

## **Voorbereiding van de inbouw van de stoominstallatie voor een varend scheepsmodel.**

Versie 05-09-2016

Henk Valkhof

Nu de romp, opgebouwd uit spanten en huidplaten uit messing, gereed en waterdicht is kan begonnen worden met het inbouwen van de stoominstallatie, beschreven in de Modelbouwer nrs 9 en 10(2014) en nr 8(2015).

Tijdens het uitgebreid testen van de installatie, ontdekte ik 2 manco's. Verder wilde ik de ketelwatervoedingsregelaar, beschreven in de Modelbouwer nr 8(2015), uitbreiden met een laagwater alarm in de ketelwatervoorraadtank. Daar dit laatste een simpele uitbreiding van het aantal meetkanalen op de print omhelsde, heb ik dit niet nader beschreven.

Allereerst de beschrijving en oplossing van de beide manco's.

Het eerste manco betrof de door de stoommachine permanent aangedreven voedingswaterpomp. Het tweede manco betrof de keteldruk gestuurde vlamregeling.

### **Aanpassing voedingswaterpomp.**

Volgens mijn berekening moest de opbrengst voldoende zijn. In de praktijk bleek, dat een deel van de pompslag nodig was om de onderdruk te realiseren, vereist voor het openen van de zuigklep. Misschien een nadeel van een zachte klepdichting. Wat overbleef, de werkzame slag, was onvoldoende voor de opbrengst van het benodigde voedingswater. De meest eenvoudige wijze om de opbrengst te verhogen is het aanpassen van de slag van de aandrijfnok. Daar ik bij het ontwerp van de pomp voldoende ruimte voor aanpassingen had voorzien, was dit eenvoudig te realiseren,

De aandrijfnok heb ik vervolgens vergroot voor de verandering van de pompslag van 2 naar 4mm. De opbrengst was nu ook onder belasting voldoende.

Maar oplossingen op het ene gebied leiden soms tot problemen op een ander gebied. Als de voedingswater bypassafsluiter dicht stond, had de machine grote moeite om uit stilstand weer op te starten. De stoommachine moest eerst de tegenkracht van de keteldruk op de plunjer overwinnen. Mijn oplossing is het openen van de bypass afsluiter bij stilstand, een simpele microscharnelaar, die de bypass afsluiter opent en een drukloze retour verzorgt. De machine kan nu zonder tegendruk van het voedingswater opstarten.

### **Keteldruk gestuurde vlamregeling.**

In de Modelbouwer nr. 10(2014), blz. 13, heb de regeleenheid van Dieter Miedek beschreven. Het mooie van deze regeleenheid is, dat voor het afsluiten/regelen van de gasstroom een gewoon autobandenventiel wordt gebruikt.

Deze gasdrukregeleenheid bestaat uit drie hoofddelen, zie de bijgaande tekening Afb. 1 en Afb. 2, overgenomen uit het eerdere artikel. Op de tekening en de foto **links**:

- Basisdeel met gasaansluitingen van de gasfles, voor de waakvlam en voor de hoofdbrander en de O-ring afdichtingen van de inwendige aansluitkanalen naar de regeldelen.

Reduceerventieldeel (bovenop het basisdeel) voor het, onafhankelijk van de druk in de gashouder, constant houden van de gasdruk voor de waakvlam en de hoofdbrander. De druk van de gasfles/patroon staat onder het membraan (nr. 1) en werkt tegen de ingestelde veerkracht in.

Deze druk zal voor het verkrijgen van een evenwicht tussen de ingaande druk en de druk naar de branders, het autobandenventiel meer of minder indrukken en zo de toegestroomde gashoeveelheid/gasdruk beïnvloeden. Zo wordt een gasdruk verkregen, die onafhankelijk is van de druk in de gasfles/patroon. Via inwendige kanalen in het basisdeel gaat de geregelde gasdruk naar

de waakvlamaansluiting en naar het regeldeel met de keteldruk afhankelijke gasdrukregeling voor de branders. In feite is dus de waakvlamdruk leidend.

Vervolgens het deel **rechts** op de tekening en op de foto:

Hoofdbrander regeldeel met veerdrukinstelling voor de maximale gasdruk naar de hoofdbrander. Verder met extra op de keteldruk aangesloten stuurdeel voor de regeling van de gashoeveelheid naar de hoofdbrander. Loopt de keteldruk op, dan wordt de gastoevoer verminderd en andersom neemt de gastoevoer toe. Dit deel is wat complexer. In feite bestaat ook dit deel weer uit twee delen:

- Basisdeel: Reduceerdeel met autobandventiel, zoals boven omschreven.
- Boven-/regeldeel: Keteldruk afhankelijke beïnvloeding van de gashoeveelheid naar de brander. Dit deel is voorzien van twee membranen (nr. 2 en 3). De onderste (nr. 2) dient voor het maken van een veiligheidskamer tussen het gas- en stoomdeel. Eventueel doorslag van stoom/gas is, door de afblaasboring van de veiligheidskamer, detecteerbaar. Membraan 3 staat onder de keteldruk en werkt dus in tegen de eerder ingestelde veerdruk voor de gasdruk naar de hoofdbrander. Oplopende keteldruk, geeft tegendruk aan de ingestelde veerkracht, dus analoog aan de werking van het reduceerventiel, leidt tot sluiten van het autobandventiel. Gasdruk wordt verlaagd, brander geeft minder warmte af, met als resultaat dat de keteldruk afneemt.

Deze regeling werkt en reduceert de gasdruk naar de branders bij oplopende keteldruk. Maar na het testen en het onder stoom gebruiken van mijn stoominstallatie kwam ik de volgende tekortkomingen tegen.

- Mechanisch; het aantal onderdelen en afdichtingen; 1 basisplaat, 2 ventielhuizen, 4 huis bevestigingsschroeven, 4 O-ringen, 6 pakkingen en 3 banjo bouten. Verder, doordat de meetmembranen met een schroefhuis vastgeklemd werden, was een spannings-/torsievrije montage niet gegarandeerd.
- Regeltechnisch: de regelgevoeligheid van de door de keteldruk gestuurde aanpassing op de gashoeveelheid naar de branders was nogal beperkt/ongevoelig. Resultaat, bij plotseling meer stoombehoefte liep de keteldruk ver terug voordat de branders weer op vol vermogen werkten en bij plotseling minder stoomgebruik liep de keteldruk, doordat de gastoevoer naar de branders niet geheel werd afgesloten, boven de maximale druk van 3 bar op.

Daarom heb ik in mijn nieuwe ontwerp het volgende aangepast:

- Mechanisch, 1 mono blok, waarin alle eerdergenoemde delen zijn geïntegreerd. Elke afdichting geeft kans op lekkage. Dus hoe minder afdichtingen hoe minder kans op lekkage.
- De instel/regeldelen zijn nu als flensdeel met draadeinden M3 op het mono blok bevestigd. De spanningsvrije montage van de membranen is hierdoor verzekerd.

In het nieuwe ontwerp is het aantal O-ringafdichtingen/pakkingen = nul., de gasaansluitingen zijn met vaste kegelkoppelingen gemaakt. De membranen worden nu door flenzen torsie vrij vastgezet. De nieuwe uitvoering met het nieuwe mono blok en de door draadeinden bevestigde flensdelen is goed te zien op Afb. 3.

Regeltechnisch: het oorspronkelijke keteldruk gestuurde rechterdeel, bedoeld om, afhankelijk van de keteldruk, de gasdruk naar de branders te regelen, is in principe mechanisch ongewijzigd gebleven.

Echter in het nieuwe ontwerp is het rechterdeel, aangepast om een andere/snellere regeling mogelijk te maken. In de verdere tekst, wordt de werking van deze nieuwe uitvoering uitgelegd.

Aan de hand van Afb. 1, zal ik de veranderingen, alsmede de invloed op de regelgevoeligheid, nader uitleggen.

Als eerste het **linkerdeel**, het gasdrukreduceerventiel. Dit deel is in principe regeltechnisch ongewijzigd gebleven, maar wel mechanisch aangepast. Het membraan wordt niet meer tussen twee schroefhuizen, maar torsievrij tussen de flenzen van de huizen geklemd.

Vervolgens het **rechterdeel**. Dit deel bestaat uit 3 delen, een keteldruk meetkamer met 2 membranen (nrs 2 en 3), een veiligheidskamer tussen het gas- en keteldruk meetkamer (nrs 1 en 2) en de gasafsluiter (autobandenventiel) onderin in het mono blok. De veiligheidskamer dient ervoor, dat bij een defect aan een membraan geen gas in de ketel of stoom in het gasdeel komt. De werking van het rechterdeel is gebaseerd op het principe van een echte krachtenbalans. De membranen 3 en 2 in de keteldruk meetkamer bepalen de regelgevoeligheid. Het verschil van de door de keteldruk opgewekte kracht tussen membraan 3 en 2 levert de kracht om het gasventiel tegen de ingestelde veerkracht te openen of te sluiten. In de oorspronkelijke uitvoering was de effectieve oppervlakte van de onder keteldruk staande membranen bijna even groot, vandaar een beperkte invloed op de gasdruk naar de branders. Maar, uit mijn berekeningen voor het nieuwe ontwerp, bleek, dat het oppervlak van deze membranen de regelgevoeligheid bepaalde.

Kort samengevat, hoe groter het verschil in oppervlak, hoe hoger de regelgevoeligheid.

In mijn nieuwe ontwerp is de verhouding van het oppervlak van membraan 3 en 2 ruim boven de 2. Dit geeft een regelgevoeligheid, die 2 maal hoger is.

Voor de bereikte resultaten, zie hierna het hoofdstuk meetresultaten.

### **Testen en afstellen van de keteldruk gestuurde vlamregeling.**

De regelaar heb ik getest en afgesteld met een meetbank met vier manometers, Ik heb twee foto's bijgevoegd.

Afb. 4, de functie van de vier manometers op deze foto is:

1e aan de linkerkant, gasdruk, meetbereik 6 bar.

2e branderdruk, meetbereik 1,5 bar

3e, controle waakvlamdruk, meetbereik 4 bar, vandaar de kleine meteruitslag.

4e, keteldruk, meetbereik 4 bar. De keteldruk wordt in dit geval met perslucht van een compressor nagebootst.

Als men goed op de foto kijkt, dan ziet men, dat de waakvlam nog brandt (te zien zijn de zijdelings uitgestoten vlammen van de waakvlam naar de branderbuizen), de manometer voor de hoofdbranders geeft nul bar aan, gastoevoer naar de branders is gesloten.

Afb. 5, totaaloverzicht van de testopstelling, compressor, gasfles, regelaar, meetopstelling en het branderbed met waakvlam.

Eerst heb ik de voordruk van de waakvlam en de branders afgesteld. Mijn eis was een rookloze verbranding. Deze kon ik realiseren met een voordruk van 0,5 bar.

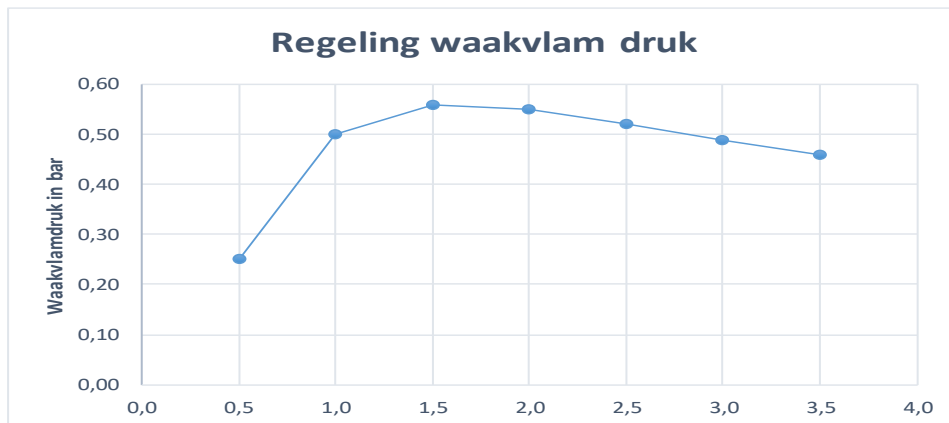
Met behulp van de compressor heb ik de gewenste keteldruk, 2,7 bar, afgesteld.

Door het zodanig nabootsen van de gas- en de keteldruk zijn de meetresultaten verkregen, die in het volgende hoofdstuk, "Meetresultaten" zijn weergegeven.

De nieuwe regeleenheid is gemaakt van aluminium. Wat het gasdeel aangaat verwacht ik geen problemen. Echter, de keteldruk meetkamer is in- en uitwendig, ter bescherming tegen het condensaat van het ketelwater, voorzien van een conserverende blanke lak.

### Meetresultaten:

Gasdruk reduceer deel 1, deze meting geldt zowel voor de oorspronkelijke, als de nieuwe uitvoering.

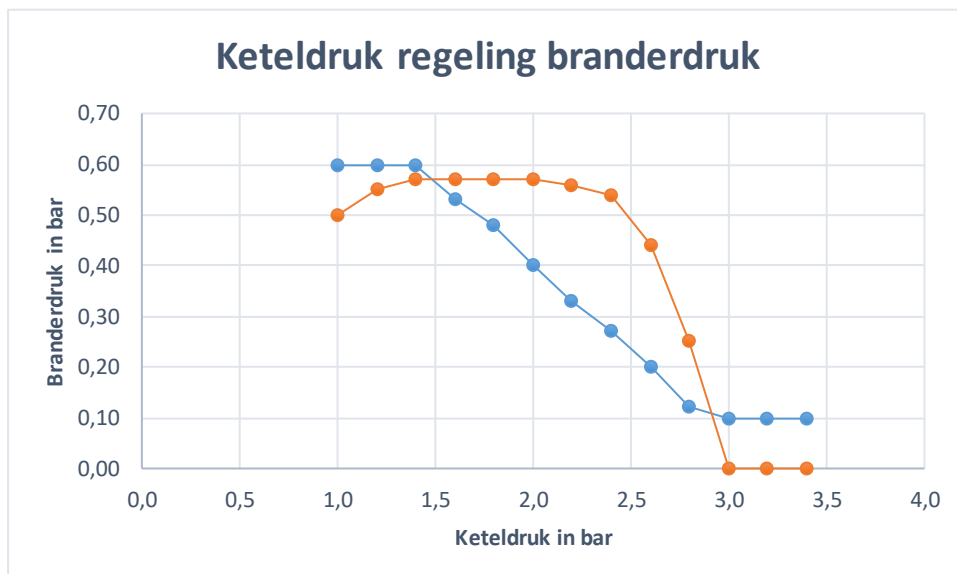


Figuur 1

Wat opvalt aan de meting, is dat de druk van de waakvlam lager wordt bij een hogere voordruk. Conclusie: zelfs de door de gasdruk opgewekte kleine kracht uitgeoefend op de onderzijde van het autobandenventiel heeft toch nog wat invloed op de branderdruk.

Vandaar, dat de reduceerventielen op grote gasflessen een groot membraan hebben, de invloed van de druk op de onderkant van het ventiel wordt dan relatief kleiner.

Keteldruk gestuurde branderregeling, deel 2. In deze grafiek zijn de gegevens van de oorspronkelijke- en de nieuwe uitvoering vermeld. De oorspronkelijke uitvoering is aangegeven met de blauwe lijn, de nieuwe met de rode lijn.



Figuur 2

Conclusie: Uit bovenstaande blijkt, dat de oorspronkelijke vlamregeling eerder begon met het reduceren van de branderdruk naar de branders, maar de toevoer niet geheel afsloot. Bij de nieuwe regeling blijft de branderdruk langer constant en valt vervolgens wel terug naar nul.

Mijn Yarrow ketel heeft een kleine waterinhoud, ca. 180 ml., vandaar dat bij de oorspronkelijke uitvoering er een overdruk ontstond bij STOP van de machine, omdat de branders niet uitgaan. Dit nadeel heeft de nieuw ontworpen keteldruk gestuurde vlamregeling niet. Daarbij is de sturing van de brander bij plotseling meer of minder stoombehoefte veel acceptabeler geworden. Het regelprobleem is hiermede opgelost.

### **Gastank.**

Als brandstof voor de branders wordt gebruik gemaakt van menggas butaan/propaan. Voor de opslag van dit gas heb ik een navulbare gastank uit koperbuis 54 x 1,5mm gemaakt. Daar dit toch een drukvat is, heb ik contact gezocht met de heer P.P. van Mourik, lid van de Veiligheidscommissie van de NVM.

Het vreemde is, dat er wel voorschriften zijn voor miniatuur stoomketels maar dat er geen Nederlandse of Duitse voorschriften zijn voor miniatuur gastankjes. De heer P.P. van Mourik heeft mij daarom geadviseerd om de Engelse richtlijnen te gebruiken. Deze houden onder andere in, dat de gastank een veiligheidsfactor van 1,9 maal de gasdruk van het gas bij 60 graden C. moet hebben. Butaan/propaan heeft bij 60 graden C. een dampdruk van 11 bar, dus de testdruk is 20,9 bar. Het met hardsoldeer solderen van de romp met twee mooie door de firma Sauerbier geleverde ketelbodems en de draadstompen voor de gasafsluiter en de vulnippel was geen probleem. Wat wel een probleem was, was het op testdruk afpersen. Door de hitte van het hardsolderen is het koper door uitgloeien zacht geworden. Indien men nu de tank in één keer onder druk brengt, dan is de kans op het vervormen als een bierton zeer groot. Ik kreeg het advies om met zeer kleine stappen, 0,5 bar, de druk op te voeren en vervolgens te ontlasten. Het koper kan zich nu langzaam tot de oorspronkelijke sterkte harden. Het afpersen heb ik gedaan met een hydraulische handperspomp geschikt tot 10.000 PSI, ongeveer 700 bar, dus ruim voldoende, zie Afb. 6 en 7.

### **Gastank, montage en verwarming.**

Door de beperkte ruimte in het voorschip, kon de gastank niet langer worden dan 125mm. Dit resulteert een inhoud van ca. 200cm<sup>3</sup>, bij een vullingsgraad van 70%.

In mijn proefopstelling, beschreven in de Modelbouwer 2015, nr. 8, gebruik ik een wegwerp gaspatroon van 190 gram. Bij volvermogen, afname van gas, koelde de gaspatroon door het verdampen van het gas zover af, dat de druk terugliep. Eigenlijk moet er dan gesproken worden van "bevriezen". Om bevriezen tegen te gaan moet er dus extra warmte aan de gastank toegevoerd worden. Sommige leveranciers van gastankjes gebruiken de afgewerkte stoom om deze te verwarmen. In mijn geval is dit geen oplossing, daar ik de afgewerkte stoom reeds gebruik voor het opwarmen van het ketelvoedingswater. Een andere oplossing is het gebruiken van de onbenutte warmte in het ketelhuis. In vele laptopcomputers zit een systeem om de warmte van de processor over te brengen naar de koelventilator, een zogenaamde "heat-pipe". Een heat-pipe bestaat in principe uit drie delen, de warmte collector, een warmte transportdeel en het warmteafgifte deel. Het principe van dit systeem heb ik toegepast voor het verwarmen van de gastank. Binnen het ketelhuis heb ik als warmte collector een dikke koperplaat aangebracht met daarop, voor het warmtetransport, twee hardgesoldeerde benen, welke door de isolatie van het ketelhuis naar buiten steken, waarop de gastank steunt, het warmteafgifte deel. De onbenutte warmte uit het ketelhuis dient nu als verwarming van de gastank om bevriezing te voorkomen. Voor de uitvoering zie Afb. 8. Of door de verwarming van de gastank het bevriezen voorkomen wordt, kan alleen tijdens een praktijk test gecontroleerd.

### **Montage van alle onderdelen in het schip.**

Nu, nadat de beschreven aanpassingen zijn uitgevoerd, ben ik verder gegaan met het inbouwen van de autonoom werkende stoominstallatie. Alle machine delen staan op een versterkte machinekamervloer uit aluminium. In de binnenkant van de romp zijn, op de ondersteuning plaatsen van de machinekamervloer, strippen aangebracht met daarin een hardgesoldeerd draadeind M3. Door het gebruiken van strippen wordt het gewicht van de machinekamervloer verdeeld over een groter deel van de scheepswand. Verder, door deze draadeinden M3 is het eenvoudig om de machinekamervloer op hoogte te kunnen afstellen. Daar ik gewerkt heb met de originele werftekeningen kom ik soms tot aparte resultaten. In de werkelijke stoomsleepboot Dockyard, staat de stoommachine hoger dan de ketel. Zo ook in mijn schip. Gelukkig heeft dit weinig consequenties, omdat ik de stoommachine met de voedingspomp op een separaat hulpchassis heb gebouwd, zie Afb. 9. Ook dit hulpchassis is door middel van vooraf gemonteerde draadeinden M3 eenvoudig in hoogte afstelbaar en op de schroefas uit te lijnen.

### **Opmerking.**

Nog één belangrijke opmerking over het monteren van de machine delen op de aluminium machine kamervloer. Een stoominstallatie is aan onderhoud onderhevig en moet daarom eenvoudig gedemonteerd kunnen worden. Alle draadeinden en moeren zijn van messing. Ter voorkoming van vreten zijn in de aluminium ketelvloer messing klinkmoeren gebruikt.

### **Praktijk test.**

Ter afsluiting van het machine deel van het project, gestart in 2013, zie de Modelbouwer nr 8(2013) en ook het tot op heden laatste artikel "Bouw van stoomsleepboot Dockyard V" in de Modelbouwer nr 6(2016), heb ik de gehele stoominstallatie onder stoom getest.

Na het verhelpen van lekkende koppelingen en repareren van een gebroken kabel van de niveaubewaking ben ik verder gegaan met het onder stoom testen.

Wat mij vooral opviel, was de regelnauwkeurigheid van de nieuw ontworpen keteldruk gestuurd vlamregeling. Zelfs bij stilstaande machine bleef de keteldruk door het afsluiten van gas naar de hoofdbranders constant op 3 bar.

Maar, door de grotere regelgevoeligheid en de daarbij behorende hogere inwendige drukken in de regelaar, werd het onderste membraan in het keteldruk gestuurde deel eruit geblazen. Nu bleek het nut van de veiligheidskamer tussen het gas- en stoomdeel. Het gas stroomde duidelijk waarneembaar/reukbaar naar buiten.

Opnieuw monteren van dit deel, was geen optie, daar een draadeind M3 uit het aluminiumonderhuis was getrokken. Nadat ik messingdraadbussen M4/M3 in dit deel had aangebracht en de regelaar weer had afgesteld ben ik verder gegaan met het testen.

Het volgende probleem was de verwarming van de gastank. De warmteoverdracht vanuit de ketel was zo effectief, dat de temperatuur van de gastank opliep van 25°C naar meer dan 55°C.

Dit laatste heb ik verholpen door het warmte opnemend oppervlak binnen in het ketelhuis met de helft te verkleinen. Zelfs bij dit kleinere oppervlak (minder warmteoverdracht!), liep de gastank temperatuur ten opzichte van de omgevingstemperatuur met meer dan 5°C op.

Pas na het onder stoom proefvaren van de stoomsleepboot zal ik bekijken of de warmteoverdracht van de ketel naar de gastank nog verder aangepast moet worden.

### **Vervolg.**

Nu de machine installatie werkt en de scheepsrump in messing gereed is, ga ik verder met het maken van de voorstuwing.

Op de tekening NVM 16.14.045 zijn de bouwnummers 225 en 226 van de stoomsleepboot Dockyard te zien. Zie nogmaals mijn artikel in de Modelbouwer nr 6(2016) over de bouw van de scheepsrump.

Een ervaren modelbouwer gaf mij aan, dat ik met de op de tekening toegepaste roer/schroefverhouding nooit in een vaarbak kon rondvaren. Hij raadde mij aan om een draaibare straalbuis om de schroef te gebruiken. Over het algemeen ben ik blij met een advies, maar deze keer? Toch heb ik het verkregen advies verder uitgezocht. In Rotterdam bij het Maritiem Museum, in de Leuvenhaven ligt een Dockyard. Ik heb contact gezocht met de bibliotheek beheerder van het Maritiem Museum en mocht op een vrijdagmiddag de originele microfiches van de tekeningen van de bouwer, RDM Rotterdam inzien.

Wat bleek nu? Bouwnummer 227, RDM-tekening 6092 heeft wel een schroef met straalbuis. Zie Afb. 10. Probleempje was wel, dat de achter kant van het schip langer moest worden. Dat vraagt om aanpassingen, bijv. komt de schroef verder naar achteren. Zie Afb. 11. Op Afb. 12 ziet U dat er twee randen zijn, de buitenste voor de verlenging van de achtersteven. Verder is op Afb. 13 de straalbuis provisorisch gemonteerd om U een indruk te geven van hoe het gaat worden. *(De laatste 3 foto's zijn gemaakt door stoomredacteur Hans Papenhuijzen tijdens zijn bezoek aan huize Valkhof begin augustus 2016, redactie)*

Tenslotte, uitgerekend de door mij te bouwen stoomsleepboot, bouwnummer 227, is als Dockyard V bekend.

Op Afb. 10, de RDM-tekening 6092 van het bouwnummer 227, staat echter rechts bovenaan heel duidelijk Dockyard III. Maar volgens de gegevens uit het RDM-archief, zie: [www.rdm-archief/RDM-DY/RDM-DY-05B](http://www.rdm-archief/RDM-DY/RDM-DY-05B), wordt aangegeven, dat bouwnummer 227 bekend is als Dockyard V. De Dockyard III is gebouwd als bouwnummer 228. De huidige Dockyard V, eigenlijk Dockyard V (2), is het schip, dat na een luchtaanval op 12 juli 1941 gezonken is. Na de oorlog is zij in 1946 gelicht, hersteld en in april 1947 in dienst van de RDM gesteld.

De huidige Dockyard III is bekend onder de naam "Gebr. Bever" en ligt in Dordrecht. Voor meer informatie over dit schip, zie: [www.rdm-archief/RDM-DY/RDM-DY-03C](http://www.rdm-archief/RDM-DY/RDM-DY-03C).