



TECHNISCHE HOGESCHOOL DELFT

VLIEGTUIGBOUWKUNDE

Rapport VTH-15a
(tunnelrapport C3)

Omschrijving van het nieuwe laboratorium voor
toegepaste aerodynamica van de sub-af-
deling der Vliegtuigbouwkunde der
Technische Hogeschool

door:

ir. H. Wittenberg
ir. G.J. Spies

Delft - Nederland

Maart 1949

Rapport 15a
(Tunnelrapport C 3)

Omschrijving van het nieuwe laboratorium voor toegepaste
aerodynamica van de sub-afdeling vliegtuigbouwkunde der
Technische Hogeschool.

Inhoud

- 0 Algemeen
- 00 Inleiding.
- 01 Geluidsisolatie.

- 1 Het omloopkanaal.
- 10 De strekking van de gegevens op tekeningen LTT-5
- 11 Metalen delen.
- 12 Belasting van het kanaal.
- 13. De inwendige afwerking van het kanaal.
- 14 De toegankelijkheid van het omloopkanaal.
- 15. De ijzeren ring om de ventilator.
- 16 De hoekschoepen.
- 17 De gazenkamer
- 18 De verlichting van het kanaal.
- 19 De aansluiting der waterleiding.

- 2 Het gebouw.
- 20 De strekking van de gegevens op tekening LTT-4
- 21 Toelichting op tabel 1.

Oorspronkelijk gepubliceerd als 10a(A4) in December 1948.
Gewijzigd: Maart 1949.

Hiermee vervalt de oorspronkelijke versie.

00. Inleiding.

Dit overzicht geeft de op aerodynamische overwegingen gebaseerde vorm van het windtunnelkanaal (tekening LTT 5) met enige algemene wensen en aanwijzingen voor de uitvoering daarvan. Daarnaast is een tabel toegevoegd welke een overzicht geeft van de oppervlakken van de benodigde ruimten in het bijbehorend gebouw. Deze tabel wordt, waar nodig, toegelicht. Tenslotte geeft tekening LTT-4 een uitbeelding van de wensen der afdeling.

01. Geluidsisolatie.

Isolatie tegen geluid en mechanische trillingen is van het grootste belang.

In verband met de omliggende hogeschool-gebouwen moet getracht worden de intensiteit van 't geluid buiten het tunnelgebouw zoveel mogelijk te beperken. Daarnaast is het geluid in het tunnelgebouw voor de betrokkenen zeer hinderlijk, terwijl trillingen in het gebouw een funeste invloed uitoefenen op de metingen.

Geluids- en trillingsbronnen zijn:

- a. de lucht in het kanaal
- b. het schroefaggregaat
- c. de aandrijvende motor
- d. het omvormer aggregaat (speciaal de ventilatie hiervan)

In verband hiermede wordt aanbevolen :

- 1e. de fundatie van de tunnel geheel afzonderlijk te houden van het gebouw en de verbindingen tussen tunnel en gebouw zodanig te maken, dat geen trillingen kunnen worden overgedragen.
- 2e. de motorkamer als een geheel te beschouwen met het kanaal, dus ook de motorkamer los van het gebouw.
- 3e. de Ward Leonard generator zodanig op te stellen, dat noch mechanische trillingen, noch geluid buiten de machinekamer voortgeplant worden.
- 4e. bijzondere zorg te besteden aan de vorm van de ventilatiekanalen van motor en generator.
- 5e. de tunnel zó te plaatsen, dat de motor- en generator kamers

zover mogelijk van de overige gebouwen verwijderd zijn.

1. Het omlcopkanaal.

10 De strekking van de gegevens op tekening LTT-5

De afmetingen van het kanaal zijn bepaald op grond van aerodynamische overwegingen.

Hoewel binnenkort een modelonderzoek ingesteld zal worden om het ontwerp te controleren, is het niet waarschijnlijk dat belangrijke wijzigingen aangebracht zullen worden.

Slechts de straal van de uitstroomtuit tussen doorsnede XII en XIIA, de plaats van de aansluiting van het stalen tuitdeel (eveneens tussen XII en XIIA), alsmede de afmetingen van de motorkamer dragen een min of meer provisorisch karakter.

Ook hier echter zullen eventuele wijzigingen van ondergeschikt belang zijn.

11 Metalen delen.

De metalen delen van het kanaal, voor zover dat betreft de onderdelen van het ventilatoraggregaat, de hoekschoepen, het stalen tuitdeel en diffusordeel, de gazen en de luiken zullen afzonderlijk besteld worden bij een constructie-werkplaats. De desbetreffende constructietekeningen zullen te zijner tijd gecoördineerd moeten worden met de bouwtekeningen van het geheel.

12 Belasting van het kanaal.

Behalve de belasting door het eigen gewicht en door de stalen delen in het kanaal (b.v. de hoekschoepen, waarvan de gewichten onder punt 16 genoemd zijn), wordt het kanaal ook belast door de overdruk, welke in het kanaal heerst.

Het kanaal dient berekend te worden op een optredende overdruk van 350 kg/m^2 over het gehele kanaal.

Aangezien scheuren in het kanaal aanleiding zullen geven tot betonstof in de luchtstroom, hetgeen funest is voor gazen, modellen en instrumenten, dient tegen dit euvel streng gewaakt te worden.

13 De inwendige afwerking van het kanaal.

Verondersteld wordt, dat het inwendige kanaal met een

nauwkeurigheid van 1 cm kan worden vervaardigd.
Om stofvorming tegen te gaan moet de wand bekleed worden, b.v. met mastiek. Deze laag moet echter bij hogere temperaturen (de lucht temperatuur in het kanaal kan 45^oC bedragen) voldoende hard blijven. Ook dient de bekleding bestand te zijn tegen enige mechanische belasting van werklieden met ladders e.d.

14 De toegankelijkheid van het omloopkanaal.

- a. het moet mogelijk zijn tijdens de bouw en ook later de verschillende delen (hoekschoepen, ventilatordelen e.d.) in de tunnel te brengen.
- b. het omloopkanaal moet na de bouw toegankelijk zijn voor herstellingen en reinigingswerkzaamheden.
De verschillende luiken en deuren, dienende voor deze beide doeleinden zijn op tekening LTT-5 aangegeven.
- c. er moet voor worden zorgge dragen, dat de stroming in de tunnel onderzocht kan worden. Hiertoe dienen in een aantal doorsneden meetopeningen in de tunnelwand te worden aangebracht. Deze openingen worden in de verticale tunneldelen tevens gebruikt als steunpunten voor werkvloeren bij eventuele werkzaamheden in de tunnel. De onderlinge afstand van deze meetgaten, de plaats der doorsneden, de diameter en de constructie zullen nog nader bepaald worden.

15 De ijzeren ring om de ventilator.

Met het oog op de nauwkeurigheid van de afmetingen der ronde doorsnede is het nodig om de ventilator een ijzeren ring aan te brengen. De constructie en uitvoering hiervan geschiedt door het onder punt 11 vermelde constructiebureau.

16 De hoekschoepen.

Het gewicht van de verschillende schoepenrijen is volgens een voorlopige schatting:

schoepenrij	A	1100 kg
"	B	1650 "
"	C	5700 "
"	D	7000 "

De constructie van deze schoepen geschiedt weer door het

onder punt 11 bedoelde bureau.

De afschuiningskanten in de eerste bochten worden onderbroken ter plaatse van de schoepen teneinde de montage te vereenvoudigen. Naderhand kunnen hier vulstukken aangebracht worden.

17. De gazenkamer.

De gazen kunnen via rails naar buiten geschoven worden.

(constructie door het onder punt 11 bedoelde bureau)

Hierdoor wordt een der kanaalwanden (S B in stromingsrichting) over de gehele hoogte onderbroken.

18. De verlichting van het kanaal.

In het kanaal dienen een aantal lichtpunten te worden aangebracht voor algemene verlichting. Voorts moet een aantal stopcontacten aanwezig zijn (voor looplampen e.d.). Deze lichtpunten en stopcontacten mogen geen oneffenheden in de kanaalwand veroorzaken. Vooral bij de eerste gazen, welke regelmatig schoongemaakt moeten worden, dient goede verlichting aanwezig te zijn. Gezien de onaangename ervaringen van het N.L.L. wordt afgeraden de leidingen in de tunnelwand te leggen in buizen, welke in het kanaal gestort zijn. Beter lijkt het de leidingen buiten op de tunnelwand aan te brengen en daarbij dan zgn. "marinekabel" toe te passen,

19. Aansluiting waterleiding.

In verband met reinigingswerkzaamheden is het gewenst in het onderkanaal een waterleidingaansluiting en een waterafvoer aan te leggen.

2. Het gebouw.

20. De strekking van de gegevens op tekening LTT-4 en tabel 1.

De tekening LTT-4 (met wijziging a, d.d. 22 Maart 1949) heeft een zuiver orienterend karakter. Zij heeft niet de pretentie bouwkundig verantwoord te zijn.

Tabel I geeft de ruimten aan, welke voor een goed functioneren van het tunnelbedrijf noodzakelijk worden geacht.

21. Toelichting op de in tabel 1 vermeldden ruimten.

ad 1. Het is gewenst, dat aan beide zijden van de meetplaats voldoende ruimte is voor het opstellen van de meetapparatuur, en voor het manoeuvreren met en opstellen van meetwagens, modelopstellingen e.d. De opstellingsruimte moet liefst afgescheiden kunnen worden van de meetruimte.

Teneinde een intensief gebruik van de tunnel mogelijk te maken is het de bedoeling, dat in de meetruimte tegelijkertijd verschillende opstellingen klaar staan welke beurtelings in de tunnelstraat geplaatst worden. Weliswaar vraagt dit vrij veel ruimte op de eerste verdieping, doch het maakt een continu bedrijf van de tunnel mogelijk. In de omgeving van de meetplaats zullen in verband met bovenstaande enige rail- en hijsconstructies dienen te worden aangebracht; deze worden nog nader bezien. In de meetruimte dient ook een vrije wand aanwezig te zijn van 3 m. hoog en 2 m. breed om een vaste multimanometer te kunnen plaatsen. Voor deze wand dient voldoende ruimte te zijn om foto's te kunnen nemen van de manometer.

ad 2. In verband met de hoogte van het meetsysteem en de noodzaak ook van bovenaf het meetsysteem te kunnen bereiken is een extra verdieping boven de meetplaatsruimte noodzakelijk. Overwogen wordt nog in hoeverre het mogelijk is deze tweede verdieping tevens als opstelruimte te gebruiken. Overigens is deze ruimte geschikt voor het opbergen van grote proefstukken, zoals diffusoren en trechters.

- ad 3. Hoewel de vervaardiging van de modellen in de bij de sub-afdeling behorende werkplaatsen zal geschieden is een montagekamer gewenst met het oog op het verrichten van montagewerkzaamheden, het aanbrengen van kleine wijzigingen aan modellen en apparatuur en het veranderen van kleine beschadigingen tijdens de proeven. Slechts op deze wijze kan een zonder onnodig oponthoud verloopend tunnelbedrijf verkregen worden. Een directe verbinding tussen montagekamer en meetvloer door middel van een tweede trap is in dit verband zeer gewenst.
- ad 4. Het is een vereiste, dat de gewoonlijk zeer kostbare modellen behoorlijk opgeborgen kunnen worden wanneer ze buiten gebruik zijn. Hiertoe is een bergplaats nodig, welke op een beschutte plaats moet zijn gelegen, dus b.v. op de begane grond onder de gazenkamer of in het sousterrain (mits dit niet vochtig is). Temperatuur en vochtigheid dienen in deze ruimte binnen zekere grenzen constant te zijn. Indien dat noodzakelijk blijkt moet later een regelapparatuur voor vochtigheid en/of temperatuur aangebracht kunnen worden. De bergplaats is in tabel 1 in twee delen gesplitst: een kleine bergplaats voor zaken die dikwijls nodig zijn en een grotere voor minder vaak gebruikte artikelen; de eerste bergplaats moet dan liefst gunstig gelegen zijn t.o.v. de meetplaats en experimenteerhal. Ook de bijzondere houtsoorten, welke voor de vervaardiging van de modellen gebruikt worden, kunnen in deze bergplaatsen worden bewaard.
- ad 5. Om tijdens het uitvoeren van proeven even te kunnen overleggen is een kleine, geïsoleerde kamer gewenst in de meetruimte. Daarnaast is ergens in het gebouw een vertrek nodig, waar studenten gegevens kunnen bestuderen, uitkomsten kunnen verwerken en waar besprekingen gehouden kunnen worden.
- ad 6. Bij het aerodynamische laboratorium behoort ook een kleine tunnel van het zgn. "open" type, d.w.z. voor de terugvoer van de lucht wordt gebruik gemaakt van de vrije ruimte in de hal. Voor deze tunnel is een oppervlak van $16 \times 5 \text{ m}^2$ nodig in de experimenteerhal. Waarschijnlijk zal dit gedeelte van de hal moeten worden afgescheiden van de rest, teneinde ongewenste luchtstromingen te vermijden. Verder komt in deze hal het

model te staan van de grote tunnel. Deze beide kleinere tunnels zullen voor de lagere jaars proeven gebruikt worden, aangezien het teveel tijd zou vergen en ook zeer kostbaar zou zijn alle studenten direct met de grote tunnel te laten werken.

De resterende ruimte van de experimenteerhal is bestemd voor diverse proefopstellingen.

ad 7 en 8. Hoewel het merendeel van de staf in het hoofdgebouw zal verblijven zijn enkele kamers noodzakelijk voor de aan het tunnelbedrijf leiding gevende assistenten en de technicus, welke vast aan het tunnelbedrijf verbonden is.

ad 9 en 10. Bij het ontwerp van motor- en generatorkamer dient, voor zover mogelijk, rekening gehouden te worden met de wensen van de machinefabrikant (de firma Smit te Slikkerveer). Deze wensen zijn, voor zover ze in het huidige stadium gepreciseerd kunnen worden, in het navolgende verwerkt. Het is gewenst, dat t.z.t. weer overlegd wordt met de firma Smit aangaande de definitieve afmetingen en opstelling van de machines.

Zoals reeds onder punt 01 naar voren gebracht is, dienen motor- en generatorkamer goed geïsoleerd te worden van de rest van het gebouw en ook van de buitenwereld, aangezien de in deze kamers geplaatste machines een belangrijke bron van geluid en trillingen vormen.

Voor zuivere opstelling van de motor ten opzichte van de schroef moet de fundatie van de schroefmotor één geheel vormen met het van het gebouw geïsoleerde omloopkanaal. Voor de omvormer is dit uiteraard geen vereiste. Wel is het gewenst de vloer van de generatorkamer door middel van geluidsisolerende voegen gescheiden te houden van de rest van het gebouw, terwijl voor de omringende wanden wellicht een spouwmuur toegepast kan worden.

De voorlopige afmetingen van de schroefmotor, welke zich in het verlengde van de schroefas bevindt, bedragen: lengte 2.75 m. breedte 1.60 m. hoogte ca. 2.00 m. De op tekening LTT-4 aangegeven motorruimte zal dus liefst iets verbreed en in ieder geval verlengd moeten worden tot ca. 4 m. De plafondhoogte van de motorkamer kan het beste gelijk gekozen worden aan die van de aangrenzende

ruimte (de generatorkamer op LTT-4) waardoor het eenvoudig zal zijn de schroefmotor met een loopkat op zijn plaats te brengen.

De voorlopige afmetingen van de omvormer bedragen: breedte 1.60 m., hoogte 1.60 m., lengte 4.00 m. De omvormer kan betrekkelijk willekeurig geplaatst worden t.o.v. de schroefmotor.

De generatorkamer moet aan de volgende eisen voldoen:

- a. Naast de hoofdomvormer dient er ruimte te zijn voor de aggregaten van de kleine tunnels en eventuele aanvullende aggregaten.
- b. De machines moeten in een droge, stofvrije ruimte staan.
- c. De generatorkamer moet dienst doen als "bezinkbak" voor de ventilatorlucht van omvormer en schroefmotor. Voor deze ventilatie is ca. $7 \text{ m}^3/\text{sec.}$ nodig. In verband hiermede zullen in een der buitenwanden filters aangebracht moeten worden met een gezamenlijk oppervlak van ca. $5 \times 1 \text{ m.}$ Een open verbinding tussen de motorkamer en generatorkamer zou het, bij deze wijze van ventileren, mogelijk maken om alle filters bij elkaar te plaatsen. De totale inhoud van motor- en generatorkamer bedraagt op tekening LTT-4 ca. 400 m^3 , welke luchthoeveelheid in ca. 1 minuut verbruikt wordt. Het schijnt daarom niet aanbevelenswaardig deze ruimte te verkleinen, gezien de "tocht" welke nu reeds aanwezig zal zijn.

Het zou ook mogelijk zijn de generatorkamer niet als "bezinkbak" te gebruiken en de ventilatorlucht direct vanuit de buitenlucht aan te zuigen. In dat geval zijn echter aanvoerkanalen nodig en daar men de doorsnede van deze kanalen gering zal wensen te houden ontstaat er een grotere luchtsnelheid t.p.v. het dan ook kleiner filteroppervlak, waardoor de filters snel zullen vervuilen. Aan de eerstgenoemde oplossing wordt daarom de voorkeur gegeven.

Het uitblazen van de ventilatielucht mag niet in de generatorkamer plaats vinden, aangezien de temperatuur hier dan spoedig te hoog zou worden. De ventilatielucht zal dus via een koker naar een buitenwand geleid moeten worden, bij voorkeur niet naar de wand, waarin zich de aanzuigfilters bevinden. De uitblaaskokers kunnen boven, doch ook onder de vloer gelegd worden. Door de fabrikant

van de machines wordt de voorkeur gegeven aan een kanaal onder de vloer. In ieder geval moeten aparte kokers aangelegd worden voor omvormer en schroefmotor, teneinde te vermijden, dat de ene ventilator lucht blaast door het kanaal van de andere ventilator.

Speciale aandacht moet geschonken worden aan de beperking van het lawaai in de uitlaat van de ventilatoren. Dit lawaai kan n.l. hinderlijk zijn voor omliggende gebouwen. Voor zover dit lawaai ontstaan kan door te hoge uitlaatsnelheid moet de uitlaatdoorsnede voldoende ruim worden gekozen; voor zover het lawaai afkomstig is van de ventilator (hoog toerental) ligt de oplossing mogelijk in de toepassing van een geluidsabsorberende knik in de uitlaatkanalen.

Om 's winters een aangename temperatuur in de generator- en motorkamer te kunnen handhaven verdient het aanbeveling een zodanige voorziening te treffen dat een regelbaar deel van de ventilatielucht binnen uitgeblazen kan worden.

Het is gewenst hijsbalken aan te brengen in generator- en motorkamer teneinde de machines gemakkelijk op hun plaats te kunnen brengen.

ad 11. Op voorstel van het G.E.B. te Delft zijn 3 transformatorcellen van 3.50 x 3.50 geprojecteerd, benevens een ruimte voor het opstellen van de batterijen. Het G.E.B. heeft zich bereid verklaard nader behulpzaam te zijn bij het uitwerken der hoogspanningsruimte.

ad 12. De ervaring van het Nationaal Luchtvaartlaboratorium te Amsterdam leert, dat voor een overzichtelijk tunnelbedrijf enige reserveruimte nodig is, waar speciale opstellingen gemaakt, grote proefstukken opgeslagen en desgewenst kamers afgescheiden kunnen worden. Een dergelijke ruimte kan gevonden worden op de 2e verdieping, eventueel in een sousterrain (door de ligging van de vloeren t.o.v. elkaar ontstond op tekening I/T-4 de gelegenheid een sousterrain aan te brengen) of in de omliggende gebouwen, welke tot de sub-afdeling behoren. Desnoods kan aanvankelijk volstaan worden met een goede uitbreidingsmogelijkheid naast het gebouw of op een plat dak boven een enkele verdieping. In het laatste geval dient bij de fundatie rekening gehouden te worden met deze uitbreidingsmogelijkheid.

Opmerkingen.

- a. In de tabel zijn de benodigde netto-ruimten opgegeven; er werd niet gerekend met gangen, trappenhuis, toiletten, muuroppervlak, e.d.
- b. Op tekening LTT-4 werd geen modellenbergplaats aangegeven; deze werd in het sousterrain gedacht. Indien het sousterrain te vochtig is zal hiervoor een betere plaats gezocht moeten worden.
Ook werd op tekening LTT-4 slechts een kleine werk-kamer bij de meetplaats aangegeven. De tweede werk-kamer (ad 5) kan op een willekeurige, doch liefst rustige plaats worden toegevoegd.
De 3 kamers op de tweede verdieping ontstonden zonder directe noodzaak en werden daarom als reserve beschouwd. Voor modellenbergplaats ligt de tweede verdieping waarschijnlijk te onbeschermt en voor werk- of assistentenkamer is er wellicht te veel lawaai (tenzij afdoende geluidsisolatie mogelijk is).

Tabel 1.

betreffende de benodigde ruimte in het windtunnelgebouw.

omschrijving	afmetingen		gewenste verdieping
	m	m ²	
1. meetruimte + opstelling-ruimte		250	eerste
2. ruimte boven meetvloer		100	tweede
3. montagekamer		50	beg.grond
4. modelbergplaatsen		30	----
		50	----
5. werkkamers		15	eerste
		30	----
6. experimenteerhal	5 x 16 + 120	200	beg.grond
7. 2 kamers voor assistenten	2 x 20	40	----
8. kamer voor technicus		20	beg.grond
9. motorkamer	3,5 x 4	15	" "
10. generatorkamer	9 x 7	60	" "
11. hoogspanningsruimte		70	" "
12. reserve		p.m.	----
Netto oppervlak der benodigde ruimten: 930			===

Tabel 2.

verdeling van de benodigde ruimte over de verschillende verdiepingen.

begane grond	415
eerste verdieping	265
tweede verdieping	100
onbepaald	<u>150</u>
totaal	930
	=====