.2	Kryogenní nádoby	9
6.3	Příslušenství pro odběr dusíku z tlakových lahví a kryogenních nádob	11
7.	Použití dusíku	14
7.1	Chemický průmysl	14
7.2	Životní prostředí a bezpečnostní technika	15
7.3	Metalurgie	15
7.4	Potravinářství	16
7.5	Stavebnictví	17
7.6	Ostatní průmyslové procesy	17
7.7	Kryobiologie a medicína	18
7.8	Výzkum	19
8.	Bezpečnost	19
8.1	Dusík stlačený	19
8.2	Dusík kapalný	20
8.3.	Skladování tlakových nádob (lahví)	20
8.4.	Manipulace s lahvemi a svazky	21
8.5.	Opatření v případě úniku	21
8.6.	Přeprava po silnici	21
9.	Související a citované normy a předpisy	22
10.	Použitá literatura	23
	Česká asociace technických plynů (ČATP) se představuje	24

1. Úvod

Publikaci „Dusík“ vydává Česká asociace technických plynů, která sdružuje významné výrobce a distributory technických plynů a příslušenství pro použití technických plynů. Cílem publikace je seznámit uživatele dusíku a odbornou veřejnost s vlastnostmi, výrobou, distribucí a použitím tohoto plynu s důrazem na otázky bezpečnosti.

2. Historie

V druhé polovině 18. století byla objevena složka vzduchu, která nepodporuje hoření ani dýchání. Jako první popsal tento plyn Němec Carl Wilhelm Scheele v roce 1777, ale až Francouz Antoine Lavoisier ho pojmenoval jako azote, což znamená dusivý plyn. Poté, co bylo zjištěno, že je kyselina dusičná odvozena od dusíku, navrhl pro něj Jean-Antoine Claudie Chaptal název nitrogéne, což znamená ledotvorný, který se udržel v latinském označení nitrogenium.

3. Fyzikálně chemické vlastnosti

Dusík, chemická značka N, je plynný chemický prvek, ve formě molekul N_2 tvoří hlavní složku zemské atmosféry. Patří mezi biogenní prvky, které jsou základními stavebními kameny živé hmoty.

Je to bezbarvý plyn, bez chuti a zápachu, nehořlavý, netoxický a nevybušný. V zemské atmosféře jeho obsah dosahuje 78 % (objemových). Za běžných podmínek je velmi stabilní. Netečný je díky trojné vazbě, která spojuje atomy v molekule dusíku (viz obr. 1). S jinými chemickými sloučeninami reaguje pouze za vysokých teplot a tlaků. Za běžných teplot reaguje pouze s lithiem a plutoniem. Za vysokých teplot se však dusík slučuje s většinou prvků (např. s kyslíkem při teplotě cca 2500 °C).

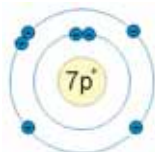
Naproti tomu atomární dusík je velmi reaktivní a nelze ho uchovávat. Jeho vysoká reaktivita spočívá v tom, že má ve valenční vrstvě 3 nepárové elektrony. Stability docílí tím, že buď přijme 3 elektrony a vytvoří stabilní oktet ve valenční sféře $N(3-)$ nebo odevzdá až 5 elektronů a získá tím kladnou valenci, např. $N(1+)$, $N(3+)$ nebo $N(5+)$.

Dusík má po kyslíku a fluoru třetí nejvyšší hodnotu elektronegativity, a proto u něj převládá schopnost vytvářet anion, který se nazývá nitridový $N(3-)$. Pouze ve sloučeninách s kyslíkem a fluorem je schopen tvořit ionty, kde se uplatňuje v kladné valenci. Např. v dusičnanech má dusík oxidační číslo $N(5+)$.

Tabulka 1: Fyzikálně chemické vlastnosti dusíku

Dusík	
Chemická značka	N
Chemický vzorec	N ₂
Atomové číslo	14
Počet přírodních izotopů	3
Elektronová konfigurace	[He] 2s ² 2p ⁵
Relativní atomová hmotnost	14,0067 g/mol
Molekulová hmotnost	28,0134 g/mol
Teplota tání (při tlaku 101,3 kPa)	-210,01 °C (63,14 K)
Teplota varu (při tlaku 101,3 kPa)	-195,80 °C (77,35 K)
Skupenské teplo tání	0,3604 kJ/mol
Skupenské teplo varu	2,7928 kJ/mol
Hustota plynu (0 °C; 101,325 kPa)	1,784 kg/m ³
Hustota kapaliny (v bodu varu, při -185,9 °C)	1393 kg/m ³
Barva	bezbarvý plyn
Výparné teplo	6,43 kJ/mol
Molární tepelná kapacita (25 °C)	20,79 J/mol//K
Ionizační energie (96,485 kJ/mol = 1 eV/particle)	15,759610 eV

Obrázek 1: Schéma elektronového obalu dusíku



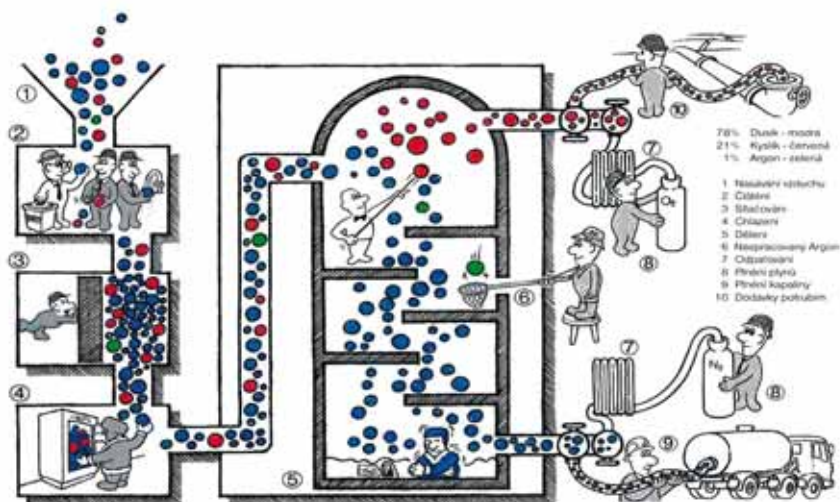
Tabulka 2: Přepočítání množství plynu v kapalné a plynné fázi

m ³ (při 15 °C, 1 bar)	litrů kapaliny (1,013 bar, -185,9 °C)	kg
1	1,447	1,17
0,691	1	0,809
0,855	1,237	1

4. Výroba

Dusík je vyráběn dělením vzduchu. Pro dělení vzduchu se podle potřebné čistoty vyráběného dusíku a jeho množství používají buď kryogenní metody nebo metody dělení na molekulových sítích nebo membránách.

Při kryogenním dělení vzduchu se využívá několikanásobné destilace tak zvané rektifikace kapalného vzduchu, kdy se oddělí hlavní složky vzduchu na základě jejich rozdílného bodu varu (kyslík $-183\text{ }^{\circ}\text{C}$ a dusík $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$). Vzduch je nejprve nasáván přes filtr pro odstranění mechanických nečistot a stlačen kompresorem. Ochlazením stlačeného vzduchu dojde k oddělení vody kondenzací a následně je na molekulovém síti zachycen oxid uhličitý, zbytky vlhkosti, vyšší uhlovodíky a dalších plynné nečistoty. Vyčištěný vzduch je ochlazen v tepelném výměníku na teplotu blízkou zkapalnění (cca $-190\text{ }^{\circ}\text{C}$) pomocí chladných plynů vycházejících z rektifikační kolony. Vlastní dělení vzduchu probíhá v rektifikační koloně, kdy je dusík odváděn z horní části kolony. Potřeba chladu celého procesu je kryta expanzí stlačeného vzduchu na turbíně nebo ventilu.



Obrázek 2: Schéma výroby dusíku

Základem metody výroby dusíku dělením vzduchu na molekulových sítích je využití změn tlaku v adsorpčním systému pro dosažení podmínek adsorpce a desorpce kyslíku na molekulovém síti (metoda PSA-Pressure Swing Adsorption – adsorpce při měnícím se tlaku). Stlačený a předčištěný vzduch je veden přes kolonu s molekulovým síti, na které se přednostně zachycuje kyslík. Dusík, který kolonou prochází, je odváděn do zásobníku. Po nasycení molekulového síti kyslíkem je přívod vzduchu do kolony zastaven a je v ní snížen tlak, čímž dojde k uvolnění adsorbovaného kyslíku. Uvolněný kyslík je z kolony vytlačen částí dříve vyrobeného dusíku. Cyklus funkce adsorpčního zařízení se obnoví přívodem čistého stlačeného vzduchu do kolony. Jednotlivé kroky procesu se stále

opakují. Aby byla zajištěna kontinuita dodávek dusíku v průběhu desorpce kyslíku, staví se adsorpční jednotky jako dvojité, kdy jedna jednotka vyrábí dusík v adsorpčním režimu, zatímco druhá jednotka je regenerována desorpcí.

Separace vzduchu pomocí membrán je založena na rozdílné velikosti molekul dusíku a kyslíku. Vyčištěný a stlačený vzduch prochází polymerními membránami s definovanou velikostí pórů, které zadrží větší molekuly kyslíku a dovolí procházet pouze menším molekulám dusíku.

5. Kvalita dusíku

Plynný dusík je dodáván v několika druzích, které se označují číselnými kódy, které odpovídají počtu devítek v procentním vyjádření obsahu hlavní složky.

Kapalný dusík je obvykle dodáván v kvalitě 5.0, která je blíže specifikována v tabulce č. 4.

Tabulka 3: Kvalita plynného dusíku

Znak jakosti	Označení podle druhu				
	3.5	4.0	4.6	4.8	5.0
Dusík, obj. zlomek v %, min.	99,95	99,99	99,996	99,998	99,999
Kyslík, ml/m ³ , max.	50	30	5	5	3
CmHn, ml/m ³ , max.	–	–	0,5	0,5	0,2
H ₂ O, ml/m ³ , max.	20	10	5	5	5
Rosný bod, °C, min.	-55	-60	-66	-66	-66

Tabulka 4: Kvalita kapalného dusíku 5.0

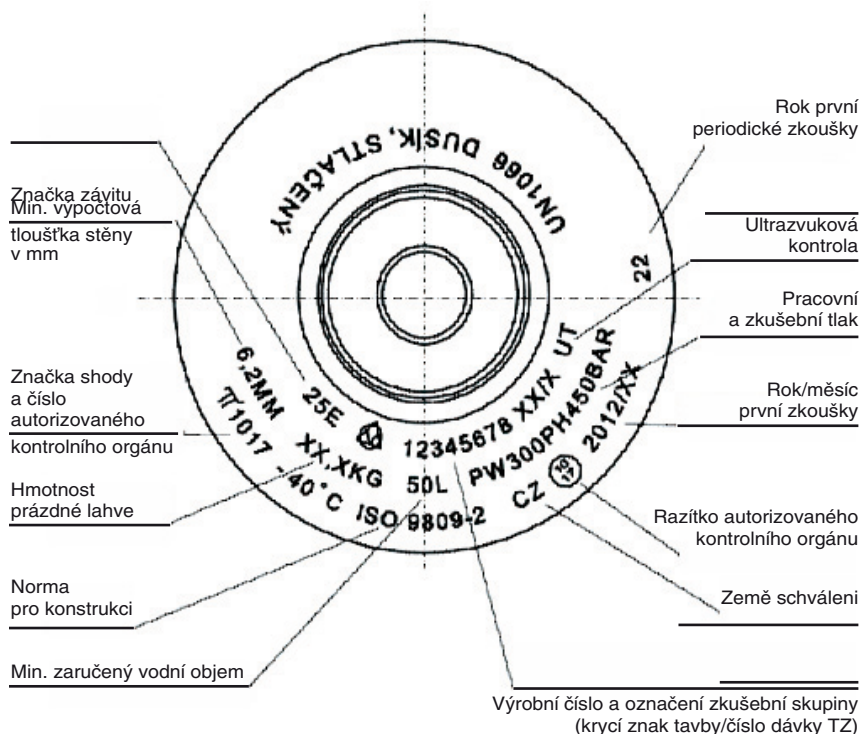
Znak jakosti	Označení podle druhu
	5.0
Dusík, obj. zlomek v %, min.	99,999
Příměsi, obj. zlomek v % max. z toho:	0,001
Kyslík, ml/m ³ , max.	3
H ₂ O, ml/m ³ , max.	2
Rosný bod, °C, min.	-70
CmHn, ml/m ³ , max.	0,2

6. Nádoby pro dopravu a skladování dusíku

6.1 Tlakové lahve a svazky tlakových lahví

Plynný dusík se plní do ocelových bezešvých lahví, nejčastěji o objemu 20 nebo 50 litrů. Láhve jsou vyrobeny ze zušlechtěné chrom-molybdenové oceli (oceli třídy 34CrMo4). Otevřené polotovary jsou lisovány z plechů nebo čtvercových sochorů, případně je dno polotovaru tvářeno z trubek. Následně je otevřený konec polotovaru uzavřen. Poté jsou lahve kaleny a popouštěny, hrdlo je obrobeno a opatřeno závitem. Lahve jsou otryskány a povrchově upraveny nátěrem. Je nezbytné také provést všechny předepsané výrobní kontroly, zkoušky a přejímky kvality. Lahve mají pracovní tlak buď 200 bar nebo 300 bar, přičemž 200 barové lahve jsou opatřeny ventilem s bočním připojením W 24,32 x 1/14" a 300barové lahve s přípojkou W 30 x 2. Každý ventil musí být chráněn, např. ocelovým kloboučkem. Tlakové lahve pro dusík jsou značeny barevně a ražením. Jiné lahve se pro dusík nesmí používat.

Obrázek 3: Značení tlakových lahví dusíku



Pro větší odběry dusíku se používají svazky navzájem propojených 12 nebo 16 lahví, každá o vodním objemu 50 litrů. Lahve ve svazku jsou pevně uchyceny v rámu, který je chrání proti mechanickému poškození. Svazek umožňuje odběr plynu ze všech lahví současně.

6.2 Kryogenní nádoby

Kapalný dusík je dodáván v kryogenních cisternách, kontejnerech nebo maloobjemových přepravitelných nádobách o objemu od 120 do 1000 litrů, odpovídající svou konstrukcí a ochranným rámem požadavkům ADR, nebo se jedná o nádoby větších objemů umístěných v kontejnerovém rámu, popřípadě jako nástavba nákladního automobilu či návěsu. Jde o zařízení složená z dvouplášťové, izolované nádoby a soustavy plnicích, odběrných a pojistných armatur. Umožňuje odběr dusíku v plynné i kapalně fázi.



Obrázek 4: Přepravitelné kryogenní nádoby 120–1000 litrů

Nádoby s objemem do 1000 litrů se obvykle používají pro způsob zásobování výměnou plné za prázdnou. Lze je však plnit i jako stacionární nádoby přímo z autocisteren. V porovnání se svazky tlakových lahví mají tyto nádoby výhodu lepšího poměru hmotnosti plynu k hmotnosti nádoby, nižší tlak a menší přepravní rozměry. Kryogenní nádoby jsou vhodné zejména v provozech s kontinuálním odběrem plynu, protože z důvodu tepelných ztrát dochází k samovolnému odparu plynu.

Pro technologie s vysokou spotřebou dusíku se používají stacionární kryogenní zásobníky zpravidla o objemu 1000 litrů až 70 000 litrů. Pro zvlášť velké spotřebitele kapalného dusíku existuje celá řada realizací kryogenních zásobníků až do jednotkové velikosti 800 000 litrů. Zásobování stacionárních zásobníků probíhá zpravidla z autocisterny. Pro odběr plynného dusíku ze stacionárního zásobníku je nutno do potrubního rozvodu



Obrázek 5: Autocisterna pro přepravu kapalných technických plynů

instalovat odpařovač kapalného plynu. Z hlediska bezpečnosti práce představují stacionární kryogenní zásobníky ve své podstatě robustní a bezpečné systémy, pokud jsou při provozu dodržována všechna bezpečnostní opatření.



Obrázek 6:
Stacionární zásobníky



Obrázek 7: Přepravitelné kryogenní nádoby velkých rozměrů



Obrázek 8: Vzduchové odpařovače

6.3 Příslušenství pro odběr dusíku z tlakových lahví a kryogenních nádob

Redukční stanice a koncová odběrná místa

Umístění baterie lahví nebo svazků a tlakových stanic je dáno ČSN 07 8304 a platí, že v jednopodlažní budově nesmí být na jednom místě více než 24 lahví dusíku, přepočteného na tlakové lahve o vodním objemu 50 litrů.

Z tohoto důvodu je často nutné zajistit venkovní instalaci tlakové redukční stanice, která musí být správně dimenzovaná z hlediska požadovaného tlaku a průtoku. Redukční stanice se konstruují jako jednoduché pro napojení jednotlivých lahví nebo baterií, dále pak jako dvoustranné s přepínáním, pro zajištění nepřetržité dodávky média.

Optimální jsou dvoustranné automatické stanice, které samočinně přepnou z vyprázdněné strany tlakové stanice na stranu plnou (záložní). Z redukční stanice je médium vedeno potrubím či hadicí do místa spotřeby.

V případě delších potrubí a více míst odběru je doporučována instalace odběrných míst. Odběrná místa jsou koncové stupně potrubních rozvodů, vybavená uzavíracími armaturami a redukčními ventily tak, aby připravila výstupní parametry média (tlak a průtok) dle potřeby.

Potrubní rozvody technických plynů musí být vybaveny pojišťovacími ventily, chránícími nízkotlakou část rozvodu před vysokým tlakem v případě poruchy redukčního ventilu tlakové stanice.

Pro odběr kapalně fáze až na místo použití je často instalováno vakuově izolované potrubí.

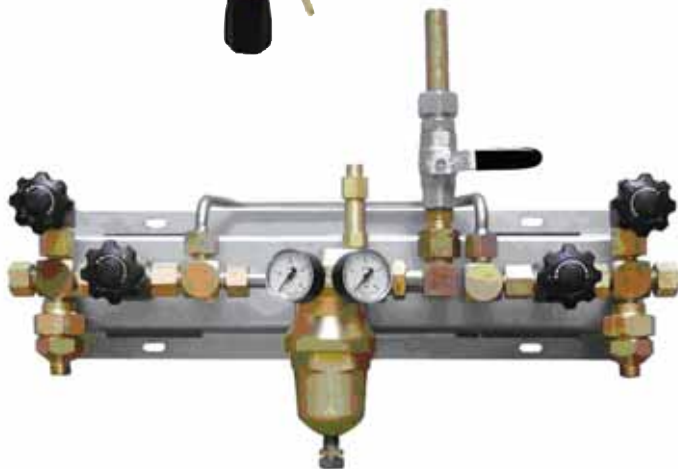


Obrázek 9: Konstrukce vakuově izolovaného potrubí

Dle ČSN 07 8304 dále platí, že v místnosti pro čepování nápojů je dovoleno, jako součást jednoho výčepního zařízení, umístit jednu provozní nádobu s náplní směsí výtlačných potravinářských plynů s vodním objemem nejvýše 50 litrů. Ve sklepích určených pro uskladňování nápojů je povoleno umístit nejvýše 2 provozní a 2 zásobní nádoby s náplní směsí výtlačných potravinářských plynů.



Obrázek 10: Odběrné místo



Obrázek 11: Redukční stanice

Lahvové redukční ventily

Lahvové redukční ventily jsou vyráběny v souladu s ČSN EN ISO 2503. Redukční ventil je tlakové zařízení, které reguluje tlak plynu odebraného z tlakové lahve na hodnotu tlaku vyžadovanou následnou technologií. Pracuje na nepřímém principu, kdy vstupní tlak je redukován škrticím ústrojím ovládaným pomocí ovladače přes regulační šroub, pružinu, membránu a odtlačovací kolík. Rozvodové redukční ventily jsou vyráběny v souladu s ČSN EN ISO 7291.

Připojovací závity redukčních ventilů na dusík

Varianta redukčního ventilu dle vstupního přetlaku	Připojovací závit redukčního ventilu
200 bar	W24, 32x 1/14"
300 bar	NEVOC W30x2

Obrázek 12: Redukční ventil



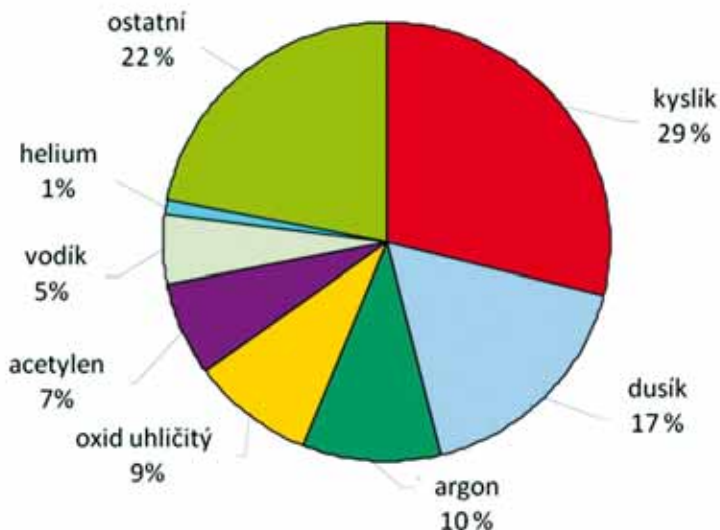
Bezpečnostní pokyny pro použití redukčních ventilů

- vstupní přípojka a matice musí být kompatibilní s výstupním připojením uzavíracího ventilu tlakové lahve (neplatí u kombinovaných redukčních ventilů),
- rozsah vstupního tlaku uvedený na redukčním ventilu musí být stejný nebo vyšší než je tlak plynu ve zdroji, ke kterému je redukční ventil připojen,
- uživatel je povinen znát a dodržovat podmínky stanovené dodavatelem plynu,
- obsluha je povinna dodržovat pokyny v návodu k obsluze.

Redukční ventily je nutno pravidelně kontrolovat v souladu s návodem k použití, zda nevykazují znaky mechanického poškození nebo netěsnosti. Při podezření, že nefungují správně nebo že nejsou těsné, se musí vyřadit z provozu.

7. Použití dusíku

Dusík se díky širokému použití podílí na globálním trhu s plyny 17 %.



Obrázek 13: Schema globálního trhu s plyny

7.1 Chemický průmysl

K nejvýznamnějším oblastem použití dusíku v chemickém průmyslu patří syntéza čpavku a výroba dusíkatých průmyslových hnojiv. Asi jedna čtvrtina světové spotřeby čpavku je pokryta výrobou z dusíku.

Velkou roli hraje dusík v chemickém průmyslu jako inertní plyn. Zde je třeba rozlišit dva různé záměry jeho použití:

- zabránit požárům a případným explozím, kdy se pomocí dusíku snižuje obsah kyslíku ve směsích plynů na hodnoty pod hodnotu minimální koncentrace kyslíku potřebnou k propagaci hoření;
- zabránit průběhu nežádoucích reakcí chemických látek se vzdušným kyslíkem, resp. se vzdušnou vlhkostí. Snížením obsahu kyslíku, resp. vlhkosti atmosféry v nádobách, potrubích atd. se zabrání nežádoucím procesům, jako je oxidace, koroze a polymerizace.

Pomocí chladu lze chemické reakce zpomalit nebo zcela zastavit. Praktický význam má například zastavení kondenzační reakce v polymerových pryskyřicích pomocí kapalného dusíku.

7.2 Životní prostředí a bezpečnostní technika

Regenerace rozpouštědel

Mnohé výrobní procesy nejsou myslitelné bez organických rozpouštědel. Lakovací linky, rotační ofsetové stroje, zařízení na hlubotisk, zařízení na odmašťování kovů atd.

Předpokladem regenerace rozpouštědel jsou uzavřená zařízení, která umožňují shromažďovat páry s obsahem rozpouštědel. V praxi se používají adsorpční nebo kondenzační zařízení, v nichž lze dusík využít jako inertní plyn nebo chladivo.

Odpadové hospodářství

V mnoha případech je recyklace kompozitních materiálů hospodárná pouze tehdy, pokud lze jejich složky izolovat s dostatečnou čistotou, vhodnou pro jejich další využití. To platí zejména pro odpady barevných kovů a směsné odpady kovů s plasty. Zpracováním kompozitního odpadu za nízkých teplot, kdy se využívá jako chladící médium kapalný dusík, lze často dosáhnout jeho téměř úplného rozdělení na jednotlivé složky.

Protipožární ochrana pomocí dusíku

Snížením obsahu kyslíku ve vzduchu pod hodnoty minimální koncentrace kyslíku potřebné k propagaci hoření lze v hořlavých směsích plynů se vzduchem nebo prachů se vzduchem zabránit požárům.

Osvědčenou praxí je inertizace nádob a reaktorů pro hořlavá média pomocí dusíku. Potrubí pro hořlavá média se proplachují, resp. „natlakují“ dusíkem a poté „odvětrají“.

Při hašení důlních požárů není vzácný případ, kdy se přivádí do dolu během 24 hodin více než 400 000 m³ dusíku. Toto řešení je možné pouze v případě vhodných zásobovacích podmínek.

Dusík je vhodný k hašení požárů v sílech. Snížením obsahu kyslíku pod 7 % se uhasí ohnisko požáru a tím je umožněno následné bezpečné vyklizení síla.

7.3 Metalurgie

Pro moderní metalurgii je dusík mnohostranně použitelné inertní a dopravní médium. Taveniny železných i neželezných kovů se homogenizují a rafinují dusíkem nebo směsí plynů na jeho bázi.

V práškové metalurgii je využíván kapalný dusík k rozprašování roz-taveného kovu. Kapalný dusík o tlaku 600 bar zasahuje proud kovu a roz-práší jej na nepatrné kapky, které se okamžitě ochladí a ztuhnou na prá-šek. Nová technika umožňuje výrobu slitin s krystaly ze silně přesycených tuhých roztoků. Příkladem jsou niklové superslitiny pro kosmonautiku.

Při tepelném zpracování kovů brání ochranné atmosféry nežadou-cím reakcím žíhaného materiálu s atmosférou pece. Hlavní součástí těchto ochranných atmosfér je ve většině případů dusík.

Ochlazením oceli v kapalném dusíku lze cíleně dosáhnout změny krystalické struktury. Takto provedená přeměna austenitu v martenzit zvy-šuje odolnost řezných nástrojů proti opotřebení a zlepšuje rozměrovou stálost přesných nástrojů.

7.4 Potravinářství

Při zmrazování potravin kapalným dusíkem je hlavní výhodou vyso-ká rychlost zmrazování. Buněčná voda v biologickém materiálu zmrzne tak rychle, že ledové krystalky zůstanou malé a nepropasují buněčné stěny.

Potraviny zůstanou déle čerstvé, pokud nepřijdou do styku se vzdušným kyslíkem. Dusík je ideální ochranný plyn pro potraviny. Je chu-ťově neutrální, inertní a bez zápachu, proto se čtené potraviny skladují a balí v dusíkové ochranné atmosféře. Nádoby na nápoje se vyplachují a plní dusíkem. Dusík se používá také jako tlakové a dopravní médium.

Nekonvenčním příkladem je stabilizace tvaru tenkostěnných nápo-jových obalů.

Tlak přibližně 2 bar je v PET lahvích a plechovkách s nápoji potřeba, aby při ukládání na sebe na běžných paletách nehrozilo jejich „zhrou-cení“. Při stáčení „nesycených“ nápojů se proto krátce před uzavřením při-dávají do plechovek malé kapky kapalného dusíku. Kapky dusíku se zply-ní a zajistí potřebný nárůst tlaku.

Při skladování ovoce přijímají plody kyslík a uvolňují oxid uhličitý a vodu. Protože plody ovoce při tom trvale ztrácejí hmotnost, je třeba tento proces při delší době skladování snížit na minimum. Z tohoto důvodu je důležité nejen udržovat určitou skladovací teplotu, nýbrž také složení atmosféry. To se v praxi provádí rychlým poklesem obsahu kyslíku v atmosféře skladu na hodnoty kolem 2 % a nastavením zvýšené kon-centrace oxidu uhličitého na cca. 3 %. Přívodem kapalného dusíku se rychle dosáhne požadovaného složení a teploty skladování.

Také na řezaných květinách se dusíkem obohacená atmosféra projevívá příznivě. Např. u orchidejí se dá značně oddálit obávaná skvrnitost. Růže uložené v atmosféře chudé na kyslík otevírají později svá poupata.

7.5 Stavebnictví

Zpevňování půdy zmrazením je při budování tunelů známo již desetiletí. Použití kapalného dusíku jako chladicího média zde především nabízí výhody při vysokých rychlostech proudění spodní vody.

Kapalný dusík se přes mrazicí sondy dostává do půdy, kde se vypaří a v plynném stavu opět uniká do okolí. Zmrazení uzavřeného ledového pláště o tloušťce jeden metr trvá přibližně 3 dny.

Při chlazení čerstvého betonu pro silnostěnné stavby (přehradní hráze, tlakové nádoby, mostní konstrukce) se rovněž používá kapalný dusík. Chlazení betonu během míchání zabrání vzniku trhlin při jeho tunutí.

7.6 Ostatní průmyslové procesy

Četné výrobní postupy v průmyslu vyžadují chlad. Chlad mění fyzikální vlastnosti materiálů, jako je tvrdost, houževnatost, rozměr nebo skupenství tak, že to umožní nebo usnadní další kroky technologického procesu.

Při výrobě výlisků z pryže lisováním nebo vstřikováním vznikají otřepy, které je třeba dodatečně odstranit. Díky zkřehnutí těchto otřepů pomocí kapalného dusíku v bubnových nebo otryskávacích strojích pro odstraňování otřepů lze tento postup mechanizovat.

Ve strojírenství je spojování dílů díky změně jejich rozměrů podchlazením často používanou metodou. Zmenšení rozměrů kovových dílů v kapalném dusíku umožňuje následné spojování do funkčních celků. Po vyrovnání teploty vzniká pevné spojení.

Technologie mletí za studena podstatně zvyšuje účinnost tohoto procesu. Snížení teploty umožňuje zkřehnutí materiálu. Kapalný dusík se k tomuto účelu používá zvláště při mletí elastomerů (například pryže).

Profily všech druhů, zejména z lehkých slitin nebo umělých hmot, se vyrábí protlačováním za tepla. Surový materiál se přitom v zahřátém, těstovitěm stavu protlačuje formou.

Dosažitelná rychlost protlačování a kvalita povrchu se podstatně zlepšívá intenzivním chlazením formy kapalným dusíkem.

Při vulkanizaci pneumatik v lisech se v prvním kroku předlisek pneumatiky vtlačuje do formy dusíkem nafukovanou membránou, která je umístěna ve středu lisu. K tomuto výrobnímu kroku se dříve používala pára, ale protože lis je v této výrobní fázi ještě otevřený a při protržení membrány může dojít k ohrožení obsluhy lisu horkou párou, je stále více využíván dusík.

7.7 Kryobiologie a medicína

Konzervace biologického materiálu v kapalném dusíku je známá a v praxi osvědčená metoda již desetiletí. Z mnoha možných použití se jako první v praxi uplatnila konzervace chladem při umělém oplodnění hovězího dobytka. Od té doby kryobiologie nalezla četná další použití dusíku. Dnes se v kryobankách uchovávají pro další použití bakteriální kultury, buněčné a tkáňové vzorky, kožní a orgánové transplantáty, krev a očkovací séra. Také konzervace vzorků prostředí (půdy, trávy a vody) je nezbytná pro vědecký výzkum změn životního prostředí.

Kapalný dusík se používá nejen k uchování biologických materiálů, ale i k jejich odstraňování. Četné chirurgické zákroky se dnes provádí pomocí „kryo-sond“. Tato bezbolestná metoda nabízí přednosti především v dermatologii, protože téměř nezanechává jizvy.

S chladem se pracuje také při použití nově etablované terapie pro léčbu revmatizmu. Při ní se pacient krátkodobě vystaví působení teploty minus 120 °C v prostoru, který je chlazen pomocí kapalného dusíku nebo kapalného vzduchu, což zmírňuje bolest.



Obrázek 14:
Kryogenní rehabilitační středisko

7.8 Výzkum

Charakter proudění okolo letadel se studuje v aerodynamických tunelech na zmenšených modelech. Pro zaručení přenositelnosti výsledků musí být splněny „zákony podobnosti“. Důležitou roli přitom hrají teplota a hustota plynu protékajícího aerodynamickým tunelem. U aerodynamických tunelů, které pracují při teplotě okolí, není z hledisek hospodárnosti možné dostatečně přesně simulovat poměry proudění, které nastávají u moderních letadel. Z tohoto důvodu se v kryogenních aerodynamických tunelech snižuje teplota plynu v kanálu pomocí kapalného dusíku.

Umělé družice a kosmické lodi jsou ve vesmíru vystaveny značnému tepelnému namáhání. Například mezi stranami kosmické lodi přivrácenými a odvrácenými od Slunce činí teplotní rozdíl několik stovek stupňů.

Tyto systémy se proto před cestou do vesmíru podrobují rozsáhlým zkouškám v komorách simulujících podmínky kosmu a kapalný dusík se využívá pro dosažení chladných podmínek vesmíru.

Také při testování materiálů a konstrukčních dílů pro extrémní pozemské podmínky (například potrubí a armatury pro arktické oblasti) se využívá kapalného dusíku pro dosažení velmi nízkých teplot.

8. Bezpečnost

8.1 Dusík stlačený

Dusík je za normálního tlaku neškodný plyn. Jeho nebezpečí spočívá v tom, že může snížit koncentraci kyslíku v ovzduší do takové míry, že se stane nedýchatelným.

Při práci s dusíkem v uzavřených prostorách je třeba zabezpečit účinnou ventilaci nebo odsávání, které vyloučí pokles kyslíku pod 16 %. Tam, kde není možno takové podmínky zajistit, je nutno použít nezávislých dýchacích přístrojů.

První příznaky nedostatku kyslíku jsou charakterizovány prohloubeným dýcháním, snížením pozornosti a nepřesností při vykonávání prací, bolestmi hlavy, malátností. Později dochází k různě vyjádřené dušnosti a nakonec poruchám dýchání. Pokračující anoxie vede k bezvědomí s nebezpečím smrti.

První pomoc spočívá v urychleném dopravení postiženého na čerstvý vzduch. Je-li v bezvědomí, je třeba jej uložit do stabilizované polohy

na boku, nenechat prochladnout a dbát o průchodnost dýchacích cest. Ne-dýchá-li, je nutné zahájit umělé dýchání a masáž srdce a pokračovat v nich až do příchodu lékaře.

8.2 Dusík kapalný

Kapalný dusík je bezbarvá kapalina s velmi nízkým bodem varu (-196 °C). Vytékající kapalný dusík při atmosférickém tlaku rychle přechází do plynného stavu. Při tom může krátkodobě docházet ke vzniku mlhy. Při styku s pokožkou způsobuje omrzliny I. až III. stupně, které svým charakterem připomínají popáleniny a i jako popáleniny se ošetřují.

Při odpařování kapalného dusíku dochází k mnohonásobnému zvětšení objemu. Nesmí proto v žádném případě dojít k situaci, kdy by zůstala kapalina uzavřena mezi dvěma ventily. Rovněž je nutné zabezpečit odpařování z nádoby, do které je kapalný dusík plněn nebo ve které je skladován. Při plnění nádob a při manipulaci s nimi je třeba dbát zvýšené opatrnosti, aby nedošlo k postříkání pracovníků nebo poškození nádoby.

Při práci s kapalným dusíkem je třeba používat vhodné pracovní pomůcky a osobní ochranné pracovní prostředky, zejména k ochraně obličeje a pokožky. Oči je třeba chránit brýlemi s bočnicemi nebo štítem, používat tepelně izolující, snadno snímatelné rukavice. Všechny pomůcky a osobní ochranné pracovní prostředky je třeba udržovat v použitelném stavu, poškozené ihned vyměňovat.

8.3 Skladování tlakových lahví

Skladování tlakových lahví naplněných dusíkem se řídí příslušnými ustanoveními ČSN 07 8304.

Otevřený sklad je jednopodlažní, zpravidla zastřešený objekt, určený pro skladování nádob na plyny, kde poměr ploch uzavřených a otevřených obvodových stěn je nejvýše 3:1. Bez zastřešení lze skladovat pouze lahve na plyny, jejichž konstrukce zaručuje i při ohřátí dostatečnou bezpečnost a které jsou plněny tak, aby nemohlo dojít k jejich roztržení. U otevřeného skladu musí být nádoby chráněny proti zásahu nepovolaných osob.

Uzavřený sklad je jednopodlažní zastřešený objekt určený pro skladování nádob na plyny, kde poměr ploch uzavřených a otevřených obvodových stěn je větší než 3:1. Pokud je nezbytné lahve skladovat ve vnitřních prostorách, musí být výměna vzduchu uvnitř taková, že při úniku nedojde k nebezpečnému nárůstu koncentrace plynu. Tlakové lahve se

nesmějí nacházet v blízkosti zdrojů tepla, které mohou způsobit ohřátí lahve; povrchová teplota lahve nesmí překročit 50 °C. Prázdné a plné nádoby je nutno skladovat odděleně a označit je tak, aby nemohlo dojít k záměně. Plné i prázdné tlakové lahve musí být chráněny před nárazem a pádem.

8.4 Manipulace s lahvemi a svazky

Zásady pro manipulaci s tlakovými lahvemi a svazky s dusíkem jsou uvedeny v ČSN 07 8304. Tlaková lahev s dusíkem musí mít při manipulaci nasazen ochranný lahvový klobouček nebo trvalý kryt ochraňující lahvový ventil před poškozením při případném pádu lahve. Na krátké vzdálenosti se pro přepravu lahví používá speciální manipulační vozík.

Je zakázáno přemisťovat lahve následujícími způsoby:

- odvalování po plášti lahve,
- smýkání po spodním okraji lahve,
- zvedat lahve za ochranný klobouček,
- shazovat lahve volným pádem.

Svazky se přepravují vysokozdvizným vozíkem.

Při případném viditelném poškození lahve musí být tato lahev ihned vyřazena z používání a zřetelně označena. Poškození lahve je nutno oznámit dodavateli a konzultovat s ním další postup. Při odběru plynu z lahve by lahev měla být trvale ve svislé poloze, zajištěná proti pádu.

8.5 Opatření v případě úniku

V případě úniku dusíku je třeba pokusit se jej zastavit, pokud je to možné a bezpečné. Oblast úniku a místa, kde by se mohl plyn hromadit, zejména uzavřené a nízko položené prostory v blízkosti úniku, je třeba ihned evakuovat. Pokud byla zasažená oblast evakuována, je málo pravděpodobné, že únik plynu způsobí nějakou škodu. Proto se o zastavení úniku nepokoušejte, pokud si nejste jisti, že tak můžete učinit bez rizika. Do oblasti zamořené dusíkem mohou vstupovat minimálně dvě osoby vybavené nezávislým dýchacím přístrojem (zásoba vzduchu alespoň na 30 minut), které byly v jeho používání proškoleny.

8.6 Přeprava po silnici

Dusík je přepravován po silnicích podle platné Evropské dohody o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí – ADR a navazujících právních předpisů v platném znění. K přepravě dusíku je nutné splnit podmínky, určené jeho skupenstvím a zařazením v ADR.

Lahve i svazky musí splňovat nároky ADR pro balení P200, být viditelně označeny a v nákladním prostoru zajištěny proti posunutí a pádu. Při přepravě musí mít lahve nasazeny ochranné kryty ventilů (snímatelné kloboučky nebo pevný ochranný kryt). V čele úložného prostoru musí být uloženy příčně k podélné ose vozidla. Přepravovat lahve nastojato lze jen ve vhodných paletách, které je účinně chrání proti převrácení. Tlakové nádoby nesmí být umístěny na sklápěcí ložné ploše. Nákladní prostor vozidel musí být oddělen od místa řidiče.

Kapalný dusík se přepravuje v kryogenních kontejnerech nebo cisternách. Kontejnery i cisterny musí splňovat nároky ADR pro balení P203. Kontejnery musí být zajištěny proti posunu. Stabilita cisteren je dána jejich schválenou konstrukcí a zkouškami. Obojí typ nádob musí být příslušně označen a musí být dodržován zákaz společné nakládky i přepravy s vyjmenovaným nebezpečným zbožím.

Dopravní prostředky, kterými jsou přepravována nadlimitní množství dusíku, musí být ze všech stran označeny předepsanými tabulkami i být vybaveny dle předpisů ADR a vézt sebou pokyny pro případ nehody. Odesílatel je povinen vydat přepravní doklady. Řidič musí mít platnou průkazku ADR.

9. Citované a související normy a předpisy

Sdělení Ministerstva zahraničních věcí č. 159/1997 Sb., o přijetí změn a doplňků „Přílohy A – Ustanovení o nebezpečných látkách a předmětech“ a „Přílohy B – Ustanovení o dopravních prostředcích a o přepravě“, včetně pozdějších změn a doplňků; Evropské dohody o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí (ADR), přijaté v Ženevě dne 30.9.1957, vyhlášené pod č. 64/1987 Sb.

Sdělení Ministerstva zahraničních věcí o vyhlášení Přílohy I – Řád pro mezinárodní železniční přepravu nebezpečného zboží (RID). Jednotné právní předpisy pro smlouvu o mezinárodní železniční přepravě zboží (CIM) k Úmluvě o mezinárodní železniční přepravě (COTIF) ze dne 9. května 1980, úplné znění včetně pozdějších změn a doplňků.

Zákon č. 350/2011 Sb., o chemických látkách a chemických směsích a o změně některých zákonů (chemický zákon)

Nařízení vlády č. 258/2001 Sb., kterým se mění nařízení vlády č. 25/1999 Sb., kterým se stanoví postup hodnocení nebezpečnosti chemických látek a chemických přípravků, způsob jejich klasifikace a označování a vydává Seznam dosud klasifikovaných nebezpečných chemických látek

Nařízení vlády č. 178/2001 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví zaměstnanců při práci

ČSN 07 8304	Tlakové nádoby na plyny – Provozní pravidla
ČSN EN ISO 10297 (07 8649)	Lahve na přepravu plynů – Lahvové ventily – Specifikace a typové zkoušky
ČSN EN ISO 22435 (07 8535)	Lahve na plyny – Ventily lahví se zabudovanými redukční ventily – Požadavky a zkoušení typu
ČSN EN ISO 2503 (05 4251)	Zařízení pro plamenové svařování – Redukční ventily a redukční ventily s vestavěnými průtokoměry pro lahve na stlačené plyny do 300 bar (30 Cpa) používané při svařování, řezání a příbuzných procesech
ČSN EN ISO 7291 (05 2121)	Zařízení pro plamenové svařování – Rozvodové redukční ventily do 300 bar, používané při svařování, řezání a příbuzných procesech

10. Použitá literatura

Česká asociace technických plynů: Plyny pro potravinářství – Dokument 1/08

Co je ČATP

Firmy, které v České republice vyrábějí a/nebo plní a distribuují technické plyny a firmy, které vyrábějí zařízení pro jejich výrobu a distribuci, založily Českou asociaci technických plynů (ČATP), která má formu zájmového sdružení právnických osob. ČATP je specializované sdružení Svazu chemického průmyslu ČR (SCHP) a člen European Industrial Gases Assotiation (EIGA).

Předmětem činnosti Asociace je:

- **podpora bezpečnosti práce a ochrany životního prostředí při výrobě, úpravě, skladování, přepravě, používání a zneškodňování technických plynů,**
- **spolupráce v komisích, které připravují zákony, předpisy, normy a další směrnice ve sféře bezpečnosti a ochrany životního prostředí,**
- **poradenství v otázkách bezpečnosti práce a ochrany životního prostředí.**

Členská schůze

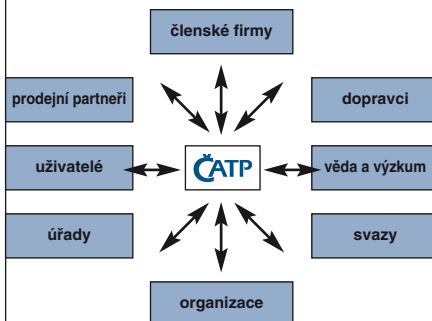
Představenstvo

Tajemník

Pracovní komise

Jaké má ČATP úkoly?

ČATP jako zprostředkovatel informací



ČATP zajišťuje plnění předmětu své činnosti formou:

- **poradenství,**
- **podpory bezpečnostně technického vzdělávání,**
- **výměny informací o příslušných bezpečnostních událostech a jejich rozbor,**
- **výměny informací o bezpečnostně relevantních výsledcích a jejich rozbor,**
- **vypracování norem, směrnic a doporučení.**

Jednotlivé úkoly jsou plněny pracovními komisemi, které mají na starosti technické, normalizační, bezpečnostně technické a ekologické úkoly, případně úkoly z jiných pracovních oblastí. Pracovní komise jsou sestaveny ze zástupců jednotlivých členů ČATP. Členy komisí jsou jmenováni zvláště experti pracující v příslušných oborech, popřípadě v mezinárodních pracovních skupinách. Externí znalci mohou být jmenováni jako členové pracovních komisí po schválení představenstvem ČATP. Asociace může publikovat všechna rozhodnutí učiněná pracovními komisemi jako oficiální nebo interní doklady.

Co jsou technické plyny?

K technickým plynům patří v první řadě plyny získávané destilací kapalného vzduchu – kyslík, dusík, argon – dále plyny získávané chemickými procesy – acetylen, vodík, oxid uhličitý. Do oblasti technických plynů se dále zahrnují jejich směsi, vzácné a zvláště čisté plyny. Samostatnou skupinu tvoří plyny medicínální (např. kyslík, dusík, oxid uhličitý, oxid dusný a některé směsi).

Své využití nacházejí technické plyny ve všech oblastech hospodářství – od výroby kovů přes jejich zpracování, chemický průmysl, potravinářskou techniku až po stavební průmysl –, ale také v oblastech lékařství, výzkumu a vývoje. Nepostradatelné jsou rovněž pro ochranu životního prostředí.

Technické plyny řeší rozmanité úkoly:

Kyslík urychluje oxidační procesy a zvyšuje tím kapacitu, např. při biologickém čištění odpadní vody, ale také ve vysoké peci a při řezání kovů. Snižuje současně množství emisí oxidu dusíku do ovzduší, jestliže je používán místo vzduchu v různých chemických procesech. Inertní plyny jako dusík nebo argon chrání před nežádoucími reakcemi jak při chemických procesech, tak při balení potravin a při sváření v ochranné atmosféře. Chlad zkapalněných plynů zpevňuje základy staveb, umožňuje mletí termoplastů a supravodivost. Kalibrační plyny s přesně definovaným podílem jednoho či více plynů se používají pro měřicí techniku jako referenční materiály, např. při měření emisí a imisí, v lékařství a pod. Od ruční práce přes průmyslovou výrobu až po využití v High-Tech oborech jsou technické plyny stále důležitějším faktorem ekologického a ekonomického pracovního procesu.

Členské firmy

AIR LIQUIDE CZ, s.r.o.
Jinonická 80, 158 00 Praha 5

AIR PRODUCTS spol. s r.o.
Ústecká 30, 405 30 Děčín

APT, spol. s r.o.
V Potočkách 1537/8,
143 00 Praha 4

CRYOSERVIS s.r.o.
Vojanova 22, 405 02 Děčín 8

Daniševský s.r.o.
Hegerova 987, 572 01 Polička

EngTrade spol. s r.o.
Ludvíkovice 277, 407 13 Děčín

GCE, s.r.o.
Žižkova 381, 583 14 Chotěboř

Chart-Ferox, a.s.
Ústecká 30, 405 30 Děčín

Linde Gas a.s.
U Technoplynu 1324,
198 00 Praha 9

Lineq s.r.o.
V Horce 178, 252 28 Černošice

Lorenc Logistic, s.r.o.
Za Trať 752, 339 01 Klatovy

Messer Technogas s.r.o.
Zelený pruh 99, 140 50 Praha 4

MZ Liberec, a.s.
U Nisy 362/6, 460 01 Liberec

Riessner Gase s.r.o.
Komenského 961, 267 51 Zdice

SIAD Czech spol. s r.o.
Doubravínova 330/25
163 00 Praha 6–Řepy

VÍTKOVICE CYLINDERS a.s.
Ruská 24/83, 706 00 Ostrava

Wimmer Transportdienst, spol. s r.o.
U Technoplynu 1324
198 00 Praha 9



U Technoplynu 1324
198 00 Praha 9
tel.: 272 100 143 fax: 272 100 158
E-mail: catp@catp.cz www.catp.cz