

# Áburðarverksmiðjan í Gufunesi



## Rannsóknarskýrsla um sprengingu í áburðarverksmiðjunni 1.10.2001

Eyjólfur Sæmundsson, Steinar Harðarson 25.03.04

## Inngangur

Að morgni mánudagsins 1. október 2001, kl. 07.04, varð sprenging í Áburðarverksmiðjunni í Gufunesi í Reykjavík. Sprengingin varð í austurenda og í viðbyggingu ammoníaksverksmiðjunnar. Austurendi byggingarinnar er 2ja hæða með einnar hæðar viðbyggingu. Í

viðbyggingunni var ýmis rafbúnaður, s.s. olúkældir rofar, rofaskápar, afriðlar fyrir þjöppumótora og fleira sem tilheyrir rafbúnaði ammoníaksverksmiðjunnar. Á efri hæð austurenda var rannsóknarstofa.

Við sprenginguna hrundi gólf milli hæða, úveggir hrundu og veggjabrot köstuðust tugi metra frá byggingunni.

Húsgögn og innréttingar úr rannsóknarstofu á efri hæð hrundu að hluta til niður í rýmið og í þeim kviknaði

eldur. Eldurinn var þó fljótlega slökktur af slökkviliði höfuðborgarsvæðis sem kom strax á staðinn. Enginn starfsmaður var í húsinu er sprengingin varð og engin slys urðu á mönnum.



## Áburðarverksmiðjan í Gufunesi

Áburðarverksmiðjan í Gufunesi var í upphafi byggð á árunum 1951-1954. Hlutar hennar höfðu síðar verið endurnýjaðir og ýmsar endurbætur gerðar, m.a. hvað varðar stýribúnað og eftirlit með framleiðsluþáttum. Í grófum dráttum má segja að verksmiðjan samanstandi af eftirtöldum einingum:

- Vetni-verksmiðju þar sem vetni er framleitt með rafgreiningu á vatni en súrefni verður til sem “aukaafurð”.
- Köfnunarefnisverksmiðju þar sem köfnunarefni er framleitt með þéttingu og eimingu á andrúmslofti.
- Ammóníaksverksmiðju þar sem ammóníak er framleitt með hvötuðu hvarfi vetnis og köfnunarefnis. Framleiðslan nægir þó ekki verksmiðjunni og er viðbótarþörf mætt með innflutningi.
- Súruverksmiðju þar sem köfnunarefnistvíldi er framleitt úr ammóníaki.
- NPK verksmiðju þar sem saltpéturssýra og ammóníak mynda ammóníumnítrat (kjarna) sem síðan er blandað innfluttu fosfari og kalí.

Í upphafi var Áburðarverksmiðjan hf. í eigu fjölmargra hluthafa. Árið 1971 yfirtók ríkið hluti meðeigenda sinna og fyrirtækinu var breytt í ríkisfyrirtæki, Áburðarverksmiðju ríkisins. Árið 1994 var ríkisfyrirtækinu breytt í hlutafélag og hlutafélagið selt hópi fjárfesta árið 1999. Í verksmiðjunni er framleiddur kornaður áburður. Rekstur verksmiðjunnar er háður reglugerð nr. 263/1998 um hættumat í iðnaðarstarfsemi.

Hættumat var fyrst gert fyrir verksmiðjuna í tveimur áföngum árin 1989-1990 með aðstoð erlends ráðgjafafyrirtækis (Tecnica Scientific Consultants sem nú er hluti Norsk Veritas). Nýtt hættumat samkvæmt reglugerð nr. 263/1998 var síðan gert af verkfræðistofu Guðmundar og Kristjáns ári 2000 en byggði að verulegu leyti á fyrra hættumati.

Í hættumati Áburðarverksmiðjunnar, dagsettu í júní 2000, er fjallað um hættulega staði. Þar er m.a. á bls. 6 fjallað um ammoníaksverksmiðju. Ekki er þar gert ráð fyrir þeim möguleika á uppsöfnun vetnis sem virðist orsök sprengingarinnar.

### Framleiðsluferli í ammoníaksverksmiðju

Í ammoníaksverksmiðjunni er blanda af vetni ( $H_2$ ) og köfnunarefni ( $N_2$ ) í gasformi látið hvarfast og mynda ammoníak ( $NH_3$ ) í vökvaformi. Blanda vetnis og köfnunarefnis er í upphafi ferils leidd í gegnum súrefniseyði. Eftir það er þrýstingur blandgassins aukinn með rafknúinni 5 þrepa þjöppu. Eftir hvert þrep er gasblandan kæld í vatnskæli þar sem hitinn er lækkaður úr u.þ.b.  $150^\circ C$  í  $40^\circ C$ . Í upphafi þjöppunarferils er þrýstingur örlítið yfir þrýstingi andrúmslofts en í lokafasa allt að 240 bör. Eftir þjöppunarfásann er blandan leidd í hringrásarkerfi þar sem hringrásarþjappa dælir blöndunni í gegnum ofn með efnahvata þar sem hitastigið er um  $530^\circ C$ . Í þessum fasa breytist hluti blöndunnar í ammoníak sem er kælt niður og verður að ammoníaki í vökvaformi. Ammoníakvökvinn er leiddur eftir pípulögn frá skilju, þar sem sjálfvirkur loki heldur ákveðinni vökvahæð, í daggeyma en í geymunum er ammoníakið geymt í vökvaformi við 8,5 bara þrýsting. Öllu þessu ferli er að jafnaði stjórnað úr tölvuvæddri stjórnstöð sem er í sýruverksmiðju.

### Skemmdir á byggingum

Eins og áður hefur komið fram skiptist ammoníaksverksmiðjan í aðalatriðum í eftirtalin rými:

- Vinnslusal með þjöppum og kælum
- Rými/útbyggingu í austurenda fyrir ýmsan rafbúnað og köfnunarefnisframleiðslu
- Rannsóknarstofu á 2. hæð yfir rými í austurenda

Við sprenginguna, sem virðist hafa orðið í útbyggingunni og e.t.v. rannsóknarstofunni,

tættust veggir austurendans og útbyggingarinnar, sem hýsir rafbúnað, sundur og viðbyggingin gjöreyðilagðist. Gólf milli hæða hrundi að verulegu leyti, veggur milli útbyggingar og verksmiðjurýmis eyðilagðist að hluta og viðbyggingin gjöreyðilagðist.

### Mikill sprengikraftur

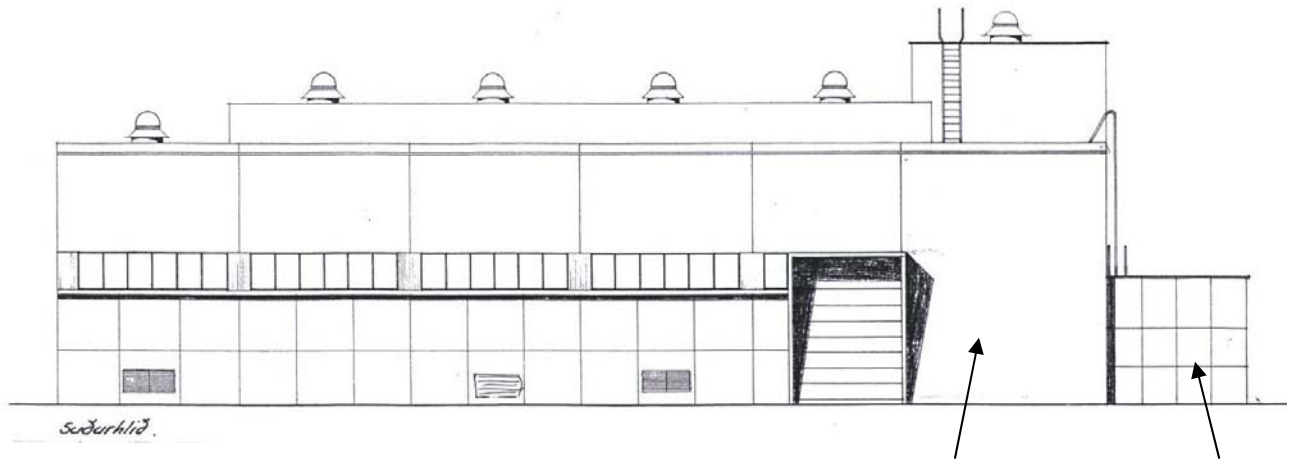
Hin mikla eyðilegging sýnir að sprengingin var mjög öflug. Við sprenginguna kastaðist 7,5 tonna steypustykki, sem er hluti af þaki viðbyggingar, upp á þak ammoníaksverksmiðjunnar. Stór stykki, 1-3 tonn að þyngd, köstuðust tugi metra.



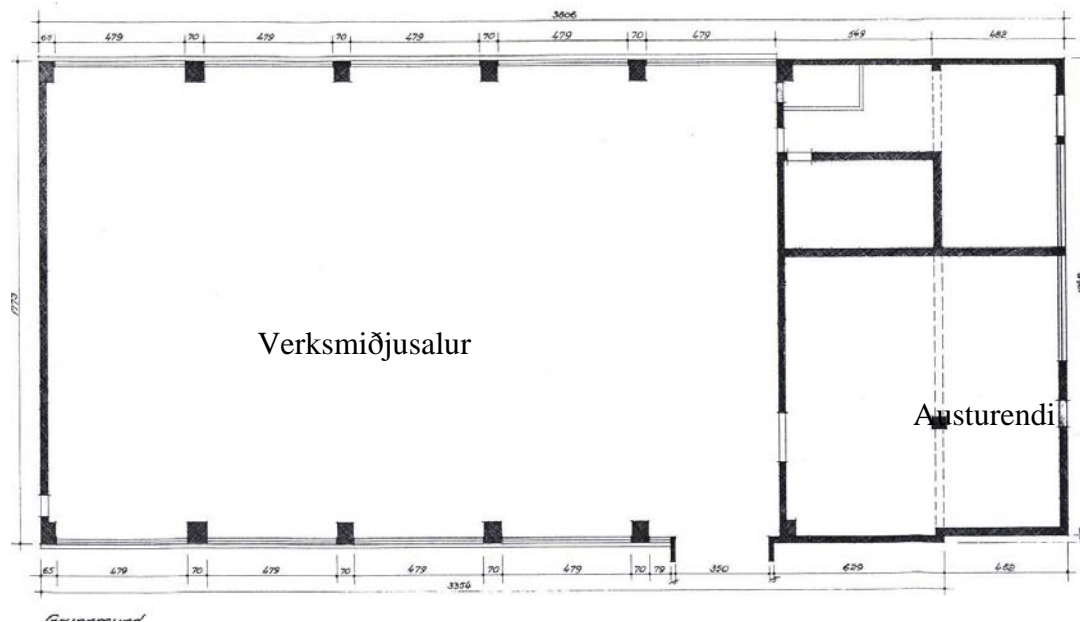
### Eðli sprengingarinnar

Í fyrstu var talið mögulegt að sprenging hefði orðið í

olíukældum rofa, í rofaskáp eða öðrum rafbúnaði í útbyggingunni. Þegar afleiðingar sprengingarinnar voru skoðaðar nánar var talið að orkan, sem hafði leyst úr læðingi, væri meiri en svo að hún gæti stafað af sprengingu í rafbúnaði. Rannsókn lögreglu benti ekki til skemmdarverks. Sprengisérfræðingur frá Landhelgisgæslunni var fenginn til aðstoðar og skilaði hann skýrslu um málið. Samkvæmt rannsókn hans sýnir stærð steypubrota að ekki er um að ræða sprengingu af völdum sprengiefnis, t.d. dýnamíts. Hann metur afl sprengingarinnar samsvara 500 kg af dýnamíti.



Austurendin sem Útbvöging fvrir sprengingin varð í



Teikningar: Suðurhlíð (efri mynd ) og grunnflötur (neðri mynd) verksmiðjuhúss

## Gassprenging í ómannaðri verksmiðju

Rannsóknin beindist því að þeim möguleika að um gassprengingu væri að ræða. Helst var talið að vetni hefði safnast upp í rýminu og valdið sprengingunni. Vetni er mjög sprengifim lofttegund og mörk fyrir sprengifima blöndu eru 4-74%. Neðri mörk eru mjög lág og því nægir lítið magn af vetnisgasi til að mynda sprengifima blöndu í rými af þeirri stærð sem hér um ræðir. Rúmmál neðri hæðar útbyggingarinnar ásamt viðbyggingu var  $400 \text{ m}^3$  og rúmmál rannsóknarstofu á efri hæð var  $220 \text{ m}^3$ . Ef reiknað er með öllu rýminu,  $620 \text{ m}^3$ , hefur því aðeins þurft  $24 \text{ m}^3$  af vetnisgasi til að mynda þar sprengifima blöndu. Í verksmiðjusal ammoníaksverksmiðjunnar eru loftunarraufar í þaki til að koma í veg fyrir að vetni geti safnast fyrir vegna hugsanlegs leka, t.d. frá þjöppum. Engar slíkar raufar voru í rýminu þar sem sprengingin varð, aðeins venjuleg loftræstirist.

Við tæknilegar breytingar í verksmiðjunni s.s. tölvuvæðingu fækkaði starfsmönnum í ammoníaksverksmiðju. Það hafði í för með sér minni umgang og þar með minni loftskipti í austurenda/útbyggingu en áður. Engin vélræn loftræsting var í rýminu.

## Hvaðan kom gasið?

Eins og áður hefur komið fram er blöndu af vetni ( $\text{H}_2$ ) og ammoníaki ( $\text{N}_2$ ) þjappað með rafknúnum þjöppum í nokkrum þrepum. Þrýstingur gasblöndunnar er 0-200 bör, lægstur í þrepi 1 og hæstur í þrepi 5. Engar röralagnir liggja inn í rýmið þar sem sprengingin varð. Milli þrepa er blandan kæld með einföldum vatnskælum. Kælarnir eru þannig gerðir að utan um þrýstirör með gasblöndu liggur annað sverara rör og milli þeirra streymir kælivatnið í lokuðu rými. Þrýstingur kælivatnsins er 3-4 bör en gasþrýstingur í innra röri er eins og fyrr segir allt að 200 bör. Ekki var talið sennilegt að gas hefði borist gegnum dyr milli rýma enda ekki nein merki um að sprenging hefði orðið í sjálfum verksmiðjusalnum. Lítil umgangur er um rýmið, þar sem sprengingin varð. Að jafnaði er enginn starfsmaður í húsinu heldur eru farnar eftirlitsferðir frá stjórnstöð í sýruhúsi.



Því var leitað annarrar skýringar á því hvernig gas hefði borist í rýmið þar sem sprengingin varð.

Fljótlega kom fram tilgáta um að vetnisgas hefði borist með kælivatni frá verksmiðjusal. Kælikerfi í ammoníaksverkmiðju Áburðarverkmiðjunnar er óvenjulegt að því leyti að kerfið er gegnumstreymiskerfi en ekki hringrásarkerfi eins og venjan er í sambærilegum verkmiðum erlendis. Vatni er því einfaldlega dælt í gegn um kælikerfið, safnað saman í útrásarlögn og að því loknu veitt í holræsakerfi. Holræsakerfið liggur undir verkmiðju-húsinu með stefnu í austur, undir gólfi rýmisins þar sem sprengingin varð og tekur síðan stefnu til sjávar. Upp úr gólflötu rýmisins, þar sem sprengingin varð, gengur 100 mm steinrör sem tengist holræsakerfinu undir húsinu. Rörið sést á lagnateikningum verkmiðunnar. Ekki er þó ljóst hvaða tilgangi rörið þjónaði. Samkvæmt upplýsingum starfsmanna var á enda steinrörsins 50 mm minnkun úr stáli um 200 mm yfir gólfi.

Einnig er niðurfall með vatnslás í miðju rýminu. Eftir að hætt var að hafa stöðuga mönnun í ammoníaksverksmiðjunni var mun minna gengið þar um og sjaldnar þrifið þar með vatni. Því er aukin hættu á “þurru” niðurföllum og að gas geti því auðveldar borist úr holræsakerfum.

Til að leita vísbendinga um hugsanlegan leka voru tölvugögn úr rekstrartölvu verksmiðjunnar skoðuð. Á línuriti frá morgni 1. október (græn lína sýnir þrýsting hringrásardælu og hvít lína þrýsting frá 5. þrepi), sést lækking þrýstings vegna “niðurblasturs” kl. 06.15 úr 148 í 143 bör.

„Niðurblastur“ er aðgerð sem felst í því að óhreinindum, sem botnfalla í olíusú eða rakaskiljum milli þrepa á þjöppu, er tappað af. Aðgerðin veldur tímabundnu þrýstifalli en þrýstingur á að aukast aftur í sama horf á fáeinum mínútum. Þegar línuritið frá 1. október var skoðað sást að þrýstingur hækkaði óverulega



eftir niðurblasturinn næstu 49 mín. á eftir eða þar til sprengingin varð. Það að þrýstingur hækkaði svo lítið þótti benda til leka. Á sama línuriti sést að, þegar sprenging varð, var hlutfall vetnis í gasblöndu óvenju hátt eða um 80%.

### Leitað að leka

Vinnueftirlitið óskaði eftir því að kælur í vinnslusal ammoníaksverksmiðjunnar yrðu þrýstiprófaðir til að leita hugsanlegs leka. Starfsmenn Áburðarverksmiðjunnar aftengdu því kælanu frá pípulögnunum og notuðu gas til að leita að leka. Við þrýstiraun á millikæli E-434 í 5. þrepi kom í ljós leki milli þrýstiröra, sem innihalda blöndu af vetni og köfnunarefni, og ytri röra sem innihalda kælivatn. Lekinn mældist 3 l/sek við 12 bör og 4 l/sek við 16 bör. Lekinn er mældur við opið kælikerfi, þ.e. ekki er vatn í kerfinu.

Því má gera ráð fyrir að lekinn mælist heldur meiri en raunverulegur leki með kælivatni á kerfinu. Framreiknað til vinnu-þrýstings, sem er um 150 bör í kælinum, er lekinn áætlaður a.m.k. 25 lítrar á sek. Millikælirinn var tekinn niður og skrúfaður sundur á verkstæði verksmiðjunnar. Þar kom í ljós tæringargat á suðubeygju í öðrum enda kælísins. Mikil tæring



var á suðubeygjinni. Kælivatn verksmiðjunnar er tekið úr Úlfarsá og rennur til sjávar eftir notkun. Hitastig kælivatnsins eftir notkun var að jafnaði um 35°C en gat hækkað verulega ef truflun varð í kælivatnskerfi. Hitastig blandgass í 5. þrepi var allt að 150°C og því má gera ráð fyrir að hitastig á ytra byrði þrýstiröra í kælum hafi nálgast suðumark. Búast má við tæringu í gegnumstreymiskerfum við slíkar aðstæður. Ástæða tæringar og efniseiginleikar beygjunnar voru rannsakaðir af Iðntæknistofnun. Í niðurstöðu Iðntæknistofnunar er aðalástæða tæringarinnar álitin vera af völdum súr-efnisríks vatns og hitastigs þess.

## **Viðhald véla og tækja**

Í yfirliti frá Áburðarverksmiðjunni yfir viðhaldsvinnu í ammoníaksverksmiðju kemur fram að þrepakælar verksmiðjunnar hafa verið endurnýjaðir á árunum 1993-1996. Til eru gögn um endurnýjun kæla nr. E-434, E-435, E-414 og E-415. Gögn um endurnýjun beggja slaufa í kælinum E-434 fundust ekki en viðhaldsstjóri verksmiðjunnar, Rúnar Árnason, fullyrðir í yfirliti yfir viðhaldsvinnu að báðar slaufur kælisins E-434 hafi verið endurnýjaðar á árunum 1993-1996. Til endurnýjunar í kælnum voru notuð saumlaus rör og beygjur með efnisgæðum ST 35.8/III/ST 45.8/III, en það eru stálrör sem henta til notkunar í hita- og kælikerfi. Ekki var til áætlun um fyrirbyggjandi viðhald á kælum í ammoníaksverksmiðju.

## **Fyrri óhöpp**

Fram hefur komið í samtölum við starfsmenn Áburðarverksmiðjunnar að áður hafa orðið minniháttar sprengingar („púffar“) í holræsakerfi ammoníaksverksmiðjunnar. Stjórnendur virðast ekki hafa brugðist við slíkum atvikum með fyrirbyggjandi aðgerðum eða tæknilegum breytingum á kælikerfi ammoníaksverksmiðju. Í hættumati Áburðarverksmiðjunnar hf., sem gert var árið 2000 í samræmi við kröfur í reglugerð nr. 263/1998 um hættumat í iðnaðarstarfsemi, var ekki gert ráð fyrir mögulegum vetnisleka í kælikerfi ammoníaksverksmiðju né hættu vegna slíks leka.

## **Lokaniðurstaða**

Niðurstaða rannsóknarinnar er sú að tæring í millikæli E-434 í þrepi 5 hafi valdið gasleka.

Gasið átt greiða leið inn í rýmið þar sem sprengingin varð vegna opins rörs sem tengdist holræsakerfinu og mögulega um „þurrt“ niðurfalið í gólfi rýmisins.

Rýmið var ekki loftræst með tilliti til hættu á gassöfnun og í því var rafbúnaður sem ekki var gasþéttur.

Viðhald búnaðar var ófullnægjandi m.a. var ekki til viðhaldsáætlun fyrir kælikerfi verksmiðjunnar, þrátt fyrir að þekkt sé að tæringarhætta getur verið mikil við þær aðstæður sem þarna voru.

Stýrikerfi verksmiðjunnar gaf ekki viðvörðun þótt þrýstingur væri óeðlilega lágur eftir niðurblastur, en lágur þrýstingur í lengri tíma en gat verið vísbending um leka.

Tilvist opna rörsins í viðbyggingunni verður að teljast alvarlegur ágalli með tilliti til öryggis.

Það að sú hætta sem hér um ræðir skyldi ekki tekin til greiningar við gerð hættumats verður að teljast alvarlegur ágalli á matinu þar sem áhættan var fyrirsjáanleg og eins vegna þess að kunnugt var um að slíkir lekar höfðu átt sér stað í verksmiðjunni áður.

Skýrsla þessi var send Áburðarverksmiðjunni hf. og Verkfræðistofu Guðmundar og Kristjáns sem uppkast til umsagnar. Vinnueftirlitinu barst svar með sameiginlegum athugasemdum þeirra. Tekið var tillit til nokkura athugasemda við lokafrágang skýrslunnar.