



**Rozdiely v navrhovaní chladiacích zariadení
a tepelných čerpadiel R717 a R723**

Ing. Juraj ŠVINGÁL

www.abcfood.sk

Obsah prezentácie:

1. Vývoj chladiacich systémov s amoniakom

- 1.1 Amoniak ako jedno z prvých chladív
- 1.2 Počiatky – povojnové obdobie a rozvoj potravinárstva
- 1.3 Dôvody používania nepriameho chladenia

2. Strojovne a výmenníkové systémy

- 2.1 Usporiadanie strojovne

3. Distribúcia chladu a vzduchotechnika

- 3.1 Vzduchom chladené priestory
- 3.2 Lokálne výmenníky a izolácia priestorov

4. Prechod na priamy odpar amoniaku

- 4.1 Vývoj výmenníkov
- 4.2 Odmrazovanie
- 4.3 Vývoj kondenzačných systémov

5. Zmena legislatívy a nový pohľad na amoniak

- 5.1 Amoniak pod prísnejšou kontrolou
- 5.2 Spomalenie rozvoja a návrat k nepriamemu chladeniu

6. Riešenia pre budúcnosť

- 6.1 Výhody a riziká zápachu amoniaku
- 6.2 Minimalizácia náplní a technické riešenia
- 6.3 Optimalizácia náplne amoniaku pomocou ekonomizéra
- 6.4 Moderné výmenníky a efektívne využitie amoniaku

7. Bezpečnosť a kombinované systémy

- 7.1 Systémy s núteným obehom – výhody a riziká
- 7.2 Návrh amoniakového okruhu s nízko objemovými náplňami
- 7.3 Návrh okruhu zmesi (amoniaku a dimetyléteru) s mikro objemovými náplňami.



1. Vývoj chladiacich systémov s amoniakom

1.1 Amoniak ako jedno z prvých chladív



Amoniak patrí medzi najstaršie používané chladivá. Od 19. storočia boli známe jeho **vynikajúce termodynamické vlastnosti**, ale aj nebezpečné vlastnosti súvisiace s toxicitou a výrazným zápachom, vďaka ktorému je ľahko identifikovateľný čuchom. Z tohto dôvodu boli v rôznych obdobiach používané odlišné technické riešenia konštrukcie chladiacich okruhov, ktoré sa vyvíjali spolu s technologickou úrovňou zariadení.



1.2 Počiatky - povojnové obdobie a rozvoj potravinárstva

V povojnovom Československu sa s rozvojom hospodárstva rýchlo rozvíjal aj potravinársky priemysel, pre ktorý bolo **chladenie nevyhnutnou súčasťou výrobných procesov**. Rovnako sa začalo darit' športu, najmä ľadovému hokeju, čo viedlo k rozvoju chladiacich technológií aj v športovej infraštruktúre.

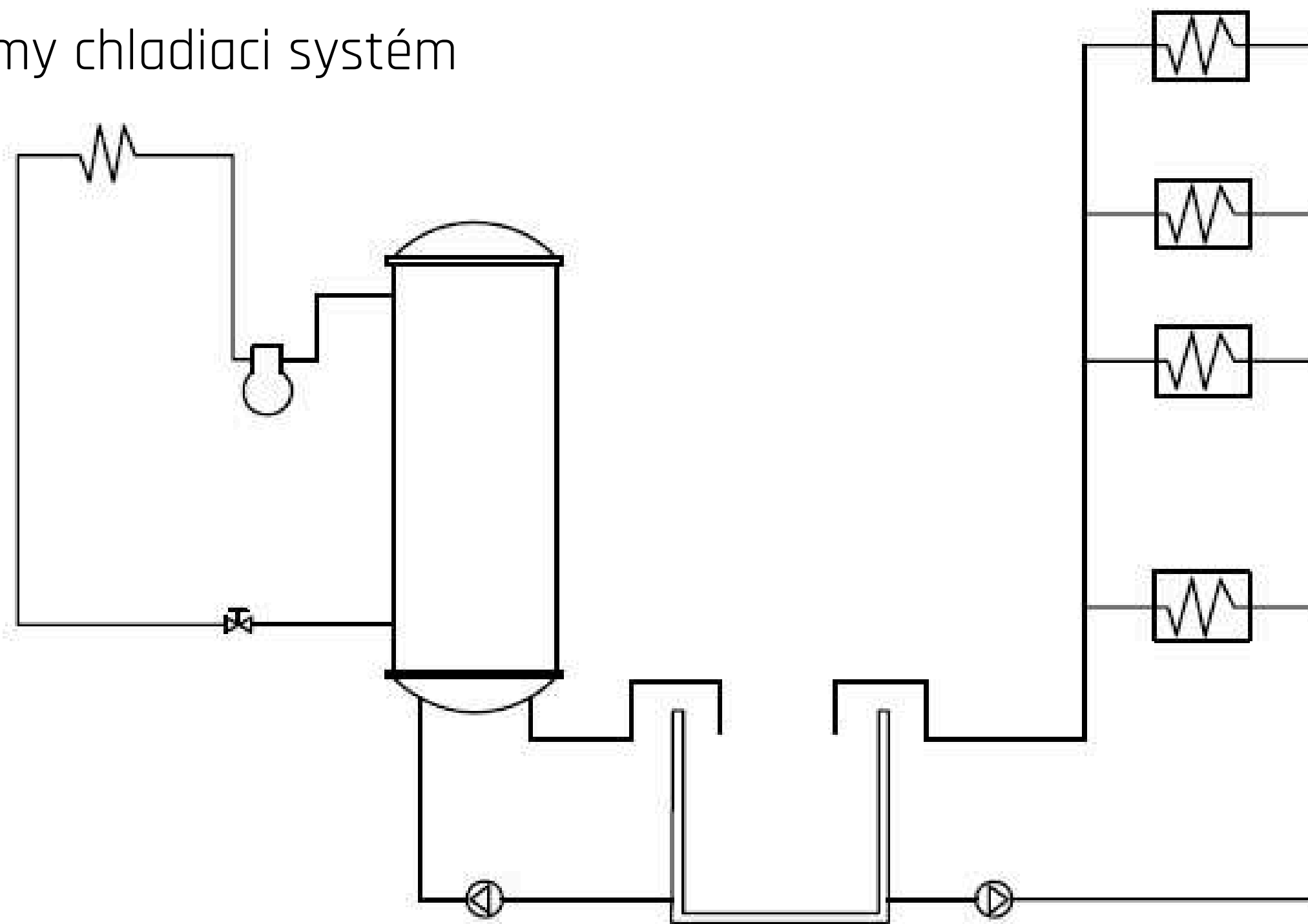




1.3 Dôvody používania nepriameho chladenia

Vzhľadom na vtedajšiu obmedzenú tesnosť armatúr a upchávkok bola tendencia používať **nepriame chladenie**. Týmto spôsobom sa nepríjemný zápach amoniaku koncentroval len v strojovniach a do výrobných alebo skladovacích priestorov sa prenášala iba ochladená soľanka ako nosič chladu. Tým sa dosiahol vyšší komfort výrobných a skladovacích priestorov bez zápachu amoniaku.

Obr. 1 – Nepriamy chladiaci systém

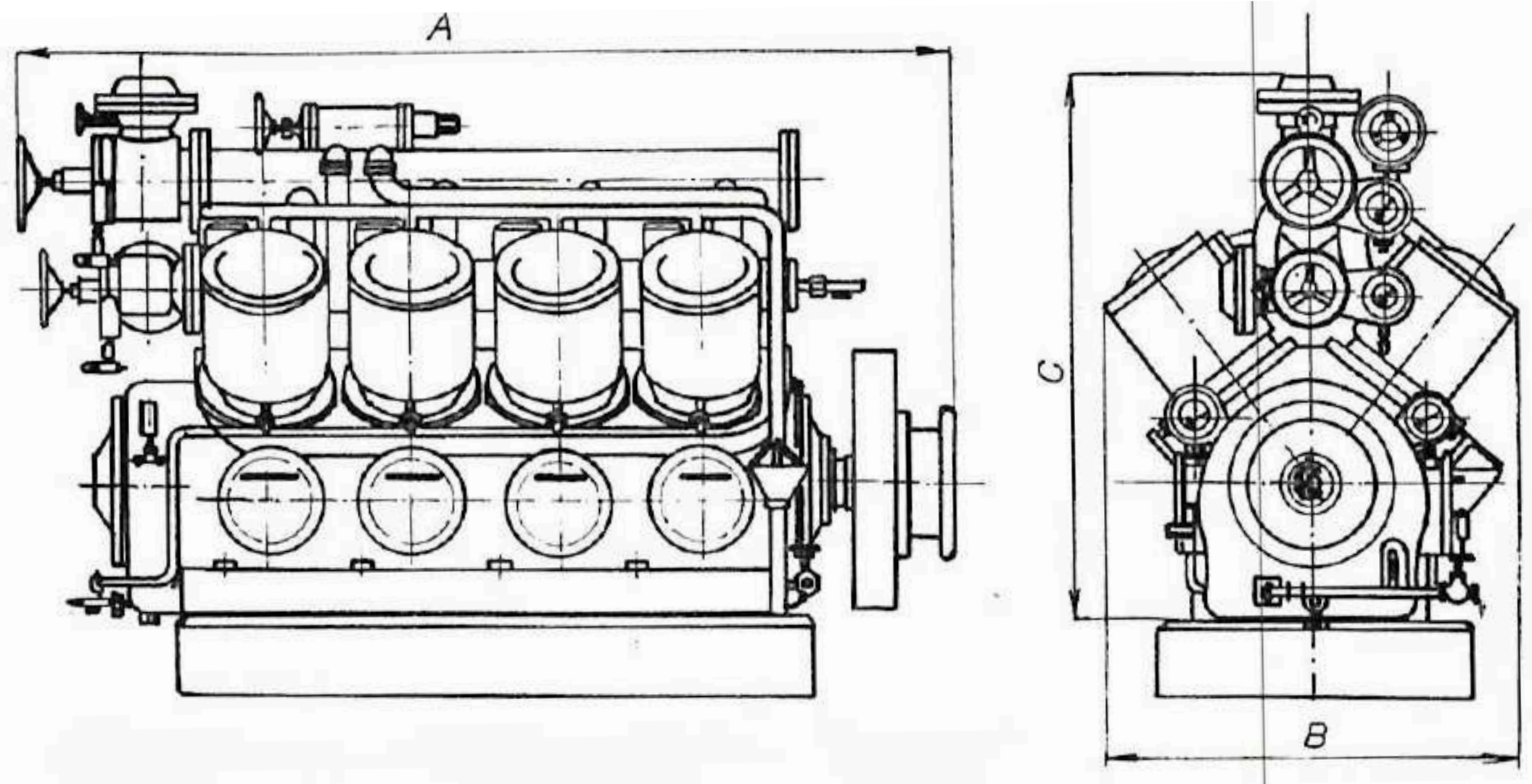


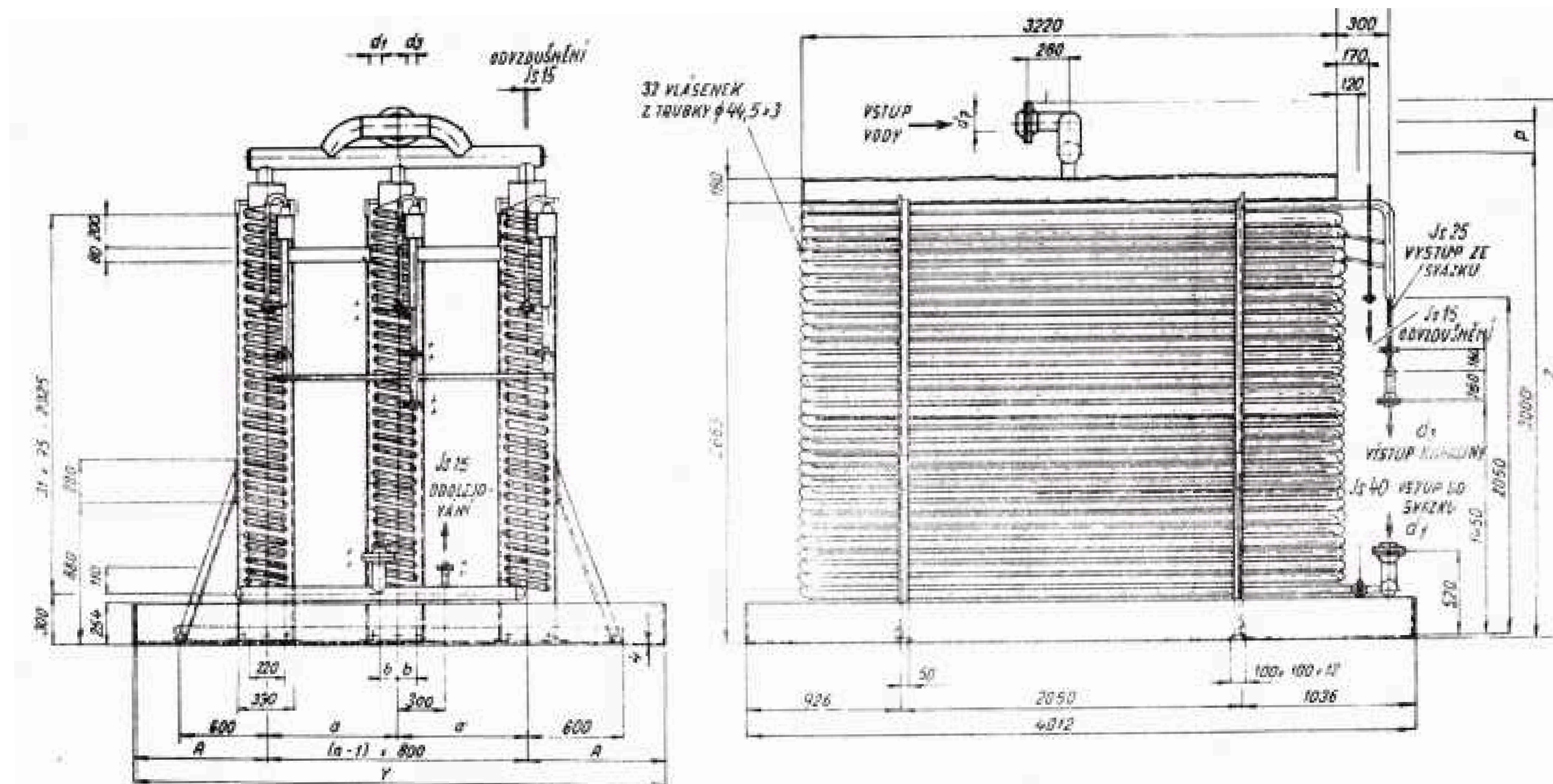
2. Strojovne a výmenníkové systémy

2.1 Usporiadanie strojovne

Usporiadanie strojovne pozostávalo z piestového kompresora, rúrkových kondenzátorov sprchovaných vodou, prípadne kotlových kondenzátorov.

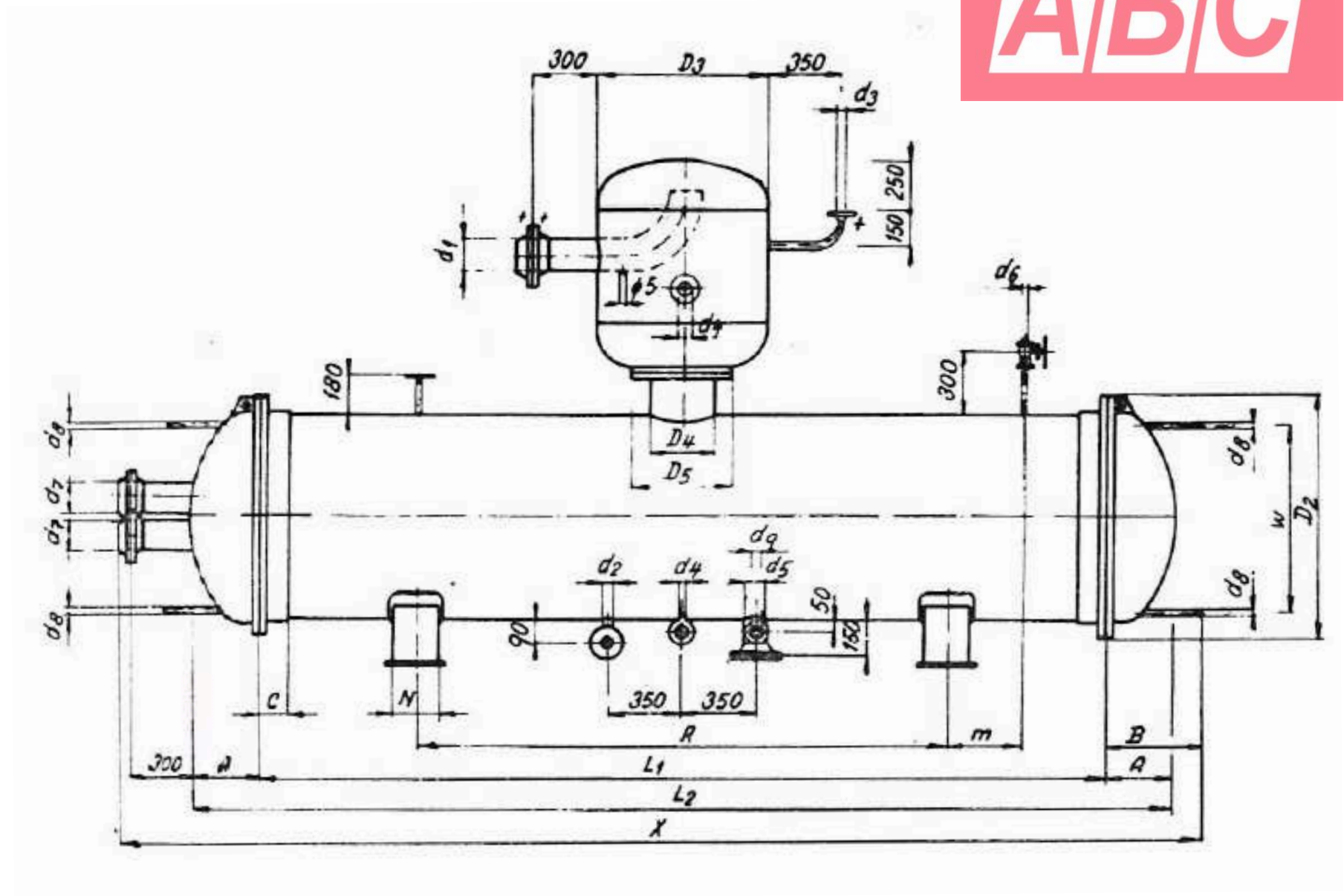
Obr. 2 – Kompresor VN.





Obr. 3 –
Vodou
sprchovaný
kondenzátor.

Voda bola ochladzovaná v chladiacich vežiach, pričom nastrekovací ventil sa reguloval ručne. **Kotlové výmenníky** chladili soľanku, ktorá cirkulovala v dvoch okruhoch – medzi výparníkom a zásobnou nádržou a medzi nádržou a chladenými priestormi.



Obr. 4 – Kotlový výmeník.



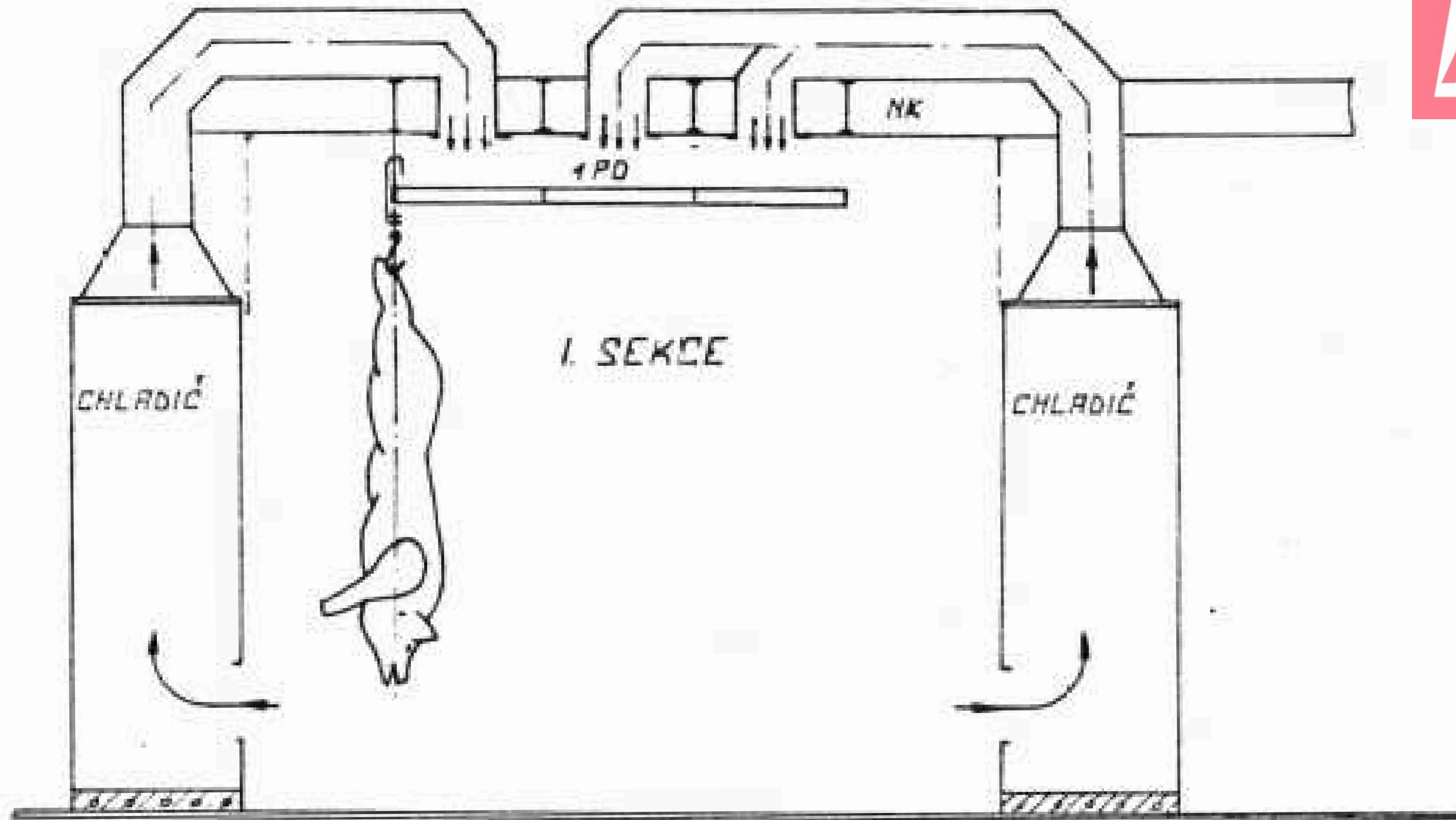
3. Distribúcia chladu a vzduchotechnika

3.1 Vzduchom chladené priestory



Vo väčšine výrobných prevádzok sa používalo **nútené vetranie**. Vzduch sa ochladzoval v rúrkových výmenníkoch umiestnených v drevených alebo asfaltovo-korkových kanáloch mimo chladených priestorov a následne sa rozvádzal do jednotlivých miestností. Toto riešenie umožňovalo jednoduchú údržbu, **zlepšovalo cirkuláciu chladiaceho vzduchu prirodzenou cestou a zabezpečovalo aj odmrazovanie chladiča**, ktorý bol spravidla umiestnený pod strechou nad chladenými priestormi.

Obr. 5 –
Vzduchom
chladené
priestory.



Obr. 6 - Rúrkový
výmenník
umiestnený
v drevených
kanáloch.



Obr. 7 –
Rúrkový
výmenník.





3.2 Lokálne výmenníky a izolácia priestorov

Alternatívou centrálného chladenia boli **rúrkové výmenníky umiestnené priamo v miestnostiach**, zvyčajne na stenách alebo pod stropom. Tento systém sa využíval najmä tam, kde sa požadovala nižšia teplota – napríklad v mraziarenských skladoch. Tým, že zdroje chladu boli priamo v priestore, bolo zabezpečené, že teplota v priestore bude blízka teplote chladiaceho média. Izolácie pozostávali z asfaltovo-korkových panelov, ktoré bránili prestupu vlhkosti a zároveň vytvárali tepelnoizolačnú bariéru.



Výmenníky boli **chránené drevenými krytmi**, aby sa predišlo poškodeniu pri manipulácii s tovarom. Tie bolo možné odňať na čistenie alebo oškrabávanie námrazy, keďže úplné odmrazovanie sa robilo len zriedka. Odmrazovanie bolo komplikované, keďže mraziarne fungovali na princípe akumulácie chladu. Voda vznikajúca topením snehu spôsobovala prevádzkové problémy, preto sa **námraza často odstraňovala mechanicky**.



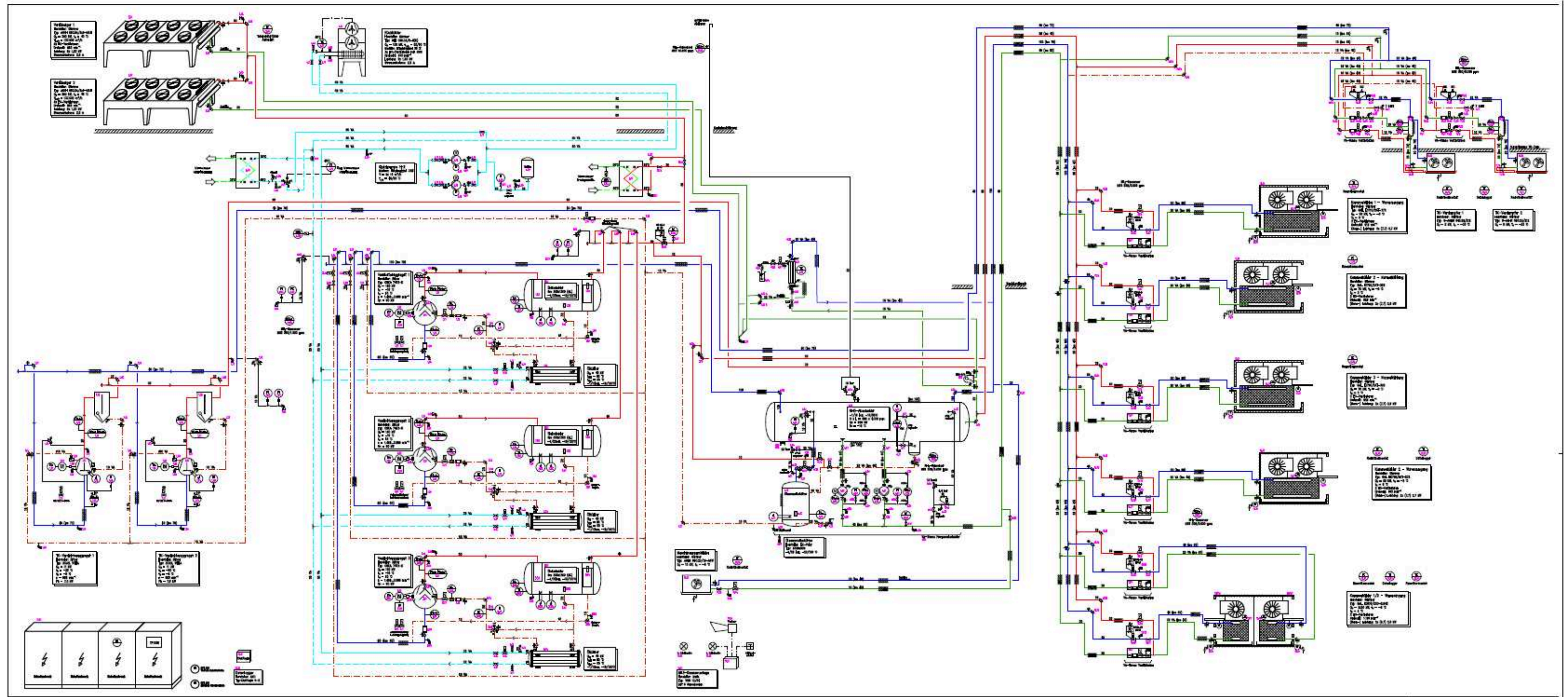
4. Prechod na priamy odpar amoniaku

4.1 Vývoj výmenníkov



Postupným zdokonaľovaním armatúr nastúpilo **obdobie priameho odparu NH_3** . Zavedením lamiel na rúrkovnice sa výrazne zväčšila výmenná plocha, čo umožnilo **zmenšiť rozmery výmenníkov** a umiestňovať ich priamo do chladených priestorov. Tým sa zmenšila priestorová náročnosť strojovni, odstránila potreba zásobníkov soľanky aj veľkých čerpadiel.





Obr. 8 - Dvojstupňové amoniakové chladiace zariadenie.

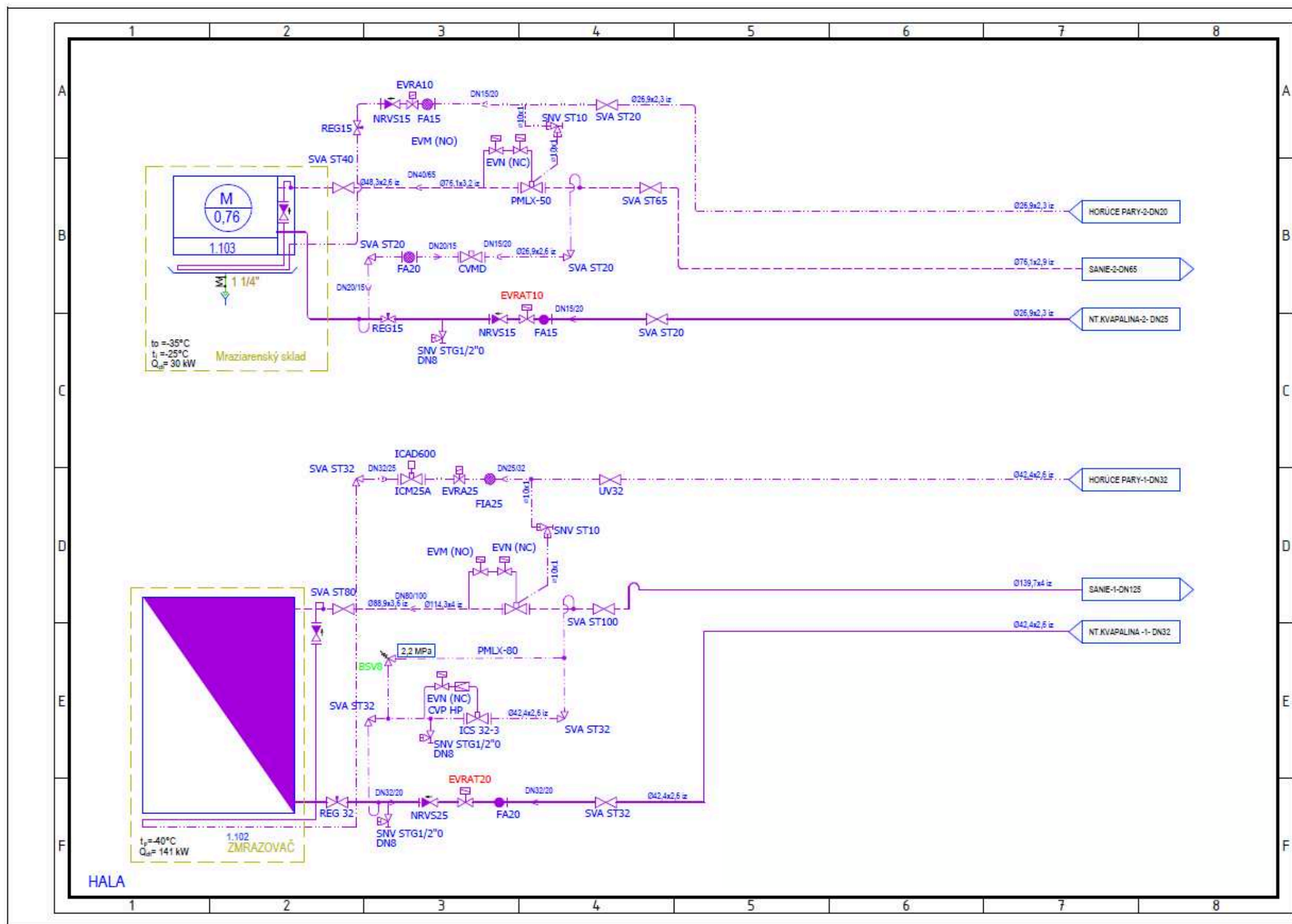


4.2 Odmrazovanie

Rozvodné potrubia mali rozdielne dimenzie a boli o veľa menšie ako pri soľankových rozvodoch. Použitie teplých pár amoniaku umožnilo **jednoduchšie cyklické odmrazovanie**, ktoré udržiavalo výmenné plochy čisté a zvyšovalo účinnosť chladenia.



Obr. 9 –
Odmrazovanie
teplými parami



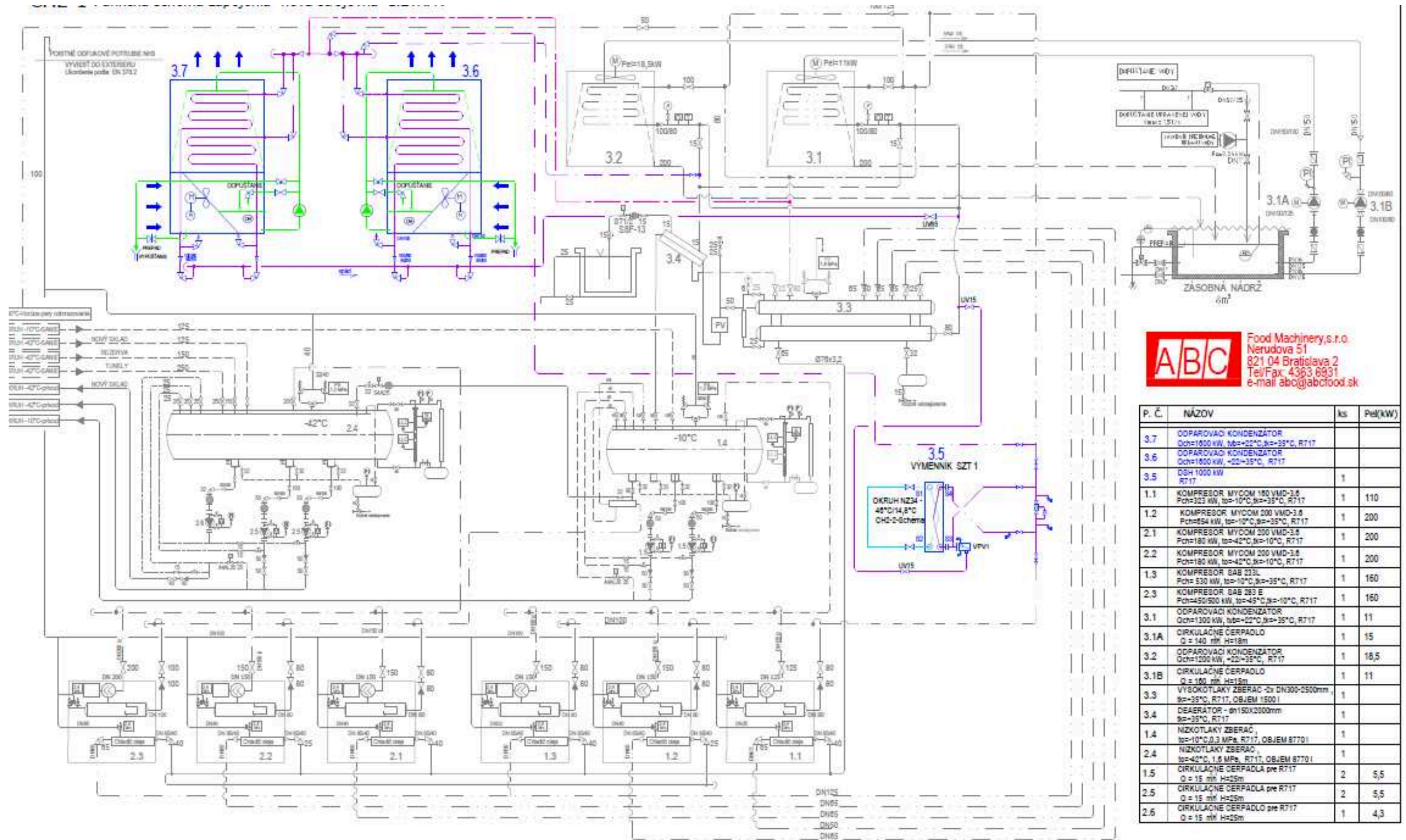


4.3 Vývoj kondenzačných systémov

Aj na kondenzačnej strane prišlo k výrazným zmenám. Ku klasickému sprchovému kondenzátoru bol pridaný ventilátor, čím sa chladiaca veža a sprchový kondenzátor spojili do jedného zariadenia – **odparovacieho kondenzátora**. Tento vývoj výrazne zefektívnil prevádzku a priamy odpar sa postupne rozšíril do všetkých odvetví priemyslu.



Obr. 10 -
 Odparovací
 kondenzátor



5. Zmena legislatívy a nový pohľad na amoniak

5.1 Amoniak pod prísnejšou kontrolou



Veľký zlom v legislatíve a v prístupe k používaniu amoniaku nastal **po roku 1995.**

V októbri toho roku došlo k úniku smrteľne jedovatého oxidu uhoľnatého, ktorý si vyžiadal jedenásť obetí a stovky priotrávených. V dôsledku tejto udalosti bola **prehodnotená kategorizácia nebezpečných plynov** - a do tejto kategórie bol zaradený aj amoniak.



Obr. 11 – Fotografia závodu, v ktorom došlo k úniku plynu v roku 1995.



5.2 Spomalenie rozvoja a návrat k nepriamemu chladeniu

Dovtedy dynamický rozvoj inštalácií s priamym odparom amoniaku sa po sprísnení administratívnych opatrení výrazne spomalil. Nastáva **renesancia nepriameho chladenia**

– konštruktéri a projektanti sa snažia zachovať výhody amoniaku ako chladiwa, no zároveň minimalizovať jeho množstvo v systéme tak, aby sa dodržali nové legislatívne limity.

6. Riešenia pre budúcnosť

6.1 Výhody a riziká zápachu amoniaku



Požiadavky na bezpečnosť chladiacich zariadení sa neustále zvyšujú. Z tohto pohľadu je **charakteristický zápach amoniaku pre odborníkov výhodou** - umožňuje včasné odhalenie aj malého úniku. Pre laickú verejnosť však pôsobí nepríjemne a vyvoláva obavy až paniku.





Moderné riešenia preto smerujú k optimalizácii využívania amoniaku:

Používať amoniak ako primárne chladivo - takto možno naplno využiť jeho výborné termodynamické vlastnosti. Zároveň je možné vylúčiť jeho prítomnosť v priestoroch s častým výskytom osôb, čím sa riziko pre obsluhu a verejnosť minimalizuje.

Minimalizovať náplne amoniaku v chladiacich okruhoch - vďaka technologickému pokroku vo výmenníkoch tepla možno dnes s veľmi malým množstvom primárneho chladiva dosahovať vysoké chladiace výkony.



6.2 Minimalizácia náplní a technické riešenia

Jedným z riešení sa stáva **zníženie náplne chladiaceho okruhu.**

V mraziarňach a zmrazovačoch sa však aj naďalej zachováva priamy odpar, keďže pohyb osôb je v týchto priestoroch minimálny a riziko úniku tým pádom nižšie.





6.3 Optimalizácia náplne amoniaku pomocou ekonomizéra

Z dôvodu minimalizácie náplne amoniaku volíme zariadenie pracujúce v jednom stupni s ekonomizérom. Týmto sa **znižuje celková náplň oproti dvojstupňovému chladeniu.**

Pomocou ekonomizéra zlepšujeme chladiaci výkon a koeficient účinnosti. Časť vysokotlakovej kvapaliny je nastrekovaná do ekonomizéra kde podchladí zvyšnú kvapalinu.

Ktorá je nastrekovaná v určitej fáze do kompresného procesu.

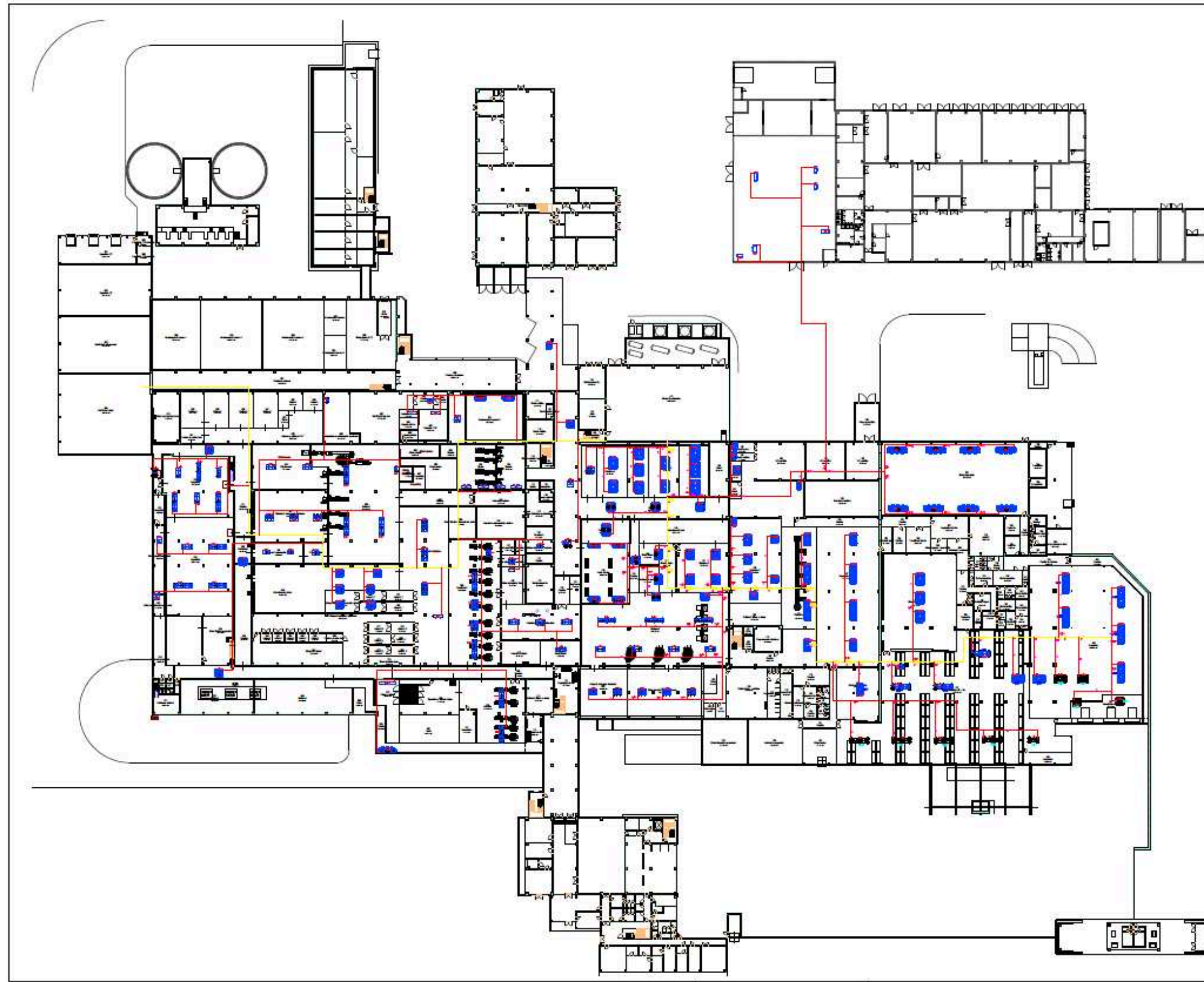




Výrobcovia kompresorov neustále prinášajú nové riešenia. Na schéme strojovne (na ďalšej strane) vidíme **kombináciu systémov priameho chladenia pre okruh -40°C a nepriameho chladenia** ktoré obsluhuje výrobné a expedičné priestory. V týchto sa neustále pohybujú a zdržiavajú ľudia. V prípade nepriameho chladenia tieto osoby nie sú ohrozené. Týmto sa **zvyšuje chladiaci výkon kompresoru až o 20 %**. Nakoľko však musíme počítať aj s prácou na stlačenie pridaného objemu. Táto tvorí približne 10 % výkonu. V konečnom súčte môžeme počítať s celkovým navýšením výkonu o 10 %. Tento spôsob má význam iba pri kompresoroch pracujúcich pri nízkych teplotách.



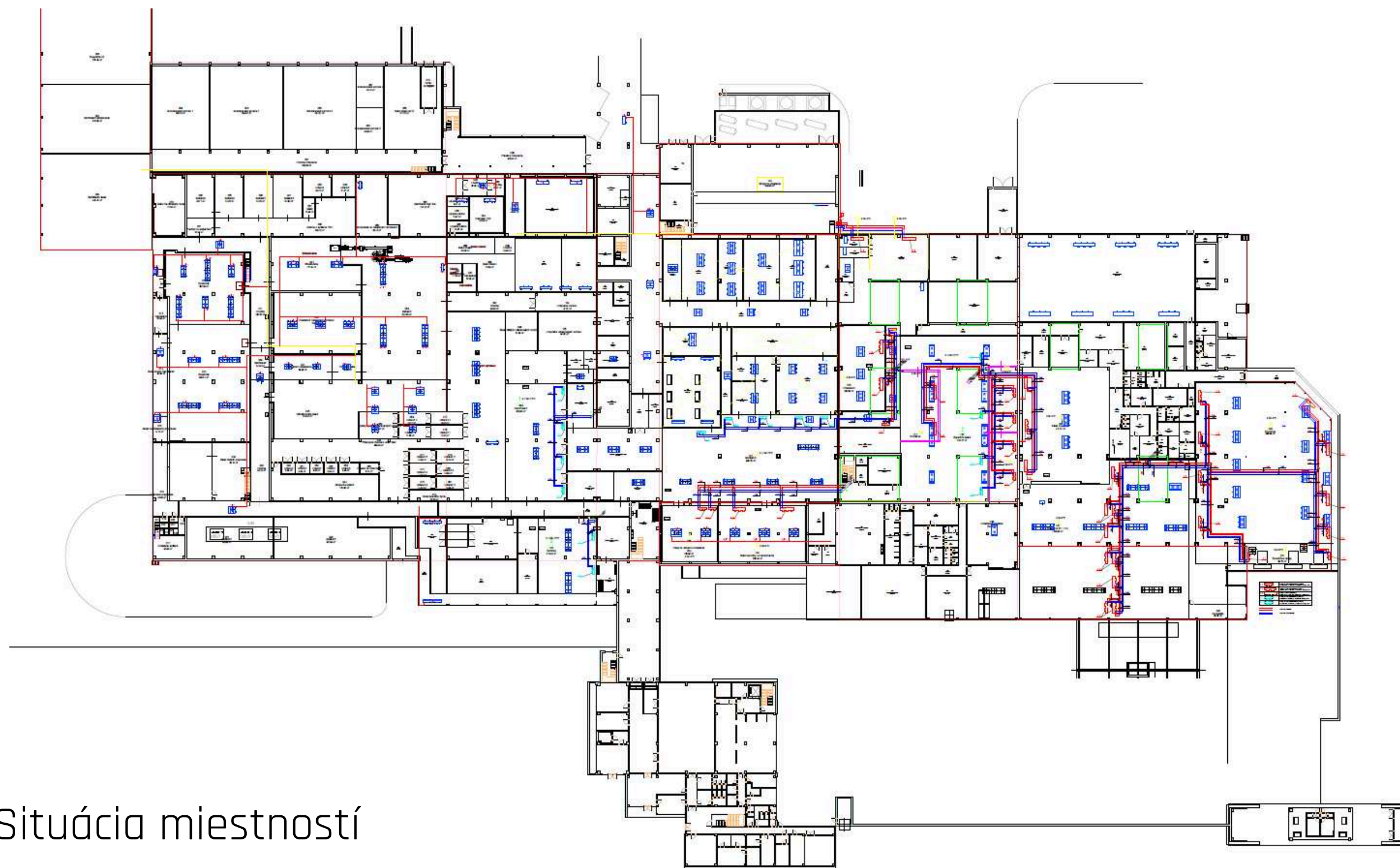
Obr. 13 – Pôdorys



6.4 Moderné výmenníky a efektívne využitie amoniaku



Dnes používané chladiče vzduchu majú **minimalizované náplne**. Oproti starším univerzálnym chladičom výrobcovia dnes prihliadajú na proces odparovania počas prechodu chladičom. Upravujú prírodné potrubie do chladiča aby sa čo najviac priblížili návrhu. Čerpadlo zabezpečuje stále zaplavenie chladičov. Čerpá kvapalinu z nízko - tlakového zberača a dopravuje ju k jednotlivým chladičom. Pri amoniaku sú výparníky zaplavené niekoľko násobne väčším množstvom ako je teoreticky potrebné. V prípade amoniaku sa objemový prietok násobí koeficientom 3 až 5.



Obr. 14 – Situácia miestností

7. Bezpečnosť a kombinované systémy

7.1 Systémy s núteným obehom - výhody a riziká



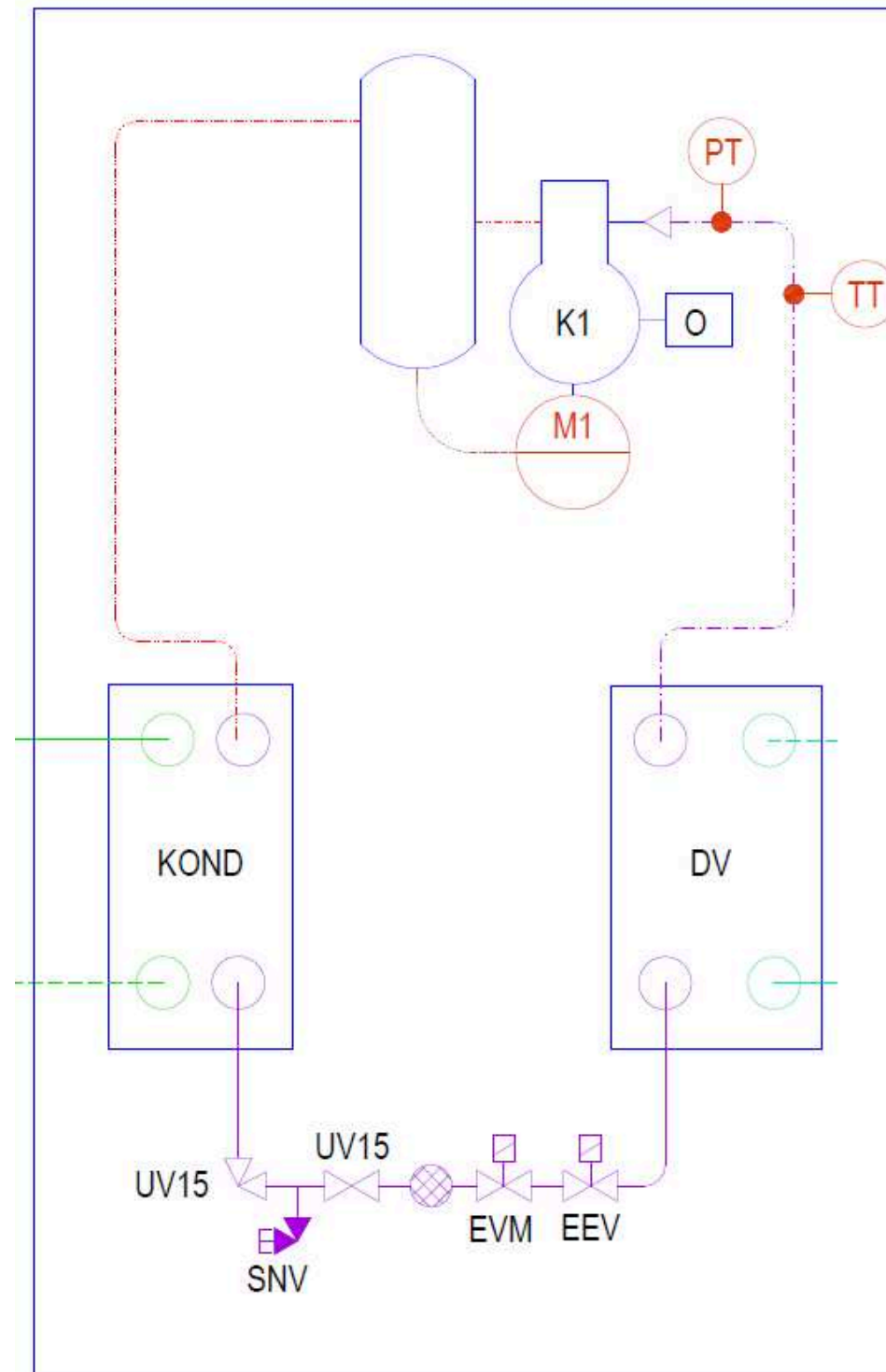
Systémy s núteným obehom dokážu obsluhovať veľmi rozsiahle objekty. Napriek veľkej členitosti a rozsahu **zabezpečia rovnomerné chladenie po celom objekte.**

Nevýhodou je možnosť ohrozenia zamestnancov v priestoroch kde sa zdržiavajú. V takýchto priestoroch sa miera ohrozenia značne zvyšuje.



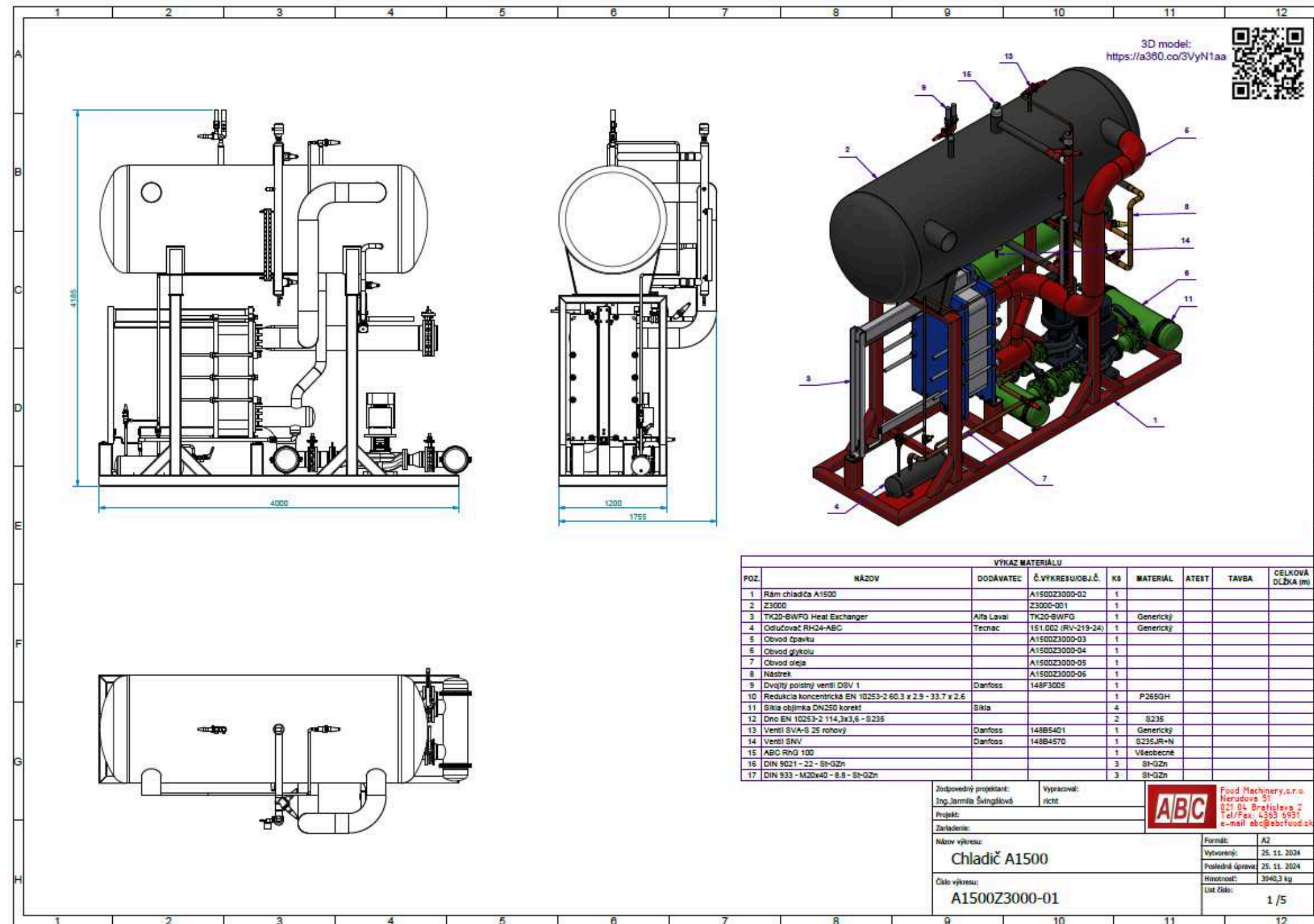
7.2 Návrh amoniakového okruhu s nízko objemovými náplňami

Obr. 15 – Schéma Twineco TČ





Pre okruhy s veľkými výkonmi navrhujeme výmenníkové zostavy pozostávajúce z gravitačne zaplaveného doskového výmenníka pripojeného na odlučovacie zariadenie primerané k inštalovanému výkonu. Ako **primárne chladivo slúži amoniak**, ako sekundárne zmes vody a **PPG alebo PEG**, zvyčajne v koncentrácii okolo 34 %. Nachladená zmes je čerpaná k jednotlivým spotrebičom. Pri tomto riešení sa náplň amoniaku v prípade okruhu zimného štadióna pohybuje okolo **120 kg pri odparovacej teplote -10 °C** a chladiacom výkone približne **300 kW** – čo predstavuje **výrazné zníženie oproti starším systémom**.



Obr. 16 – Chladič A1500



Pri návrhu týchto okruhov **vychádzame z požadovaného chladiaceho výkonu, typu prevádzky a potrebných teplôt**, ktoré sú spracované v návrhu sekundárneho okruhu. Na základe výkonu určujeme typ a veľkosť odlučovača a dimenzujeme prepojovacie potrubie. Následne navrhujeme spravidla doskový výmenník tepla a obehové čerpadlá sekundárneho chladiča. Tieto komponenty zvyčajne umiestňujeme spoločne na jeden rám spolu s výmenníkovou zostavou.

Obr. 17 –
Chladiaca
jednotka 2x
Twineco[®] 500P
R717

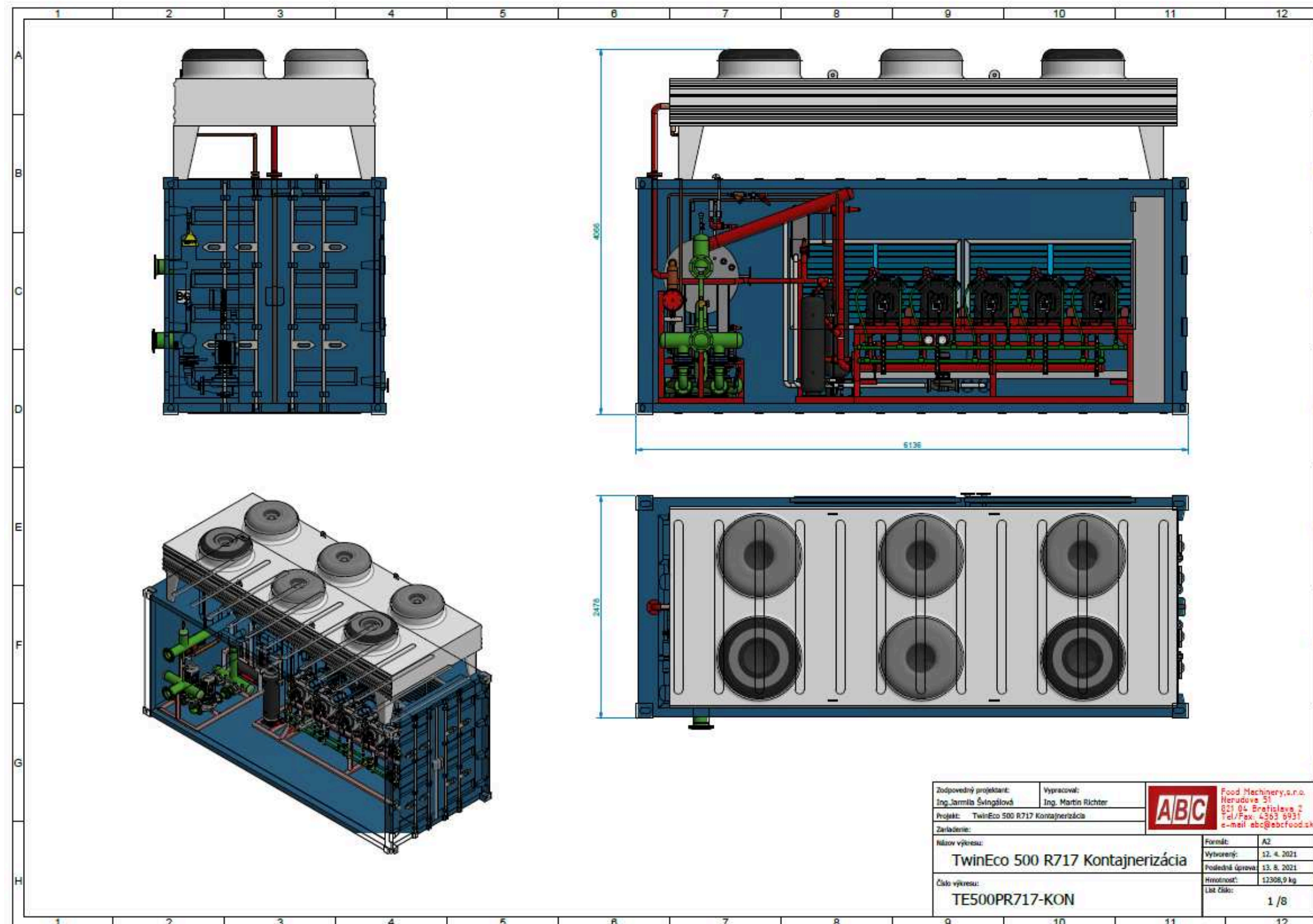




K odlučovacej zostave navrhujeme podľa výkonu, požadovaných parametrov a dispozičného riešenia aj kompresorovú jednotku. Dôležité je pritom určiť účel použitia, možnosti regulácie (charakter a rozsah), **spôsob využitia odpadového tepla** a ďalšie technické parametre.

Na základe týchto údajov volíme vhodný typ a počet kompresorových jednotiek.





Obr. 18 – Twineco 500 R717
 Takéto zariadenie je možné umiestniť aj do kontajneru.



7.3 Návh okruhu zmesi (amoniaku a dimetyléteru) s mikro objemovými náplňami.

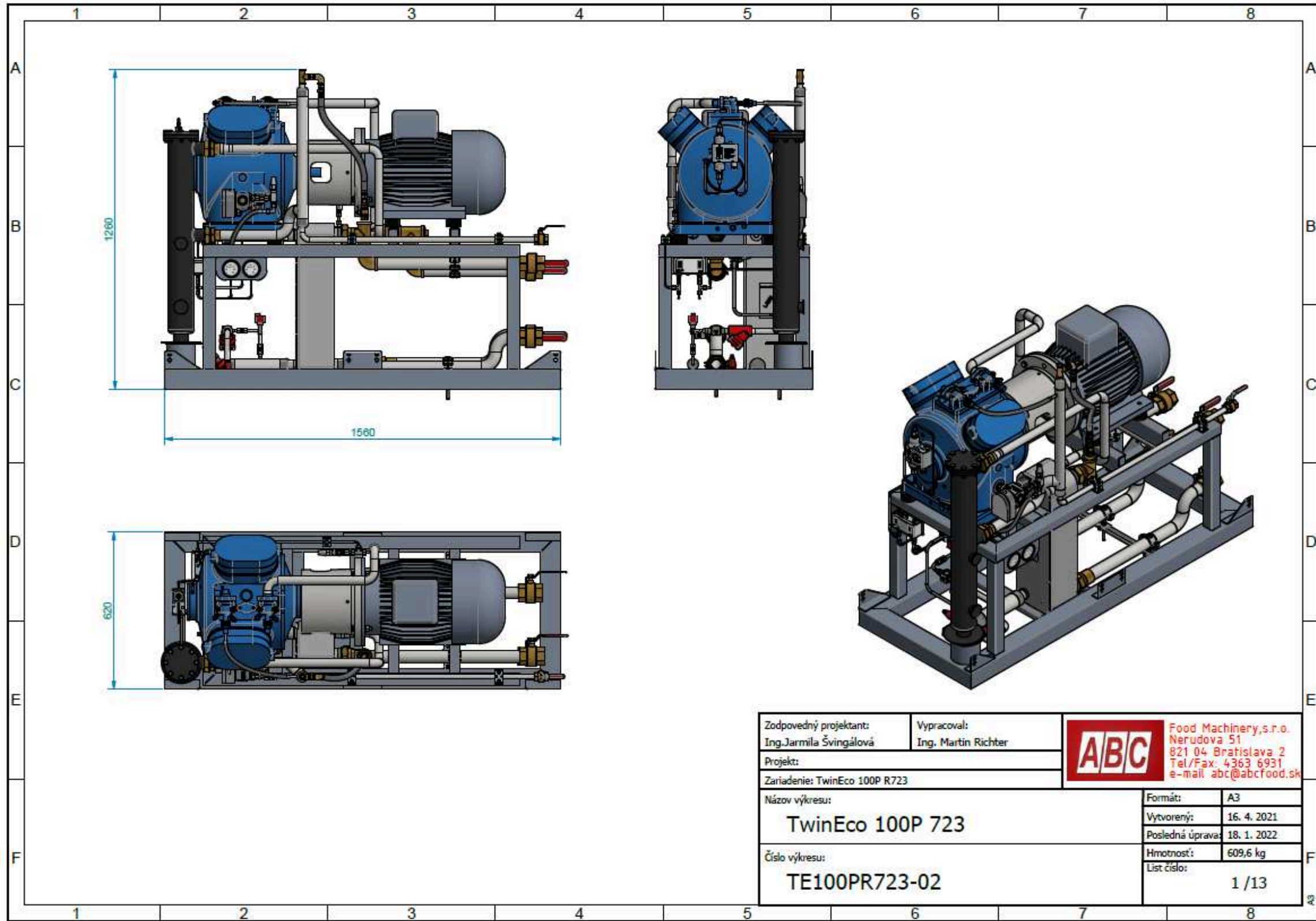


Samostatnou oblasťou využívania amoniaku sú jeho zmesi. Naša spoločnosť je na území bývalého Československa **priekopníkom v tejto oblasti**. Tieto zmesi umožňujú prenos oleja v chladiacom okruhu, čo otvára možnosť nahradiť zaplavený výparník suchým. Pri návrhu však zostáva **obmedzujúcim faktorom dostupnosť vhodných materiálov** – stále je len málo výrobcov, ktorí ponúkajú expanzné ventily a ďalšie komponenty kompatibilné s amoniakom.



Toto riešenie pracuje **s náplňami do 3 kg chladiva v okruhu** pri chladiacom výkone približne **50 kW**. Pri nižších výkonoch sú množstvá chladiva ešte podstatne menšie. Takéto jednotky **posúvajú možnosti využitia amoniaku aj do oblastí, kde jeho použitie doteraz nebolo možné**. Mimoriadne zaujímavé je toto riešenie v úlohe tepelného čerpadla.





Obr. 19 – Twineco 100P 723





Nové príležitosti vďaka rozšíreniu sortimentu súčiastok

Očakávame, že postupne sa bude rozširovať sortiment súčiastok vhodných pre použitie s amoniakom. To otvorí nové možnosti rozšírenia oblasti využitia tohto **ekonomicky a ekologicky výhodného chladiva.**

Použitá literatúra:

Dvořák, Zdeněk. Chladiaca technika IV. 1. vydanie. Praha: ČVUT, 1982.



ABC

Ďakujem za Vašu pozornosť!

Ing. Juraj ŠVINGÁL

www.abcfood.sk