

VAN DE GIESSEN STRAALBUIZEN

SCHEEPSWERF VAN DE GIESSEN, HARDINXVELD GIESSEN-DAM, HEEFT IN HAAR 125 JARIG BESTAAN BIJ DE BOUW VAN KLEINE RONDSPANTSCHEPEN EEN GROTE KENNIS OP GEBIED VAN DRUKKEN VAN DUBBELZIJDIG GEKROMDE PLATEN OPGEBOUWD. IN 1980 IS BESLOTEN DEZE KENNIS OOK VOOR DE BOUW VAN STRAALBUIZEN TE GAAN GEBRUIKEN. DIT BLEEK SUCCESVOL, MET ALS GEVOLG DAT VAN DE GIESSEN ZICH STEEDS MEER TOT STRAALBUIS BOUWER IS GAAN SPECIALISEREN.

*Ir. J.L. Gelling
Scheepswerf Van de Giessen BV
Hardinxveld Giessendam*

INLEIDING

Bouwmethoden werden ontwikkeld die het mogelijk maakten nagenoeg alle constructie delen 'in positie' automatisch onder poederdek op een manipulator te lassen, zonder daarbij spleet (of slot) lassen toe te passen. Ondertussen vormt de bouw van straalbuizen al een aantal jaren de hoofdactiviteit van Scheepswerf van de Giessen, in totaal zijn ongeveer 1500 straalbuizen geleverd, variërend in binnendiameter van 60 centimeter tot 5 meter.

Naast specialisatie op gebied van constructie van straalbuizen, is de laatste jaren ook aan ontwikkeling van een nieuw type straalbuis, de 'Wing' nozzle, en opbouw van theoretische kennis op gebied van straalbuizen en voortstuwing in het algemeen aandacht besteed.

In dit artikel zal achtereenvolgens worden ingegaan op de werking van straalbuizen, op de constructie van straalbuizen en op trillingsanalyse van straalbuizen.

WERKING VAN STRAALBUIZEN

Stuwkracht wordt opgewekt doordat het water dat door de schroef stroomt (de 'slipstream'), wordt versneld. De grootte van de stuwkracht is evenredig met de hoeveelheid water die per tijdseenheid door de schroef stroomt (de 'massastroom') en met het snelheidsverschil van de slipstream, ver vóór en na de schroef (de 'verschilsnelheid'). De energie die het kost om de stuwkracht op te wekken is ook evenredig met de massastroom, maar kwadratisch met de verschilsnelheid. Bij constante stuwkracht en snelheid geldt dus dat bij toenemende massastroom, de benodigde verschilsnelheid

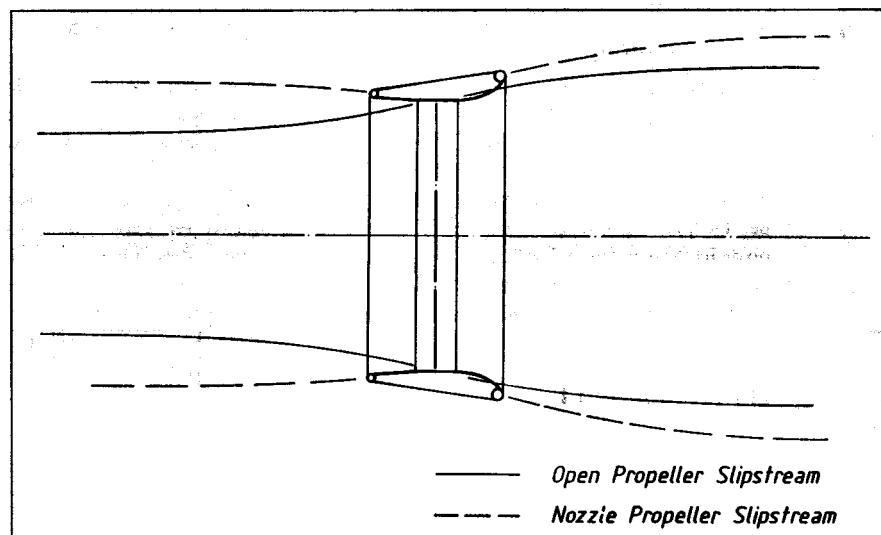


Fig. 1. *Vergelijking schroefstralen open schroef en straalbuis.*

(omgekeerd evenredig met de massastroom toename) kleiner wordt, waardoor de benodigde energie kleiner wordt. Met andere woorden, bij toenemende massastroom stijgt het rendement van de voortstuwing.

Hieruit volgt de algemene regel dat een grotere schroef (grotere massastroom), een hoger rendement heeft dan een kleinere schroef (bij dezelfde stuwkracht en indien het toerental mag worden aangepast aan de schroefdiameter).

De schroefdiameter kan in de praktijk echter niet vrij worden gekozen, naar boven toe moet rekening worden gehouden met de vrijslagen ten opzichte van de romp en naar beneden toe is de kiellijn een beperking.

Een andere manier om de massastroom door de schroef te vergroten en de verschilsnelheid te verkleinen is het toepassen van een straalbuis. Deze knijpt de schroefstraal ter plaatse van de schroef als

het ware samen. De schroefstraalvormen van een schroef met en een schroef zonder straalbuis zijn schematisch weergegeven in figuur 1.

Bij hogere snelheid neemt de werking van een straalbuis af, terwijl de wrijvingsweerstand dan juist toeneemt. Hierdoor worden conventionele straalbuizen voornamelijk toegepast in gevallen dat grote stuwkracht bij relatief lage snelheid moeten worden geleverd, bijvoorbeeld op sleepboten en visserijvaartuigen.

STRAALBUISTYPEN

De bekendste straalbuizen zijn de typen 19A en 37.

Een nieuwe ontwikkeling, die het toepassingsgebied van straalbuizen uitbreidt naar snellere, vrijvarende schepen, is de 'Wing' nozzle.

In figuur 2 zijn de profieldoorsneden van de 19A, de 37 en de 'Wing' nozzle weer-

gegeven, voor gelijke schroefdiameter. Onderstaand worden enige achtergronden van deze drie straalbuistypen gegeven.

Straalbuis 19A

Dit zeer bekende straalbuisontwerp is het resultaat van een systematisch onderzoek dat in de jaren vijftig door het N.S.M.B. (het huidige Marin), in Wageningen is uitgevoerd, zie [1]. De 19A straalbuis combineert uitstekende paaltrek met redelijke vrijvarende eigenschappen.

Straalbuis 37

Ook dit straalbuisontwerp is afkomstig van het N.S.M.B. (Marin), zie [2]. Straalbuis type 37 is bedoeld voor schepen die bij lage snelheid naast een grote stuwkracht vooruit, ook grote stuwkracht achteruit moeten leveren. Vrijvarend voldoet deze buis echter minder goed dan type 19A.

De 'Wing' nozzle

De 'Wing' nozzle is een verdere ontwikkeling van de G&G Flapped Nozzle, een straalbuistype waarvan reeds enkele jaren een aantal met succes op coasters en mosselkotters in de vaart is, zie [3]. Uit proeftochtmetingen op drie coasters bleek de rendementsverbetering ongeveer 8 procent te bedragen ten opzichte van zusterschepen met open schroef.

Aan de hand van praktijkervaringen met de Flapped Nozzles zijn met behulp van een werveltheorie straalbuisprogramma nieuwe ontwerpen gemaakt die zijn beproefd bij het Marin. Na analyse van de

Fig. 2. Profielvormen 19A, 37 en 'Wing'-nozzle.

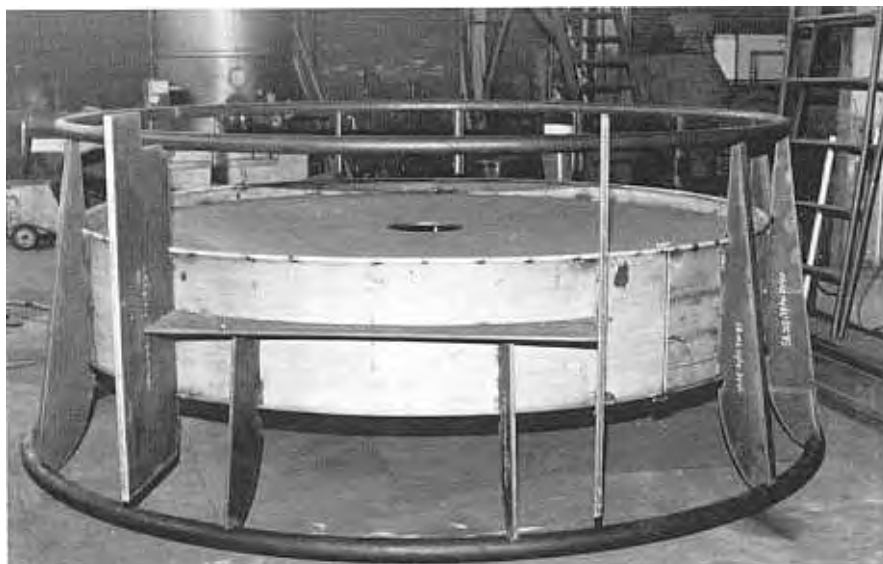
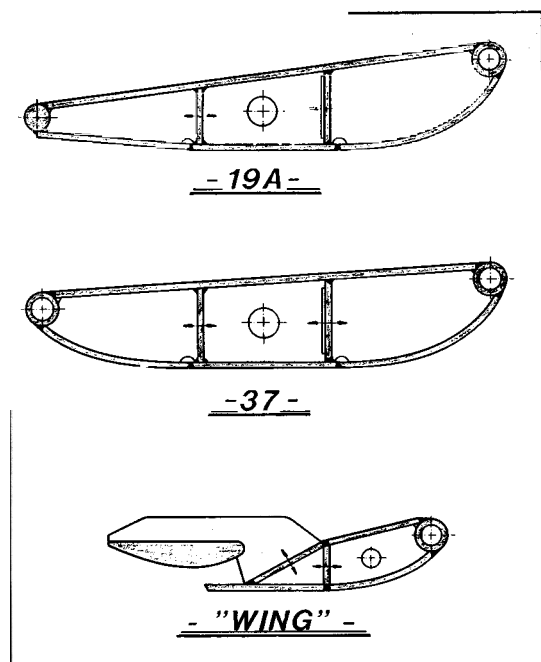


Fig. 3. Bouwstadium tot en met aanbrengen rond in intree- en uittreezijde. (Foto Van der Kloet, Sliedrecht).

resultaten is het uiteindelijke ontwerp gemaakt, de 'Wing' nozzle.

Ten opzichte van de Flapped Nozzle is het profiel van de 'Wing' nozzle iets langer en dikker, waardoor de buis ook wat betreft stijfheid en sterkte veel is verbeterd. Om de verwachte betere prestatie van het nieuwe concept ook in de praktijk te testen zijn 'Wing' nozzles op een serie schepen toegepast. Doordat sommige zusterschepen met open schroeven en sommige met Flapped Nozzles waren uitgerust, kon een goed vergelijk op volle schaal worden gemaakt. Duidelijk bleek hieruit het superieure gedrag van de 'Wing' nozzle, niet alleen op gebied van rendement, maar ook op gebied van geluid en trillingen.

Het hoge rendement van de 'Wing' nozzle is het gevolg van de speciale profielvorm in combinatie met de korte lengte. De toegepaste spleet voorkomt stromingsloslating in het uittree gedeelte, waardoor een grotere uitstroomhoek kan worden toegepast, die rendementsverhoging tot gevolg heeft.

De korte lengte verlaagt de wrijvingsweerstand, waardoor de straalbuis ook bij relatief hoge snelheid, bijvoorbeeld vrijvarende schepen, nog een rendementsverbetering geeft. Hiermee heeft de 'Wing' nozzle het toepassingsgebied van straalbuizen uitgebreid naar coasters en visserij en baggervaartuigen waarvan de vrijvarende snelheid belangrijk is.

Ook is de 'Wing' nozzle door de korte lengte beter in het schroefraam onder te brengen en is het effect op de stuuereigenschappen als gevolg van schegwerking minder dan bij een conventionele straalbuis.

CONSTRUCTIE VAN STRAALBUIZEN

In de profieldoorsneden, figuur 2, zijn ook de belangrijkste constructiedelen van een straalbuis getekend. Onderstaand wordt enige uitleg gegeven over de constructie van een 19A straalbuis, zoals deze door Van de Giessen wordt gebouwd.

De volgende constructie delen zijn te onderscheiden:

Binnenzijde: trompetvormige intree, cilindrische binnenring en conusvormige uittree.

Buitenzijde: conusvormige buitenmantel.

Binnenwerk: massief rond of dikwandige pijp in intree en uittreezijde; ribben voor langsverstijving en segmenten voor dwarsverstijving.

De bouw van een straalbuis is onder te verdelen in de volgende stappen:

1. Uitgangspunt: de spanschijf, een nauwkeurig ronde schijf (voor grote straalbuizen twee), met een diameter die één procent groter is dan de schroefdiameter. De spanschijf vervult twee functies: hij zorgt dat de buis op millimeters nauwkeurig 'rond' wordt en maakt in-klemming in de lasmanipulator mogelijk.
2. De cilindrische binnenring wordt bevestigd aan de spanschijf.
3. De ribben worden aangebracht op de binnenring.
4. Het rond in intree en uittreezijde wordt aangebracht op de ribben. In figuur 3 is dit bouwstadium weergegeven, waarbij spanschijf, binnenring, ribben en rond in intree en uittreezijde te onderscheiden zijn.

5. De achterste segmenten worden aangebracht.

6. De buitenmantel wordt aangebracht op de ribben, de achterste segmenten en het rond in intree en uitreezijde. Figuur 4 geeft dit bouwstadium weer van een straalbuis die, in verband met diepgangsbepijking, aan de onderzijde is afgeplat.

7. De voorste segmenten worden aangebracht.

8. De intree trompetstukken en uitree delen worden aangebracht, zie figuur 5.

9. De straalbuis wordt automatisch onder poederdek op een lasmanipulator afgelast, zie figuur 6.

Door deze bouwvolgorde is het mogelijk nagenoeg alle constructie delen 'in positie' af te lassen.

MATERIAALKEUZE

Voor de constructie van straalbuizen worden alleen gecertificeerde materialen gebruikt. De meest voorkomende zijn staal 42 grade A, B of hoger en roestvrijstaal 316 L (1.4404).

Een straalbuis wordt op de binnenmantel blootgesteld aan een agressief milieu. Om deze reden wordt in veel gevallen niet alleen de cilindrische binnenring, maar de gehele binnenmantel in roestvrijstaal uitgevoerd. In het verleden heeft de overgang van staal naar r. v. s. wel enige problemen gegeven, maar deze zijn reeds een aantal jaren geleden opgelost door toepassing van 'gebufferde' lassen. Hierbij wordt een lasverbinding vanuit het roestvrijstaal opgebouwd uit lagen, waarbij voor elke laag een ander type elektrode wordt gebruikt, verlopend van roestvrijstaal naar staal.

OPHANGING

Een straalbuis wordt aan het schip bevestigd door middel van een headbox, een rechthoekige of druppelvormige constructie aan de bovenkant van de straalbuis. Soms wordt een straalbuis tevens aan een hak, of met een strut aan de scheg bevestigd. In figuur 7 is een voorbeeld te zien van bevestiging door middel van een headbox in combinatie met een zijstrut naar de scheg.

EIGENFREQUENTIE ANALYSE

De grootste bedreiging voor een straalbuis vormen eigenfrequentie trillingen. Indien een van de straalbuis eigenfrequenties dicht in de buurt van een exciterende frequentie ligt, kan resonantie optreden. Naast onaangename trillingen die door straalbuis resonantie in het schip ontstaan, zal uiteindelijk de straalbuisconstructie scheuren. De voornaamste exciterende frequenties zijn:

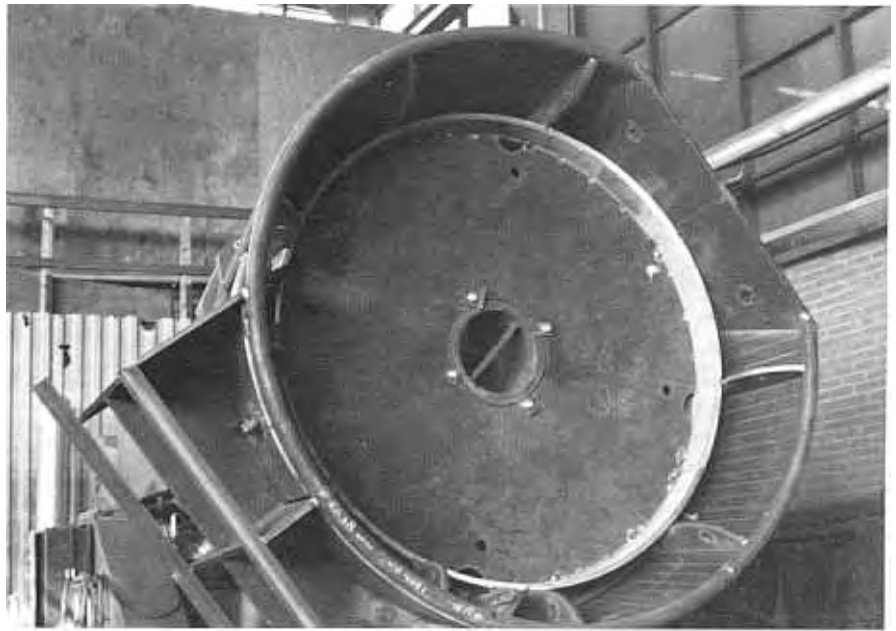


Fig. 4. Bouwstadium tot en met aanbrengen buitenmantel. (Foto Van der Kloet, Sliedrecht).

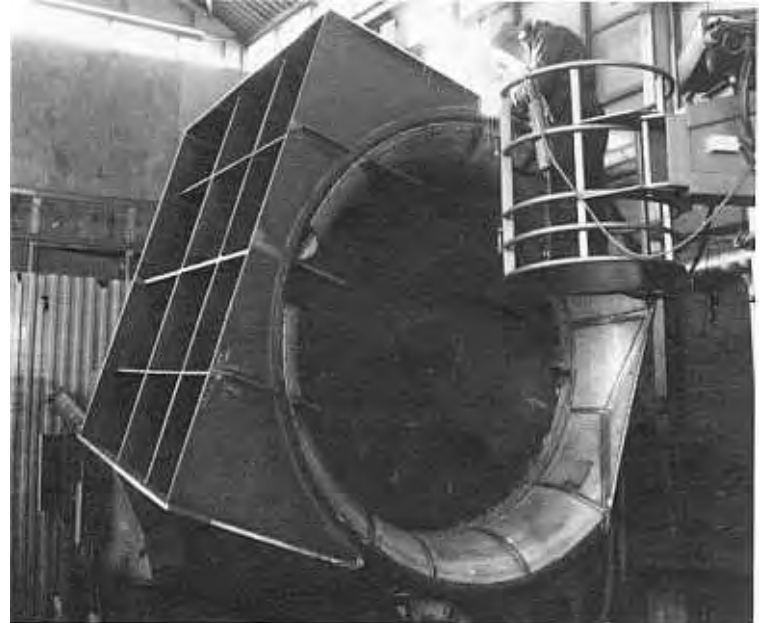


Fig. 5. Aanbrengen trompetstukken voorzijde. (Foto Van der Kloet, Sliedrecht).



Fig. 6. Automatisch aflassen onder poederdek op lasmanipulator. (Foto Van der Kloet, Sliedrecht).

Bladfrequentie: in deze frequentie passeert een bij een schroefblad behorend drukveld.

Von Karman frequentie: dit is de frequentie van een stroming geïnduceerd wervelsysteem dat aan de achterkant van de straalbuis ontstaat. Een voorbeeld hiervan in lucht is het 'wapperen' van een vlag achter een stok, onder invloed van het wervelsysteem dat ontstaat aan de achterkant van de stok.

Zelfs als de exciterende kracht relatief klein is, bestaat gevaar voor resonantie indien de marge tussen exciterende frequentie en eigenfrequentie klein is. Een voldoende grote marge op zich is nog niet voldoende, ook moet bij volle scheepssnelheid de laagste eigenfrequentie van de straalbuis boven de blad- en Von Karman frequenties liggen. Indien dit niet het geval is, zal bij afnemende snelheid (afnemende blad- en Von Karman frequentie) immers weer resonantie gevaar ontstaan.

Teneinde trillingsproblemen te voorkomen, wordt bij Van de Giessen het constructie ontwerp grotendeels bepaald door eindige elementen eigenfrequentie berekeningen. In figuur 8 is als voorbeeld de uitvoer van een dergelijke berekening weergegeven.

De eindige elementen berekeningsmethode heeft ten opzichte van ook wel toegepaste analytische methoden een aantal voordelen:

- de profieldoorsnede van de straalbuis kan variëren in stijfheid en massa, zodat ook straalbuizen met bijvoorbeeld een zoolplaat, of plaatselijk zwaardere constructie (overgang naar headbox) kunnen worden doorgerekend;
- de invloed van struts met eindige stijfheid kan worden bepaald;
- rekening kan worden gehouden met de stijfheid van de scheepsconstructie (headbox en hakstijfheden);
- invloed van toegevoegde massa (meegenomen water) kan nauwkeurig worden berekend.

Deze berekeningsmethode is getoetst aan schaalmodel en volle schaal metingen in lucht en in water en bleek zeer nauwkeurig.

CONCLUSIES

Samenvattend kan het volgende worden geconcludeerd:

Terugkoppeling van praktijkervaringen met de 1500 gebouwde straalbuizen, hebben een doorgaand proces van produktverbetering tot gevolg gehad. Hierdoor hebben Van de Giessen straalbuizen

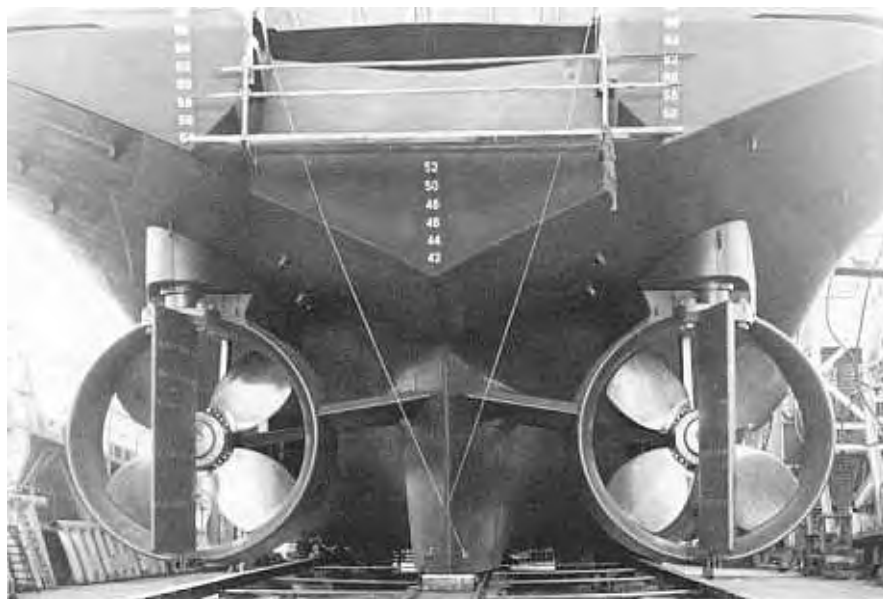


Fig. 7. Straalbuisophanging door middel van headbox en zijstrut. (Foto Van der Kloet, Slie-drecht).

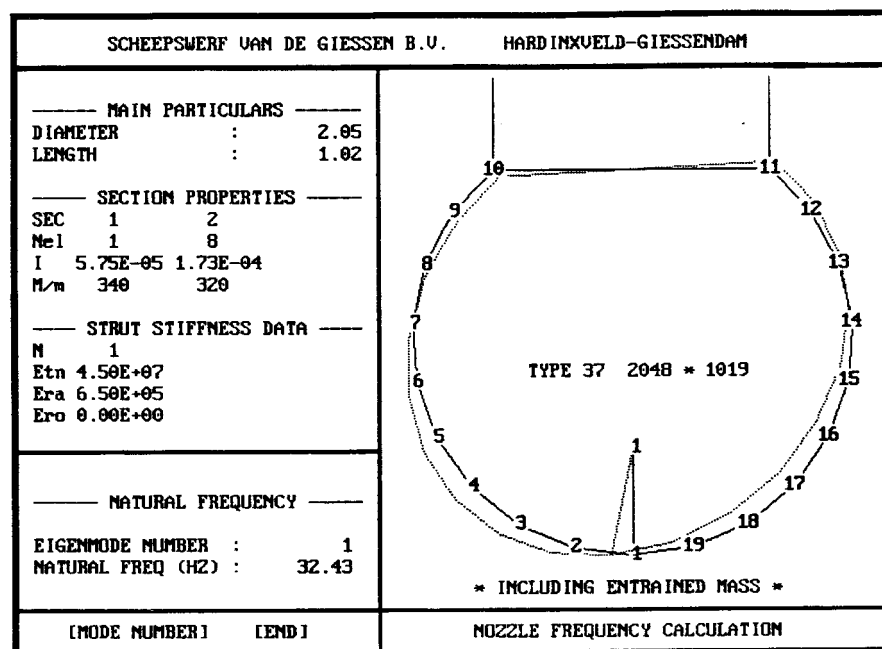


Fig. 8. Voorbeeld uitvoering van een eindige-elementen straalbuis-eigenfrequentieberekening.

een zeer hoog betrouwbaarheidsniveau bereikt.

Naast ontwikkelingen in de constructie van straalbuizen, zijn ook op meer theoretisch gebied grote vorderingen gemaakt, met name wat betreft eigenfrequentie en rendementsberekeningen.

De 'Wing' nozzle, een nieuw type straalbuis dat is ontworpen ter verbetering van het vrijvarend rendement, heeft het toepassingsgebied van straalbuizen uitgebreid naar scheepstypen die tot voor kort zelden voor straalbuizen in aanmerking kwamen, zoals coasters en visserij- en baggervaartuigen waarvoor de vrijvarende snelheid belangrijk is. □

REFERENTIES

1. Van Manen, J.D.
'Open Water test series with propellers in nozzles'; Jahrbuch S.T.G., 1953
2. Van Manen, J.D.
'Recent research on propellers in nozzles'; International Shipbuilding Progress, Vol. 4, no. 36, 1957
3. Van Gunsteren, L.A. en Gelling, J.L.
'G&G Flapped Nozzles: past and current developments'; Scandinavian and European Shipping Review, Winter 1991.