

LABORATORIUM VOOR AKOESTIEK EN WARMTEGELEIDING

CELESTIJNENLAAN 200 D. 3030 HEVERLEE (BELGIË) TEL. 016-20.10.15

MILIEU-EFFECTRAPPORT

ZAVENTEM 2000

Geluid en Trillingen

EINDRAPPORT

Studie uitgevoerd i.o.v.
B.A.T.C. en R.L.W.

10.09.1990

Milieu-effectrapport

ZAVENTEM 2000

Geluid en Trillingen

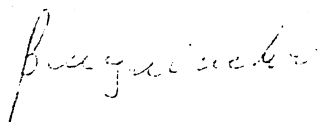
Samenstellers

Ing. W. Bruyninckx, erkend MER-deskundige voor geluid en trillingen

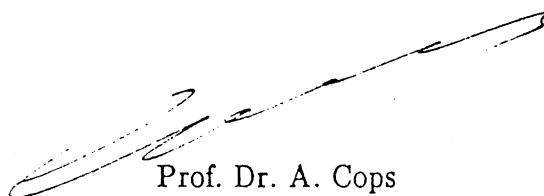
Prof. Dr. A. Cops, erkend MER-deskundige voor geluid en trillingen

Prof. Dr. J. Thoen, erkend MER-deskundige voor geluid en trillingen

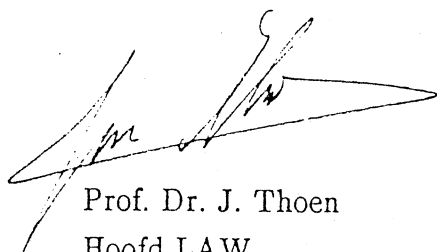
Prof. Dr. ir. G. Vermeir



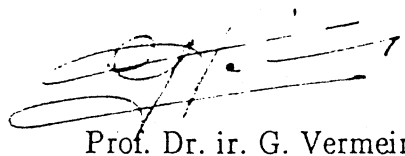
Ing. W. Bruyninckx



Prof. Dr. A. Cops



Prof. Dr. J. Thoen
Hoofd LAW



Prof. Dr. ir. G. Vermeir

Leuven, 10 september 1990

MILIEU-EFFECTRAPPORT

ZAVENTEM 2000

Geluid en Trillingen

Deel I : Toegangswegen en gebouwen

Deel II : Uitbreiding luchthaven en vliegtuiglawaai

Deel III : Uitbreiding Brucargo-West, remote parkings
en verbindingsweg naar drempel 25R

Slot : Niet-technische samenvatting (delen I, II en III)

Toelichting

- Deze studie betreffende geluid en trillingen maakt integraal deel uit van het globale milieu-effectrapport opgesteld door Belconsulting n.v.
- Van deel I betreffende Toegangswegen en gebouwen, dat reeds op 3 mei 1990 door AROL conform verklaard werd, zijn enkel de inhoudstafel en de conclusies opgenomen in dit dossier.

Inhoud Deel I : Toegangswegen en gebouwen

INLEIDING

HOOFDSTUK I Bestaande toestand op het gebied van geluid

1. Geluidssituatie op en rond de luchthaven (uitgezonderd vliegtuigbewegingen en wegverkeer)
2. Verkeerslawaaï langs de toegangsweg tot de luchthaven

HOOFDSTUK II Impact van het geluid, voortgebracht door bronnen binnen het nieuwe gebouw en de nieuwe fingers, naar de woonomgeving.

HOOFDSTUK III Geluidsimpact van de buitenactiviteiten nabij de nieuwe gebouwen en fingers (uitgezonderd vliegtuigbewegingen).

1. Het Rekenmodel
2. Schematisering van de situaties
3. Extrapolatie voor de huidige en de geplande situatie
4. Resultaten van het model – bespreking.

HOOFDSTUK IV Geluidsimpact van de toename van het wegverkeer op het toegangswegencomplex tot de luchthaven.

1. Lawaai-belasting door het wegverkeer
2. Effect van een toename van de verkeersdichtheid op het verkeerslawaaï
3. Prognose

HOOFDSTUK V Impact van trillingen op de omgeving.

1. Evaluatie van trillingshinder
2. Huidige toestand en verwachtingen

SAMENVATTING

- | | |
|-----------|---|
| BIJLAGE 1 | Begrippenlijst en verklaring van gebruikte afkortingen. |
| BIJLAGE 2 | Meetresultaten voor meetplaats A |
| BIJLAGE 3 | Meetresultaten voor meetplaats B |
| BIJLAGE 4 | Meetresultaten voor meetplaats C |
| BIJLAGE 5 | Meetresultaten voor meetplaats D |
| BIJLAGE 6 | Meetresultaten voor meetplaats E |
| BIJLAGE 7 | Meetresultaten voor meetplaats F |

Inhoud Deel II : Uitbreiding luchthaven en vliegtuiglawaai

INLEIDING

HOOFDSTUK I : gevolgde werkwijze bij de metingen

- 1.1 Algemene beschouwingen
- 1.2 Voorbeeld ter illustratie

HOOFDSTUK II : Zones waar metingen werden uitgevoerd

- 2.1 Meetplaatsen op het terrein van de luchthaven
- 2.2 Meetplaatsen aan de rand van de luchthaven
- 2.3 Meetplaatsen op een grotere afstand van de luchthaven

HOOFDSTUK III : Statistische analyse van het geluidsdrukkniveau

- 3.1 Principe
- 3.2 Meetapparatuur
- 3.3 Meetresultaten
- 3.4 Bespreking

HOOFDSTUK IV : Analyse van het geluidsdrukkniveau naar "events"

- 4.1 Principe
- 4.2 Meetapparatuur
- 4.3 Meetresultaten
- 4.4 Bespreking

HOOFDSTUK V : Invloed van het grondlawaai op het omgevingsgeluid bij de verschillende meetplaatsen rond de luchthaven

- 5.1 Werkwijze
- 5.2 Resultaten
- 5.3 Bespreking

HOOFSTUK VI : Evaluatie van het grondlawaai en mogelijke maatregelen

- 6.1 Huidige toestand en vooruitzichten.
- 6.2 Maatregelen van algemene aard
- 6.3 Schermwerking

HOOFDSTUK VII : Evaluatie- en voorspellingstechnieken voor vliegtuiglawaai

- 7.1 Inleiding
- 7.2 Lawaaicontouren rond luchthavens
- 7.3 Indices voor vliegtuiglawaai
- 7.4 Onderlinge vergelijking van diverse lawaaibelastingsmaten

HOOFDSTUK VIII : Luchtlawaai : bestaande toestand

- 8.1 Inleiding
- 8.2 Het gebruikte rekenprogramma
- 8.3 Specifieke input-gegevens voor Zaventem
- 8.4 Contouren voor globale lawaaibelastingsmaten
- 8.5 Maximale geluidsdruk niveaus

HOOFDSTUK IX : Luchtlawaai : prognoses

- 9.1 Beschouwde scenario's
- 9.2 Contourlijnen voor de verschillende scenario's
- 9.3 Conclusies

SAMENVATTING EN BESLUITEN

Inhoud Deel III : Brucargo West, remote parkings en verbindingsweg naar drempel 25R

INLEIDING

HOOFDSTUK I Bestaande toestand op het gebied van geluid

- 1.1 Doelstelling van het onderzoek
- 1.2 Werkwijze
- 1.3 Meetapparatuur
- 1.4 Meetplaatsen
- 1.5 Meetresultaten
- 1.6 Bespreking

HOOFDSTUK II Impact van het geluid en trillingen voortgebracht door bronnen binnen de nieuwe gebouwen en de nieuwe finger van de uitbreiding Brucargo—West

- 2.1 Impact van geluid
- 2.2 Impact van trillingen op de omgeving

HOOFDSTUK III Geluidsimpact van de activiteiten bij de finger

- 3.1 Inleiding
- 3.2 Het rekenmodel
- 3.3 De onderzochte situaties
- 3.4 Besluiten

HOOFDSTUK IV Verbindingsweg tussen Brucargo—West en drempel 25R

- 4.1 Inleiding
- 4.2 De onderzochte situaties
- 4.3 Besluiten

HOOFDSTUK V Remote Parkings

- 5.1 Vliegtuigparking
- 5.2 Wagenparkings

SAMENVATTING EN BESLUITEN

Inhoud Slot : Niet-technische samenvatting

- Toegangswegen en gebouwen (deel I)
- Uitbreiding luchthaven en vliegtuiglawaai (deel II)
 - grondlawaai
 - luchtlawaai
- Uitbreiding Brucargo-West, remote parkings en verbindingsweg naar drempel 25R (Deel III)

Inhoud Bijlagen

- BIJLAGE 1 Begrippenlijst en verklaring van gebruikte afkortingen
- BIJLAGE 2 Meetresultaten voor meetplaats A (ook gedeeltelijk opgenomen in de MER deel I)
- BIJLAGE 3 Meetresultaten voor meetplaats B (zie MER deel I)
- BIJLAGE 4 Meetresultaten voor meetplaats C (zie MER deel I)
- BIJLAGE 5 Meetresultaten voor meetplaats D (zie MER deel I)
- BIJLAGE 6 Meetresultaten voor meetplaats E (zie MER deel I)
- BIJLAGE 7 Meetresultaten voor meetplaats F (zie MER deel I)
- BIJLAGE 8 Meetresultaten voor meetplaats G
- BIJLAGE 9 Meetresultaten voor meetplaats H
- BIJLAGE 10 Meetresultaten voor meetplaats 10
- BIJLAGE 11 Meetresultaten voor meetplaats 11
- BIJLAGE 12 Grafieken voor "events"
- BIJLAGE 13 Geluidscontouren voor individuele vliegtuigen bij landen en opstijgen.
- BIJLAGE 14 Gegevens betreffende inwonersaantallen binnen de contourlijn van $L_{dn} = 60 \text{ dB(A)}$
- BIJLAGE 15 Aanvullende meetresultaten voor meetplaats 11
- BIJLAGE 16 Meetresultaten voor meetplaats I
- BIJLAGE 17 Meetresultaten voor meetplaats J

Deel II :

Uitbreiding luchthaven en vliegtuiglawaai

INLEIDING

Onderhavig deelrapport betreffende geluid en trillingen maakt deel uit van het milieu-effectenrapport dat wordt opgemaakt m.b.t. de uitbreidingswerken in het kader van Zaventem 2000. Bij de realisatie van het project Zaventem 2000 zijn uitbreidingswerken voorzien door BATC N.V. en door de Regie der Luchtwegen (RLW). De studie van de andere milieu-effecten wordt uitgevoerd door Belconsulting N.V.

In deel I werd de impact (van geluid en trillingen) onderzocht van de inplanting van een nieuw hoofdgebouw, nieuwe fingers en aangepaste toegangswegen.

In dit deel II wordt nagegaan wat het effect zal zijn van de te verwachten toename van het luchtverkeer op het gebied van vliegtuiglawaai. Bij dit onderzoek hebben we onderscheid gemaakt tussen grondlawaai en luchtlawaai. Met grondlawaai bedoelen we het min of meer langdurige lawaai veroorzaakt door vliegtuigen zolang ze zich op de grond bevinden. Dit kan lawaai zijn bij het proefdraaien, taxiën op de toegangswegen naar de startbanen en het wachten op de parkings vooraleer te vertrekken. Dit lawaai zal vooral een impact hebben op de onmiddellijke omgeving van de luchthaven. Met luchtlawaai bedoelen we het lawaai veroorzaakt door vliegtuigen in de lucht bij het opstijgen en landen. Het lawaai veroorzaakt in deze omstandigheden zal een impact hebben op een veel groter gebied rond de luchthaven. Bij het onderzoek van de impact van het grondlawaai hebben we ons gebaseerd op een uitgebreide reeks metingen op een groot aantal meetplaatsen op en rond de luchthaven (zie de bijlagen 2 tot en met 11). In de hoofdstukken I tot en met IV worden achtereenvolgens de gevolgde werkwijze bij het meten, de diverse plaatsen en de analyseprocedures aangegeven. In hoofdstuk V wordt voor de bestaande situatie de invloed van het grondlawaai op het omgevingsgeluid in de onmiddellijke nabijheid van de luchthaven aangegeven. In hoofdstuk VI wordt de te verwachten evolutie geschetst en worden de mogelijke maatregelen ter verbetering besproken.

Bij het onderzoek naar de impact van het luchtlawaai hebben wij ons voornamelijk gebaseerd op computermodelberekeningen, vertrekkende van realistische gegevens betreffende de luchttrafiek, de vliegtuigtypes en hun lawaaiarakteristieken en hun gevolgde routes bij opstijgen en landen. Diverse lawaaielastingsmaten werden uitgerekend en in de vorm van contouren in kaart gebracht. In hoofdstuk VII wordt de nodige achtergrondinformatie gegeven betreffende diverse lawaaielastingsmaten en voorspellingstechnieken voor vliegtuiglawaai. In hoofdstuk VIII worden de resultaten van de evaluatie van de huidige toestand weergegeven. Hoofdstuk IX heeft dan specifiek te maken met de mogelijke gevolgen van de voorziene uitbreiding van de trafiek. Hiertoe werden diverse scenario's onderzocht.

De besluiten van deze studie worden op het einde in het kort weergegeven in de samenvatting.

Bij de analyse van het grondlawaai hebben we voor drie meetplaatsen ook gebruik kunnen maken van de meetresultaten (zie bijlagen 3, 10 en 11), bekomen door het Instituut voor Hygiëne en Epidemiologie van het Ministerie van Volksgezondheid.

Voor een deel van de berekeningen in hoofdstuk VIII hebben we beroep gedaan op de medewerking van het studiebureau Cauberg & Verbeemen N.V. (O.L.Vrouwstraat 72, B-3920 Lummen).

HOOFDSTUK I

GEVOLGDE WERKWIJZE BIJ DE METINGEN

1.1 Algemene beschouwingen

Het geluid dat we op een bepaalde plaats waarnemen is veelal afkomstig van verschillende bronnen en varieert meestal als functie van de tijd. Het totaal van geluiden die een akoestische situatie ter plaatse karakteriseren, wordt bepaald door twee groepen geluiden : vooreerst de geluiden afkomstig van bronnen die verder afgelegen zijn, maar meestal niet duidelijk herkenbaar zijn en verder door geluiden afkomstig van bronnen die op kortere afstand gesitueerd worden en dikwijls duidelijk herkenbaar zijn.

In de omgeving van de luchthaven komt dit fenomeen nog eens op twee niveaus tot uiting:

- Geluiden afkomstig van activiteiten die niet onmiddellijk in verband kunnen gebracht worden met de luchthavenactiviteiten. Daarin onderscheidt men :
 - geluid afkomstig van de drukke verkeersaders rond de luchthaven (E40, Ring om Brussel R0 en de E19)
 - geluid afkomstig van het lokale verkeer in de buurt van een waarnemingspunt.
- Geluiden afkomstig van activiteiten die in onmiddellijk verband kunnen gebracht worden met de luchthaven. Daarin onderscheidt men :
 - geluid afkomstig van de vliegtuigen op het ogenblik dat deze zich in de lucht bevinden.
 - geluid afkomstig van de vliegtuigen wanneer deze zich op het niveau van de tarmac bevinden en van de vaste infrastructuur die bij de luchthaven behoort.

Bij de beoordeling van de verschillende soorten geluid, uit het oogpunt van geluidshinder, zal het karakter van de plaats, in het bijzonder naar een woonomgeving toe, een belangrijke rol spelen. Elke woonomgeving heeft een karakteristieke geluidsomgeving waarin een bepaald vreemd geluid al dan niet zal opvallen, afhankelijk van het verschil tussen de sterkte en het spectrum van het vreemde geluid en de sterkte en het spectrum van het residueel geluid.

Ten einde een akoestische situatie te beschrijven in zijn geheel dient men na te gaan wat de belangrijke geluidskomponenten ter plaatse zijn en hoe sterk elk van deze componenten zijn. Dit dient te gebeuren over een voldoende lange periode om een representatief beeld te bekomen. In principe bepalen we de waarde voor alle bronnen die aanwezig zijn en dienen de resultaten daarna geïnterpreteerd als funktie van een bepaald type geluid.

De kwalitatieve parameter waarmee we het geluid uitdrukken is de dB(A)-waarde volgens de snelle tijdsweging (fast), d.w.z. dat men rekening houdt met de oorgevoeligheid van het menselijk oor, die niet voor alle frekwenties even groot is.

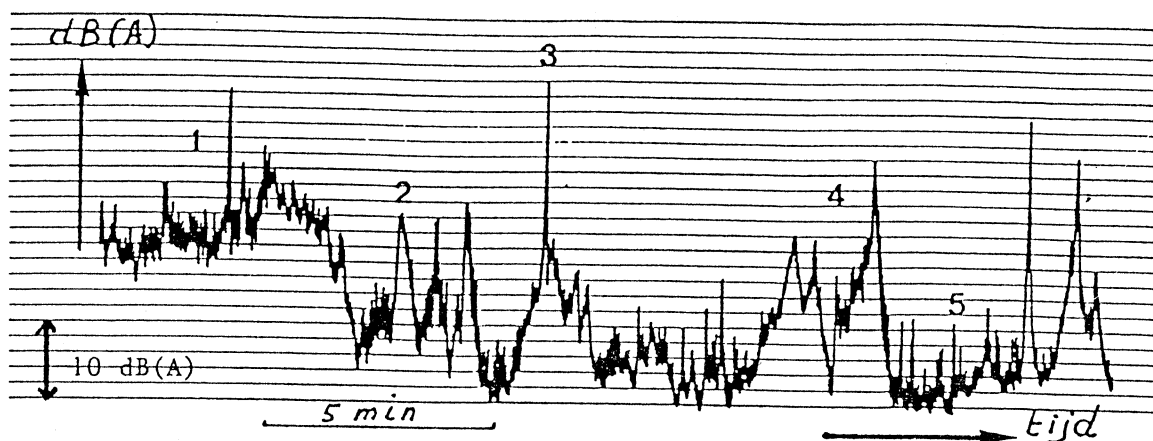
Op de volgende bladzijde wordt aan de hand van een voorbeeld de evolutie toegelicht van het geluidsdrukkniveau uitgedrukt in dB(A), als funktie van de tijd. De verschillende onderdelen van de figuren zijn enkel ter illustratie gegeven en kunnen in andere omstandigheden totaal andere vormen aannemen.

Bij de verdere analyse van de gegevens in het rapport wordt gebruik gemaakt van twee meet- en analysetechnieken om de resultaten voor de verschillende geluiden uit te drukken.

- Een eerste meettechniek is gebaseerd op het principe van een statistische analyse van het geluidsdrukkniveau.
- Een tweede meettechniek is gebaseerd op het principe van de overschrijding van een bepaald drempelniveau waarbij dan ook gedetailleerde informatie betreffende tijd en niveau wordt bijgehouden.

1.2 Voorbeeld ter illustratie

Figuur 1.1 : Ogenblikkelijke evolutie van het omgevingsgeluid als functie van de tijd aan het begin van de pistes 02/25R en gemeten in een tuin aan de meest nabijgelegen woningen.



Grafische voorstelling van het geluidsdrukniveau waarbij

1. Geluid te wijten aan :
 - aankomende vliegtuigen langs de baan K5 en toelating tot vertrek afwachten ter hoogte van parking P2.
 - landend vliegtuig op 25R (smalle piek).
 - vertrekkend vliegtuig op 25R.
2. Geluid tengevolge van een vertrekkend vliegtuig via de piste 02.
3. Geluid tengevolge van een landend vliegtuig op 25R.
4. Geluid van een vertrekkend vliegtuig met een typisch geluidspatroon dat opgesplitst kan worden in drie delen :
 - aankomen van het vliegtuig via de baan K5
 - het vliegtuig begeeft zich naar het begin van de piste 25R
 - het vliegtuig vertrekt, waarbij het meeste geluid wordt voortgebracht als het in de lucht is.
5. Het geluid dat er heerst, indien er in de onmiddellijke omgeving geen vliegtuigen aanwezig zijn (= residueel geluid) waarbij :
 - de invloed tot uiting komt van het lokale verkeer op de steenweg Mechelen–Waterloo (dunne lijnen).
 - de invloed van geluidsbronnen die op grote afstand gelegen zijn (donker gedeelte).

HOOFDSTUK II

ZONES WAAR METINGEN WERDEN UITGEVOERD

De zones waarin geluidsmetingen werden uitgevoerd zijn onderverdeeld in 3 groepen namelijk : meetplaatsen op het terrein van de luchthaven, meetplaatsen aan de rand van de luchthaven en meetplaatsen gesitueerd op een grotere afstand tot de luchthaven.

De meetplaatsen aan de rand van de luchthaven en deze op het terrein van de luchthaven zijn aangeduid met een lettercode, terwijl de meetplaatsen gesitueerd op een grotere afstand tot de luchthaven aangeduid worden met een cijfer.

2.1 Meetplaatsen op het terrein van de luchthaven

- meetplaats C: boven bestaande fingergebouw op 35 m hoogte (centrale finger)
- meetplaats D: ter hoogte van de gebouwen voor de brandstofbevoorrading van de vliegtuigen
- meetplaats E: aan het dienstengebouw van de ILS/GP voor de piste 02/20 (glide path).

Deze meetplaatsen werden gekozen om in de huidige configuratie van het luchthavencomplex en het gebruik ervan, een overzicht te bekomen van het heersende geluid.

Meetperiode : 2de helft maart 1990

2.2 Meetplaatsen aan de rand van de luchthaven

- meetplaats A: Van Frachenlaan 66 — Steenokkerzeel (achter de piste 25R)
- meetplaats B: ter hoogte van de schrijnwerkerij van de Regie der Luchtwegen — Melsbroek (langs de Steenweg op Haacht)
- meetplaats F: Leerlooierijstraat 62, Zaventem (langs de toegangsweg tot de luchthaven)
- meetplaats G: Boekweykoekstraat
- meetplaats H: Borreveldlaan 10, Zaventem.

De meetplaatsen zijn zo gekozen dat het lokaal verkeer zoveel als mogelijk wordt afgeschermd, terwijl de luchthavenactiviteiten zo duidelijk mogelijk tot uiting komen.

Meetperiode : november – december 1989
 januari – februari 1990
 april – mei 1990

2.3 Meetplaatsen op een grotere afstand van de luchthaven

- meetplaats 10 : Zonneboslaan – Steenokkerzeel
- meetplaats 11 : Nachtegaallaan Stationlaan – Melsbroek

De meetplaatsen zijn aangeduid op de kaart in figuur 2.1.

Meetperiode : februari – maart 1990

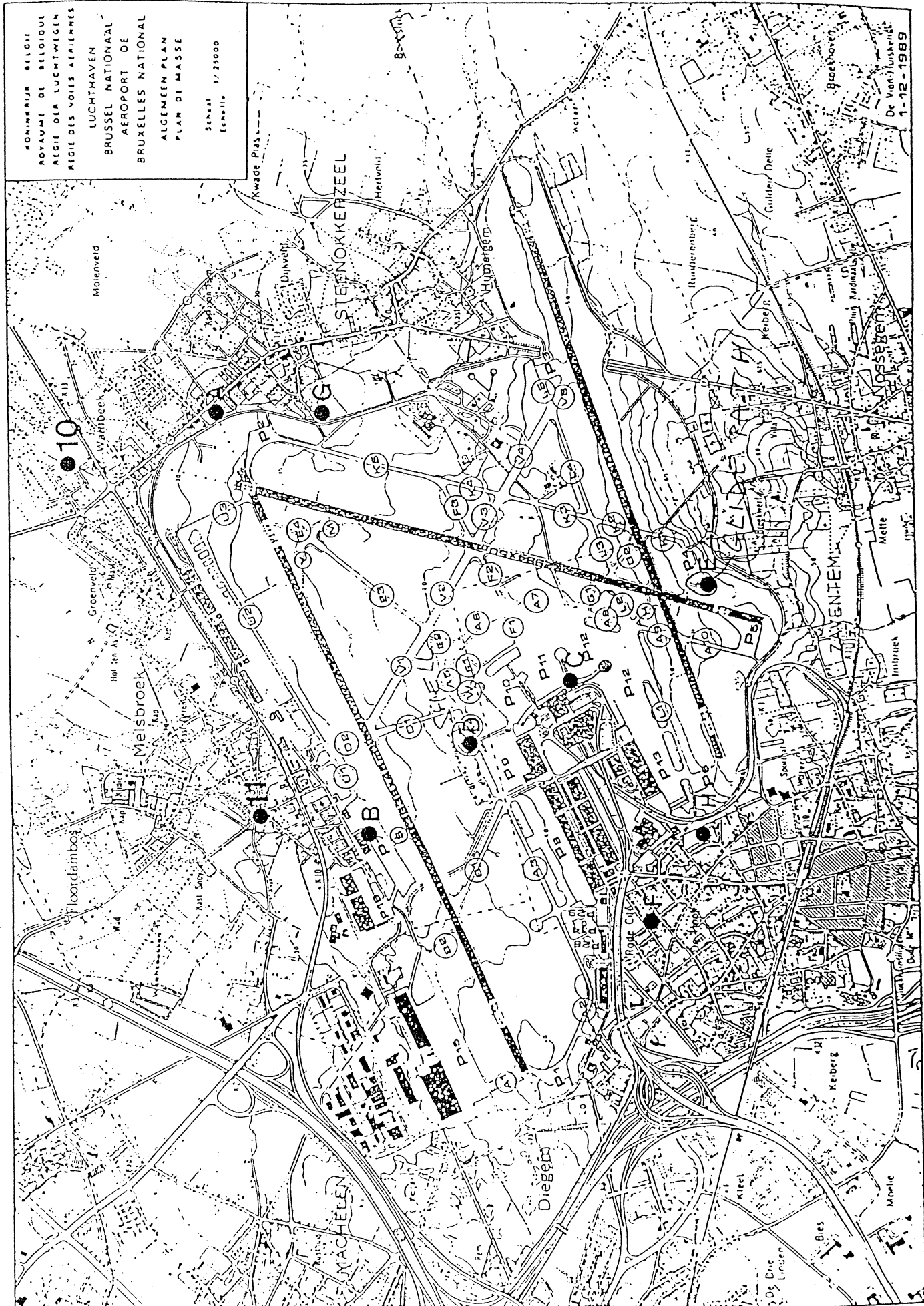


Fig. 2.1

HOOFDSTUK III

STATISTISCHE ANALYSE VAN HET GELUIDSDRUKNIVEAU

3.1 Principe

Het kontinu evoluerend geluidsniveau wordt "gesampeld" en volgens het principe van een statistische analyse ingedeeld in klassen, waarna een verdelingsfunctie wordt opgesteld. Hieruit worden dan verschillende kengetallen bepaald. Deze bewerking gebeurt over een bepaalde tijdsperiode (15 min., 1h) en wordt continu herhaald over een etmaal en voor verschillende dagen.

In het kader van dit onderzoek werden de volgende typische kengetallen bepaald die onderverdeeld kunnen worden in twee groepen :

- Kengetallen die verwijzen naar een index die op een tijdsoverschrijding gebaseerd zijn.

LA_1 , LA_5 , LA_{50} en LA_{95} zijn de geluidsindices waarbij tijdens de waarnemingsperiode het geluidsdruk niveau respectievelijk 1%, 5%, 50% en 95% van de tijd wordt overschreden.

De indices LA_1 en LA_5 zijn een aanduiding voor de waargenomen geluidspieken.

De index LA_{95} kan beschouwd worden als een goede benadering voor het achtergrondgeluid. Het konstant aanwezige geluid wordt door deze index aangegeven.

- Kengetal dat verwijst naar een energetische waarde.

LA_{eq} is het equivalent continu geluidsdruk niveau, wat een energetisch gemiddelde waarde is. Dit niveau wordt zo bepaald dat het dezelfde belasting vertegenwoordigt als het fluktuierend geluid over de waarnemingsperiode.

Teneinde gedetailleerde resultaten te bekomen rond de luchthaven zijn deze indices bepaald over tijdsperioden van 15 minuten.

In figuur 3.1 wordt aan de hand van hetzelfde voorbeeld als in figuur 1.1 de verschillende waarden van de indices aangeduid.

3.2 Meetapparatuur

Mikrofoon B & K type 4165

Voorversterker B & K type 2619

Geluidsniveau-analysator B & K type 4426, 4427

3.3 Meetresultaten

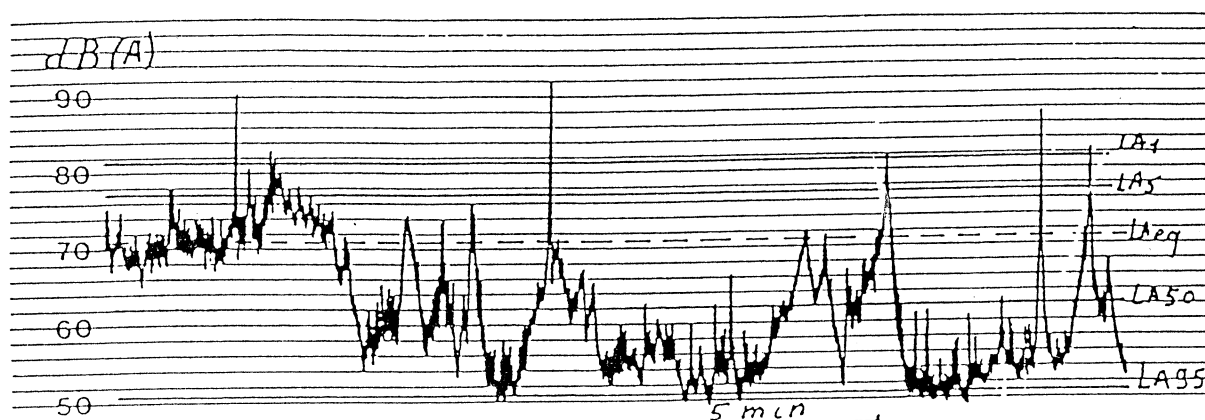
In de bijlagen 2 tot en met 11 werden per etmaal en per plaats de verschillende geluidsindices in een figuur samengebracht.

- Op de figuren wordt bovenaan de meetplaats en de meetdatum vermeld.
- Onderaan vindt men de naam van het laboratorium dat de meetgegevens analyseerde.
- Op de grafiek met de evolutie van de verschillende typerende indices is onder normale voorwaarden de volgorde als volgt : bovenaan LA_1 , en dan gevolgd door LA_5 , LA_{eq} , LA_{50} en LA_{95} .
Indien opgenomen in de grafiek wordt het LA_5 -niveau aangeduid door een dikkere volle lijn.

De donker gearceerde zone geeft de evolutie weer van het verschil dat er bestaat tussen het LA_{50} en het LA_{95} -niveau, terwijl het verschil tussen het LA_{50} en het LA_{eq} -niveau door de lichte arcering wordt aangeduid.

- Bij de resultaten voor meetplaats B (schrijnwerkerij) wordt tijdens bepaalde dagen een afvlakking van de resultaten bekomen bij ± 46 dB(A). De eigenlijke waarden liggen onder dit niveau. Dit verschijnsel is een gevolg van het beperkt dynamische bereik van het gebruikte meettoestel bij een vooraf te kiezen schaalbereik.
- In de grafieken wordt de verticale as voor meetplaats A ingedeeld van 20–100 dB(A), terwijl dit voor meetplaats B verloopt van 30–110 dB(A).

Figuur 3.1 : Ogenblikkelijke evolutie van het omgevingsgeluid als functie van de tijd aan het begin van de pistes 02/25R en gemeten in de tuin aan de meest nabijgelegen woningen.



Verwerking volgens het principe van de statistische analyse

- De statistische niveaus zijn op de figuren voorgesteld door horizontale lijnen.
De waarden van de parameters zijn als volgt :
 $LA_1 = 81.0 \text{ dB(A)}$ $LA_{eq} = 70.9 \text{ dB(A)}$
 $LA_5 = 77.0 \text{ dB(A)}$ $LA_{50} = 62.0 \text{ dB(A)}$ $LA_{95} = 50.5 \text{ dB(A)}$
- Deze werkwijze laat toe om over een bepaalde periode (in het voorbeeld 22 min.) het ogenblikkelijk geluidspatroon te karakteriseren door een beperkt aantal typische waarden.
- Bemerkingen :
 - De werkelijke waarden, met betrekking tot de maximale geluidsniveaus, wordt door het LA_1 -niveau niet aangegeven. In het voorbeeld is $LA_1 = 81.0 \text{ dB(A)}$, terwijl geluidspieken voorkomen van 90–92 dB(A).
 - Het LA_{95} -niveau zal maar een verhoging aanduiden indien voor 95% van de waarnemingstijd het normale niveau wordt verstoord, zoniet wordt de normale waarde aangeduid. In het voorbeeld is $LA_{95} = 50.5 \text{ dB(A)}$ alhoewel een belangrijk deel van de waarnemingstijd het geluidsniveau $\pm 70 \text{ dB(A)}$ bedroeg.
 - Indien het meetpunt afgeschermd ligt voor de invloed van het lokale verkeer zoals hier het geval is, dan zal normaal het verschil tussen LA_{50} en het LA_{95} -niveau (voor deze meetplaats $\leq 8 \text{ dB(A)}$) klein zijn. Is dit verschil groter, zoals in het voorbeeld 11,5 dB(A), dan wijst dit op invloed van verstorende geluidsbronnen (o.a. wachtende vliegtuigen).

3.4 Bespreking

In het algemeen kennen de verschillende geluidsindices voor woongebieden een tijdsafhankelijk verloop over 24 uur, waarbij verschillende gordels ontstaan die min of meer gelijkvormig verlopen.

Het meest tijdsafhankelijk verloop kent het achtergrondgeluid (LA_{95}), dat overdag min of meer konstant blijft, afneemt tijdens de avondperiode, om zijn laagste waarden in de nachtperiode te bereiken tussen 2 en 5 uur. In deze nachtperiode liggen de waarden doorgaans 10 tot 15 dB(A) lager dan overdag. Tegen de morgen stijgt het geluidsniveau vrij snel terug naar het niveau van overdag. Ten opzichte van deze normale evolutie dient de interpretatie van de verschillende soorten geluiden, uitgedrukt door de verschillende indices, te worden doorgevoerd.

In de buurt van de luchthaven doen zich andere situaties voor zoals men kan zien op de grafieken van de statistische indices voor de verschillende meetplaatsen. De verschillende gordels kennen geen gelijkvormig verloop maar worden tijdelijk bruusk verstoord en door elkaar gehaald ten gevolge van de activiteiten op de luchthaven.

Het typerende van de luchthavenactiviteiten komt op verschillende wijzen tot uiting in de grafieken.

- Een verhoging van het normaal evoluerend achtergrondgeluid. Dit wijst op een konstant aanwezige geluidbron tijdens de waarnemingsperiode (vb. wachtende vliegtuigen voor vertrek).
- Een wijziging van de normale evolutie van de gordel tussen LA_{95} en LA_{50} .
 Wordt de gordel breder, dan wijst dit op het aanwezigheid, gedurende ongeveer de helft van de waarnemingsperiode van een overheersende geluidsbron.
 Wordt de gordel smaller, meestal met een verhoging van het LA_{95} -niveau, dan wijst dit op het aanwezig zijn van een konstante overheersende geluidsbron.
 (v.b. taxiën van vliegtuigen, warmdraaien van motoren bij stilstaande vliegtuigen)
- De indices LA_1 , LA_5 en LA_{eq} staan meestal in relatie tot de vliegbewegingen (vb. landen en opstijgen van vliegtuigen).
 Wordt de normale volgorde verstoord, tussen LA_{eq} en LA_5 , en/of LA_1 dan wijst dit op zeer hoge kortstondige geluidsniveaus tijdens de waarnemingsperiode (vb. één enkel landend vliegtuig).

Op de figuren wordt het grondgeluid, afkomstig van de proefdraaiende en bewegende vliegtuigen op de grond nagenoeg volledig uitgedrukt door de donker gearceerde gordel (verschil tussen LA_{50} – LA_{95} -niveau). De andere delen van de grafiek zijn eerder maatgevend voor het geluid voortgebracht door de opstijgende en landende vliegtuigen.

Bij het chronologisch overschouwen van de resultaten per etmaal, waarbij 22 december 1989 als voorbeeld wordt beschouwd (zie figuur 3.2), kan men op basis van de evoluties van de akoestische indices de volgende vaststellingen doen in verband met de luchtvaartactiviteiten in de zone aan het begin van de pistes 02/25R.

nachtperiode 0–7h

0h00–2h15:

- normaal afnemend grondgeluid, waarbij het verschil tussen LA_{50} en LA_{95} ongeveer 5 dB(A) bedraagt. Dit wijst op een vrij stabiel grondgeluid.
- In deze periode is het LA_{eq} -niveau groter dan het LA_5 -niveau, wat wijst op hoge kortstondige geluidspieken. Dit is te wijten aan de landende vliegtuigen, hoofdzakelijk van de koerierdiensten op de piste 25R.

2h15–3h00:

- Rustperiode, met de laagste waarden voor het grondgeluid dat zeer konstant is. Tussen 2h30 en 2h45 is er nog een enkel vliegtuig dat landt.

3h00–5h15:

- Zeer rumoerige toestand, waarbij het grondgeluid geleidelijk sterk wordt verhoogd en rond 5h15 terug zijn normale waarde bereikt. De daarbij horende geluidspieken zijn van dezelfde grootte orde als die van tijdens de dagperiode. Dit fenomeen is het gevolg van de opeenvolgende vliegtuigen die in deze periode vertrekken en zich daartoe verzamelen aan het uiteinde van de luchthaven om te kunnen opstijgen van de pistes 25R en 02.

5h15–6h30:

- Rustperiode, met een rustig grondgeluid, dat geleidelijk oploopt bij het aanbreken van de dag. Ook nu weer verstoord door een enkel landend vliegtuig op de piste 25R tussen 5h45 en 6h00.

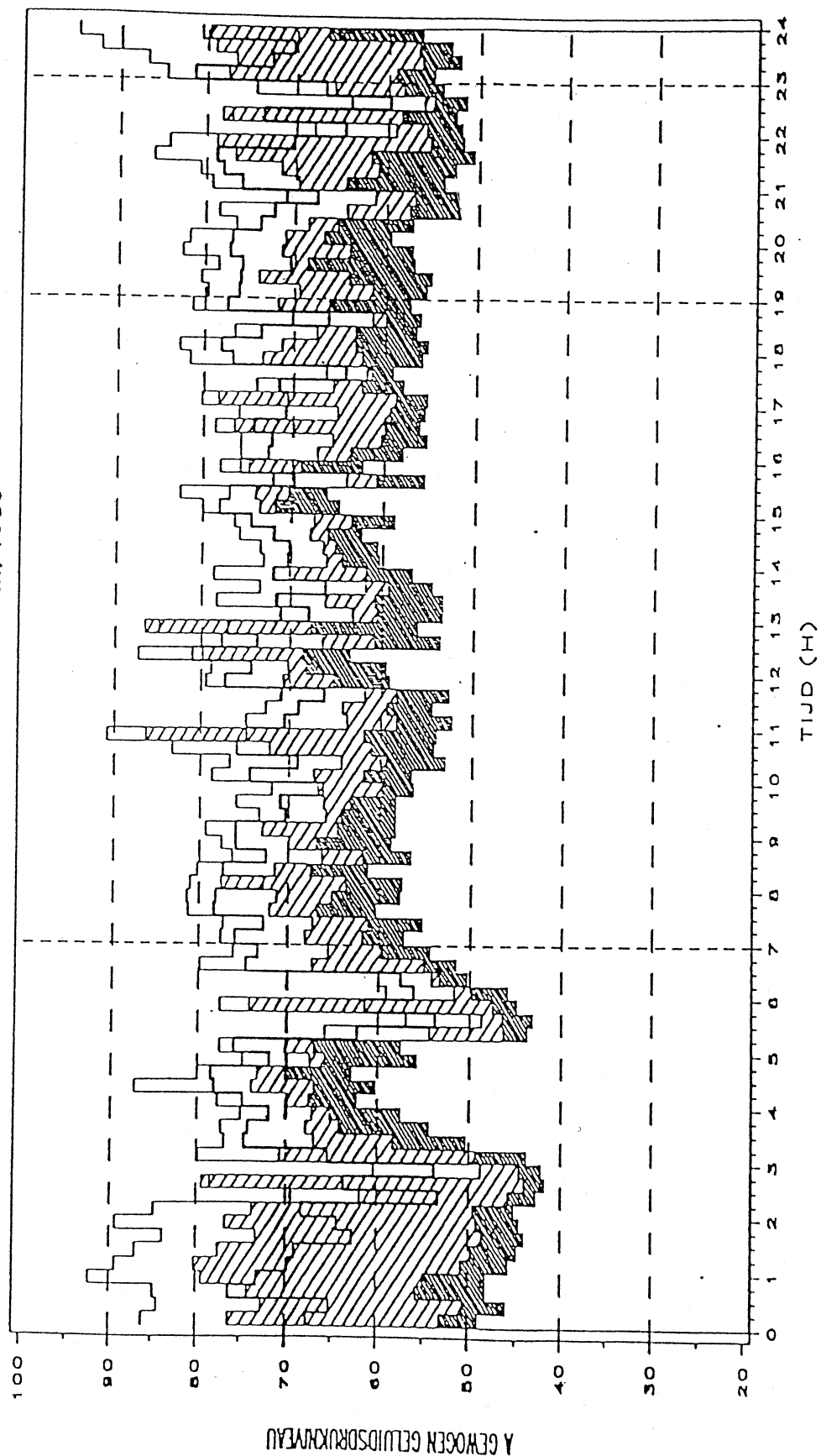
6h30–7h00:

- Vanaf 6h30 nemen de normale vliegactiviteiten een aanvang.

HET GELUIDSDRUKNIVEAU ALS FUNKTIE VAN DE TIJD

MEETPLAATS A: VAN FRACHENLAAN 66 - STEENOKKERZEEL

DATUM=FRIDAY, DECEMBER 22, 1980



LABORATORIUM VOOR AKOESTIEK EN WARMTEGELEIDING K.U.-LEUVEN

Figuur 3.2

Dagperiode 7h00 – 19h00

7h00–11h45:

- De morgenperiode wordt beheerst door een verhoogd grondgeluid tengevolge van de min of meer regelmatig vertrekkende vliegtuigen.

Tegen het einde van deze periode wordt het wat rustiger wat de vliegactiviteiten betreft en wordt de normale waarde van het grondgeluid bereikt.

11h45–12h30:

- Een drukkere periode, waarbij de vertrekkende vliegtuigen elkaar kort opvolgen. Daardoor stijgt het grondgeluid ten gevolge van de drukte in de omgeving van het uiteinde van de luchthaven.

12h30–19h00:

- In de loop van deze periode doen er zich gelijkaardige situaties voor tussen 14h00 en 16h00, maar over kortere periodes.
- Het normale grondgeluid komt voor tussen 12h30 en 13h45 en in de periode tussen 17h00 en 19h00.

Soms landen zeer luidruchtige vliegtuigen via de piste 25R o.a. rond 10h45–11h00 en 12h45–13h00.

Avondperiode 19h00–23h00

19h00–23h00:

- Deze periode wordt gekenmerkt door een geleidelijk dalend grondgeluid, waarbij echter het verschil tussen LA₅₀ en LA₉₅ soms groter wordt. Dit is het gevolg van de min of meer regelmatig vertrekkende vliegtuigen.

Nachtperiode

23h00–24h00:

- In deze periode zet de daling van het grondgeluid zich niet altijd door.
- Opvallend zijn opnieuw de hoge LA₁-niveaus te wijten aan de landende vliegtuigen, op de piste 25R, van de eerste koerierdiensten.

Globaal kan men stellen in verband met het grondgeluid:

- 's nachts : Tijdens deze periode heeft men een sterke verstoring en bereikt men slechts voor korte perioden de normale waarden van het grondgeluid. Deze verstoring komt nagenoeg niet tot uiting tijdens de weekend- perioden, daar er dan nagenoeg geen nachtactiviteiten zijn.
- overdag : Men treft nagenoeg steeds een beduidende verstoring aan rond de middagperiode. In de voormiddag en namiddag heeft men te maken met een continu verspreide drukte waarbij het grondgeluid hetzij continu of over kortstondige perioden wordt verstoord.
- avond : Voor deze periode geldt dezelfde vaststelling als in de voor- of namiddag.

Soms vindt men buiten dit normale patroon nog sterk afwijkende geluidsniveaus over langere perioden (vb. zondag 10 december 1989 tussen 18h00 en 20h00). Dergelijke resultaten zijn gewoonlijk te wijten aan proefdraaiende vliegtuigen in de omgeving van de militaire luchthaven Melsbroek.

HOOFDSTUK IV

ANALYSE VAN HET GELUIDSDRUKNIVEAU NAAR "EVENTS"

4.1 Principe

Het continu evoluerend geluidsdrukniveau wordt vergeleken met een bepaalde drempelwaarde. Wordt deze drempelwaarde voor een bepaalde tijd overschreden, dan worden van deze tijdsperiode verschillende kengetallen bepaald waaronder :

- Kengetallen met betrekking tot tijdstippen waarbij de drempelwaarde overschreden werd, de maximale waarde werd bereikt en terugvalt beneden de drempelwaarde. .
- Kengetallen met betrekking tot geluidsniveaus waarbij het equivalent continu geluidsdrukniveau wordt bepaald over de desbetreffende periode en het maximale geluidsdrukniveau tijdens die periode.
- Kengetal waarbij het equivalent continu geluidsdrukniveau wordt bepaald over een periode van 1 seconde.

Daar de duur van de overschrijdingen willekeurig is, is onderling vergelijken van de "events" moeilijk. Vandaar dat meestal gekozen wordt voor het laatste kengetal dat onderling vergelijken mogelijk maakt.

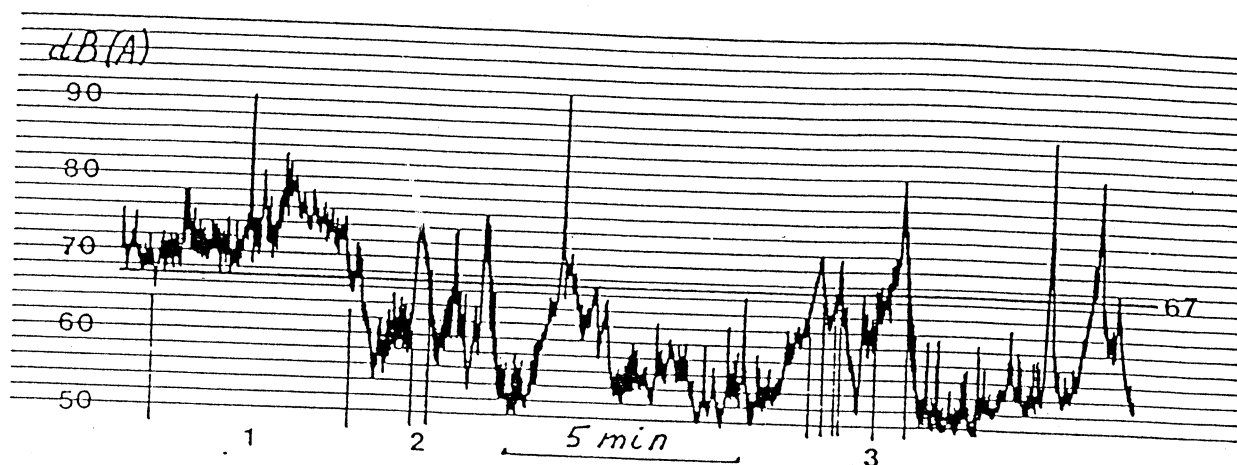
De drempelwaarde ter bepaling van de "events" bedroeg 67 dB(A). Deze dB(A)-waarde stemt bij benadering overeen met 80 PNdB (Specifiek vliegtuiggeluid wordt ook uitgedrukt volgens Perceived Noise Level, waarbij 80 PNdB een onderste drempelwaarde is). Teneinde niet bij elke kortstondige overschrijding van de drempelwaarde een "event" op te bouwen, werd een minimum duur van overschrijding ingebouwd van 10 s.

In figuur 4.1 worden aan de hand van hetzelfde voorbeeld, als in figuur 1.1, verschillende waarden van de "events" aangeduid en wordt een nadere bespreking gegeven in de legende van deze figuur.

4.2 Meetapparatuur

Dit principe van analyse van geluidsdrukniveaus is enkel mogelijk voor de meetresultaten waarbij gebruik werd gemaakt van de geluidsniveau-analysator B & K type 4427.

Figuur 4.1 : Ogenblikkelijke evolutie van het omgevingsgeluid als functie van de tijd aan het begin van de piste 02/25R en gemeten in de tuin van de meest nabijgelegen woningen



Verwerking volgens het principe van de analyse van "events"

- De drempelwaarde van 67 dB(A) is op de figuur door een horizontale lijn aangegeven. Ter illustratie zijn 3 voorbeelden van "events" aangeduid.
- Deze werkwijze laat toe een vrij nauwkeurige afbakening te maken in het tijdsdomein van de verschillende vliegtuigbewegingen.
- Bemerkingen :
 - De verschillende activiteiten in het eerste voorbeeld waarbij verschillende vliegtuigen zijn betrokken wordt door één event uitgedrukt en het maximale geluidsniveau wordt bepaald door een landend vliegtuig. Grond- en luchtgeluid zijn hier door elkaar vermengd.
 - In het tweede voorbeeld wordt het opstijgend vliegtuig door één normale event beschreven.
 - In het derde voorbeeld valt de voorbereiding tot het vertrek via de piste 25R en het eigenlijke vertrek van het vliegtuig uiteen in 3 afzonderlijke "events". De twee eerste hebben betrekking op grondgeluid, terwijl het derde deel vooral te maken heeft met het geluid als het vliegtuig in de lucht is.

4.3 Meetresultaten

In bijlage 12 zijn meetresultaten opgenomen van meetplaats A, in de omgeving van de pistes 02/25R, voor de periode van 25 december 1989 tot 3 januari 1990.

Per etmaal zijn 5 grafieken met events opgenomen. Een eerste grafiek geeft een totaal overzicht van al de "events" voor gans het etmaal. Daarna volgen vier deelgrafieken voor de normaal drukke perioden nl. 2 – 5 h, 7 – 10h, 10 – 13 h en 19 – 22 h.

Elk "event" wordt voorgesteld door een vertikaal staafdiagram waarvan de flanken overeenstemmen met de tijdstippen waarop het geluidsniveau de drempelwaarde van 67 dB(A*) overschreed en vervolgens terugviel beneden deze waarde. Bij elk staafdiagram behoort een vertikale lijn met driehoekje. Deze voorstelling stemt overeen met het tijdstip waarbij de maximale waarde werd bereikt terwijl de lengte overeenstemt met de maximale waarde tijdens het event.

4.4 Bespreking

Uit de overzichtsgrafieken van de etmalen komen de drukkere perioden tot uiting daar waar de concentraties van de events het hoogst zijn (b.v. 27 december 1989).

De maximale waarden van meer dan 90 dB(A) zijn overwegend afkomstig van de landende vliegtuigen. De overige events hebben hoofdzakelijk betrekking op het grondgeluid, waarvan een deel bepaald wordt door het luchtgeluid van de opstijgende vliegtuigen.

De langere perioden waarbij het geluidsniveau boven 67 dB(A) blijft heeft te maken met het grondgeluid van de wachtende vliegtuigen op de grond (b.v. 27 december 1989) rond de middag is daar een extreem voorbeeld van).

HOOFDSTUK V

INVLOED VAN HET GRONDLAWAAI OP HET OMGEVINGSGELUID BIJ DE VERSCHILLENDE MEETPLAATSEN ROND DE LUCHTHAVEN

5.1 Werkwijze

We zijn er vanuit gegaan dat het LA_{95} – niveau gemeten in de rustige perioden (van de dag en de nacht) waarbij er geen aanwijsbare invloed van vliegtuigbewegingen op de grond was, als maat voor het residuele geluid kan beschouwd worden. Op deze basis werd dan voor elke dag en elke nacht een $LA_{95}^{\min}$ – waarde vastgelegd. Daarnaast werd dan voor de overeenkomstige dag of nacht de (maximale) $LA_{95}^{\max}$ – waarde, die voor een half uur of langer voorkwam, als indicator voor het grondlawaaï beschouwd. Het verschil tussen deze twee LA_{95} – waarden is dan een maat voor de specifieke bijdrage van het grondlawaaï.

5.2 Resultaten

In het bovenste deel van de figuren 5.1 tot 5.4 zijn, zowel voor de dag als voor de nacht, de karakteristieke $LA_{95}^{\max}$ – en $LA_{95}^{\min}$ – waarden uitgezet als functie van de tijd. Het betreft hier resultaten voor de meetplaatsen A, B, G en H aan de rand van de luchthaven. In het onderste gedeelte van de figuren is het verschil ($LA_{95}^{\max} - LA_{95}^{\min}$) uitgezet. Dit geeft een klaarder overzicht van de specifieke impact van het grondlawaaï omdat dan abstractie gemaakt wordt van de normale evolutie in de tijd van het residuele geluid (o.a. door gewijzigde weersomstandigheden). In tabel 5.1 is een samenvattend overzicht gegeven, onder de vorm van gemiddelde waarden en het maximale verschil waargenomen per meetplaats. In deze tabel 5.1 zijn ook gegevens opgenomen voor de meetplaatsen 10 en 11. Gezien het relatief beperkt aantal meetdagen voor de meetplaats 10, is de onzekerheid op deze waarden relatief groot en kunnen ze enkel als een goede indicatie beschouwd worden. Naast de gegevens van het relatief beperkt aantal meetdagen (in februari 1990) voor meetplaats 11, opgenomen in bijlage 11, werd eveneens gebruik gemaakt van de resultaten (opgenomen in bijlage 15) voor een uitgebreider aantal meetdagen (in augustus 1990) voor deze meetplaats 11. Deze aanvullende reeks gegevens was vooral nodig voor het

onderzoek van de uitbreiding Brucargo—West (zie deel III). We vestigen er de aandacht op dat de gegevens in tabel 5.1 algemeen gemiddelde waarden zijn over de ganse meetperiode, zowel de resultaten bij geluidsoverdracht bevorderende als remmende weersomstandigheden. Hierdoor liggen deze gemiddelden doorgaans wat lager dan deze beschouwd bij de modelberekeningen in hoofdstuk III van Deel I waar klimaatcondities beschouwd werden die de geluidsvoortplanting bevorderen.

5.3 Bespreking

In de tijdsevolutie van het verschil ($LA_{95}^{\max} - LA_{95}^{\min}$) is een duidelijke periodiciteit, met een periode van een week, waarneembaar (zie b.v. figuur 5.1) voor de meeste meetplaatsen. De impact van het specifieke grondlawaai, zowel overdag als 's nachts, is beduidend minder gedurende de weekends wegens de verminderde trafiek. Dit is vooral opvallend voor de nachtperiode op de meetplaatsen A en G en in mindere mate voor de meetplaats B. De sterke verhoging van het grondlawaai die gedurende de week, tussen ongeveer 2 en 4 uur 's ochtends, aan het begin van de 25R wordt waargenomen valt in de weekends nagenoeg volledig weg en we noteren slechts een min of meer normale verandering van ongeveer 5 dB(A). Dit heeft uiteraard te maken met de activiteiten van de koerierdiensten en het nachtelijk goederenverkeer. Een gelijkaardige vaststelling kan gemaakt worden voor de periode van de feestdagen rond Kerstmis met beperkte activiteiten (zie figuur 5.1). Deze lagere waarden hebben natuurlijk een reducerende invloed op het gemiddelde verschil ($LA_{95}^{\max} - LA_{95}^{\min}$). Daarom hebben we in tabel 5.1 ook het gemiddelde aangegeven dat geldig is voor de werkdagen alleen.

Zoals reeds eerder vermeld in hoofdstuk V zijn er geen specifieke criteria of voorschriften voor het grondgeluid van luchthavens voorhanden. Een evaluatie van eventuele lawaaihinder dient dan ook het best doorgevoerd via vergelijking met min of meer gelijkaardige situaties. De luchthaven is op het Gewestplan Halle—Vilvoorde—Asse een gebied voor gemeenschaps- en openbare nutsvoorzieningen (zie copie van het gewestplan opgenomen in het MER-gedeelte van Belconsulting N.V.). Op basis van een ontwerp van B.V.E. (Besluit van de Vlaamse Executieve) tot vaststelling van richtwaarden voor het omgevingsgeluid en van algemeen geldende voorwaarden ter bestrijding van Industriële geluidshinder, zouden in principe voor dit gebied dezelfde richtwaarden van toepassing zijn als voor woongebieden, met name 45 dB(A) gedurende de dag (van 7h00 tot 19h00), 40 dB(A) 's avonds (van 19h00 tot 22h00) en 35 dB(A) 's nachts (van 22h00 tot

7h00). Verschillende woongebieden of delen van woongebieden of landelijke gebieden zijn gelegen op minder dan 500 m van industriegebieden (1) of van gebieden voor ambachtelijke bedrijven en kleine en middelgrote ondernemingen of dienstverleningsgebieden (2). Voor de situatie (1) gelden dan de richtwaarden van 50 dB(A) overdag en 45 dB(A) 's avonds en 's nachts. Voor het geval (2) gelden : 50 dB(A) overdag, 45 dB(A) 's avonds en 40 dB(A) 's nachts. Binnen de industrie- en dienstverleningsgebieden zelf gelden de richtwaarden 60 dB(A) overdag en 55 dB(A) 's avonds en 's nachts. In deze context en gezien de aard van de activiteiten (die het grondlawaaï veroorzaken) lijkt het ons een redelijk uitgangspunt al de woonzones aan de rand van de luchthaven te beschouwen als gebieden op minder dan 500 m van een industrieterrein. De richtwaarden voor het omgevingsgeluid voor een dergelijk gebied zijn 50 dB(A) voor de dagperiode en 45 dB(A) voor de avond en de nacht.

Als we de residuele geluidsniveauwaarden in tabel 5.1 vergelijken met deze richtwaarden kunnen we vaststellen dat de meeste waarden vergelijkbaar of iets lager zijn dan deze richtwaarden.

De verhogingen aan de rand van de luchthaven bij de meetplaatsen A en G zijn zeer aanzienlijk en lopen vaak over verscheidene uren, zowel 's nachts als in de dag, en moeten zowel wat de absolute niveaus die bereikt worden, als wat de relatieve veranderingen (van de orde van 15 dB(A)) als zeer hinderlijk beschouwd worden. Hetzelfde geldt voor meetplaats B gelegen op een paar honderd meter van een woonzone aan de overkant van de Haachtsesteenweg. Ook op meetplaats 10, ten noorden van meetplaats A aan de overkant van de Haachtsesteenweg, is de invloed van het specifieke grondlawaaï eveneens nog zeer waarneembaar, met toenames van om en bij de 10 dB(A) overdag en 's nachts. Een gelijkaardig resultaat is geldig voor meetplaats 11 in de woonzone langs de Haachtsesteenweg in Melsbroek. De belangrijkste toenames situeren zich voor deze meetplaatsen gedurende de nacht tussen 2h30 en 4h30 en in mindere mate ook rond middernacht. Gedurende de dag is er meer spreiding waar te nemen met toch zeer belangrijke toenames rond de middag en vaak ook tussen 18h00 en 20h00.

Voor wat de meetplaats H in Zaventem betreft, is de situatie enigszins verschillend. De belangrijkste toenames gedurende de nacht situeren zich daar meestal in de vroege ochtend vanaf ongeveer 5h30 tot 7h00 en sluiten aan bij de (voor die plaats) vaak belangrijkste verhogingen voor de dag tussen 7 en 9 uur. Dit heeft blijkbaar te maken met het opgangkomen van de grondactiviteiten rond die sector van het luchthavengebouw. Naast dit gewone patroon moet ook vastgesteld worden dat op sommige dagen er ook in de nacht tussen 2h30 en 4h30 en rond middernacht ook zeer

duidelijke verhogingen vast te stellen zijn, voornamelijk bij wind uit de noord en noord-oostelijke sector. Deze laatste verhogingen hebben dan waarschijnlijk te maken met geluid afkomstig van de activiteiten van de koerierdiensten in de buurt van P_8 die vertrekken van de pistes 02 en 07R. Dergelijke invloeden werd ook waargenomen op meetplaats F, in de Rode Cité, aan de rand van de toegangsweg tot de luchthaven. De activiteiten op parking P_{12} ter hoogte van de aanlegplaatsen en de parking P_{13} ter hoogte van de werkplaats hebben een grote invloed op deze woonbuurt. Gedurende lange perioden, overdag en 's avonds, worden vaak hinderlijke laagfrequente geluidsniveaus van 50 tot 55 dB(A) waargenomen.

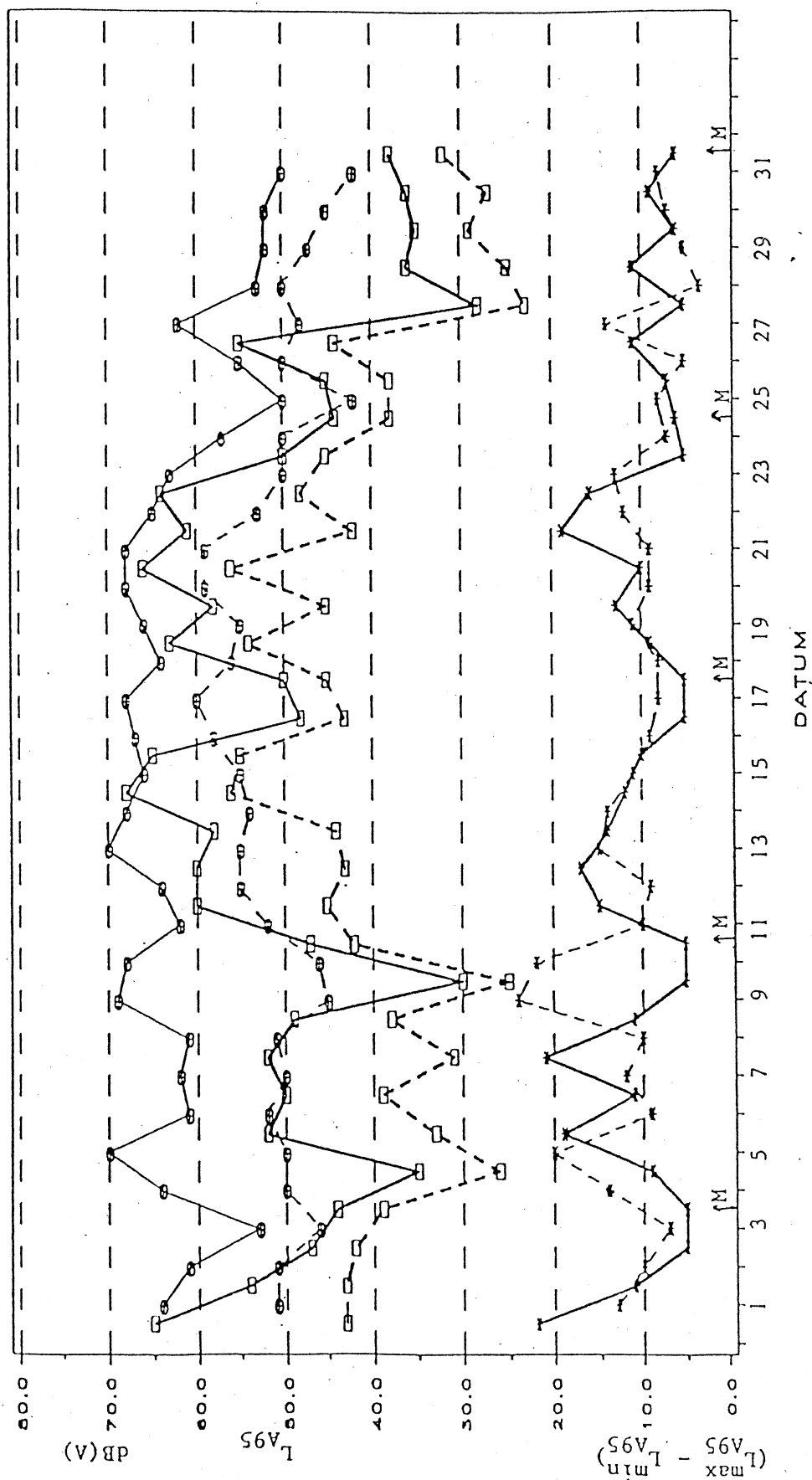
Wat het geluid afkomstig van proefdraaiende vliegtuigen betreft, hebben we, met uitzondering van resultaten op 4 en 10 december 1989, geen vaststellingen kunnen doen betreffende bijzondere geluidsoverlast. De twee langere perioden, met zeer hoge niveaus op meetplaats A, op 4 december 1989 (tussen 19h30 en 21h30) en op 10 december 1989 (tussen 18h00 en 20h00) zijn hoogstwaarschijnlijk te wijten aan proefdraaiende vliegtuigen in de omgeving van de militaire luchthaven van Melsbroek. Het testen in de buurt van de plaatsen V3 en V4, over blijkbaar relatief korte tijdsintervals, blijkt zich te integreren in het normale patroon van het lawaai van opstijgende en landende vliegtuigen en van het grondlawaai.

Tabel 5.1 Invloed van het grondlawaaï op het omgevingsgeluid

Grootheden (in dB(A))	Meetplaatsen					
	A	B	G	H	10	11
dag						
— residueel geluidsniveau $LA_{95}^{\min}$	51	52	45	46	47	44
— gemiddelde toename (door vliegtuig— bewegingen op de grond)	11	9	15	8	7	6
— gemiddelde toename gedurende de werkdagen	13	10	17	10	—	—
— hoogste toename	22	14	25	15	8	12
nacht						
— residueel geluidsniveau $LA_{95}^{\min}$	40	46	39	41	41	39
— gemiddelde toename (door vliegtuig— bewegingen op de grond)	12	11	14	11	9	10
— gemiddelde toename gedurende de werkdagen	16	13	19	13	—	12
— hoogste toename	23	16	25	17	11	24

HET LA95-NIVEAU ALS FUNKTIE VAN DE TIJD

MEETPLAATS A, VAN FRACHENLAAN, STEENOKKERZEEL



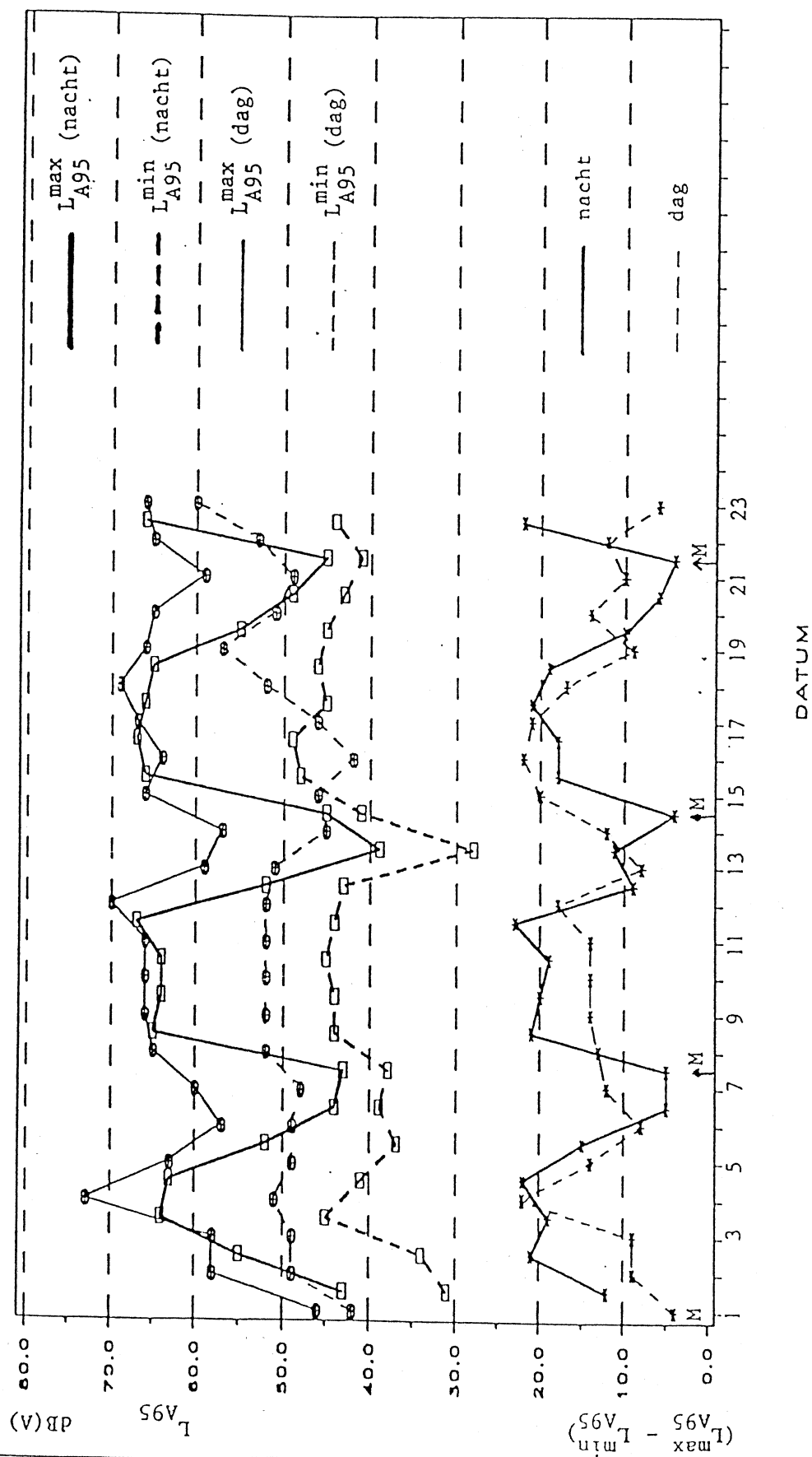
LABO VOOR AKOESTIEK EN WARMTEGELEDING K.U.L.

(december 1989)

Figuur 5.1

HET LA95-NIVEAU ALS FUNKTIE VAN DE TIJD

MEETPLAATS A, VAN FRACHENLAAN, STEENOKKERZEEL



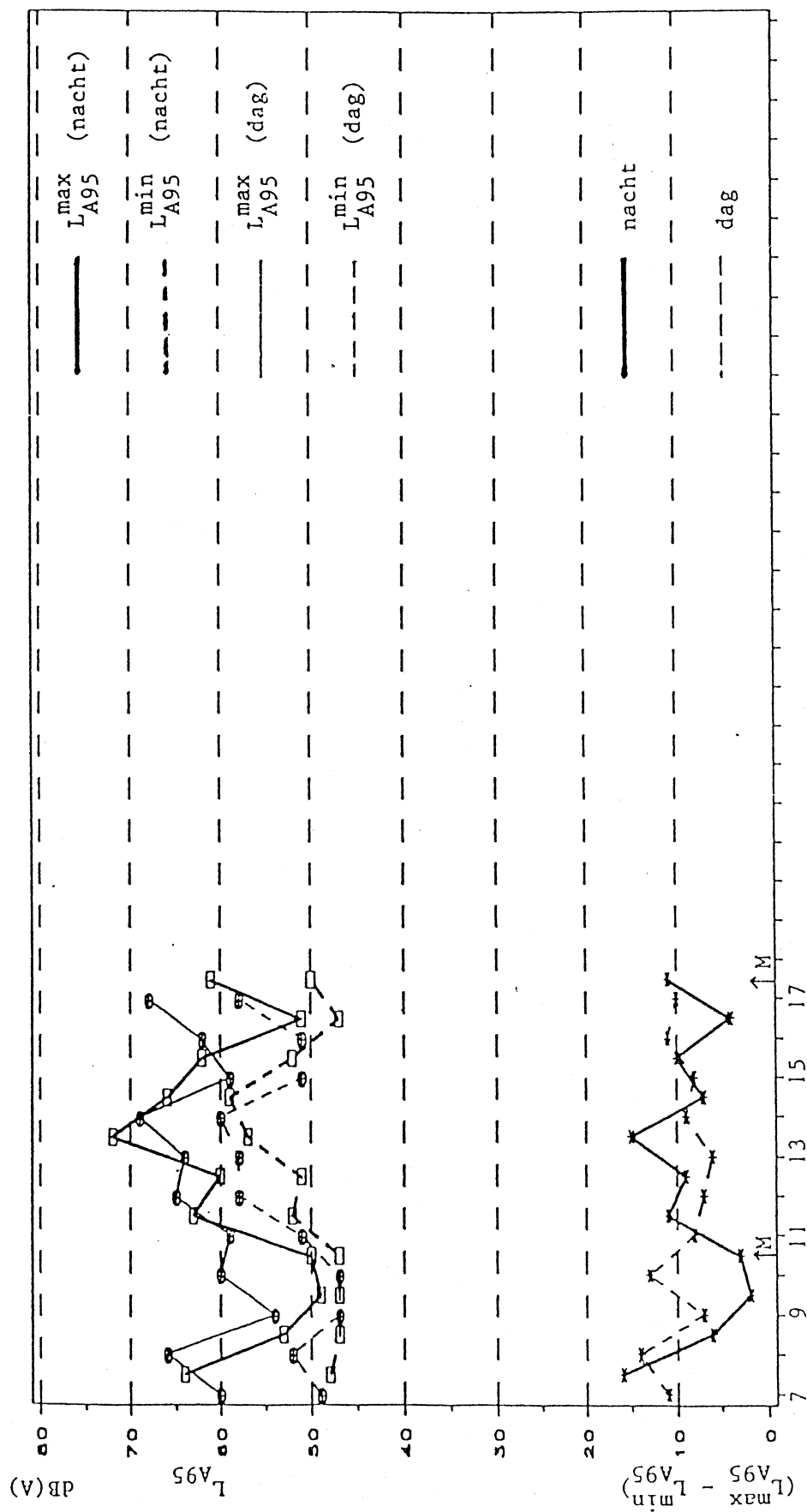
(januari 1990)

LABO VOOR AKOESTIEK EN WARMTEGELEIDING K.U.L.

Figuur 5.1 (vervolg)

HET LA95-NIVEAU ALS FUNKTIE VAN DE TIJD

MEETPLAATS B, MELS BROEK



DATUM

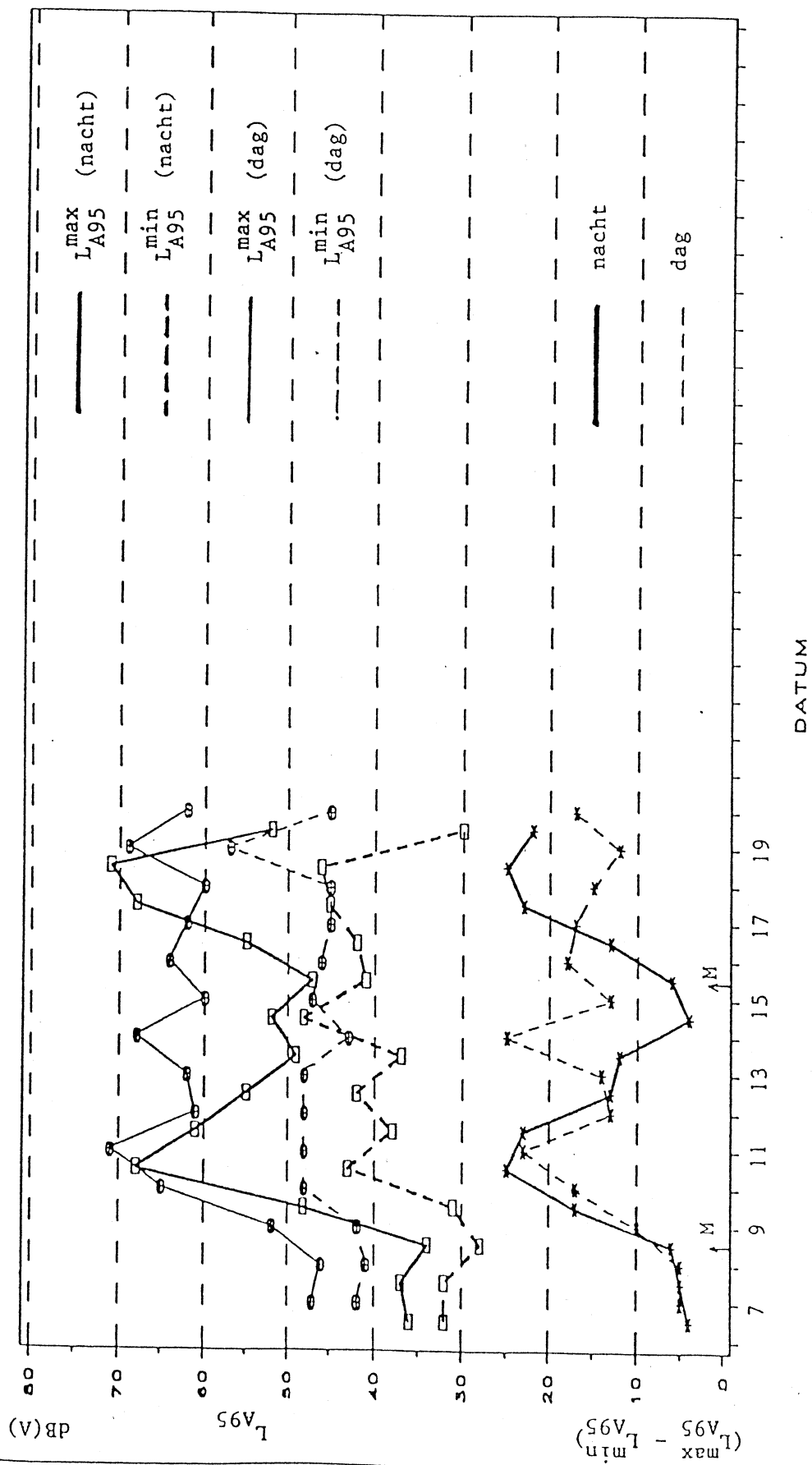
LABO VOOR AKOESTIEK EN WARMTEGELEIDING KUL

(december 1989)

Figuur 5.2

HET LA95-NIVEAU ALS FUNKTIE VAN DE TIJD

MEETPLAATS G . BOEKWEYKOEKSTRAAT . STEENOKKERZEEL

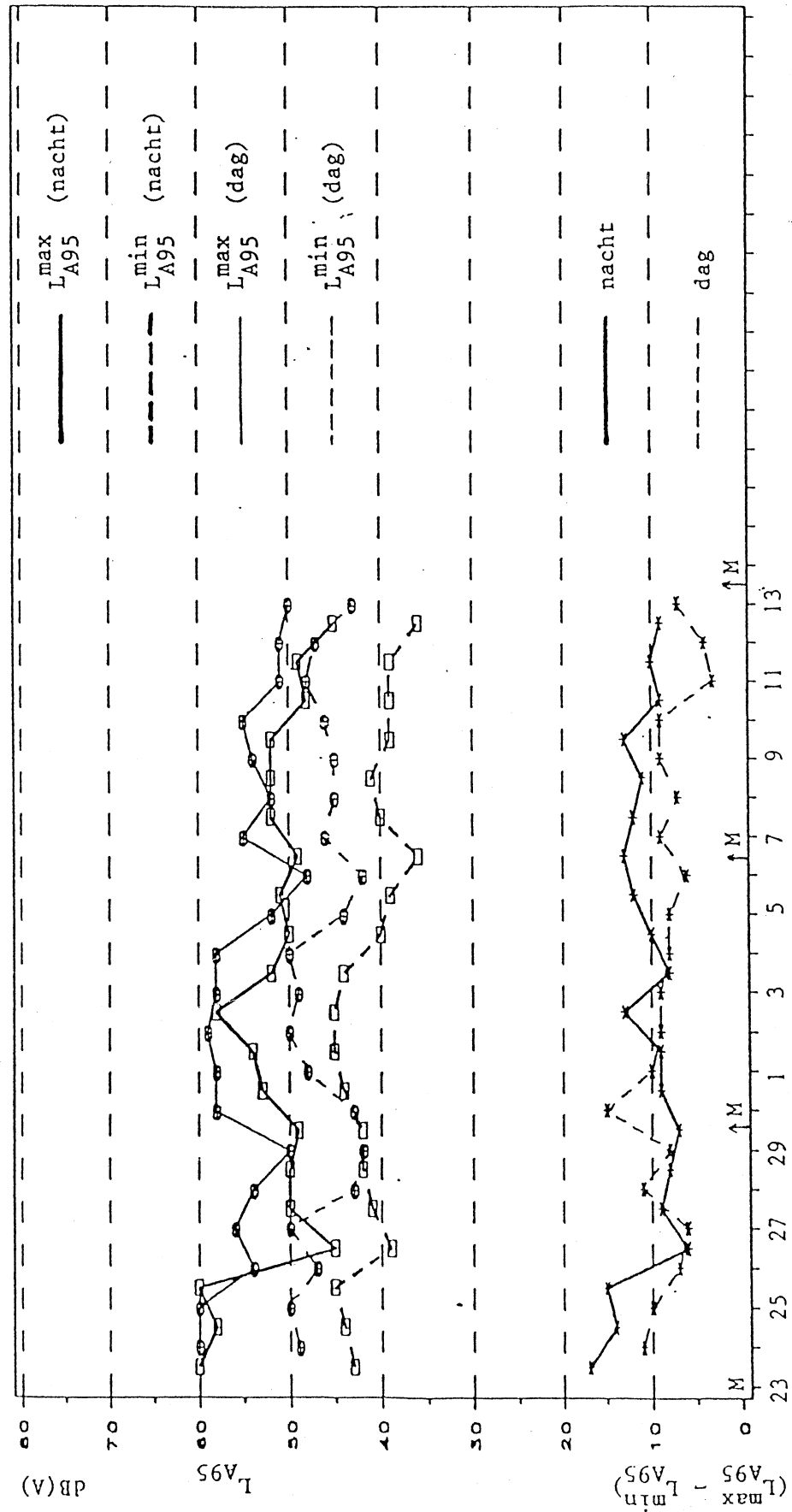


LABO VOOR AKOESTIEK EN WARMTEGELEIDING K.U.L.

Figuur 5.3

HET LA95-NIVEAU ALS FUNKTIE VAN DE TIJD

MEETPLAATS H. BORREVELDLAAN, ZAVENTEM



DATUM

(april - mei 1990)

LABO VOOR AKOESTIEK EN WARMTEGELEIDING K.U.L.

Figuur 5.4

HOOFDSTUK VI

EVALUATIE VAN HET GRONDLAWAAI EN MOGELIJKE MAATREGELEN

6.1 Huidige toestand en vooruitzichten

Zoals reeds uitvoerig aangegeven in hoofdstuk V nemen de toenamen van het grondlawaaï (vooral op de meetplaatsen A, B en G) in bepaalde perioden van de dag, maar vooral in het midden van de nacht, een hoge waarde aan. Daarenboven dient men zich te realiseren dat deze verhoging van het grondlawaaï gepaard gaat met een sterke lawaaïtoename, in dezelfde sector, tengevolge van een groot aantal landende en opstijgende vliegtuigen.

Een prognose maken voor de evolutie van het grondlawaaï bij een verdubbeling van het vliegtuigverkeer is zeer moeilijk omdat dit in zeer belangrijke mate samenhangt met de uitbatingsprocedures die in de toekomst zullen gevolgd worden. Indien men er van uitgaat dat de huidige werkwijze in grote lijnen gehandhaaft blijft, maar zeer geïntensifiëerd wordt, kan men verwachten voor de dag dat ook gedurende sommige nu nog relatief rustige periodes een hoger niveau voor het grondlawaaï zal bereikt worden. Voor de nacht is, wegens de specifieke tijdslimieten bij de koerierdiensten, niet direct te verwachten dat de drukke periode zal uitbreiden. Men kan eerder nog drukkere activiteit verwachten in dezelfde periode. Bij een verdubbeling van het nachtelijk vliegtuigverkeer op de grond zou men dan normaliter een gemiddelde verhoging van ongeveer een 3-tal dB(A) kunnen verwachten voor het grondlawaaï.

6.2 Maatregelen van algemene aard

Gezien de hoge waarden voor het grondlawaaï in bepaalde perioden dienen er, zeker naar de toekomst toe, maatregelen overwogen om de hinder zoveel mogelijk te reduceren. Men zou in eerste instantie moeten onderzoeken of het niet mogelijk is om, vooral 's nachts, de concentratie van wachtende vliegtuigen aan het begin van de baan 25R sterk te reduceren door ze, in afwachting van vertrek, langer bij de aanlegplaatsen te houden of te laten wachten op een meer centraal gelegen plaats op het vliegveld. Daarnaast dient men het aanbrengen van geluidsafscherming in bepaalde sectoren te overwegen. Deze mogelijkheid wordt hierna in meer detail besproken.

6.3 Schermwerking

6.3.1 Inleiding

Het geluidsdrukniveau dat veroorzaakt wordt door vliegtuigbewegingen op de grond, kan gereduceerd worden door het oordeelkundig plaatsen van geluidsschermen. De werking van een geluidsscherm kan op twee manieren beschouwd worden : door een plaatsing dicht bij de bron reduceert men de uitstraling van het geluid; door een plaatsing dicht bij de ontvanger reduceert men de blootstelling aan het geluid. Geluidsschermen kunnen opgevat worden als speciaal voor dat doel geconstrueerde en geplaatste wanden, maar een gelijkwaardige schermwerking kan eveneens bekomen worden met aaneengesloten bebouwing of aarden wallen. De geluidsreductie die met schermen kan bereikt worden hangt af van verschillende factoren, waaronder de eigenschappen van de geluidsbron, de mogelijke uitbreidingswegen, de weersomstandigheden, en het geluidsscherm zelf. In de volgende paragrafen wordt de invloed van geluidsschermen op de akoestische omgeving geïllustreerd aan de hand van vereenvoudigde berekeningen voor enkele woongebieden rondom de luchthaven.

6.3.2 Het rekenmodel

Het doel van het rekenmodel is het in kaart brengen van de geluidsdrukniveaus in een bepaald gebied, veroorzaakt door de aanwezigheid van een of meerdere geluidsbronnen, rekening houdend met de plaatsing van geluidsschermen.

Het rekenmodel steunt op de VDI richtlijnen 2714 en 2720 betreffende de geluidsvoortplanting en de geluidsafscherming in het vrije veld¹. Deze stellen een berekeningsmethode voor aangaande de geluidsvoortplanting buiten, rekening houdend met verschillende invloedsfactoren. In het kader van dit rapport beperken we ons tot de factoren die noodzakelijk zijn om de schermwerking correct te evalueren :

¹ VDI 2714, "Schallausbreitung im Freien", Verein Deutscher Ingenieure

VDI 2720, "Schallschutz durch Abschirmung im Freien", Verein Deutscher Ingenieure

- Het terrein wordt vereenvoudigd tot een plat vlak
- Er wordt gerekend met bodem- en luchtdemping
- De geluidsbron, een parkerend of taxiënd vliegtuig, wordt gemodelleerd als een omnidirecte puntbron, geplaatst op 4 m boven het terrein. Aan deze bron wordt een fictief vermogen van 129.2 dB(A) toegekend, echter met een spectrum afgeleid uit een reële geluidsopname nabij wachtende vliegtuigen (plaats van de opname : ILS/GP 02/20 Glide Path)
- De ontvangers worden volgens een rechthoekig raster verspreid op 4 m boven het terrein. In elk punt wordt het geluidsdrukniveau in dB(A) berekend. Het verschil tussen de geluidsdruk niveaus zonder en met scherm geeft een indicatie van de schermwerking.
- Een scherm wordt gemodelleerd als een aaneenschakeling van rechthoekige vlakken, geplaatst op het terrein, en met een constante hoogte. Er wordt gerekend met diffractie van het geluid rond de horizontale en de verticale randen van het scherm.

6.3.3 Geluidsspectrum van de geluidsbron

Voor de berekeningen hebben we gebruik gemaakt van een typisch spectrum van de lawaaibron. Het spectrum van wachtende vliegtuigen op de parking P5 is weergegeven in Fig. 6.1. Dit spectrum werd opgenomen op een bandopnemer aan de ILS/GP 02/20 (Glide Path). de afstand tot het vliegtuig bedroeg ± 100 m. Op de figuur is het geluidsdrukniveau in dB(A) als functie van de frequentie uitgezet. De waarden van de geluidsdruk niveaus zijn zelf niet direct belangrijk, wel de vorm van de kromme. Naarmate we dichterbij het vliegtuig komen zullen de niveaus stijgen maar de vorm zal gelijk blijven.

Geluidsspectrum opgenomen in situ.

Datum v/d meting: 26.03.1990

Opdracht: Luchthavengeluid.

Meetplaats: ILS/GP 02/20 Glide Path.

Spectrum 01 : Wachtende vliegtuigen.

Frekw. Hz.	LD. dB	LA. dB(A)
50	68.9	38.7
63	68.0	41.8
80	68.5	46.0
100	66.0	46.9
125	66.3	50.2
160	64.1	50.7
200	55.5	44.6
250	47.9	39.3
315	49.7	43.1
400	54.9	50.1
500	62.4	59.2
630	66.0	64.1
800	63.5	62.7
1000	65.5	65.5
1250	65.1	65.7
1600	63.5	64.5
2000	66.4	67.6
2500	63.5	64.8
3150	60.9	62.1
4000	51.0	52.0
5000	45.2	45.7
6300	43.1	43.0
8000	40.6	39.5
10000	42.8	40.3
Totaal:	77.6	74.2

ILS/GP 02/20 Glide Path.

01 : Wachtende vliegtuigen.

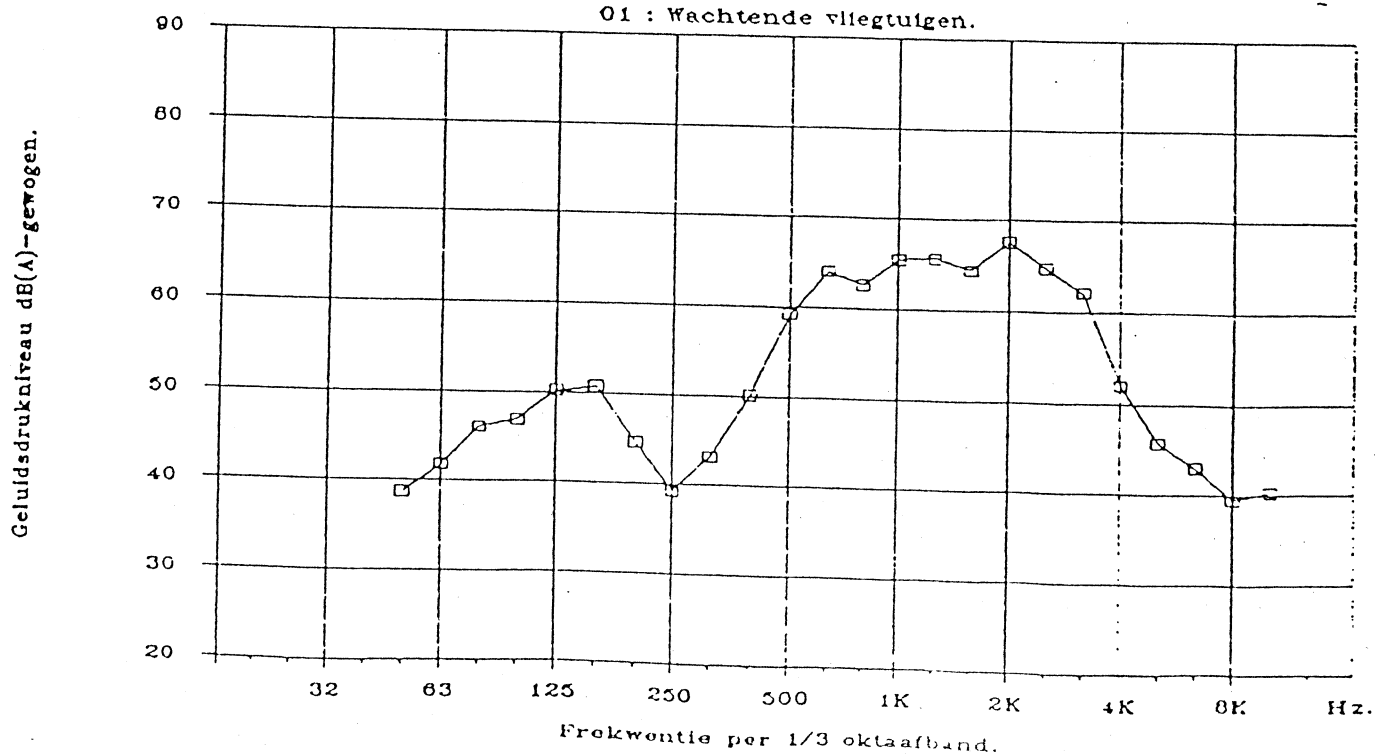


Fig. 6.1

6.3.4 De onderzochte situaties

Voor drie verschillende woongebieden rondom de luchthaven werd de invloed van de plaatsing van geluidsschermen berekend. De onderzochte situaties zijn weergegeven op fig. 6.2 : het gebied langs de steenweg op Haacht (Melsbroek), het gebied langs de Van Frachenlaan (Steenokkerzeel), en het gebied langs de spoorlijn naar de luchthaven (Rode Cité, De Hoek).

De geluidskaarten tonen de resultaten van de berekeningen onder de vorm van contourlijnen, afwisselend voor het (fictieve) dB(A) geluidsdrukniveau en de dB(A) - niveaudaling door toepassen van een geluidsscherm.

Situatie 1 : Melsbroek, Steenweg op Haacht (figuur 6.3)

Hier wordt de invloed onderzocht van een geluidsscherm, geplaatst langs de steenweg op Haacht. Dit scherm kan b.v. gevormd worden door de vrijstaande gebouwen langs de steenweg met behulp van schermen aan elkaar aan te sluiten. De bron is een vliegtuig dat beweegt op de runway R25/L07. De geluidsdruk niveaus die in kaart gebracht worden zijn de maximale waarden die in een punt berekend worden tijdens het voorbijkomen van de bron.

Volgende varianten werden berekend :

- schermhoogte (H) = 15 m lengte (L_{tot}) = 1600 m (Fig. 6.4a en Fig. 6.4b)
- schermhoogte (H) = 15 m lengte (L_{tot}) = 2300 m (Fig. 6.5a en Fig. 6.5b)
- schermhoogte (H) = 15 m lengte (L_{tot}) = 3300 m (Fig. 6.6a en Fig. 6.6b)

De figuren met index a geven contourlijnen voor maximale niveaus. De corresponderende figuren met index b geven de niveaudaling in dB(A) tengevolge van de aanwezigheid van het scherm.

Situatie 2 : Steenokkerzeel, Van Frachenlaan (figuur 6.7)

Hier wordt de invloed onderzocht van een geluidsscherm, geplaatst langs de rand van de luchthaven, in de nabijheid van de parking P2 en de Van Frachemlaan. De bron is een vliegtuig dat stilstaat op de parking P2. Volgende varianten werden berekend:

- schermhoogte (H) = 15 m lengte (L_{tot}) = 500 m (Fig. 6.8a en Fig. 6.8b)
- schermhoogte (H) = 15 m lengte (L_{tot}) = 1000 m (Fig. 6.9a en Fig. 6.9b)
- schermhoogte (H) = 15 m lengte (L_{tot}) = 1750 m (Fig. 6.10a en Fig. 6.10b)
- schermhoogte (H) = 10 m lengte (L_{tot}) = 500 m (Fig. 6.11a en Fig. 6.11b)
- schermhoogte (H) = 10 m lengte (L_{tot}) = 1000 m (Fig. 6.12a en Fig. 6.12b)
- schermhoogte (H) = 10 m lengte (L_{tot}) = 1750 m (Fig. 6.13a en Fig. 6.13b)

Situatie 3 : Zaventem, langs de spoorlijn (figuur 6.14)

Hier wordt de invloed onderzocht van een geluidsscherm, geplaatst langs de rand van de luchthaven. De bron is een vliegtuig dat stilstaat op de parking P6, of een vliegtuig dat beweegt over de runway R07.

De volgende varianten worden berekend :

- schermhoogte = 15 m lengte = 600 m bron op parking P6
(Fig. 6.15a en Fig. 6.15b)
- schermhoogte = 15 m lengte = 1200 m bron op parking P6
(Fig. 6.16a en Fig. 6.16b)
- schermhoogte = 10 m lengte = 600 m bron op parking P6
(Fig. 6.17a en Fig. 6.17b)
- schermhoogte = 10 m lengte = 1200 m bron op parking P6
(Fig. 6.18a en Fig. 6.18b)
- schermhoogte = 15 m lengte = 1200 m bron op runway R07
(Fig. 6.19a en Fig. 6.19b)

6.3.5 Besluiten

De twee belangrijkste criteria bij het evalueren van de schermwerking zijn de grootte van de geluidsniveaudaling en de uitgestrektheid van de zone waarover dit gebeurt.

Als minimum benodigde geluidsniveaudaling kan men ongeveer 6 dB vooropstellen :

- De schermwerking neemt toe met een grotere hoogte van het scherm. In de onderzochte situaties blijkt een schermhoogte van 10 m alleszins een minimum te zijn; duidelijk betere resultaten worden bereikt met een schermhoogte van 15 m. Bij deze hoogten is de schermwerking uiteraard enkel van nut bij grondlawaaï, niet bij vliegbewegingen in de lucht.
- De schermwerking neemt toe bij een kortere afstand tussen bron of de ontvanger. Dit pleit ervoor de schermen oordeelkundig in te planten, bij voorkeur zo dicht mogelijk bij de geluidsbronnen. Dit impliceert eveneens dat geluidsreductie van het grondlawaaï met behulp van schermen slechts zinvol is voor woongebieden vlakbij de luchthaven.
- De geluidsschermen dienen de bron of de ontvanger in voldoende mate te omsluiten: vlakbij de verticale randen van een scherm is de schermwerking immers minimaal.

Belangrijk is op te merken dat de gegeven voorbeelden niet als ontwerpberekeningen van de geluidsschermen mogen opgevat worden. de positie van de bronnen, evenals de positie en de toelaatbare afmetingen van de schermen zijn daartoe onvoldoende nauwkeurig gekend. De rekenvoorbeelden geven enkel suggesties omtrent een vermindering van de geluidsuitbreiding met behulp van schermen.



Fig. 6.2

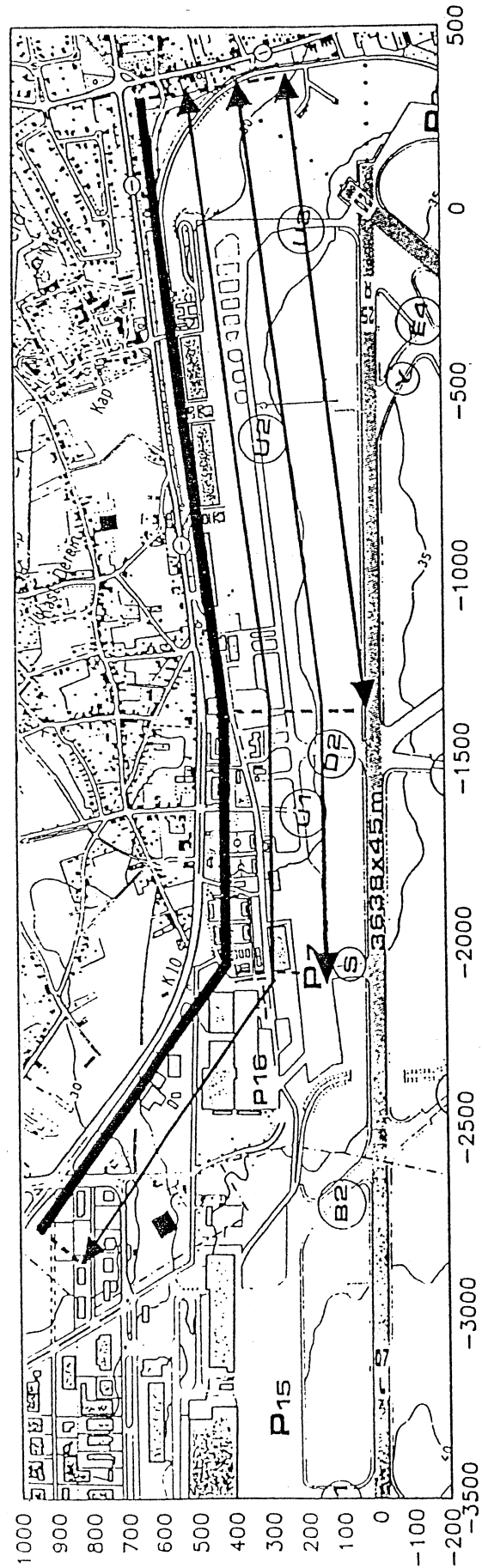


Fig. 6.3

RUNWAY R25 — MET SCHEM — H=15m ; Ltot=1600m — MAXIMALE GELUIDDRUKNIVEAUS

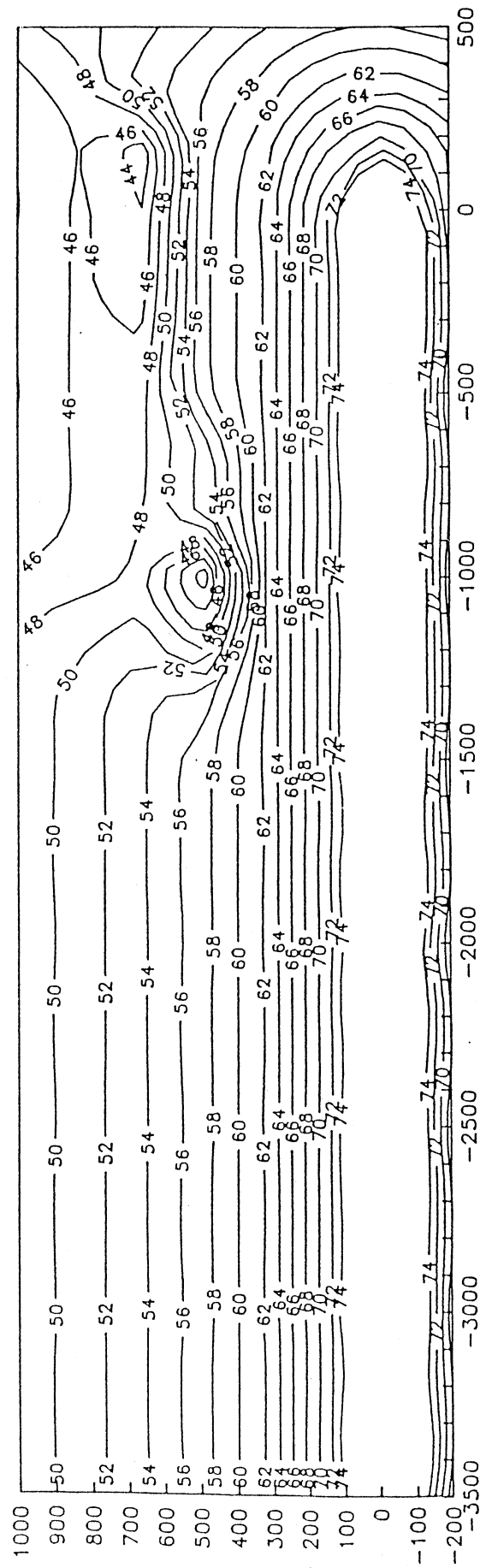


Fig. 6.4a

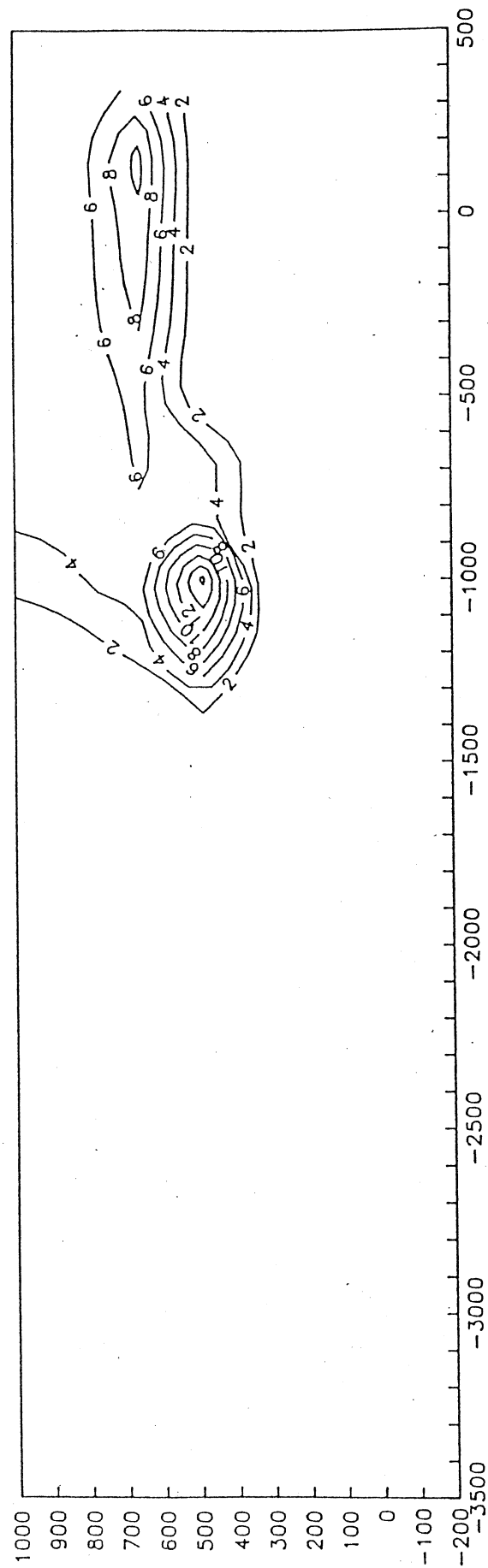
RUNWAY R25 - SCHERMWERKING - $H=15\text{m}$; $L_{\text{tot}}=1600\text{m}$ 

Fig. 6.4b

RUNWAY R25 - MET SCHEM - H=15m ; Ltot=2300m - MAXIMALE GELUIDDRUKNIVEAUS

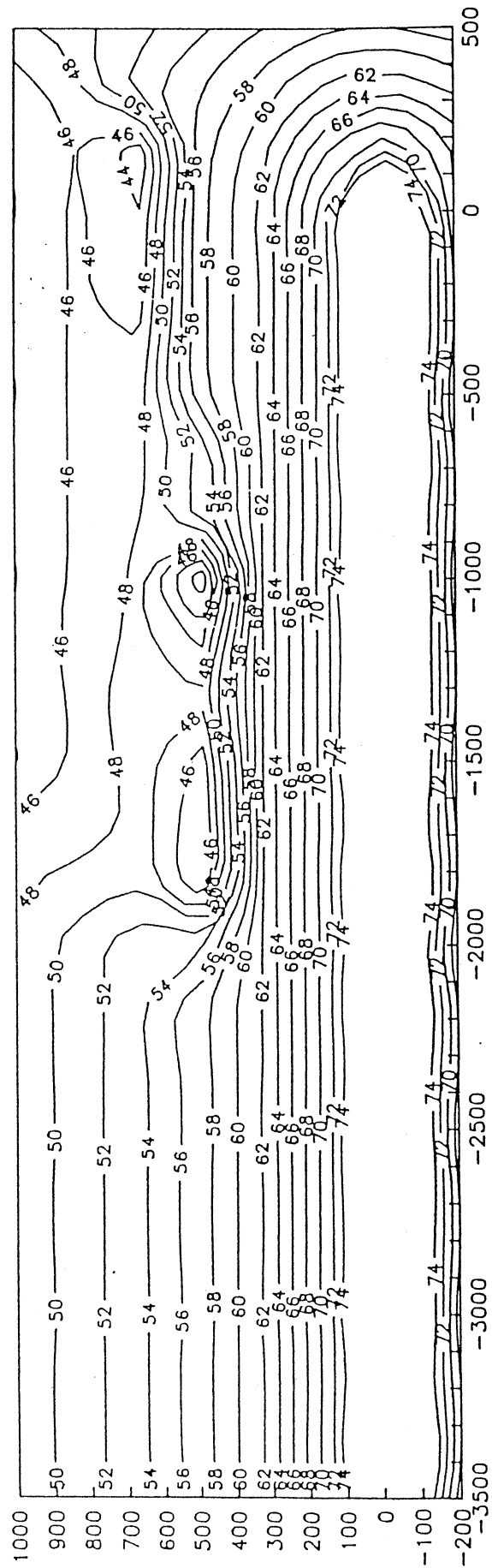


Fig. 6.5a

RUNWAY R25 - SCHERMWERKING - $H=15\text{m}$; $L_{\text{tot}}=2300\text{m}$

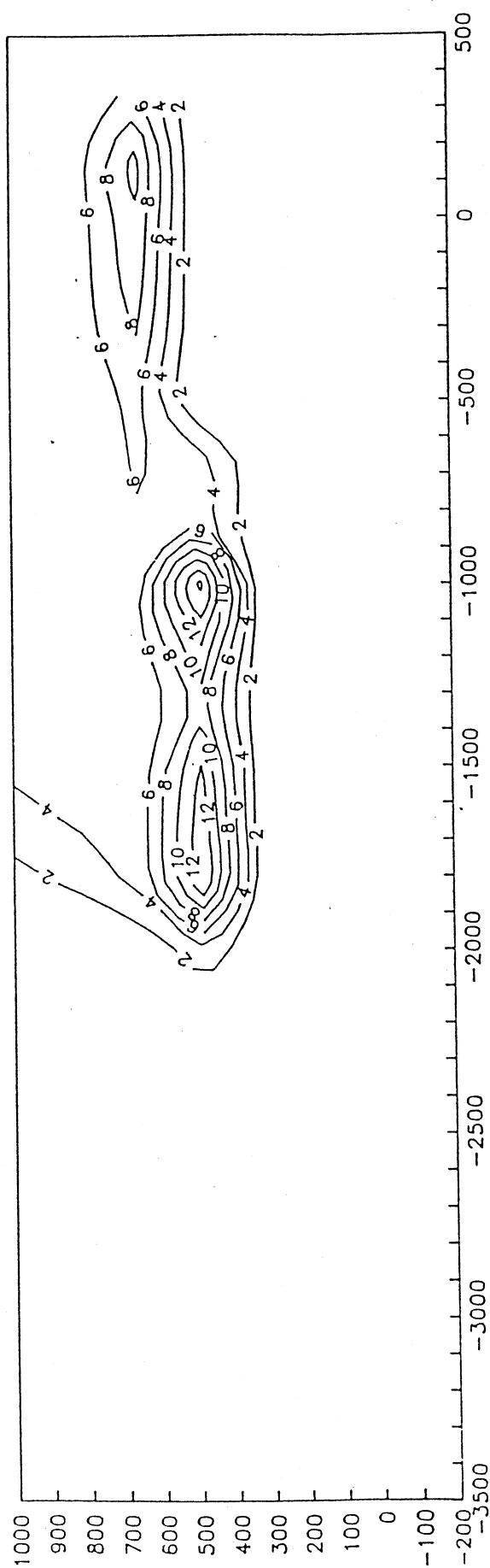


Fig. 6.5b

RUNWAY R25 - MET SCHERM - H=15m ; Ltot=3300m - MAXIMALE GELUIDDRUKNIVEAUS

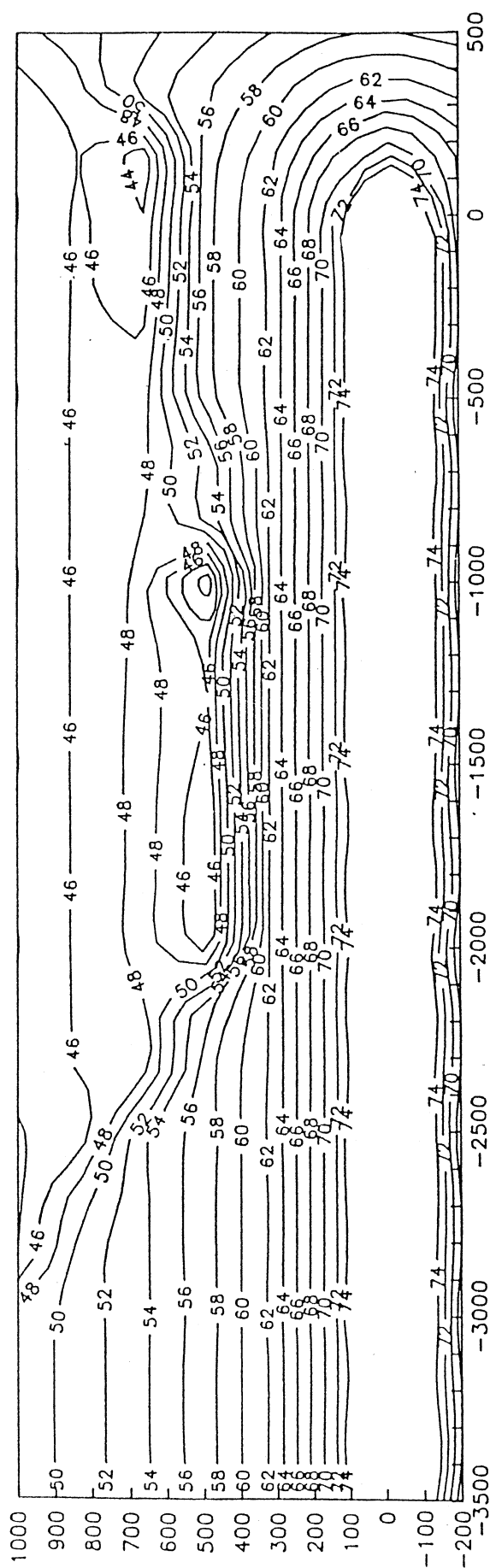


Fig. 6.6a

RUNWAY R25 - SCHERMWERKING - H=15m ; Ltot=3300m

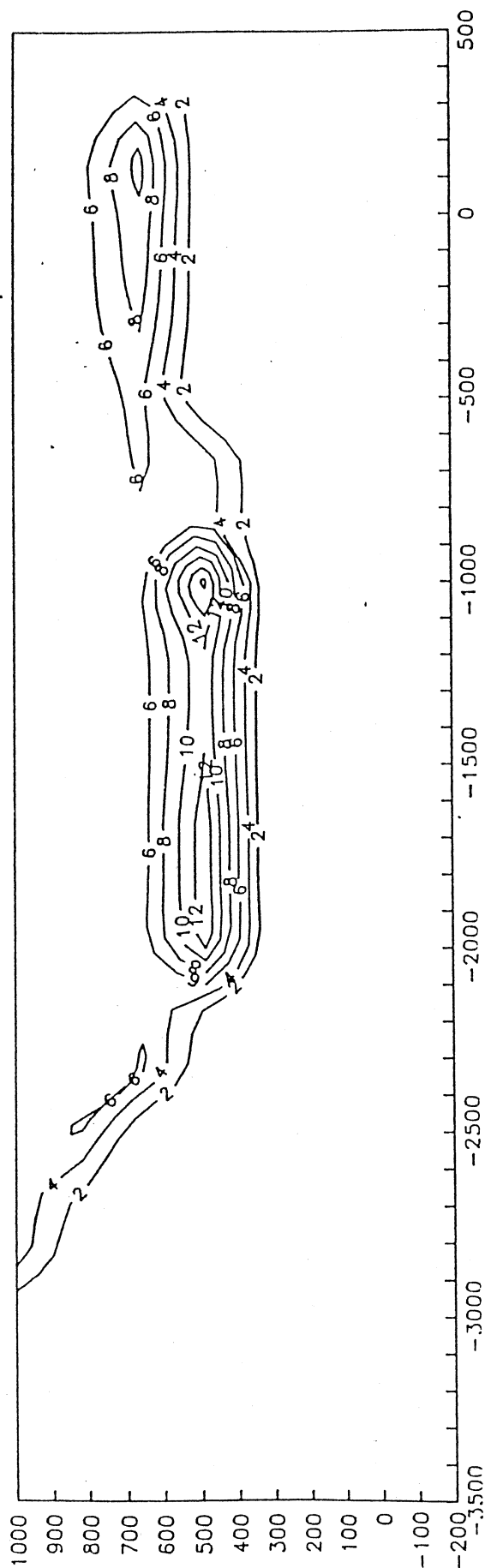


Fig. 6.6b

PARKING P2 -- MET SCHERM -- $H=15\text{m}$; $L_{\text{tot}}=500\text{m}$

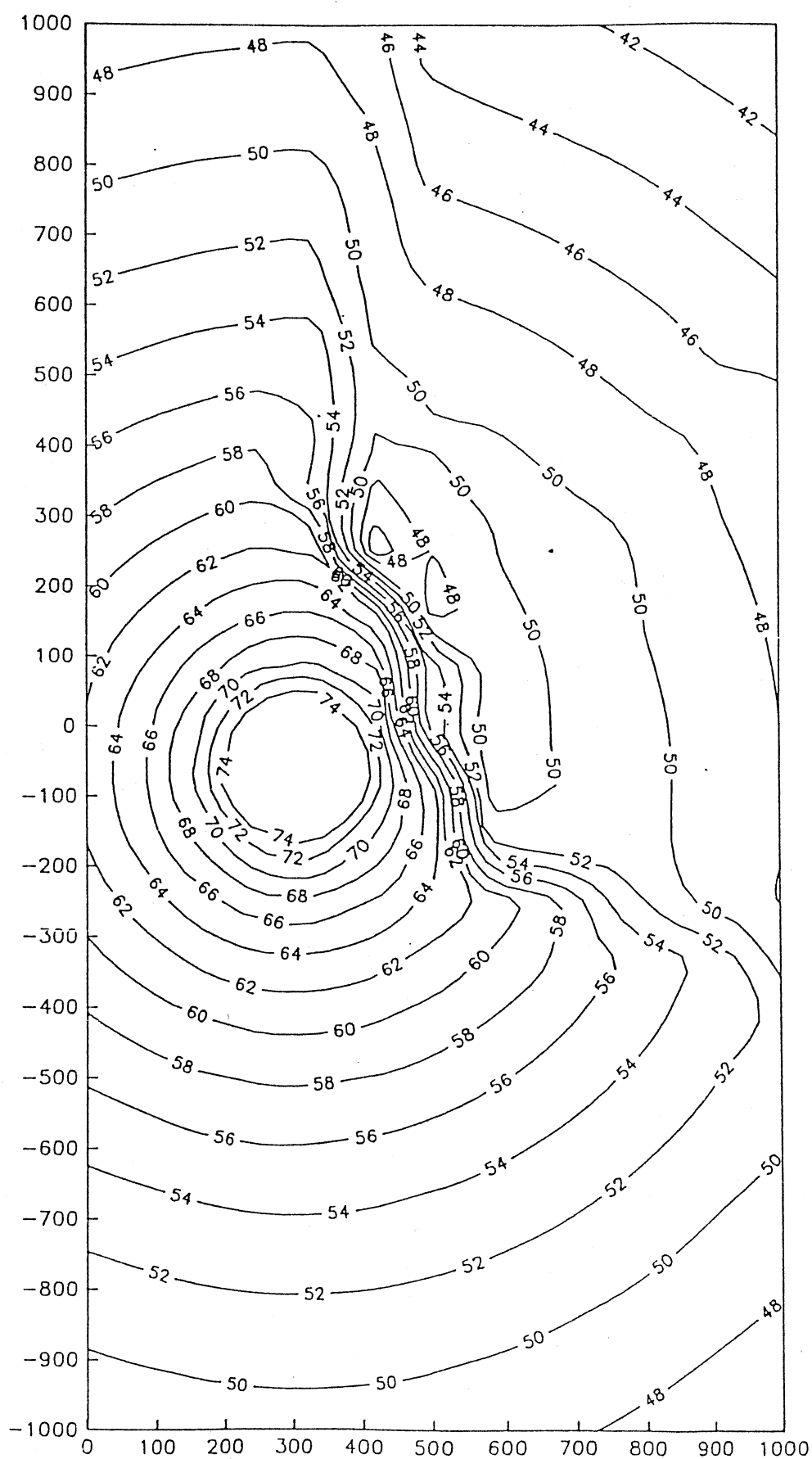


Fig. 6.8a

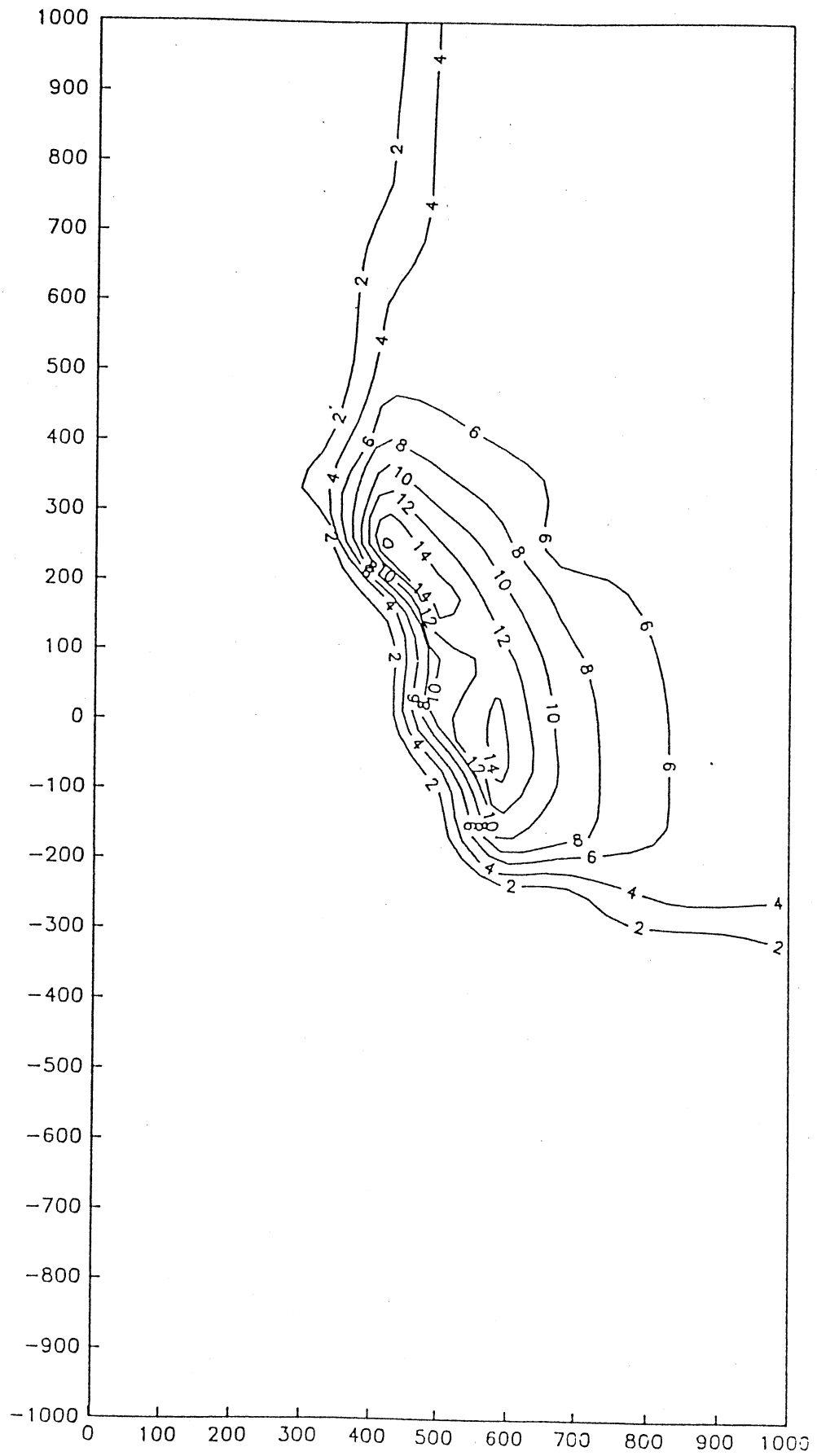
PARKING P2 — SCHERMWERKING — $H=15\text{m}$; $L_{\text{tot}}=500\text{m}$ 

Fig. 6.8b

PARKING P2 - MET SCHERM - H=15m ; Ltot=1000m

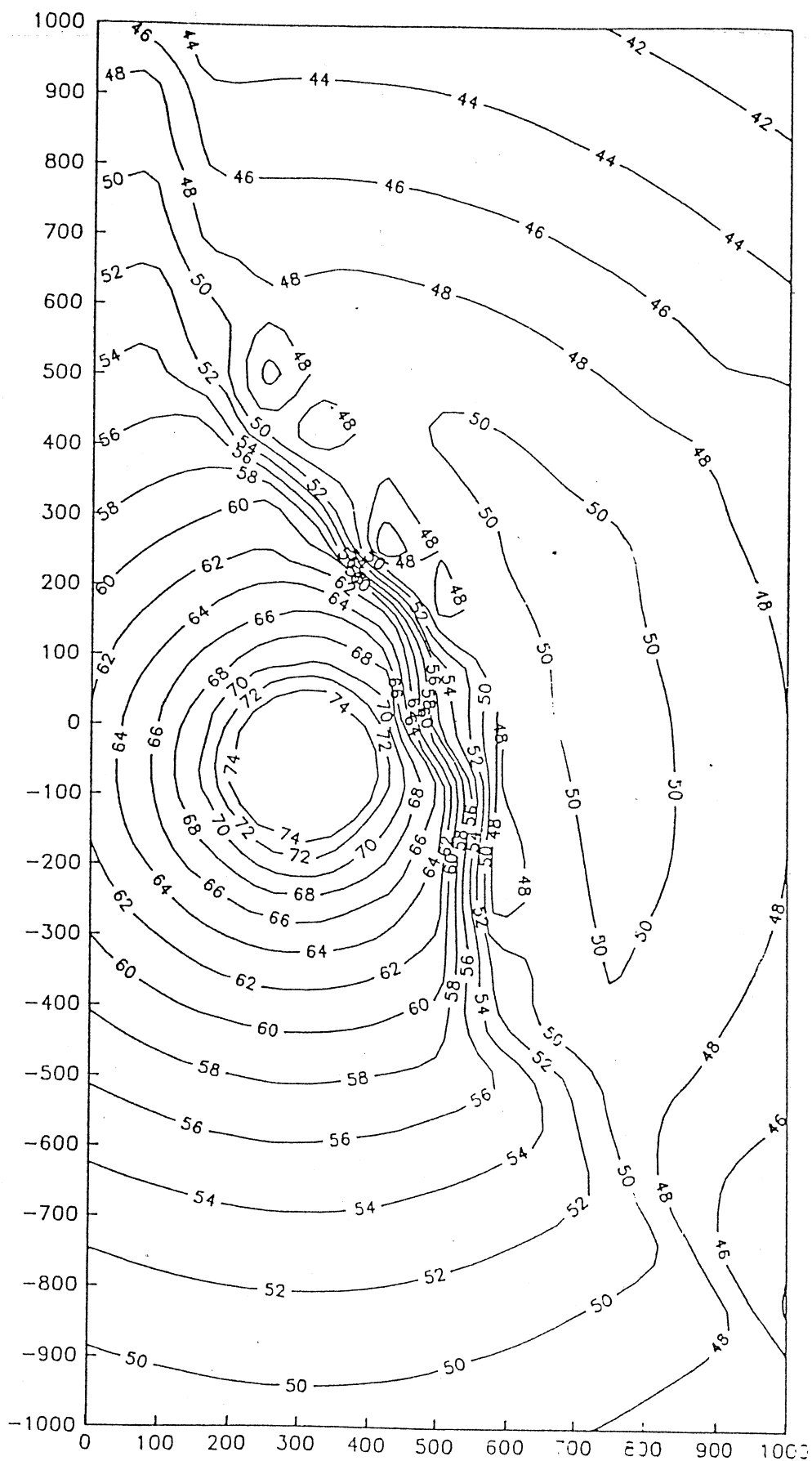


Fig. 6.9a

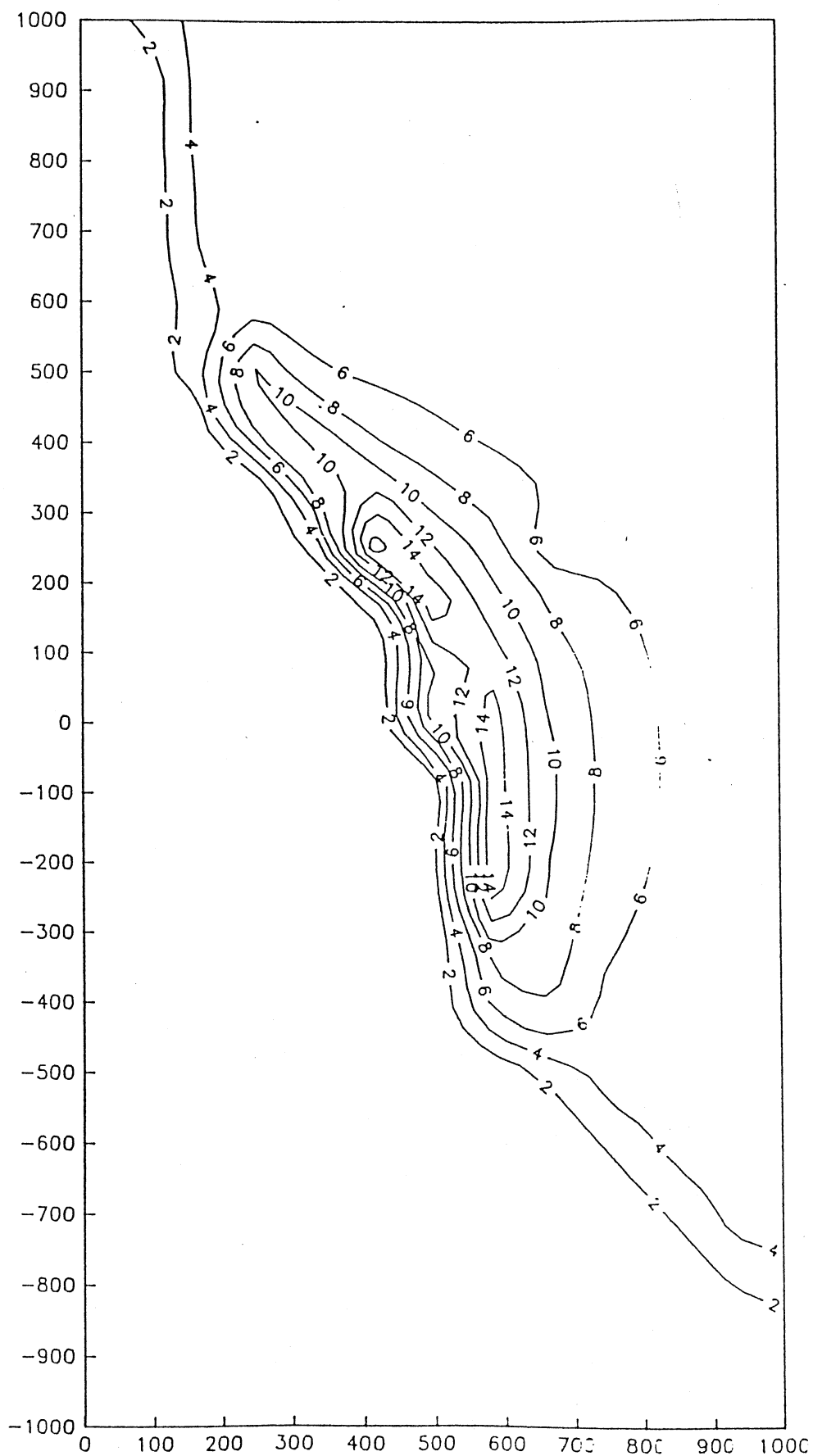
PARKING P2 - SCHERMWERKING - $H=15\text{m}$; $L_{\text{tot}}=1000\text{m}$ 

Fig. 6.9b

PARKING P2 - MET SCHERM - H=15m ; Ltot=1750m

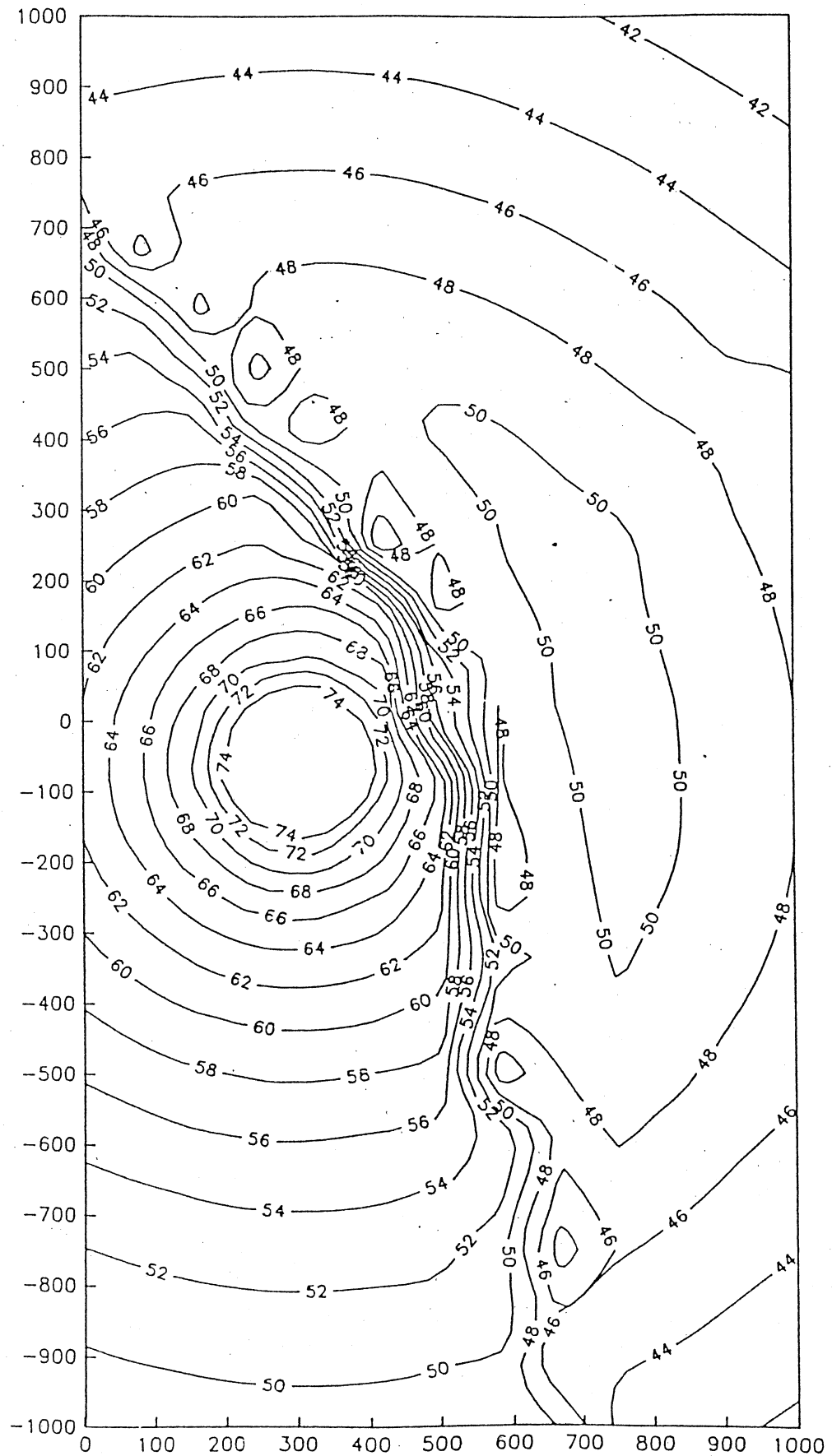


Fig. 6.10a

PARKING P2 - SCHERMWERKING - H=15m ; Ltot=1750m

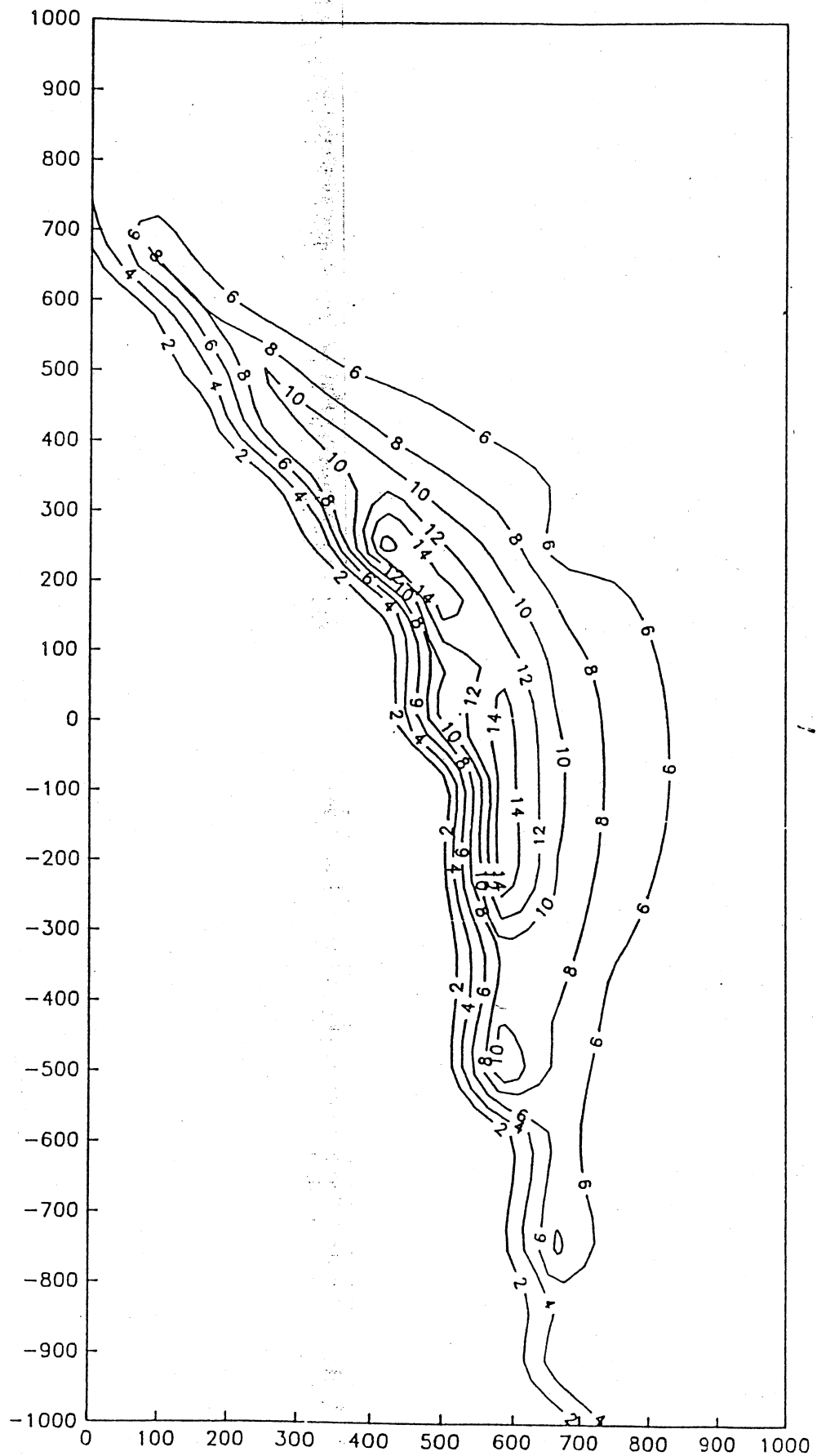


Fig. 6.10b

PARKING P2 - MET. SCHERM - H=10m ; Ltot=500m

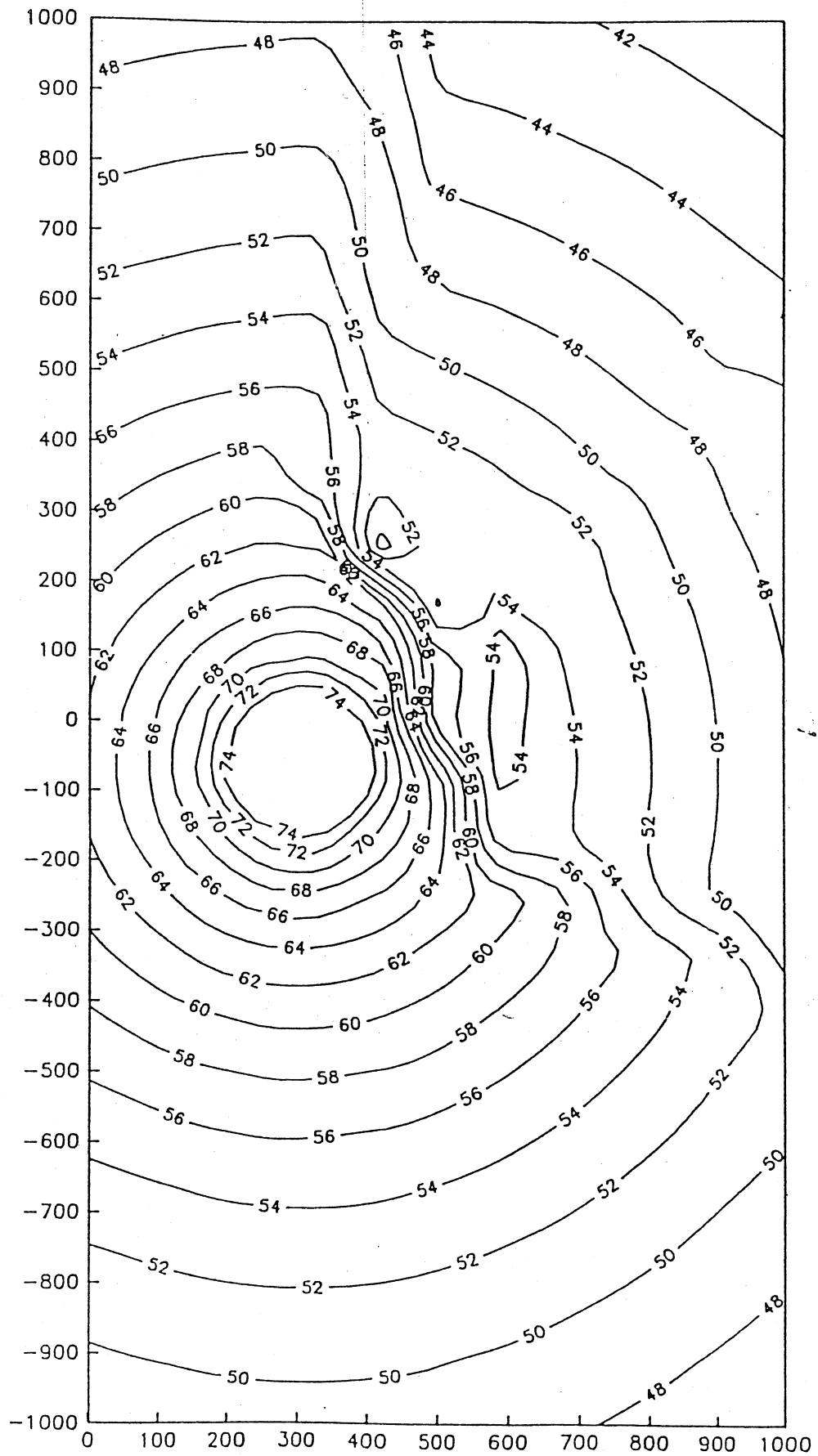


Fig. 6.11a

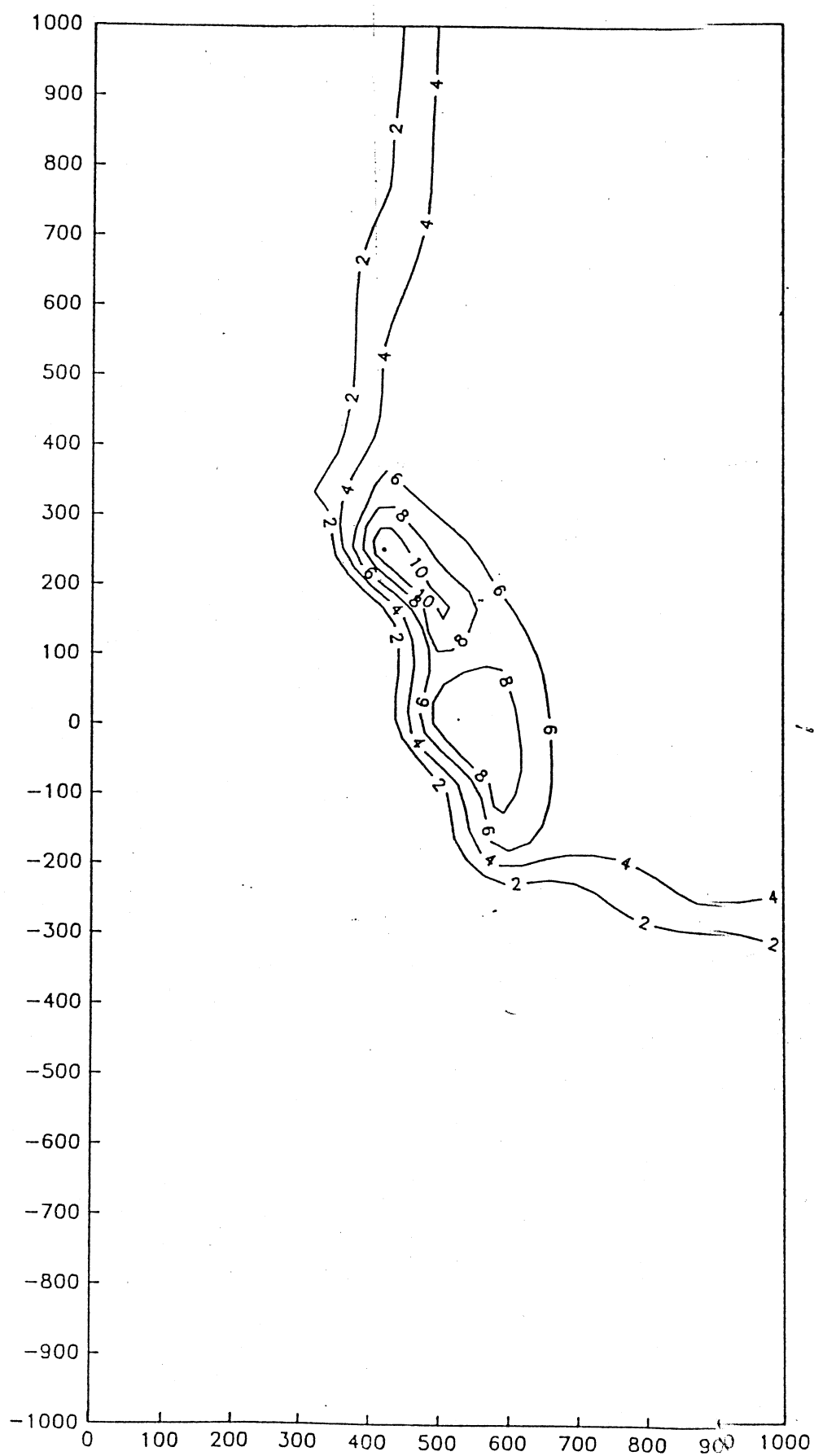
PARKING P2 - SCHERMWERKING - $H=10\text{m}$; $L_{\text{tot}}=100\text{m}$ 

Fig. 6.11b

PARKING P2 - MET SCHERM - H=10m ; Ltot=1000m

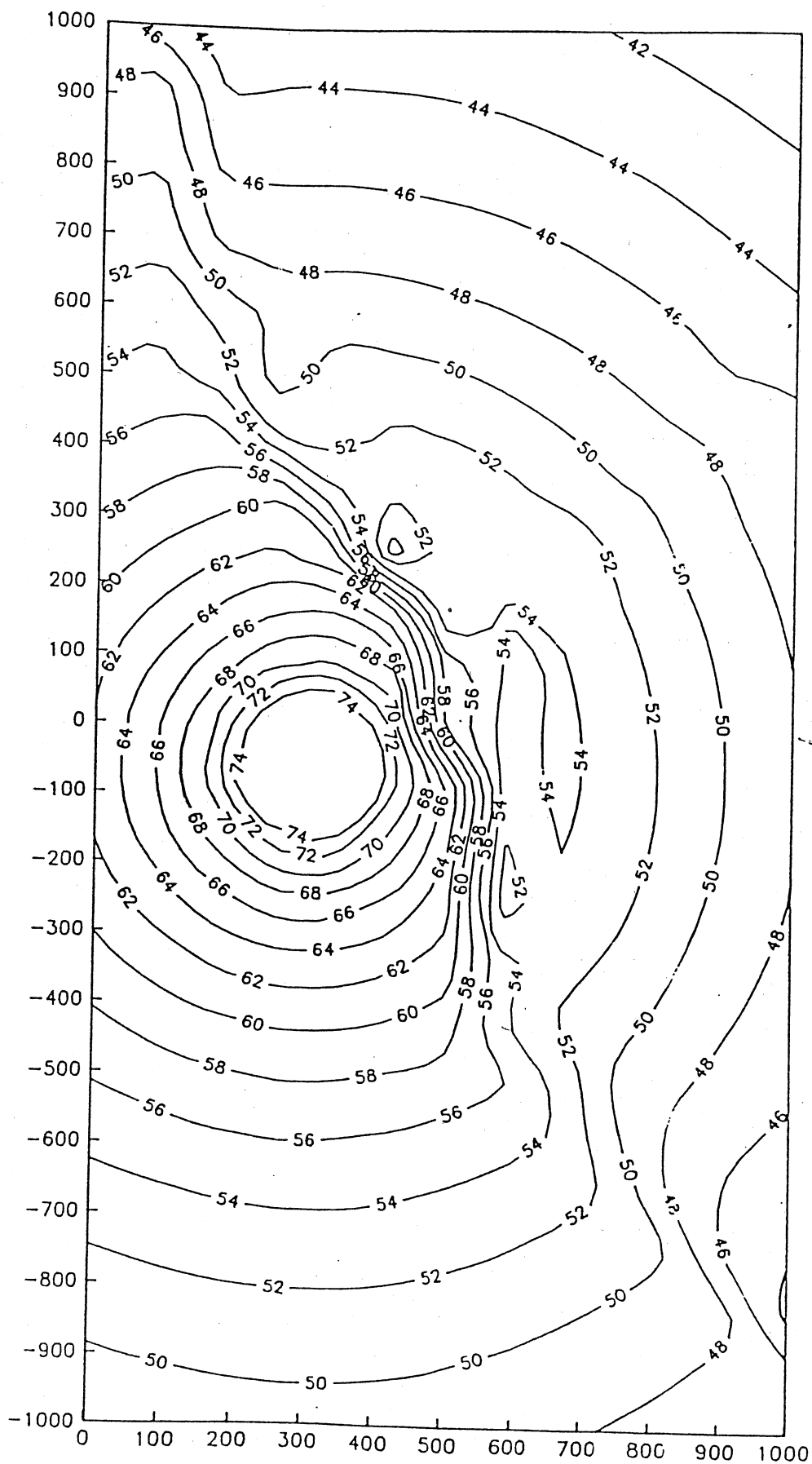


Fig. 6.12a

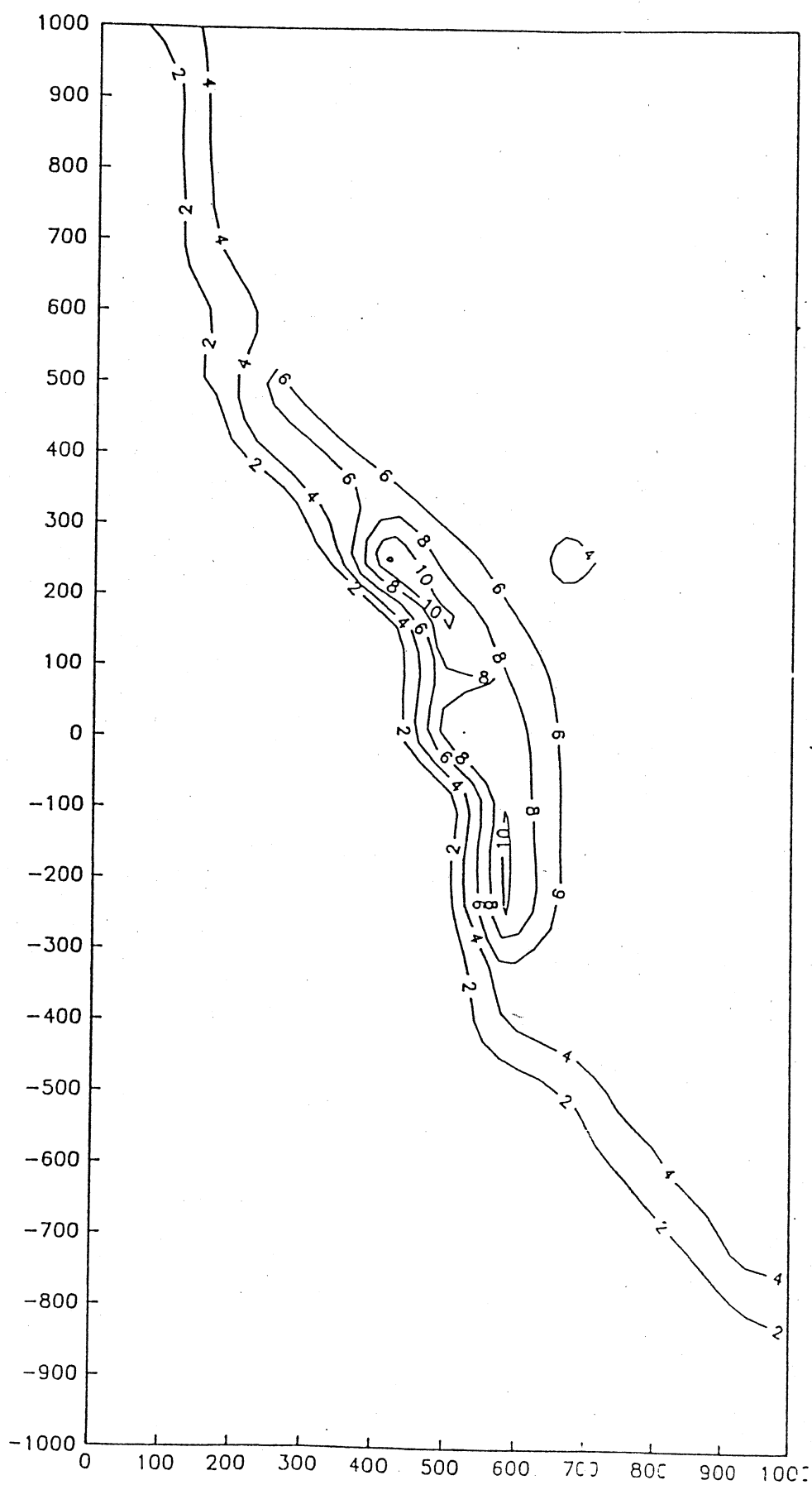
PARKING P2 - SCHERMWERKING - $H=10\text{m}$; $L_{\text{tot}}=1000\text{m}$ 

Fig. 6.12b

PARKING P2 - MET. SCHERM - $H=10\text{m}$; $L_{\text{tot}}=1750\text{m}$

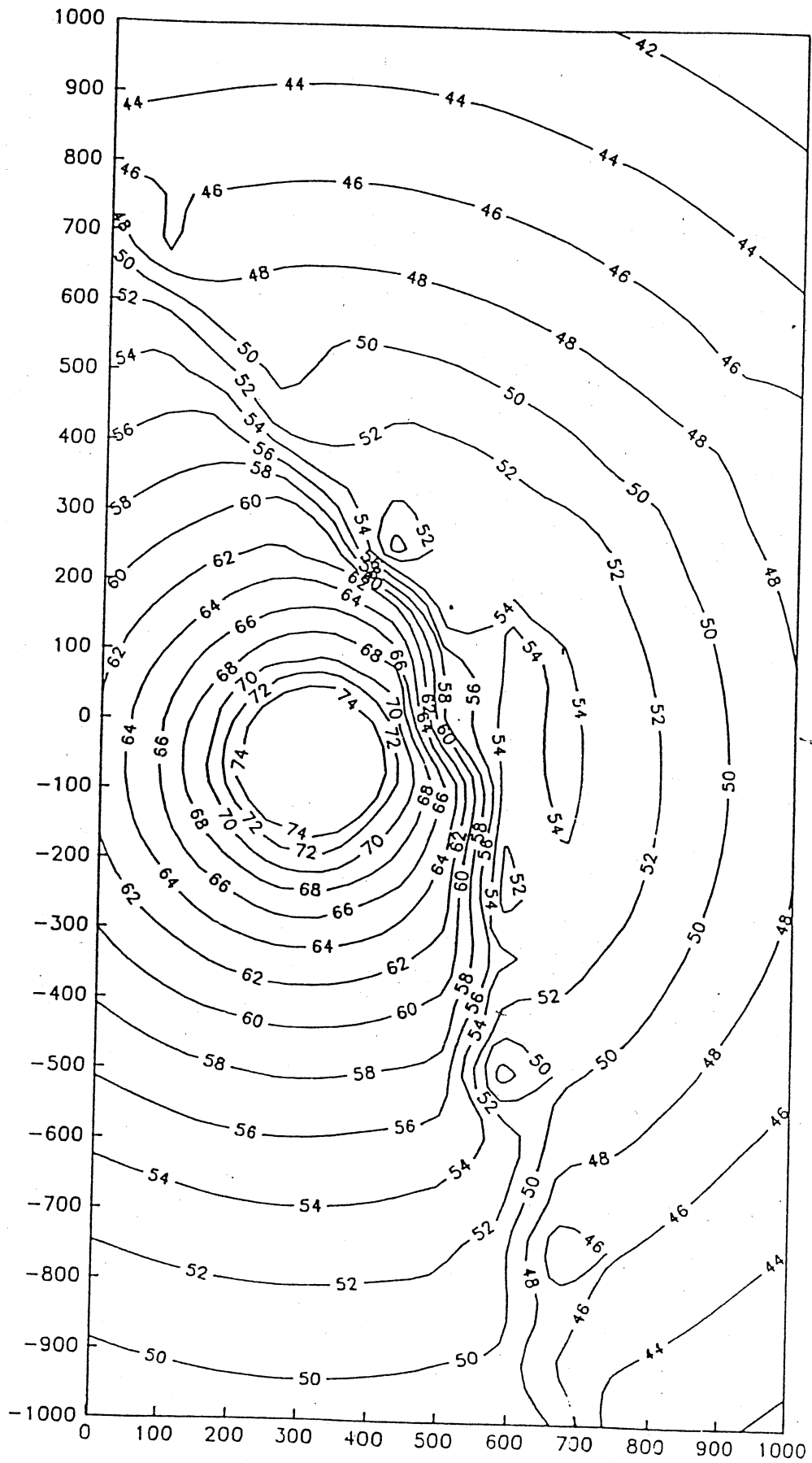


Fig. 6.13a

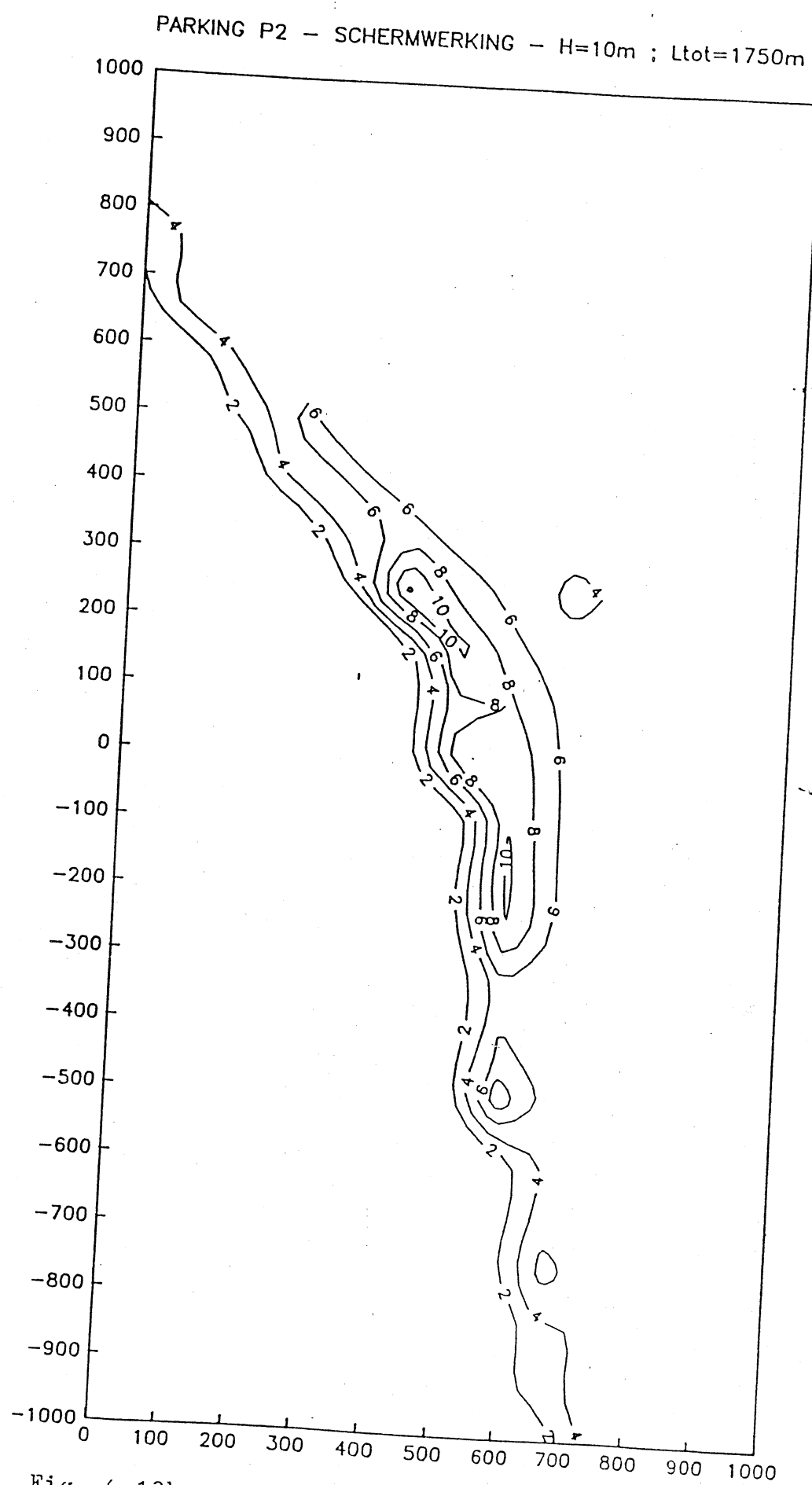


Fig. 6.13b

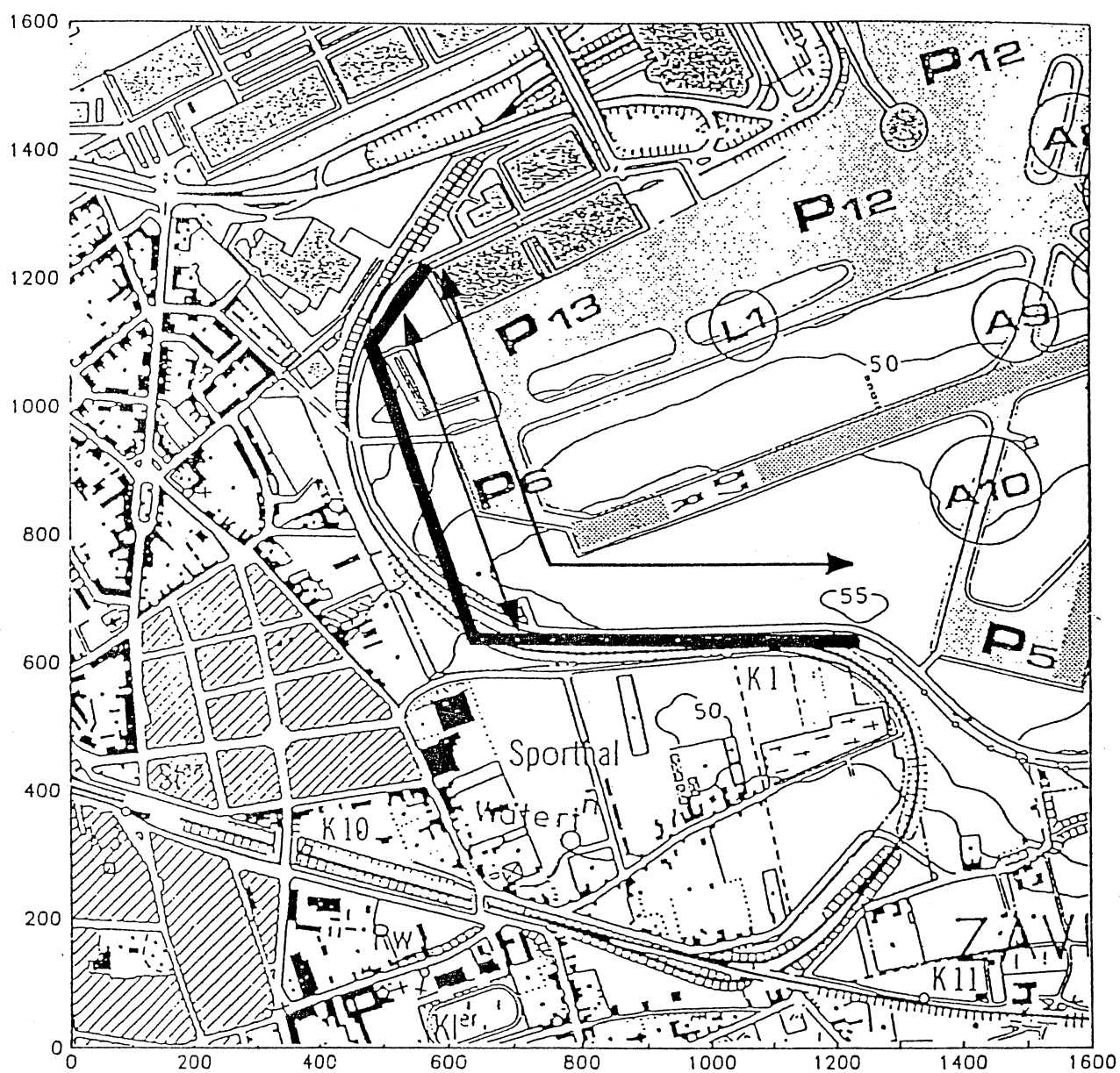


Fig. 6.14

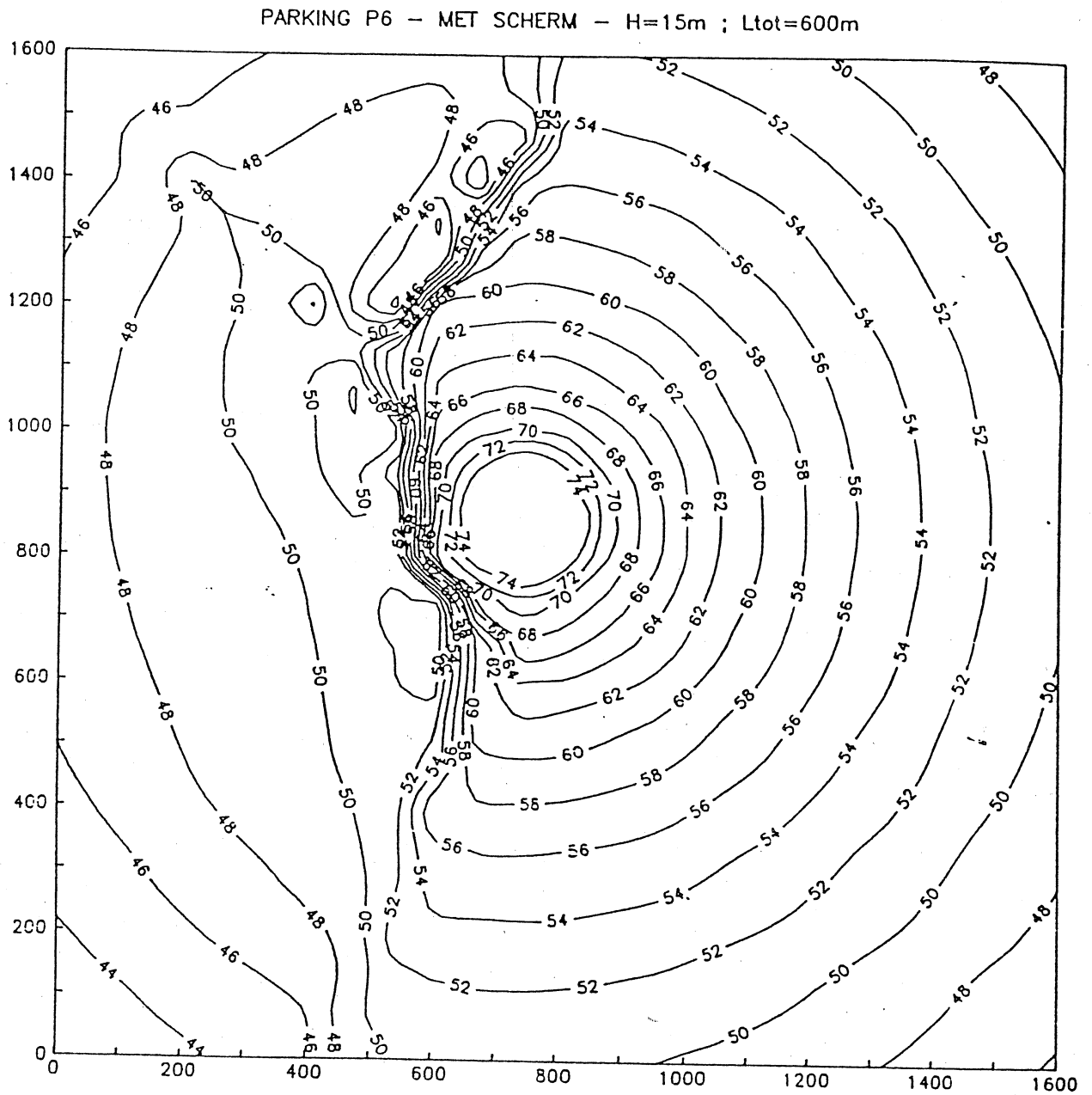


Fig. 6.15a

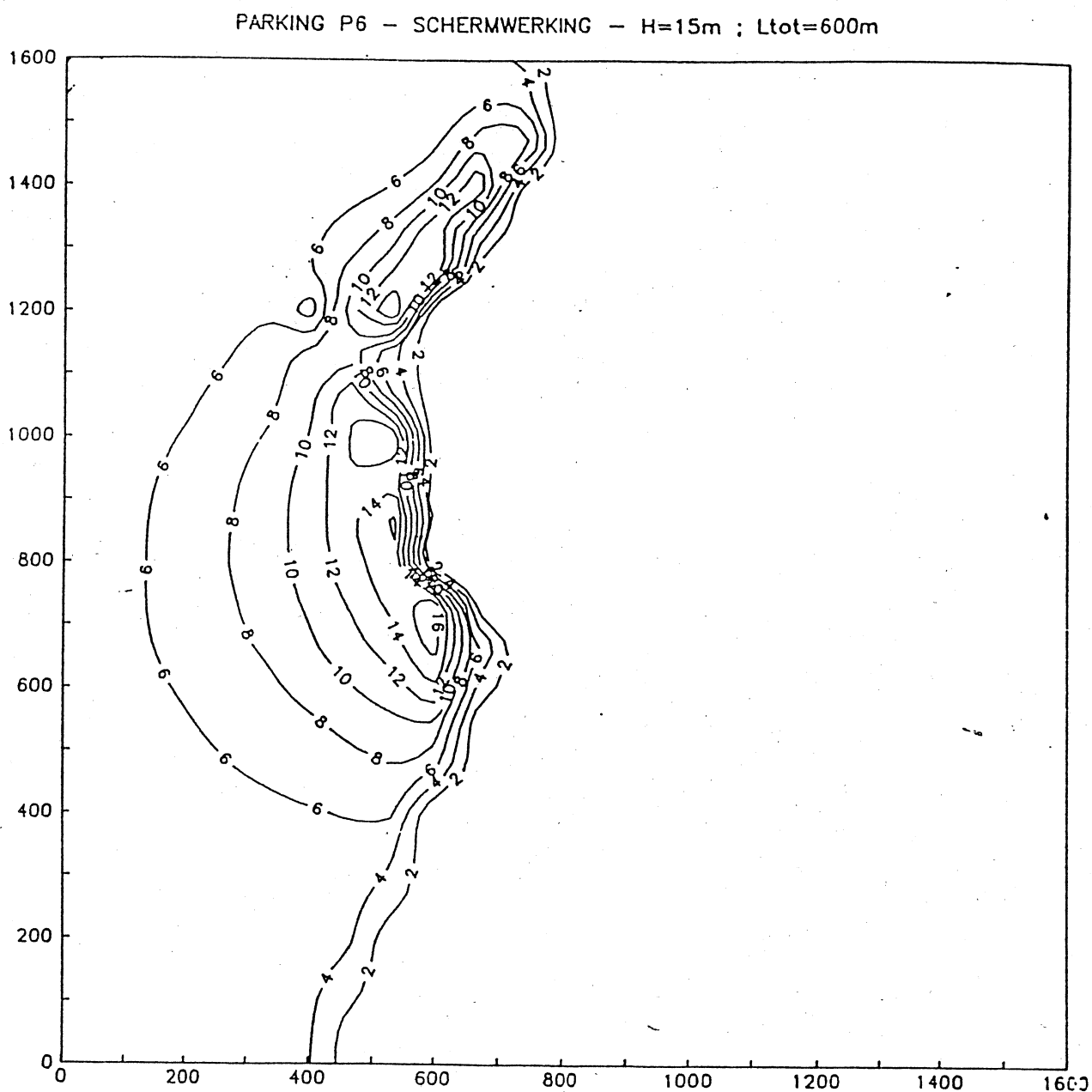


Fig. 6.15b

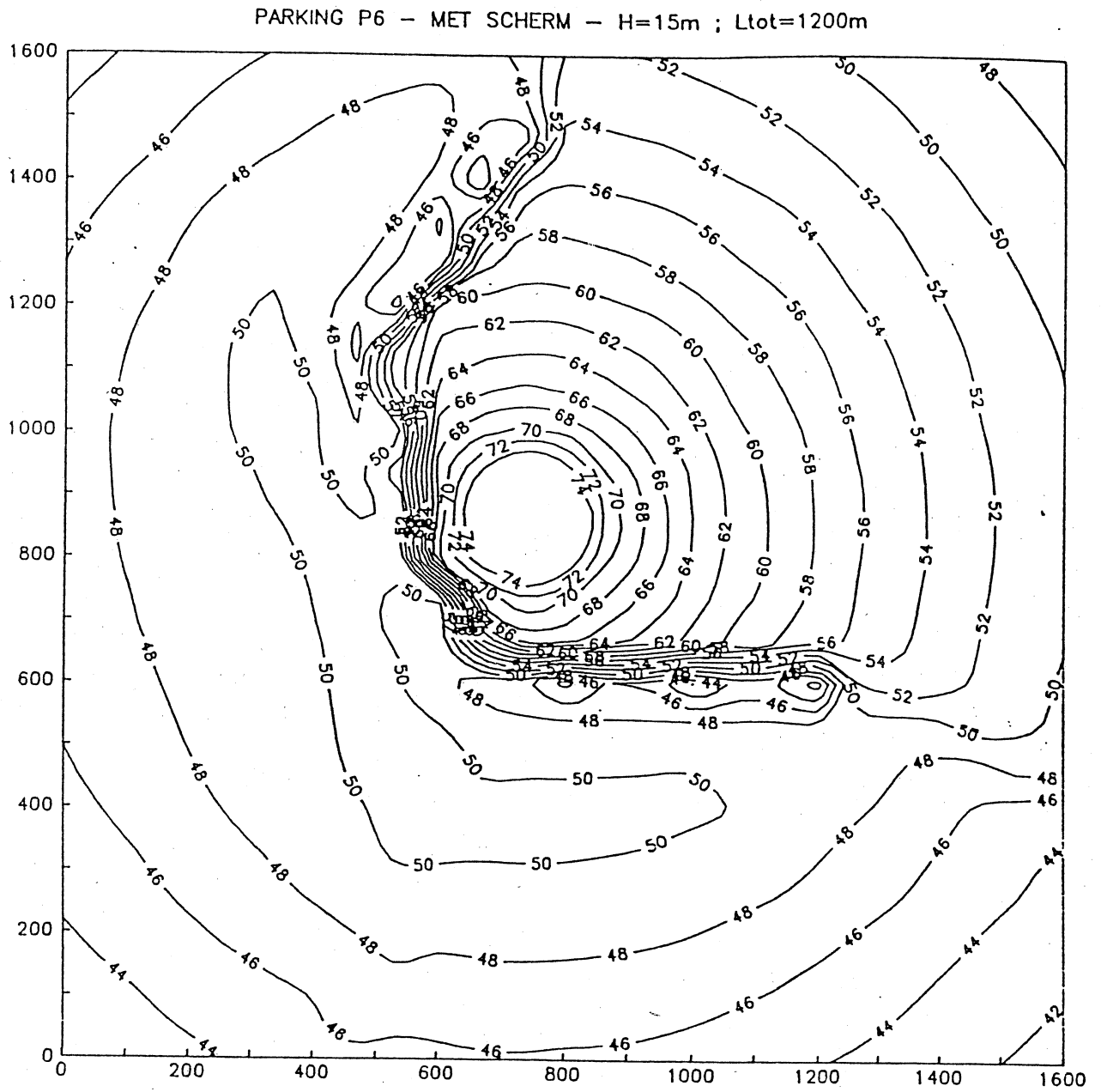


Fig. 6.16a

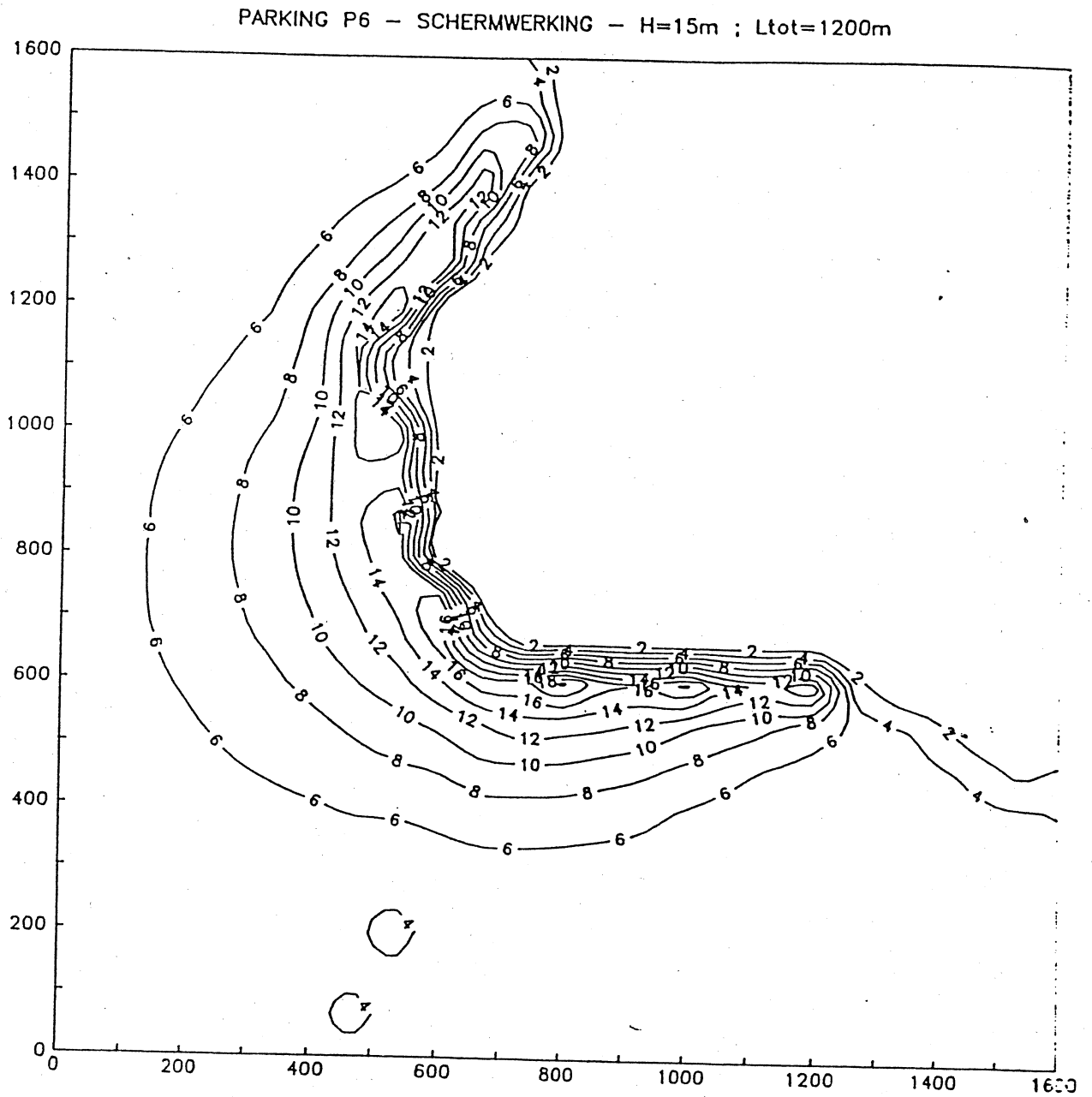


Fig. 6.16b

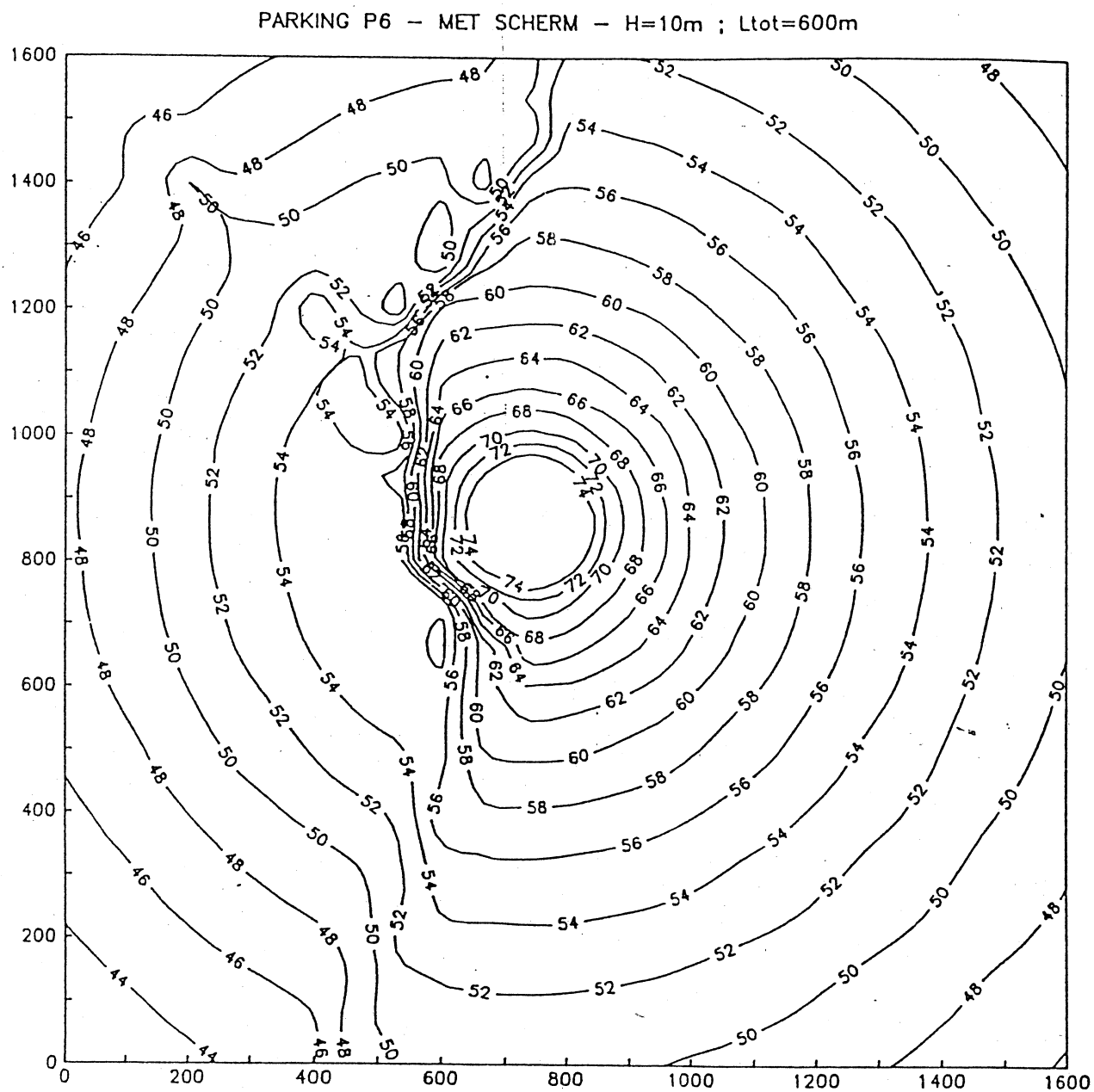


Fig. 6.17a

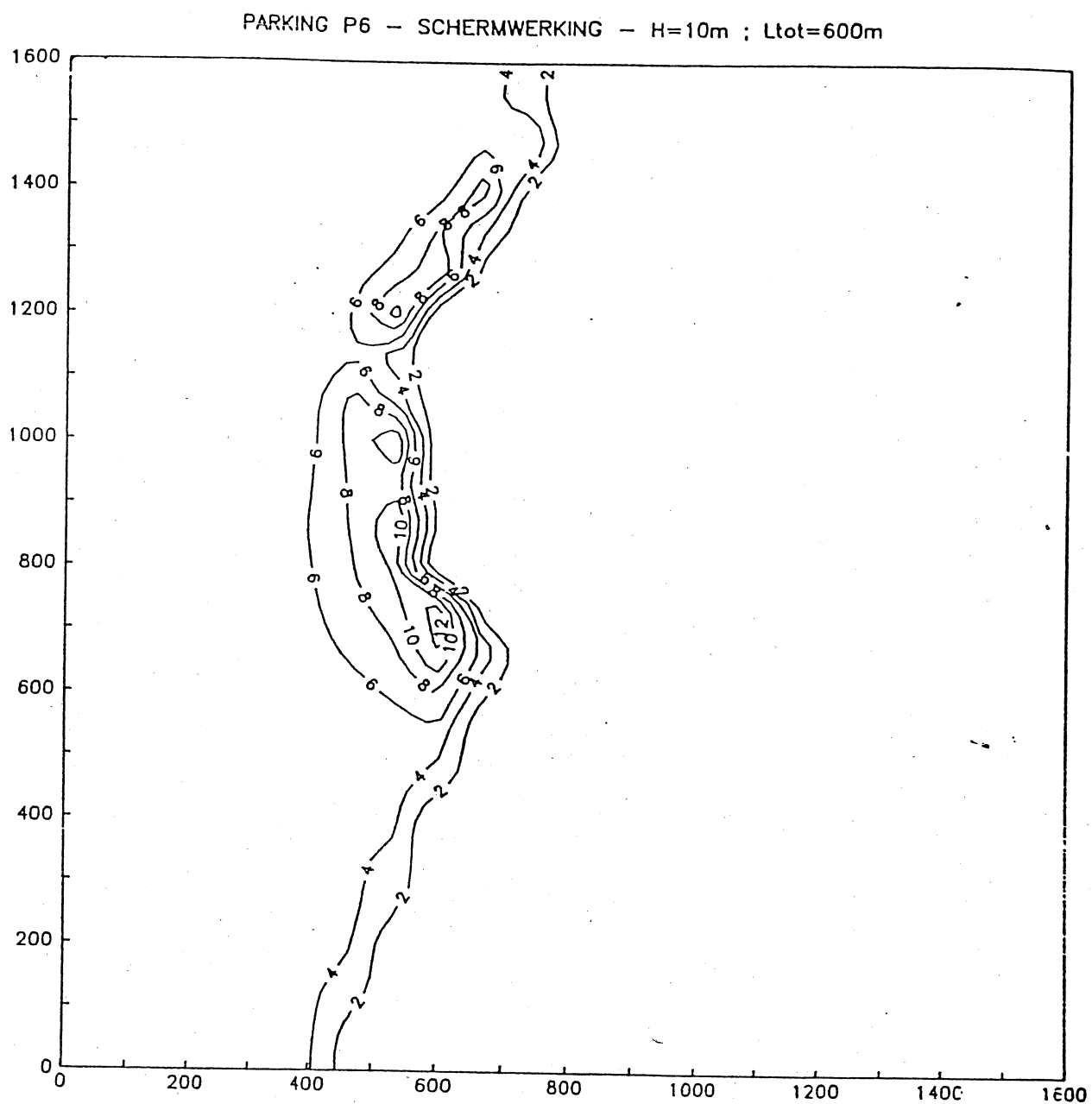


Fig. 6.17b

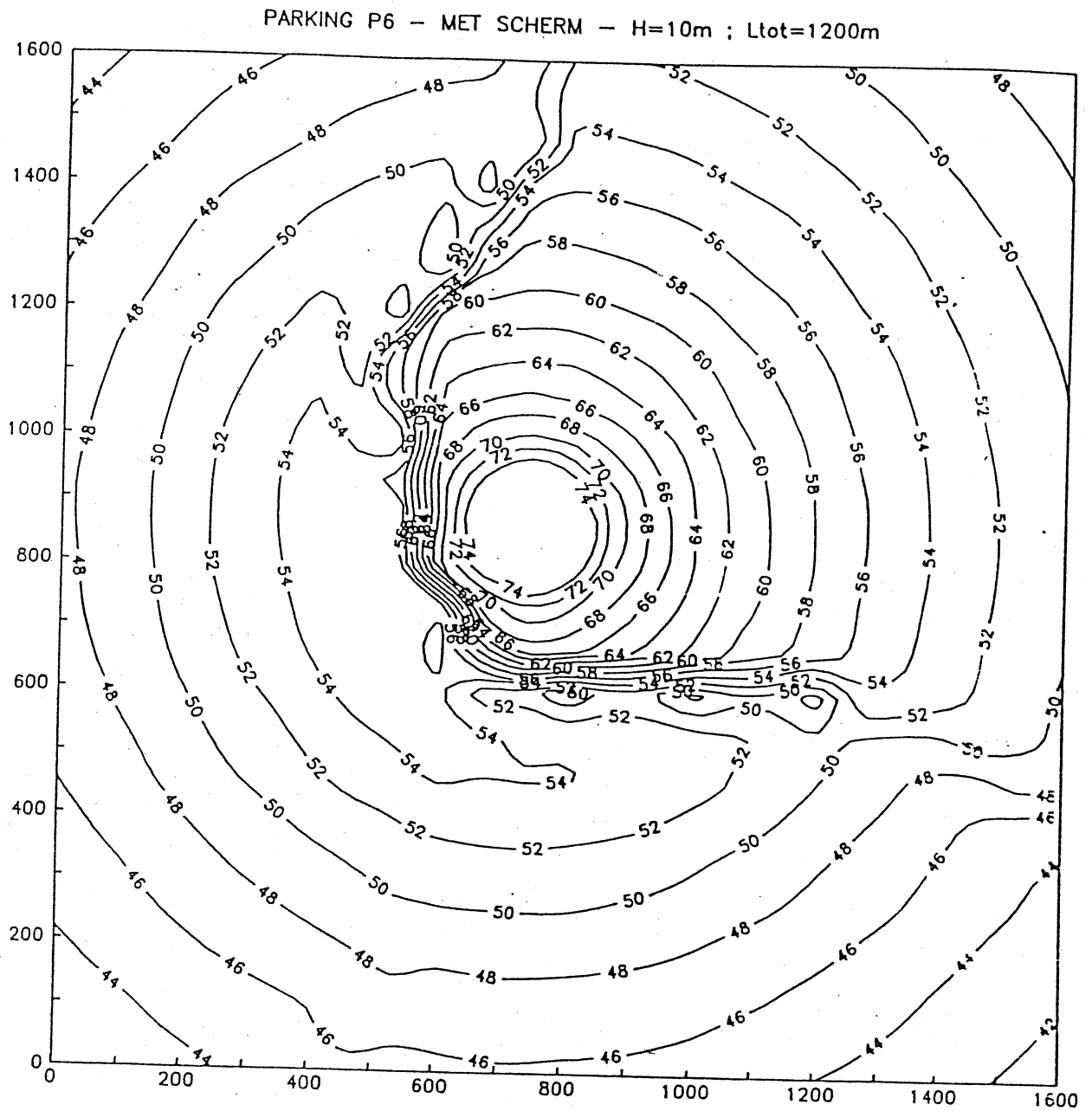


Fig. 6.18a

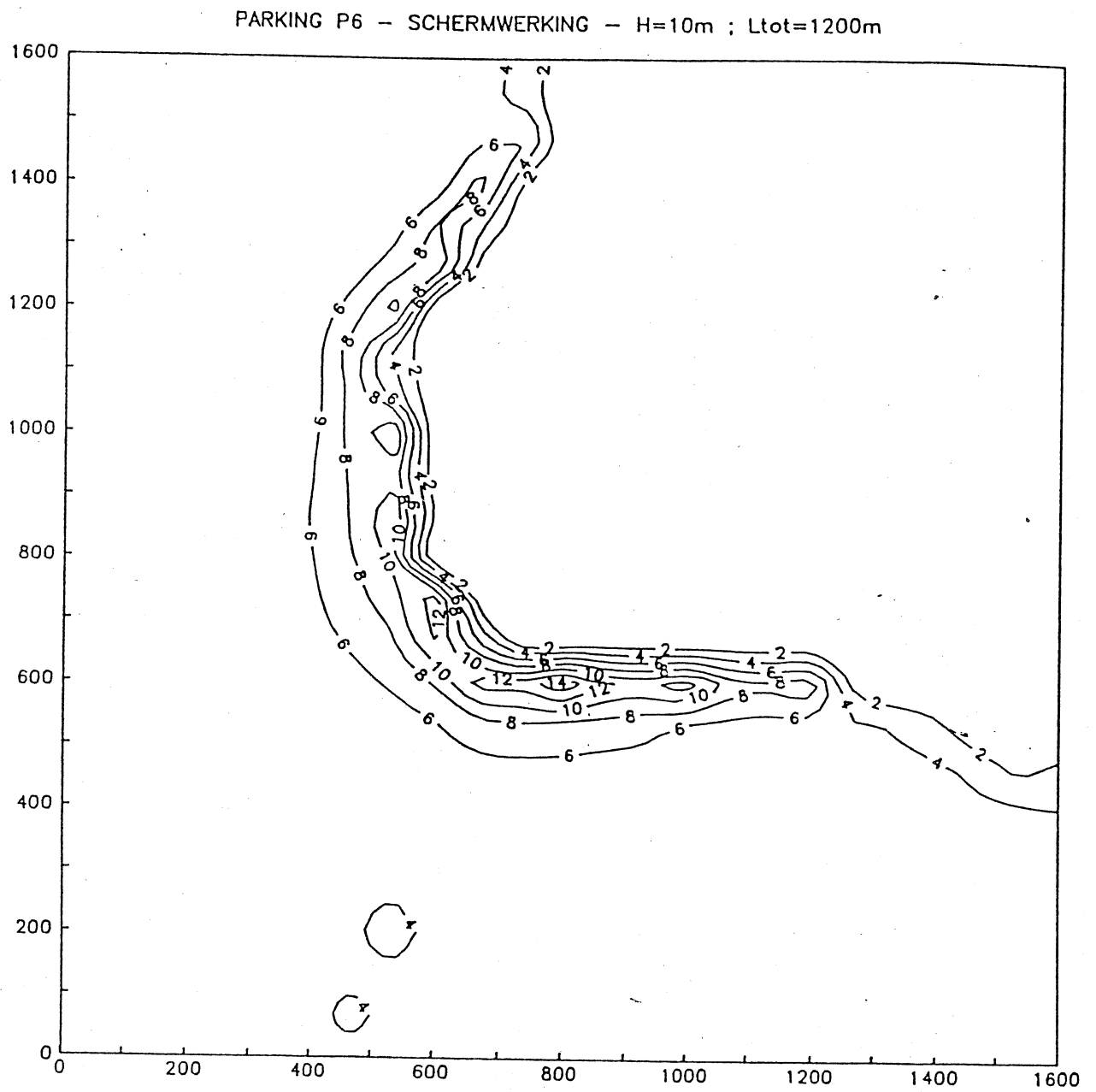


Fig. 6.13b

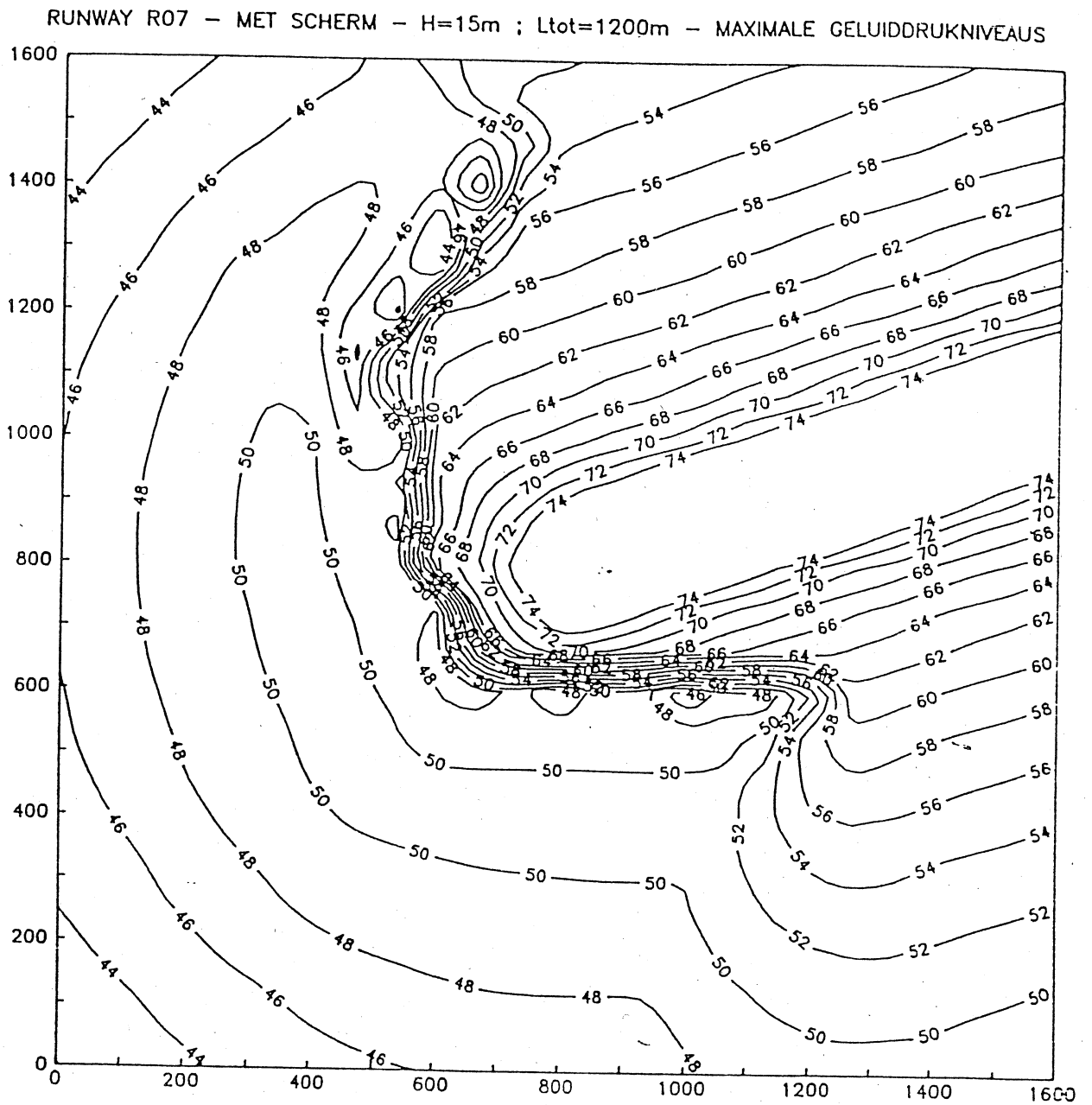


Fig. 6.19a

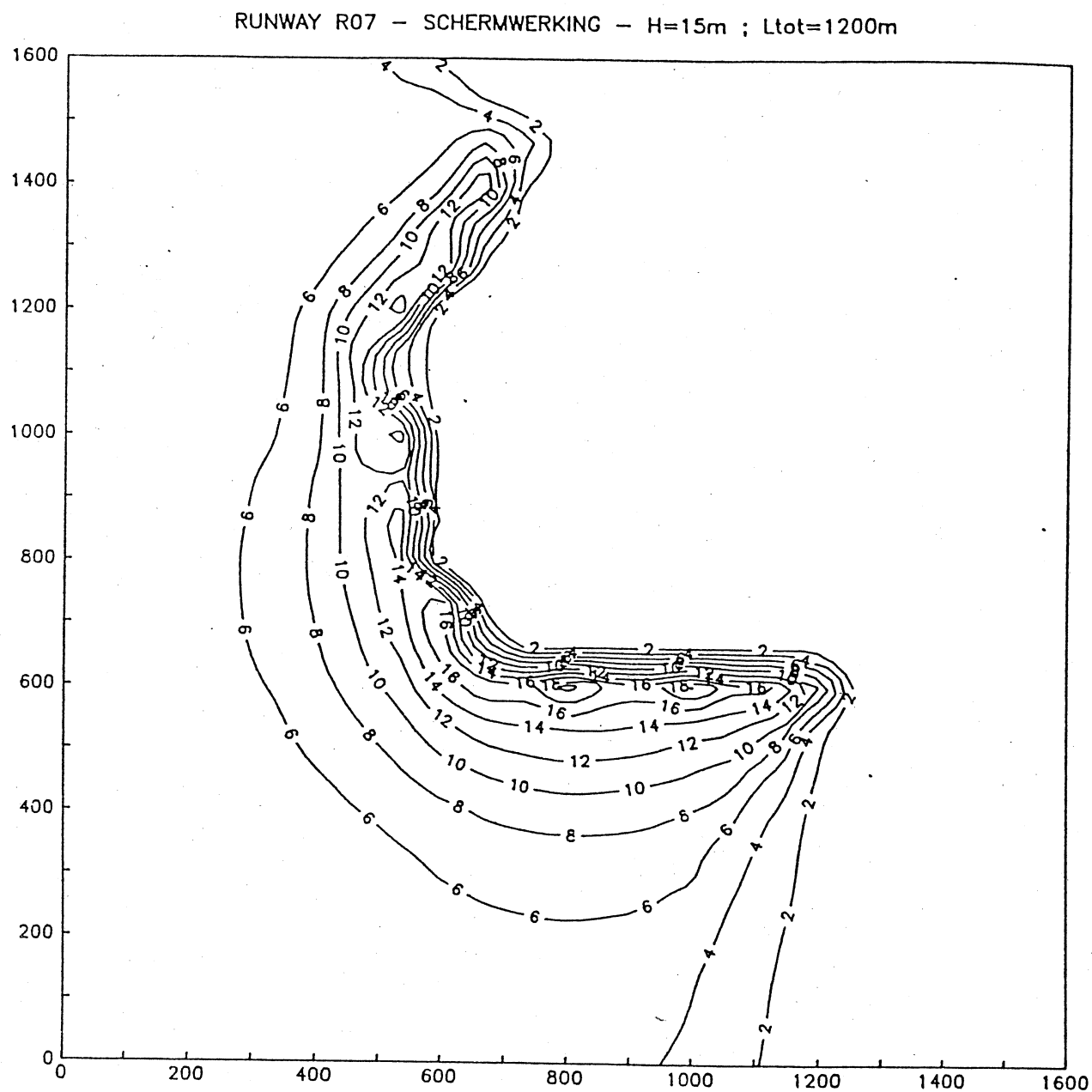


Fig. 6.19b

HOOFDSTUK VII

EVALUATIE— EN VOORSPELLINGSTECHNIEKEN VOOR Vliegtuig— LAWAAI

7.1 Inleiding

Om de immissie van vliegtuiglawaai in de omgeving van een luchthaven te quantiseren zijn er een hele reeks van indices en maten in gebruik. Veruit de grootste groep is op een of andere manier gebaseerd op de gemeten of berekende geluidsenergie. Het kan daarbij gaan over een maximale waarde, een over de tijd van één event geïntegreerde waarde, zoals b.v. uitgedrukt in LA_{max} of SEL (single-event equivalent noise level L_{eq}), of over een complexe combinatie van "single-event"-waarden voor een groot aantal vliegtuigbewegingen, waarbij al dan niet rekening gehouden wordt met het tijdstip binnen een etmaal. De meeste van deze indices werden ingevoerd naar aanleiding van uitgebreide meetcampagnes en sociologische studies rond luchthavens in diverse landen. Elk van deze indices vraagt zijn eigen soort metingen en berekeningen, ze zijn meestal land-gebonden en daarenboven niet direct vergelijkbaar. Zoals verder aangegeven is het echter wel mogelijk een reeks equivalenties te onderkennen. Naast de op lawaai-energie gebaseerde indices zijn er ook die de lawaai-belasting quantiseren via totale blootstellingstijd (per 24 uur) op of boven een bepaald (A-gewogen) geluidsniveau. In dit hoofdstuk wordt een korte beschrijving gegeven van de meest gebruikte indices en worden de door ons gevolgde werkwijze en het rekenmodel, dat we gebruikt hebben voor de beschrijving en prognosen van het luchtgeluid, nader toegelicht.

7.2 Lawaaicontouren rond luchthavens

Een volledige karakterisatie van de lawaainiveaus die worden gehoord in de ganse omgeving rond een luchthaven wordt eerder bekomen via berekeningen dan via metingen omdat men zou moeten meten op zeer veel meetplaatsen in grote gebieden en men daarenboven per meetplaats voldoende lang moet meten om betekenisvolle resultaten te bekomen.

Het lawaai op een gegeven punt op de grond op een bepaalde afstand van een overvliegend (landend of opstijgend) vliegtuig hangt van een reeks factoren af. De belangrijkste zijn : het soort vliegtuig, het aangewende vermogen en de luchtsnelheidscondities gedurende het manoeuvreren, de afstand vliegtuig – waarnemingspunt, de lokale topografie en de weersomstandigheden. Gezien de complexiteit van de vliegbewegingen rond een luchthaven en gezien de grote hoeveelheid te behandelen gegevens zijn vereenvoudigingen noodzakelijk om tot een tijdsgemiddelde waarde voor lawaai-blootstelling te komen. Men zal meestal uitgaan van gemiddelde klimatologische omstandigheden en van een gemiddeld of karakteristiek patroon van vliegbewegingen en vaak ook de diverse vliegtuigtypes indelen in gelijkaardige groepen. Het normale berekeningsproces omvat de volgende drie hoofdstappen :

1. De berekening van de lawaainiveaus van individuele vliegbewegingen op een matrix van observatiepunten rond de luchthaven.
2. De integratie (al of niet gewogen) van alle individuele lawaainiveaus over een gegeven tijdsinterval.
3. weergave van de informatie in de vorm van lawaai-contouren.

Vooraleer men dit berekeningsproces kan aanvangen dient men over de volgende informatie te beschikken :

- de verschillende types van vliegtuigen die de luchthaven gebruiken
- lawaai-vermogen-afstandverband voor elk type vliegtuig
- prestatiegegevens voor elk vliegtuigtype
- gevolgde banen bij landen en opstijgen
- aantal vliegbewegingen per route (voor het gekozen tijdsinterval)
- operationele karakteristieken voor elke route, zoals vliegtuiggewicht, aangewend vermogen, snelheid voor de verschillende vliegsegmenten
- localisatie van de start- en landingsbanen
- meteorologische gegevens

Een groot deel van deze informatie dient bekomen van de uitbaters en gebruikers van de luchthaven. Andere gegevens, zoals de lawaai- en prestatiegegevens, zijn in principe te bekomen bij de vliegtuigconstructeurs. Voor de bepaling van het totale effect (op een gegeven plaats) van een overvlucht van een vliegtuig werd door de International Civil Aviation Organization (ICAO) een standaardprocedure¹ uitgewerkt om tot de gebruikelijke EPNL-waarden (effective perceived noise level in EPNdB) te komen. Tevens zijn door de ICAO aanbevelingen² gedaan betreffende verschillende aspecten van de berekeningen van geluidscontouren rond luchthavens. Voor zover bekend blijkt tot heden geen computerprogramma of database beschikbaar waarmee de ICAO-methodologie volledig kan toegepast worden. In de huidige omstandigheden kan het INM-programma (Integrated Noise Model) van de FAA (Federal Aviation Administration, U.S.A) als het beste alternatief beschouwd worden³. De lawaai- en contourberekeningen die verder in dit MER-rapport vermeld zijn, werden berekend met dit Integrated Noise Model.

7.3 Indices voor vliegtuiglawaai

7.3.1 Noise Exposure Forecast (NEF)

De NEF is een maat voor de geluidshinder die in 1967 ontwikkeld werd in de U.S.A. De NEF is gebaseerd op de EPNL (in eenheden EPNdB) voor vliegtuiglawaai. Voor de berekening van de totale lawaai blootstelling op een gegeven plaats beschouwt men het lawaai afkomstig van verschillende vliegtuigen langs de verschillende vliegroutes. Voor een gegeven klasse van vliegtuigen i, op de vliegroute j, bekomt men :

¹ "International Standards and Recommended Practices—Environmental Protection — Annex 16 to the Convention on International Civil Aviation; Volume 1, Aircraft Noise, Second Edition — 1988", International Civil Aviation Organisation, Montreal, Canada.

² "Recommended Method for Computing Noise Contours around Airports", ICAO Circular, 205-AN/1/25, (1988).

³ "Aircraft Noise", M.J.T. Smith, Cambridge University Press (Cambridge U.K., 1989).

$$NEF_{ij} = EPNL_{ij} + 10 \log \left[\frac{n_{Dij}}{K_D} + \frac{n_{Nij}}{K_N} \right] - C \quad (7.1)$$

met n_{Dij} en n_{Nij} respectievelijk het aantal vliegtuigen (van klasse i langs de route j) gedurende de dag (07h00 – 22h00) en de nacht (22h00 – 07h00). Verder geldt : $K_D = 20$, $K_N = 1.2$ en $C = 75$. Uit de verhouding $K_D/K_N = 16.7$ volgt dat een enkele nachtvlucht evenveel bijdraagt als nagevoeg 17 dagvluchten. De konstante C is een arbitrair gekozen waarde. De totale NEF-waarde voor een bepaalde plaats op de grond wordt dan bepaald via een energetische sommatie van alle individuele NEF_{ij} waarden :

$$NEF = 10 \log \sum_i \sum_j \text{antilog} \left[\frac{NEF_{ij}}{10} \right] \quad (7.2)$$

7.3.2 Noise and Number Index (NNI)

De NNI is van Britse oorsprong en is gebaseerd op de piekwaarden van de PNL (Perceived Noise Level) over de dagperiode tussen 07h00 en 19h00 in de drie zomermaanden. Enkel events boven 80 PNdB worden in rekening gebracht. Het aantal events wordt in rekening gebracht via een term $15 \log N$. De numerieke waarde wordt gegeven door :

$$NNI = L_{gem} + 15 \log N - 80 \quad (7.3)$$

waarbij N het aantal gehoorde vliegtuigen is gedurende de waarnemingsperiode (bv. 1 dag of 1 nacht). L_{gem} is de gemiddelde piekwaarde van het lawaainiveau (in PNdB) en wordt gegeven door :

$$L_{gem} = 10 \log \left(\frac{1}{N} \right) \sum_{i=1}^N 10^{L_i/10} \quad (7.4)$$

Er wordt geen expliciete correctie voor de nacht ingevoerd, maar er wordt wel van uitgegaan dat voor de nacht de toegelaten NNI-waarden lager zijn.

7.3.3 Indice Isopsophique (R)

De isopsophique index is een Franse maat voor vliegtuiglawaai gebaseerd op een energetische middeling van maximale PNL-waarden voor een klasse van overvluchten waarbij rekening gehouden wordt met de aantallen voor gegeven perioden van de dag.

Voor de dagperiode wordt deze index gegeven door :

$$R_{\text{dag}} = \overline{\text{PNL}}_{\text{max}} + 10 \log N - 30 \quad (7.5)$$

waarbij N het aantal vluchten weergeeft.

Voor de nachtperiode worden twee intervals beschouwd, van 22h00 tot 02h00 en van 02h00 tot 06h00. Men heeft :

$$R_{\text{nacht}} = \overline{\text{PNL}}_{\text{max}} + 6 \log (3n_1 + n_2) - 31 \quad (7.6)$$

waarbij n_1 het aantal events in de vroege nacht (22h00 – 02h00) weergeeft en n_2 het aantal events gedurende de late nacht (02h00 – 06h00).

7.3.4 De Störindex ($\bar{Q}$)

De störindex $\bar{Q}$ is een gemiddelde van het in de tijd variërende lawaainiveau, gemeten over een bepaald tijdsinterval. Deze index wordt vooral gebruikt in Duitsland en Oostenrijk. De definitie van $\bar{Q}$ is als volgt

$$\bar{Q} = \alpha \log \left[\frac{1}{T} \sum_{i=1}^N 10^{L_i/\alpha} \times \tau_i \right] \quad (7.8)$$

waarbij T de duur is van de waarnemingsperiode in s; L_i is het gemiddelde gewogen geluidsniveau voor de intervalklasse i ; τ_i is de totale tijd (in s) waarvoor het geluidsniveau in de intervalklasse i was; α is een te kiezen geluidshinderfactor. Indien men het geluidsniveau $L(t)$ kent als functie van de tijd kan men de hierboven aangegeven vergelijking voor $\bar{Q}$ eveneens in integraalvorm schrijven :

$$\bar{Q} = \alpha \log \left[\frac{1}{T} \int_0^T 10^{L(t)/\alpha} dt \right] \quad (7.9)$$

Indien men voor L het A-gewogen geluidsniveau neemt en $\alpha = 3/40 = 13,3$ neemt wordt er van uitgegaan dat men een goede karakterisatie bekomt voor de intensiteit van vliegtuiglawaai. In de BRD wordt doorgaans een 5-dB weging voor de nacht toegepast terwijl dit in Oostenrijk 10-dB is.

7.3.5 Equivalent Geluidsniveau (L_{eq})

Het gemiddelde of equivalente geluidsniveau L_{eq} is het continue A-gewogen geluidsniveau dat equivalent is, wat betreft de geluidsenergie, met het in werkelijkheid in de tijd veranderende geluid op een bepaalde plaats over de waarnemingsperiode. L_{eq} wordt gegeven door :

$$L_{eq} = 10 \log \left[\frac{1}{T} \sum_{i=1}^N \tau_i 10^{L_i/10} \right] \quad (7.10)$$

of

$$L_{eq} = 10 \log \left[\frac{1}{T} \int_0^T 10^{L_i/10} dt \right] \quad (7.11)$$

waarbij T de duur is van de waarnemingsperiode in s; L_i is het gemiddelde A-gewogen geluidsniveau voor de intervalklasse i ; τ_i is de totale tijd (in s) waarvoor het geluidsniveau in de intervalklasse i was.

7.3.6 Day-Night equivalent Sound Level (DNL)

Deze eenheid wordt vaak gebruikt in de U.S.A. Het is een energetisch gemiddeld A-gewogen geluidsniveau waarbij aan alle niveaus die voorkomen tussen 22h00 en 07h00, een waarde van 10 dB(A) wordt toegevoegd om rekening te houden met de toegenomen menselijke gevoeligheid voor nachtlawaai. Het is dus een over 24 uur gemiddeld A-gewogen geluidsniveau aldus gedefiniëerd :

$$L_{dn} = 10 \log \frac{1}{24} \left[15 (10^{L_d/10}) + 9(10^{(L_n + 10)/10}) \right] \quad (7.12)$$

waarbij L_d en L_n respectievelijk de dag- en nachtwaarden voor de gemiddelde geluidsniveaus aangeven. De L_{dn} -waarde kan ook bekomen worden uit een continue integratie over een 24-uren-periode (86400 s) beginnende van 0700 uur, als volgt :

$$L_{dn} = 10 \log \frac{1}{86400} \left[\int_0^{54000} 10^{0,1L(t)} dt + \int_{54000}^{86400} 10^{(0,1L(t) + 1)} dt \right] \quad (7.13)$$

7.3.7 De totale lawaai-belasting of Kosteneenheid (B)

Deze eenheid is ontwikkeld in Nederland en gebaseerd op het A-gewogen geluidsniveau met een nogal ingewikkelde weging voor het tijdstip van het etmaal. De Kosteneenheid B is gedefinieerd als volgt :

$$B = 20 \left[\sum_{i=1}^N w_i \times \text{antilog} (L_i/15) \right] - C \quad (7.14)$$

met $C = 157$ voor lawaaimetingen uitgevoerd voor één jaar of 106 voor lawaaimetingen over één dag; L_i is het maximale A-niveau voor event i ; N is het aantal events en w_i een gewichtsfactor als volgt afhankelijk van de periode in de dag :

$w = 10$	tussen 23h00 en 06h00
$w = 8$	tussen 06h00 en 07h00
$w = 4$	tussen 07h00 en 08h00
$w = 1$	tussen 08h00 en 18h00
$w = 2$	tussen 18h00 en 19h00
$w = 3$	tussen 19h00 en 20h00
$w = 4$	tussen 20h00 en 21h00
$w = 6$	tussen 21h00 en 22h00
$w = 8$	tussen 22h00 en 23h00

Wegens de gecompliceerde weging en de ongewone factoren 20 en 1/15 (i.p.v. 10 en 1/10) is het geen energetisch gemiddelde.

7.4 Onderlinge vergelijking van de diverse lawaaibelastingsmaten

Uit wat in dit hoofdstuk voorafgaat blijkt dat er een grote diversiteit bestaat betreffende lawaaibelastingsmaten voor vliegtuiglawaai. Men moet nochtans vaststellen dat er een hele reeks gemeenschappelijke elementen zijn; elk van deze maten combineert gelijkaardige factoren op een gelijkaardige manier. De verschillen worden voornamelijk veroorzaakt door de keuze van de geluidsniveaumaat voor de individuele events, de combinatieregels voor meerdere events, en de keuze van de normalisatiekonstanten. De meeste van deze maten kwamen tot stand na uitgebreide sociale studies aangaande de reactie van de bevolking op vliegtuiglawaai in diverse landen. Dit had tot gevolg dat deze studies gecorreleerd werden aan de lawaaimaat gebruikelijk in dat land. Het blijkt echter dat de individuele rangordes sterk gecorreleerd zijn, zodanig dat de resultaten van sociale onderzoeken te vergelijken zijn via nagenoeg elke belastingsmaat¹. De grote gelijkvormigheid kan geïllustreerd worden door een vergelijking te maken tussen de verschillende indices voor een aantal identieke events gedurende de dag. Neemt men b.v. voor een event een effectieve duur van 10 s, een maximale PNL-waarde van 110 dB en neemt men aan dat het corresponderende A-gewogen geluidsniveau gelijk is aan PNL-13 dB, dan krijgen we volgende relaties voor de diverse indices¹:

¹ Zie voor meer details de bespreking van een onderzoek van Galloway in "Community Noise Rating" by T.J. Schultz, (Applied Science Publishers, London, New York, 1982).

$$NNI = 10 \log 10^{L_{PN}/10} + 15 \log N - 80 \quad (7.15)$$

$$\bar{Q} = 13.3 \log 10^{L_{PN}/13.3} + 13.3 \log N - 52.3 \quad (7.16)$$

$$B = 20 \log 10^{(L_{PN} - 13)/15} + 20 \log N - 100 \quad (7.17)$$

$$NEF = 10 \log 10^{L_{EPN}/10} + 10 \log N - 88 \quad (7.18)$$

$$R = 10 \log 10^{L_{PN}/10} + 10 \log N - 30 \quad (7.19)$$

$$L_{eq} = 10 \log 10^{(L_{PN} - 13)/10} + 10 \log N - 39.4 \quad (7.20)$$

$$L_{dn} = 10 \log 10^{(L_{PN} - 13)/10} + 10 \log N - 39.4 \quad (7.21)$$

Uit deze lijst blijkt dat de laatste vier dezelfde afhankelijkheid van N (het aantal events) vertonen. Voor de eerste drie gelden er verschillende afhankelijkheden.

In tabel VII-1 werden, voor de hierboven aangegeven voorwaarden (en voor $L_{EPN} = L_{PN}$) corresponderende waarden voor de diverse indices opgenomen voor verschillende aantallen events.

Tabel VII-1

	1	(aantal events) 10	100	1000
L_{dn}	57.6	67.6	77.6	87.6
L_{eq}	57.6	67.6	77.6	87.6
R	80	90	100	110
NEF	22	32	42	52
B	29.3	49.3	69.3	89.3
$\bar{Q}$	57.3	70	83.3	96.6
NNI	30	45	60	75

Op basis van equivalenties zoals weergegeven in tabel VII-1 is het mogelijk om ook onderlinge verbanden te leggen wat betreft equivalenties voor reacties vanuit de omgeving. Een dergelijke vergelijking werd uitgevoerd door Galloway en in detail besproken door Schultz¹. In tabel VIII-2 wordt een samenvatting gegeven van de door deze auteurs gemaakte observaties. (De nog niet eerder aangegeven CNR en NI zijn, respectievelijk een oudere Amerikaanse en een Zuid-Afrikaanse index). Ondanks het feit dat de diverse indices in zeer uiteenlopende omstandigheden tot stand gekomen zijn, blijkt er een grote mate van overeenstemming te zijn, indien men de corresponderende criteria voor residentiële woonzones vergelijkt op basis van fysische lawaai-blootstelling. De vergelijking in tabel VII-2 laat duidelijk zien dat er in de meeste landen (met uitzondering van Nederland) voor residentiële zones een bovengrens wordt gehanteerd die correspondeert met NEF-waarden tussen 38 en 42. Voor de ondergrens waarbij er geen restricties meer nodig geacht worden heeft men waarden die corresponderen met NEF-waarden tussen 30 en 33. Op basis van deze vergelijking komt men tot de vaststelling dat men drie belangrijke NEF-zones (minder dan 30, tussen 30 en 40 en groter dan 40) kan onderscheiden.

De L_{dn} -index werd niet in deze vergelijking opgenomen. Door het Amerikaanse EPA (Environmental Protection Agency) wordt echter gesteld dat L_{dn} -niveaus van 55-60 dB moeten vooropgesteld worden als maximaal toelaatbare gemiddelde lawaainiveaus. Het blijkt¹ dat buiten een L_{dn} -waarde van 60 dB of minder noodzakelijk is om het aantal sterk gehinderden te beperken tot minder dan 8%.

Benaderende overeenkomsten tussen diverse indices voor lawaai blootstelling met betrekking tot klachten en grondbestemming.

NEF-U.S.A.	45 Serious noise problems are likely, no activity nor building construction of any sort, should be carried on without a complete analysis of the situation	40
CNR U.S.A.	120 Individual reactions would likely include repeated vigorous complaints. Concerted group action might be expected	115
FRANCE	A All building prohibited except those of the airport	100
	B Construction for residential purposes subject to adequate soundproofing	95
	C New residential developments to be avoided	85
	D No building restrictions	75
GERMANY	Q No residential building	85
	Zone I	80
	Residential building only in urgent cases	75
	Sound suppression measures are indicated	70
	Zone II	65
	Zone III	60
	No restrictions, but no new hospitals in the vicinity of the boundary to zone III	55
NMI U.K.	"Annoyance becomes intolerable"	60
	Daytime	55
	Nighttime	45
	"Annoyance becomes intolerable"	35
NETHERLANDS	"Admissable"	30
	"Inadmissable"	20
SOUTH AFRICA	Limiting range proposed for residential areas	70
		65
		60
		55
		50
		45
		40
		35
		30
		25
		20

HOOFDSTUK VIII

LUCHTLAWAAI : BESTAANDE TOESTAND

8.1 Inleiding

Het is de bedoeling in dit hoofdstuk om via de bepaling van diverse akoestische indices een zo volledig mogelijk beeld te krijgen van de huidige lawaaibelasting in de omliggende gemeenten, veroorzaakt door het luchtlawaai van opstijgende en landende vliegtuigen. De meest ideale benadering zou er in bestaan om gedurende lange tijd en op veel plaatsen tegelijk op continue wijze geluidsniveaumetingen uit te voeren. Dit kan zelden op voldoende grote schaal uitgevoerd worden en vereist uitgebreide akoestische meetnetten. In de meeste gevallen neemt men zijn toevlucht tot modelberekeningen waarbij men vertrekt van de geluidskarakteristieken van de individuele vliegtuigen. Akoestische meetnetten, indien aanwezig, kunnen (naast hun belangrijke controlefuncties op kritische punten) voor calibratie van de berekeningen aangewend worden. Het in opbouw zijnde meetnet rond de luchthaven van Zaventem is op het ogenblik echter onvoldoende operationeel om nu reeds die functie te vervullen. Het is echter vanzelfsprekend dat het in de toekomst een belangrijke rol te vervullen heeft in de controle en de reductie van de lawaaibelasting.

Aangezien we in deze studie voornamelijk geïnteresseerd zijn in de impact van een aanzienlijke uitbreiding van de luchthavenactiviteiten, kunnen we eveneens met goed gevolg gebruikmaken van resultaten bekomen via modelberekeningen. Het gaat in eerste instantie over wijzigingen en evoluties in de lawaaibelasting tengevolge van een toename in de trafiek en om de impact van eventueel op te leggen beschermende maatregelen.

In de rest van dit hoofdstuk wordt uiteengezet hoe via een uitgebreide reeks computersimulaties en diverse lawaaimaten een globaal beeld bekomen wordt van de huidige lawaaibelasting rond de luchthaven van Zaventem. Vertrekkend van deze basisinformatie zullen we dan in het volgende hoofdstuk prognoses formuleren met betrekking tot de impact van de vermeerdering van de trafiek en van de mogelijke maatregelen om de lawaaibelasting te reduceren.

8.2 Het gebruikte rekenprogramma

De berekeningen betreffende het luchtlawaai rond de luchthaven van Zaventem werden, zoals reeds eerder vermeld, doorgevoerd met het Integrated Noise Model (INM) van de Federal Aviation Administration (FAA) in de U.S.A. Het werd op het einde van de jaren zeventig in eerste instantie ontworpen als een hulpmiddel voor luchthavenontwerpers bij de evaluatie van de geluidsimpact op en rond luchthavens. Sindsdien werd het vele malen gebruikt bij belangrijke geluidsstudies voor tal van luchthavens. In de U.S.A. werd het een aanbevolen hulpmiddel voor "Airport Noise Control and Land Use Compatibility (ACLUC) studies". Ook in tal van andere landen buiten de U.S.A. wordt uitgebreid gebruik gemaakt van dit model. In de loop der jaren werd het model verder verfijnd en geoptimaliseerd. Onze berekeningen werden uitgevoerd met versie 3 van het INM-computerprogramma.

Het INM bevat een reeks computermodule om de impact van vliegtuiglawaai op en rond luchthavens te berekenen. De impact kan worden weergegeven onder de vorm van contouren van gelijke lawaai-blootstelling voor een van de volgende lawaaimaten (zie ook hoofdstuk VII) :

- 1) NEF (Noise Exposure Forecast)
- 2) L_{eq} (Equivalent Sound Level)
- 3) L_{dn} (Day-Night Average Sound Level)
- 4) TA (Time above specified threshold of A-Weighted Sound).

De output van het programma betreffende de berekende contourlijnen kan gegeven worden in de vorm van een lijst van coördinaten voor een gegeven contour of als contourplots op een kaart van de luchthavenomgeving. Voor elke contourlijn wordt ook het omsloten oppervlak (in square miles) berekend. Het is met dit model ook mogelijk verschillende lawaaimaten te berekenen voor specifieke punten in de luchthavenomgeving. In wat volgt zullen wij de resultaten van onze berekeningen grafisch weergeven en zal eveneens het omsloten oppervlak voor elke contourlijn aangegeven worden.

De betrouwbaarheid van modelberekeningen steunt voor een groot deel op nauwkeurige informatie betreffende de lawaai-productie van diverse types van vliegtuigen bij het uitvoeren van diverse vliegoperaties. Een groot deel van deze informatie staat in het INM-model ter beschikking onder de vorm van een databank. Deze databank bevat gedetailleerde informatie betreffende een ganse reeks van vliegtuigtypes. Elk vliegtuig wordt geassocieerd met een vliegtuigcategorie, een

set stijg- en landsparameters voor verschillende triplengten, SEL (Sound Exposure Level) en EPNL (Effective Percieved Noise Level) versus afstandcurves bij verschillende vermogens. Deze databank kan indien nodig voor een specifieke studie voor een gegeven luchthaven aangevuld en aangepast worden. In elk geval dient de gebruiker trouwens nog een reeks data, specifiek aan de gegeven luchthaven in te voeren, zoals : de configuratie van de landingsbanen, de hoogte en temperatuur van de luchthaven, de namen van de voorkomende vliegtuigen, de specifieke stijg- en landingsbanen en operaties.

8.3 Specifieke input gegevens voor Zaventem

8.3.1 Algemene gegevens

Op basis van de gedetailleerde informatie verstrekt door de Regie der Luchtwegen was het mogelijk om de geometrische configuraties van de luchthaven en de bijhorende stijg- en landingsbanen in het INM-computerprogramma in te voeren.

Op basis van de "Daily Movement Record" documenten, opgesteld door de luchtvaartcontrole (in de controletoren) en aangevuld met gegevens van de "Samenvattende Staat" zijn door ons voor een aantal dagen computerbestanden opgesteld per etmaal van de opstijgende vliegtuigen waarin o.a. de volgende gegevens voorkomen :

- 1) Het type van het vliegtuig (B737, DC10, TU54,..)

Elk vliegtuig wordt aangeduid door een code van maximaal vier karakters. Een meer gedetailleerde onderverdeling per type vliegtuig (bv. B737-100, B737-300...) dat de luchthaven Zaventem aandoet is niet beschikbaar.

- 2) Gebruikte start- of landingsbaan (25R, 25L, 20, 02, 07R, 07L).

Afhankelijk van de windrichting wordt een gegeven start- of landingsbaan gebruikt.

Bij wind uit de westelijke sector gebruikt men hoofdzakelijk baan 25R voor het opstijgen en baan 25L voor het landen. Vooral tijdens de nacht wordt ook gebruik gemaakt van baan 20 voor het opstijgen en baan 25R voor het landen.

Bij wind uit de noordelijke en oostelijke sector wordt hoofdzakelijk gebruik gemaakt van baan 02. Teneinde de drukte op de luchthaven te spreiden en bepaalde zwaar geladen vliegtuigen beter te laten vertrekken gebruikt men dan eveneens de banen 07R en 07L om op te stijgen (zie figuur 8.1 voor meer details).

- 3) Vertrek- en aankomstrichtingen (LNO2C, COA3C,...).
Afhankelijk van de bestemming volgt een vliegtuig bij het opstijgen of landen een bepaalde baan in de lucht, die wordt aangegeven met een code van 5 karakters.
- 4) Vertrek- en aankomsttijd in GMT.
Deze tijd, uitgedrukt in GMT (Greenwich Mean Time) is het tijdstip waarop het vliegtuig de start- of landingsbaan verlaat of bereikt. Deze gegevens worden genoteerd door de verkeersleiders op de controletoren.
- 5) Vertrek- en aankomsttijd in lokale tijd.
Afhankelijk van de winter- of zomerperiode dient de GMT-tijd met 1 h of 2 h vermeerderd te worden.
- 6) Periode binnen een etmaal (D,A,N)
Afhankelijk van het tijdstip, volgens de lokale tijd, wordt de vliegbeweging ingedeeld bij de dag- (D), avond- (A) of nachtperiode (N), waarbij de dagperiode begrepen is tussen 07h00 en 19h00, de avondperiode tussen 19h00 en 22h00 en de nachtperiode tussen 22h00 en 07h00.

Op basis van deze informatie werd dan onderzocht voor welke vliegtuigen (die Zaventem aandoen) de akoestische gegevens aanwezig waren in de databank van het INM-programma. Dit was niet voor alle types van vliegtuigen het geval. Vooral voor sommige (kleinere) weinig frequent voorkomende types ontbrak de geschikte informatie en dit vooral voor de niet Amerikaanse vliegtuigtypes. In overleg met de Regie der Luchtwegen werd voor deze vliegtuigen een overeenkomstig vliegtuig uit de INM databank aangeduid.

In het totaal hebben we 89 verschillende vliegtuigtypes genoteerd en die zijn in tabel VIII-1 opgenomen. In deze tabel zijn de vliegtuigen alfabetisch gerangschikt volgens het type (DESCRIPT), aangevuld met een ruimere omschrijving, het gewicht (in ton) en de code gekozen in overeenstemming met de INM-databank.

8.3.2 Specifieke gegevens voor het etmaal van 20 maart 1990

Op basis van de hierboven aangegeven resultaten voor verschillende dagen werd door ons het etmaal van 20 maart 1990 als een typisch etmaal geselecteerd voor verdere berekeningen.

Het is een werkdag met het meest voorkomende gebruik van de luchthaven, waarbij overdag en 's avonds het belangrijkste deel van de landingen gebeurt op de piste

TABEL VIII-1

OBS	DESCRIPT	MODEL	GEWICHT	INM
1	AC6T	TURBO COMMANDER ROCKWELL	5	CNA441
2	AT42	ATR42 AVIONS DE TRANSPORT	17	HS748A
3	BA11	ONE-ELEVEN BRITISH AEROSPACE	42	BAC111
4	BA31	JETSTREAM 31 BRITISH AEROSPACE	5	LEAR25
5	BA46	146-100 BRITISH AEROSPACE	.	BAE146
6	BE02	MODEL 1900 AIRLINER BEECH	5	
7	BE10	KING AIR 100 BEECH	5	CNA441
8	BE20	SUPER KING AIR BEECH	5	1 MOTOR
9	BE50	TWIN BOHANZA BEECH	5	
10	BE55	DARON BEECH	5	
11	BE65	QUEEN AIR 65 BEECH	5	
12	BE90	KING AIR BEECH	5	
13	BE99	AIRLINER BEECH	5	
14	B707	MODEL 707 BOEING	142	707
15	B727	MODEL B727	81	727200
16	B737	MODEL 737 BOEING	50	737
17	B747	SUPERJET 747 BOEING	378	747100
18	B757	MODEL 757-200 BOEING	100	757PW
19	B767	MODEL 767 BOEING	152	767CF6
20	CL60	CHALLENGER CL600 CANADAIR	.	CL600
21	CV58	CONVAIR 580 GENERAL DYNAMICS	.	CVR580
22	C120	CESSNA 220	5	1 MOTOR
23	C130	HERCULES LOCKHEED	72	C130
24	C150	CESSNA 150	5	1 MOTOR
25	C182	SKYLANE 182 CESSNA	5	1 MOTOR
26	C210	CENTURION CESSNA	5	1 MOTOR
27	C210	CESSNA 210	.	1 MOTOR
28	C310	CESSNA 310	5	CNA441
29	C340	CESSNA 340	5	CNA441
30	C402	CESSNA 402	5	CNA441
31	C404	TITAN CESSNA	5	CNA441
32	C421		5	CNA441
33	C441	CONQUEST CESSNA	5	CNA441
34	C500	CITATION CESSNA	6	CNA500
35	C501		.	CNA500
36	C550	CITATION II	6	CNA500
37	C650	CITATION III CESSNA	10	
38	DA10	FALCON 10 DASSAULT-BREGUET	.	LEAR25
39	DA20	FALCON DASSAULT MYSTERE	12	
40	DA50	FALCON 50 DASSAULT-BREGUET	18	LEAR25
41	DC10	DC10 MCDONNELL DOUGLAS	252	DC1010
42	DC6	LIFTMASTER MC DONNELL DOUGLAS	48	DC6
43	DC8	DC8 MCDONNELL DOUGLAS	158	DC820
44	DC9	DC9 MC DONNELL DOUGLAS	73	DC930
45	DH6	DASH 6 DHC 6 DE HAVILLAND	20	
46	DH7	DASH 7 DHC 7 DE HAVILLAND	20	DHC7
47	DH8	DASH 8 DHC-8 DE HAVILLAND	14	DHC8
48	D082		.	
49	D228	DO 228-100 DORNIER	6	
50	EA31	AIRBUS A310 AIRBUS INDUSTRIE	153	A310
51	EA32	AIRBUS A320 AIRBUS INDUSTRIE	72	A310
52	E110	BONDEIRANTE EMB - EMBRAER	5	
53	E120	BRASILIA EMB-120 EMBRAER	12	DHC8
54	E121	XIUGU EMB EMBRAER	6	
55	FA22	MODEL F227 FAIRCHILD INDUSTRIE	.	DHC8
56	FA3	METRO III FAIRCHILD INDUSTRIE	.	DHC8
57	FA4	METRO IV FAIRCHILD INDUSTRIE	8	DHC8
58	FK10	FOKKER 100	44	DHC7
59	FK27	FRIENDSHIP F27 FOKKER	19	DHC7
60	FK28	FELLOWSHIP F28 FOKKER	29	F28MK4
61	FK50	FOKKER 50	21	F28
62	G159	GULFSTREAM I GULFSTREAM AEROSP	16	
63	G3	GULFSTREAM III	.	GIIB
64	G4	HIDGEON GRUMMAN	5	
65	HP7	HERALD HPR7-200 BRITISH AEROSP	19	DHC8
66	HS25	HS125 DOMINIE BRITISH AEROSPA	12	LEAR25
67	HS74	ANDOVER HS748 BRITISH AEROSPA	21	HS748A
68	LR24	LEARJET 24 GATES	6	LEAR35
69	LR35	LEARJET 35 GATES	9	LEAR35
70	LR36	LEARJET 36 GATES	9	LEAR35
71	L188	ELECTRA / ORION LOCKHEED	64	L188
72	MU2	MU2 MITSUBISHI	5	CNA441
73	MU3	DIAMOND 1 MITSUBISHI	.	MU3001
74	PAYE	CHEYENNE PIPER	5	CNA441
75	PA20	FALCON 20 DASSAULT -BREGUET	12	LEAR25
76	PA30	TWIN COMANCHE	5	CNA441
77	PA31	CHIEFTAN PIPER	.	CNA441
78	PA44	SEMINALE PIPER	5	CNA441
79	RA06	406 REIMS	.	CNA441
80	SF34	SF340 SAAB-SCANIA	.	SF340
81	SH33	SHORTS 330-200	12	SD330
82	SH36	SHORTS 360 SHORT	5	SD330
83	SH3	MERLIN III FAIRCHILD INDUSTRIE	6	
84	SH4	METRO SHEARINGEN	6	
85	S601	SN601 CORVETTE AEROSPATIALE	7	LEAR25
86	TU34	TU-134 TUPOLEV	45	DC930
87	TU54	TU-154 TUPOLEV	96	727200
88	VC8	VISCOUNT VC2-800 BRITISH AERO	30	DC6
89	VC9	VANGUARD VC950 BRITISH AERO	64	DC6

PERCENTAGE BAR CHART

TYPE		FREQ	CUM. FREQ	PERCENT	CUM. PERCENT
B737	*****	57	57	19.52	19.52
DC9	*****	24	81	8.22	27.74
E120	*****	19	100	6.51	34.25
FK28	*****	11	111	3.77	38.01
DA20	*****	10	121	3.42	41.44
FK27	*****	8	129	2.74	44.18
FA4	*****	8	137	2.74	46.92
CV58	*****	7	144	2.40	49.32
SW3	*****	6	150	2.05	51.37
FK50	*****	6	156	2.05	53.42
DC10	*****	6	162	2.05	55.48
B767	*****	6	168	2.05	57.53
BA11	*****	6	174	2.05	59.59
SF34	*****	5	179	1.71	61.30
EA31	*****	5	184	1.71	63.01
B757	*****	5	189	1.71	64.73
B747	*****	5	194	1.71	66.44
SH36	*****	4	198	1.37	67.81
HP7	*****	4	202	1.37	69.18
FK10	*****	4	206	1.37	70.55
E121	*****	4	210	1.37	71.92
DH7	*****	4	214	1.37	73.29
AT42	*****	4	218	1.37	74.66
LR35	*****	3	221	1.03	75.68
E110	*****	3	224	1.03	76.71
D228	*****	3	227	1.03	77.74
B727	*****	3	230	1.03	78.77
TU54	*****	2	232	0.68	79.45
TU34	*****	2	234	0.68	80.14
L188	*****	2	236	0.68	80.82
HS74	*****	2	238	0.68	81.51
G159	*****	2	240	0.68	82.19
FA3	*****	2	242	0.68	82.88
EA32	*****	2	244	0.68	83.56
DC8	*****	2	246	0.68	84.25
DA50	*****	2	248	0.68	84.93
DA10	*****	2	250	0.68	85.62
C550	*****	2	252	0.68	86.30
C406	*****	2	254	0.68	86.99
C130	*****	2	256	0.68	87.67
CV06	*****	2	258	0.68	88.36
BE55	*****	2	260	0.68	89.04
VC9	*****	1	261	0.34	89.38
VC8	*****	1	262	0.34	89.73
VC3	*****	1	263	0.34	90.07
UHI	*****	1	264	0.34	90.41
S601	*****	1	265	0.34	90.75
S315	*****	1	266	0.34	91.10
RA04	*****	1	267	0.34	91.44
PA42	*****	1	268	0.34	91.78
PA28	*****	1	269	0.34	92.12
L382	*****	1	270	0.34	92.47
H3	*****	1	271	0.34	92.81
HS25	*****	1	272	0.34	93.15
HELI	*****	1	273	0.34	93.49
FA31	*****	1	274	0.34	93.84
FA22	*****	1	275	0.34	94.18
DH8	*****	1	276	0.34	94.52
DA90	*****	1	277	0.34	94.86
C501	*****	1	278	0.34	95.21
C500	*****	1	279	0.34	95.55
C441	*****	1	280	0.34	95.89
C421	*****	1	281	0.34	96.23
C404	*****	1	282	0.34	96.58
C340	*****	1	283	0.34	96.92
C310	*****	1	284	0.34	97.26
C21	*****	1	285	0.34	97.60
C182	*****	1	286	0.34	97.95
C150	*****	1	287	0.34	98.29
BE40	*****	1	288	0.34	98.63
BE10	*****	1	289	0.34	98.97
BA46	*****	1	290	0.34	99.32
BA31	*****	1	291	0.34	99.66
A102	*****	1	292	0.34	100.00

PERCENTAGE

25L en het opstijgen via de piste 25R. Tijdens de drukke periode van de nacht wordt voor het opstijgen gebruik gemaakt van de pistes 25R en 20. Volgens de gegevens van de "Daily Movement Record", zijn er in het totaal op 20 maart 1990 612 bewegingen geweest, waarvan 305 vertrekken en 307 landingen. Enkel voor de vertrekkende vliegtuigen was het mogelijk hieruit een computerbestand op te bouwen met in het totaal 292 vliegtuigbewegingen. Het verschil t.o.v. 305 is te wijten aan onduidelijke notities, bewegingen van helicopters en "touch and go", die niet meegenomen werden voor de berekeningen.

In tabel VIII-2 wordt in een histogram het aantal vliegbewegingen per vliegtuigtype weergegeven voor het ganse etmaal. Een meer gedetailleerde opsplitsing voor de dag- (D), avond- (A) en nachtperiode (N) wordt aangegeven in tabel VIII-3. Hieruit blijkt het groot belang van de vliegtuigtypes Boeing 737 en Mc Donnell Douglas DC9 voor de luchthaven van Zaventem. Tijdens de dagperiode wordt nagenoeg 50% van al de vluchten uitgevoerd met volgende vliegtuigtypes : Boeing 737, Brasilia EMB-120 Embracer, Mc Donnell Douglas DC9, Fokker Fellowship F28 en Airbus A310. Tijdens de nachtperiode zijn het vooral kleinere vliegtuigtypes die de luchthaven gebruiken.

Tenslotte werden 238 vliegtuigen opgenomen voor de berekeningen van de geluidscontouren, wat neerkomt op een totaal van 476 bewegingen (opstijgen en landen). Voor 54 vertrekkende vliegtuigen werden geen gegevens gevonden in de INM-databank. Het betreft hoofdzakelijk kleinere vliegtuigtypes (General Aviation) en enkele Europese vliegtuigtypes waarvoor geen equivalente keuze kan worden gemaakt in de Amerikaanse databank.

Bij het opstellen van de correspondentie tussen de vliegtuigtypes en de gegevens in de INM databank deed zich het probleem voor dat er voor meerdere vliegtuigtypes verschillende versies (oudere en nieuwere) in omloop zijn. In de beschikbare informatie (b.v. Daily Movements Record) is voor een landend of opstijgend vliegtuig wel het type maar niet de versie opgenomen. Verschillende versies kunnen sterk verschillende akoestische karakteristieken hebben. Dit is b.v. te zien in figuren 8.2 en 8.3 waar voor de verschillende versies van de B737 en de DC9 L_{eq} -geluidscontouren voor een landing en een opstijging getekend zijn. Voor eenzelfde L_{eq} -waarde krijgen we sterk verschillende contouroppervlakken naargelang de versie van dit type vliegtuig.

In bijlage 13 zijn dergelijke L_{eq} -contouren opgenomen voor de meeste vliegtuigtypes en versies die van belang zijn voor Zaventem. In de gevallen waar het probleem zich voordeed hebben we een versie gekozen met een gemiddelde lawaai-belasting. In tabel VIII-4 wordt een overzicht gegeven van de correspondenties die gebruikt werden voor de contourberekeningen met betrekking tot de bestaande toestand.

PERCENTAGE BAR CHART

PERIODE	TYPE	FREQ	CUM. FREQ	PERCENT	CUM. PERCENT
D	B737	45	45	23.81	23.81
	E120	17	62	8.99	32.80
	DC9	15	77	7.94	40.74
	FK28	9	86	4.76	45.50
	FA4	6	92	3.17	48.68
	B767	6	98	3.17	51.85
	EA31	5	103	2.65	54.50
	SF34	4	107	2.12	56.61
	FK50	4	111	2.12	58.73
	FK10	4	115	2.12	60.85
	E121	4	119	2.12	62.96
	SH36	3	122	1.59	64.55
	LR35	3	125	1.59	66.14
	FK27	3	128	1.59	67.72
	DH7	3	131	1.59	69.31
	DC10	3	134	1.59	70.90
	B757	3	137	1.59	72.49
	B747	3	140	1.59	74.07
	B727	3	143	1.59	75.66
	BA11	3	146	1.59	77.25
	TU54	2	148	1.06	78.31
	SW3	2	150	1.06	79.37
	HS74	2	152	1.06	80.42
	EA32	2	154	1.06	81.48
	DA20	2	156	1.06	82.54
	C550	2	158	1.06	83.60
	C130	2	160	1.06	84.66
	AT42	2	162	1.06	85.71
	UHT	1	163	0.53	86.24
	TU54	1	164	0.53	86.77
	S601	1	165	0.53	87.30
	S315	1	166	0.53	87.83
	L382	1	167	0.53	88.36
	H3	1	168	0.53	88.89
	HS25	1	169	0.53	89.42
	HELI	1	170	0.53	89.95
	G159	1	171	0.53	90.48
	FA31	1	172	0.53	91.01
	FA3	1	173	0.53	91.53
	DH8	1	174	0.53	92.06
	DA50	1	175	0.53	92.59
	DA10	1	176	0.53	93.12
	C501	1	177	0.53	93.65
	C441	1	178	0.53	94.18
	C421	1	179	0.53	94.71
	C340	1	180	0.53	95.24
	C310	1	181	0.53	95.77
	C21	1	182	0.53	96.30
	C182	1	183	0.53	96.83
	C150	1	184	0.53	97.35
	BE40	1	185	0.53	97.88
	BE10	1	186	0.53	98.41
	BA44	1	187	0.53	98.94
	BA31	1	188	0.53	99.47
	A102	1	189	0.53	100.00
A	B737	10	10	23.26	23.26
	DC9	8	18	18.60	41.86
	FK50	2	20	4.65	46.51
	FK28	2	22	4.65	51.16
	E120	2	24	4.65	55.81
	B757	2	26	4.65	60.47
	BA11	2	28	4.65	65.12
	AT42	2	30	4.65	69.77
	SW3	1	31	2.33	72.09
	SH36	1	32	2.33	74.42
	SF34	1	33	2.33	76.74
	PA42	1	34	2.33	79.07
	FA28	1	35	2.33	81.40
	FA4	1	36	2.33	83.72
	FA3	1	37	2.33	86.05
	E110	1	38	2.33	88.37
	DH7	1	39	2.33	90.70
	DA50	1	40	2.33	93.02
	C500	1	41	2.33	95.35
	C406	1	42	2.33	97.67
N	DA20	8	8	13.33	13.33
	CV58	7	15	11.67	25.00
	HP7	4	19	6.67	31.67
	FK27	4	23	6.67	38.33
	SH3	3	26	5.00	43.33
	D228	3	29	5.00	48.33
	DC10	3	32	5.00	53.33
	L188	2	34	3.33	56.67
	E110	2	36	3.33	60.00
	DC8	2	38	3.33	63.33
	CV06	2	40	3.33	66.67
	B747	2	42	3.33	70.00
	B737	2	44	3.33	73.33
	BE55	2	46	3.33	76.67
	VC9	1	47	1.67	78.33
	VC8	1	48	1.67	80.00
	VC3	1	49	1.67	81.67
	TU34	1	50	1.67	83.33
	RA04	1	51	1.67	85.00
	G159	1	52	1.67	86.67
	FA4	1	53	1.67	88.33
	FA22	1	54	1.67	90.00
	DC9	1	55	1.67	91.67
	DA90	1	56	1.67	93.33
	DA10	1	57	1.67	95.00
	C406	1	58	1.67	96.67
	C404	1	59	1.67	98.33
	BA11	1	60	1.67	100.00

2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24 26 28 30
PERCENTAGE

Tabel VIII-4

– Correspondentie tussen vliegtuigtypes en gegevens in de INM databank

B737	=	737
DC9	=	DC930
FK28	=	F28MK2
B767	=	767CF6
EA31	=	A310
SF34	=	SF340
B727	=	727200
DC10	=	DC1010
C550	=	CNA500
HS74	=	HS748A
TU54	=	727200
C421	=	CNA441
C500	=	CNA500
B747	=	747100
LR35	=	LEAR35
C130	=	C130
C441	=	CNA441
CV58	=	CVR580
DC8	=	DC820
B757	=	757PW
BA11	=	BAC111
DH7	=	DHC7
SH36	=	SD330
L188	=	L188
BA46	=	BAE46
C501	=	CNA500
TU34	=	DC930

– Equivalentie tussen vliegtuigtypes niet en wel opgenomen in de INM databank (opgesteld in overleg met de regie der Luchtwegen).

AT42	=	HS748A
CL60	=	CL600
DA10	=	LEAR25
DA50	=	LEAR25
EA32	=	A310
E120	=	DHC8
FA22	=	DHC8
FA3	=	DHC8
FA4	=	DHC8
FK10	=	DHC7
FK27	=	DHC7
FK50	=	F28
HP7	=	DHC8
HS25	=	LEAR25
LR24	=	LEAR35
LR36	=	LEAR35
PA20	=	LEAR25
S601	=	LEAR25
VC8	=	DC6
VC9	=	DC6

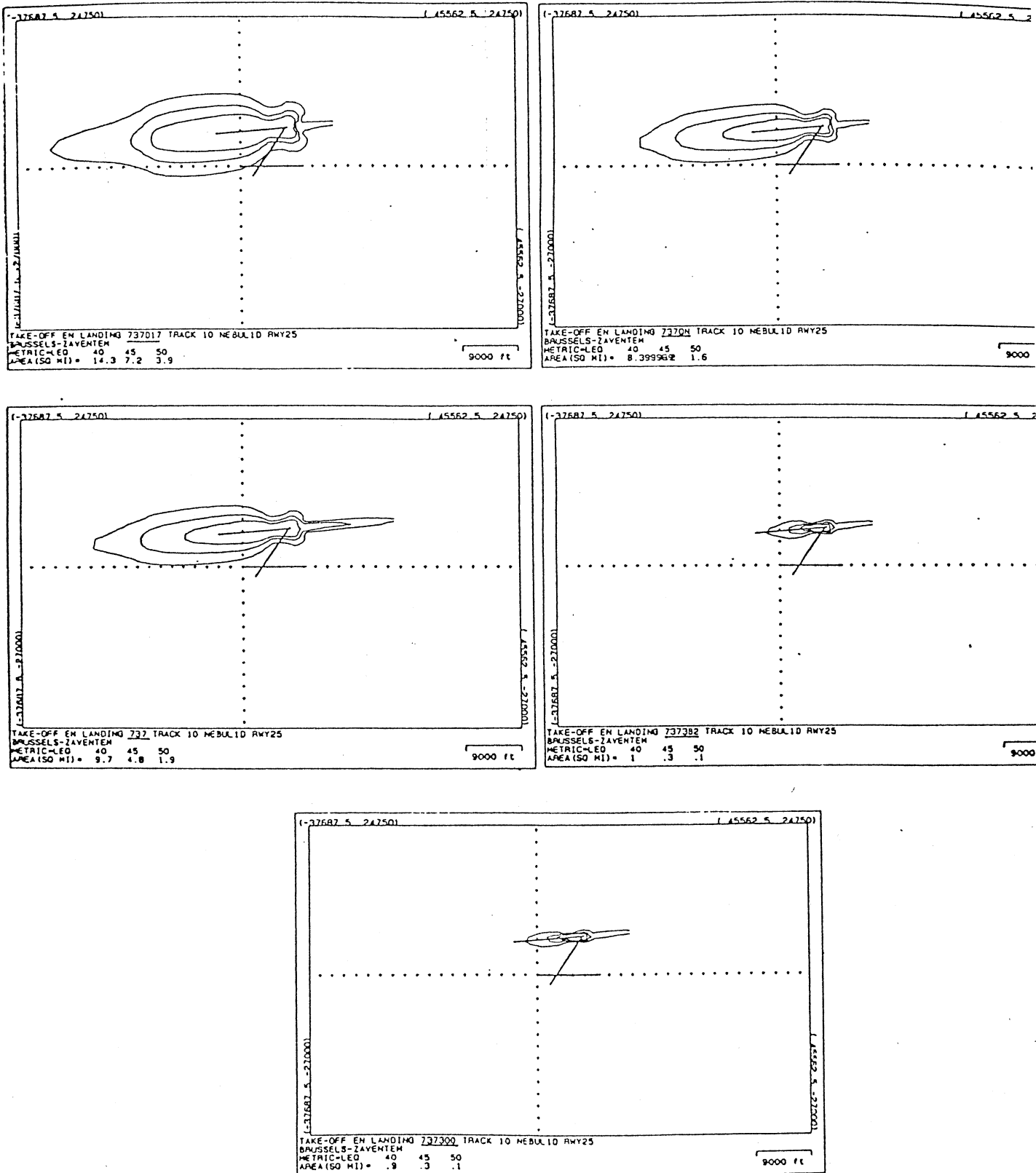


Fig. 8.2

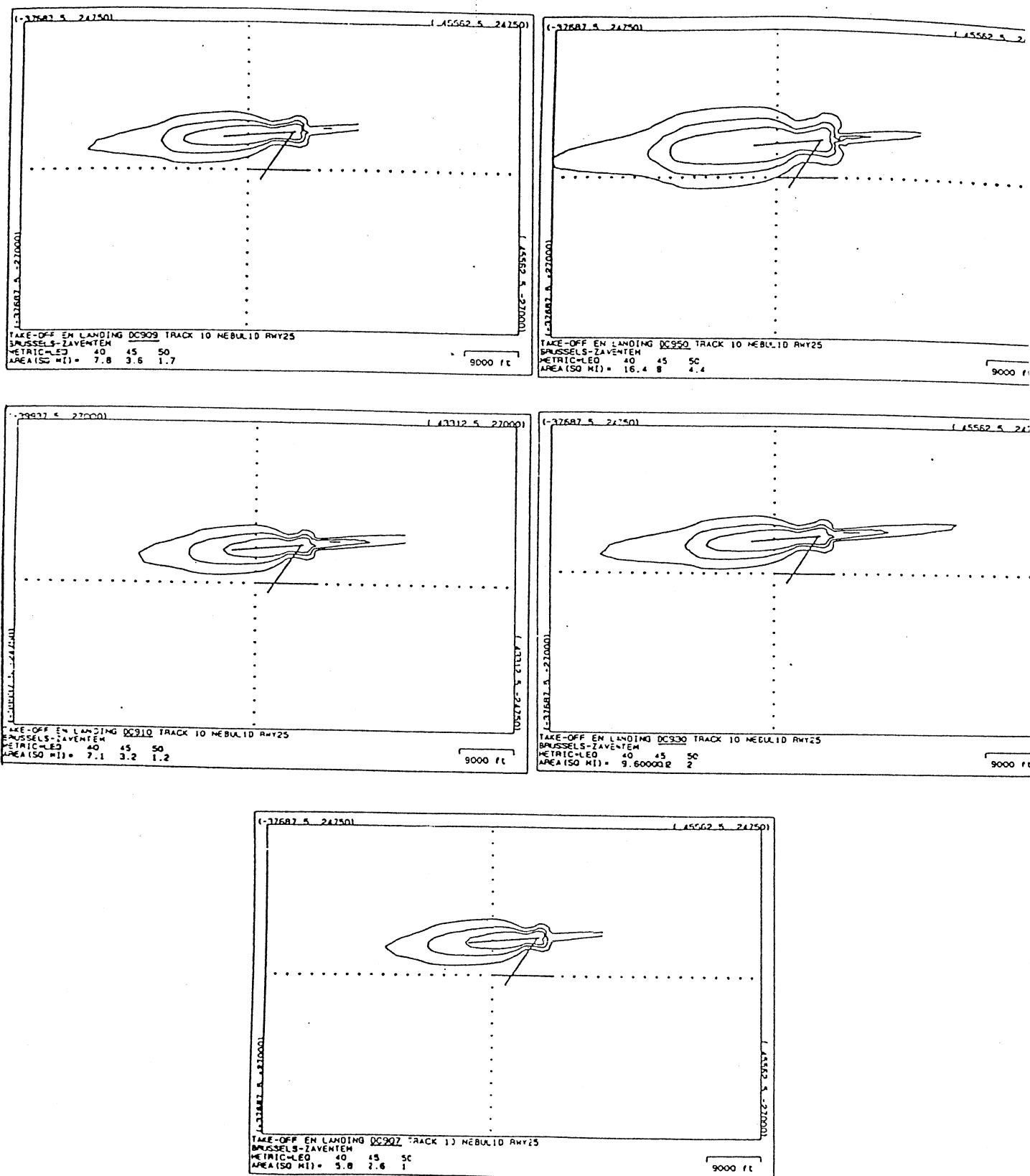


Fig. 8.3

8.4 Contouren voor globale lawaaibelastingsmaten

Op basis van de procedure hierboven uiteengezet hebben we via het INM-programma contouren uitgerekend voor de bestaande toestand en dit voor verschillende waarden van de volgende drie lawaaibelastingsmaten : L_{eq} (Equivalent Sound Level), NEF (Noise Exposure Forecast), L_{dn} (Day-Night Equivalent Sound Level).

De resultaten worden gegeven in de figuren 8.4, 8.5 en 8.6. In de legende van deze figuren is de naam van de belastingsmaat aangegeven achter het gelijkheidsteken volgend op het woord "METRIC". In de legende wordt voor een gegeven contour eveneens het corresponderende oppervlak aangegeven (in square miles)

Op basis van de contouroppervlakken kan een vergelijking gemaakt worden tussen de verschillende indices. Dit is grafisch gedaan in figuur 8.7. Hieruit blijkt dat, afgezien van een verschillend nulpunt, deze drie maten gelijklopende resultaten opleveren voor de oppervlakte van de gebieden die aan een bepaalde lawaaibelasting blootgesteld zijn. Dit is in overeenstemming met wat besproken werd in paragraaf 7.4 van hoofdstuk VII. Indien men er van uitgaat, zoals in hoofdstuk VII aangegeven, dat ernstige geluidshinder begint op te treden vanaf een NEF-waarde van ongeveer 30, dan kunnen we op basis van figuur 8.7 besluiten dat dit correspondeert met een L_{eq} -waarde van ongeveer 60 en een L_{dn} -waarde van ongeveer 65.

Deze transparant is op dezelfde schaal als de figuren
met contouren in dit hoofdstuk.



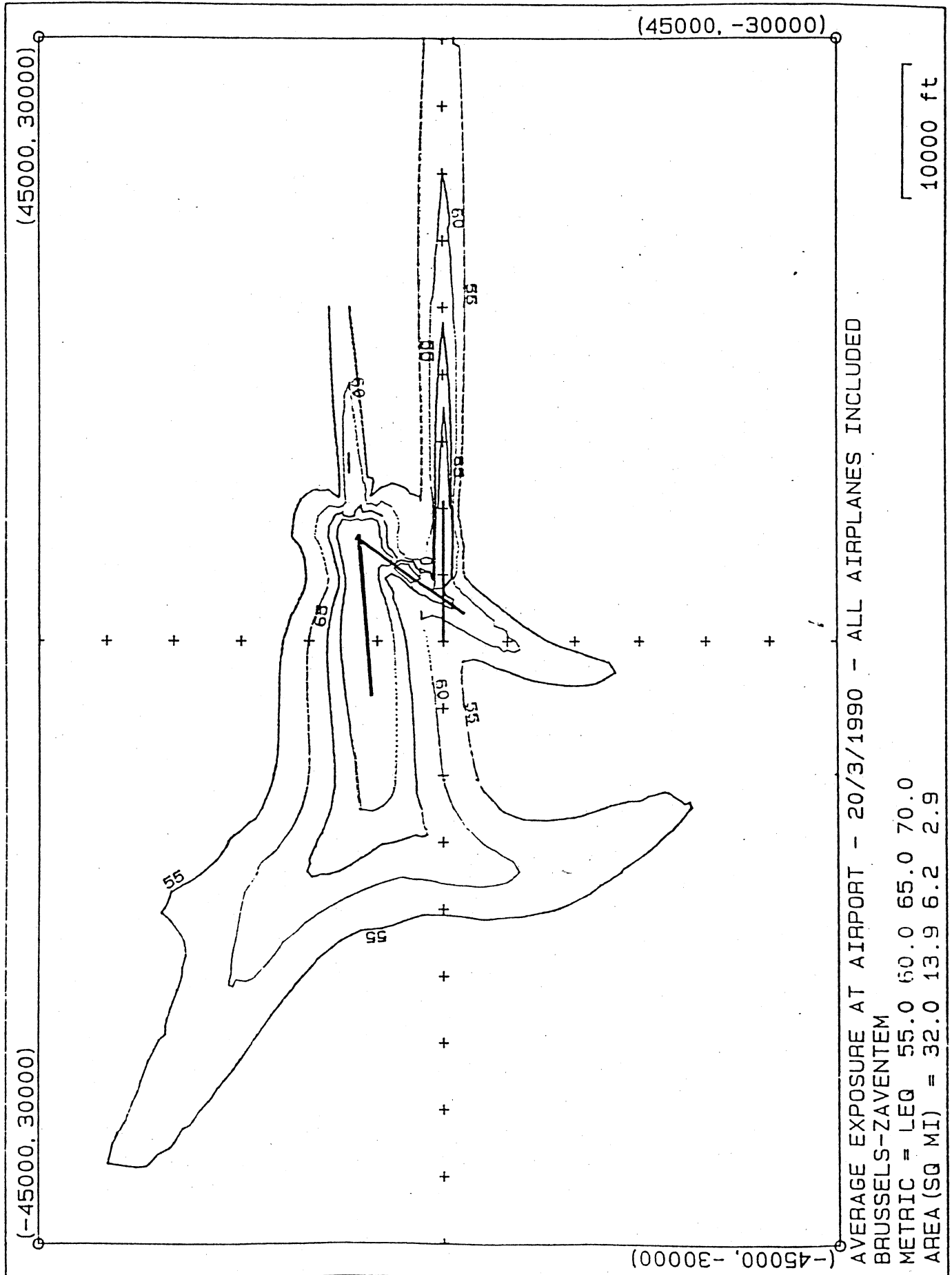


Fig. 8.4

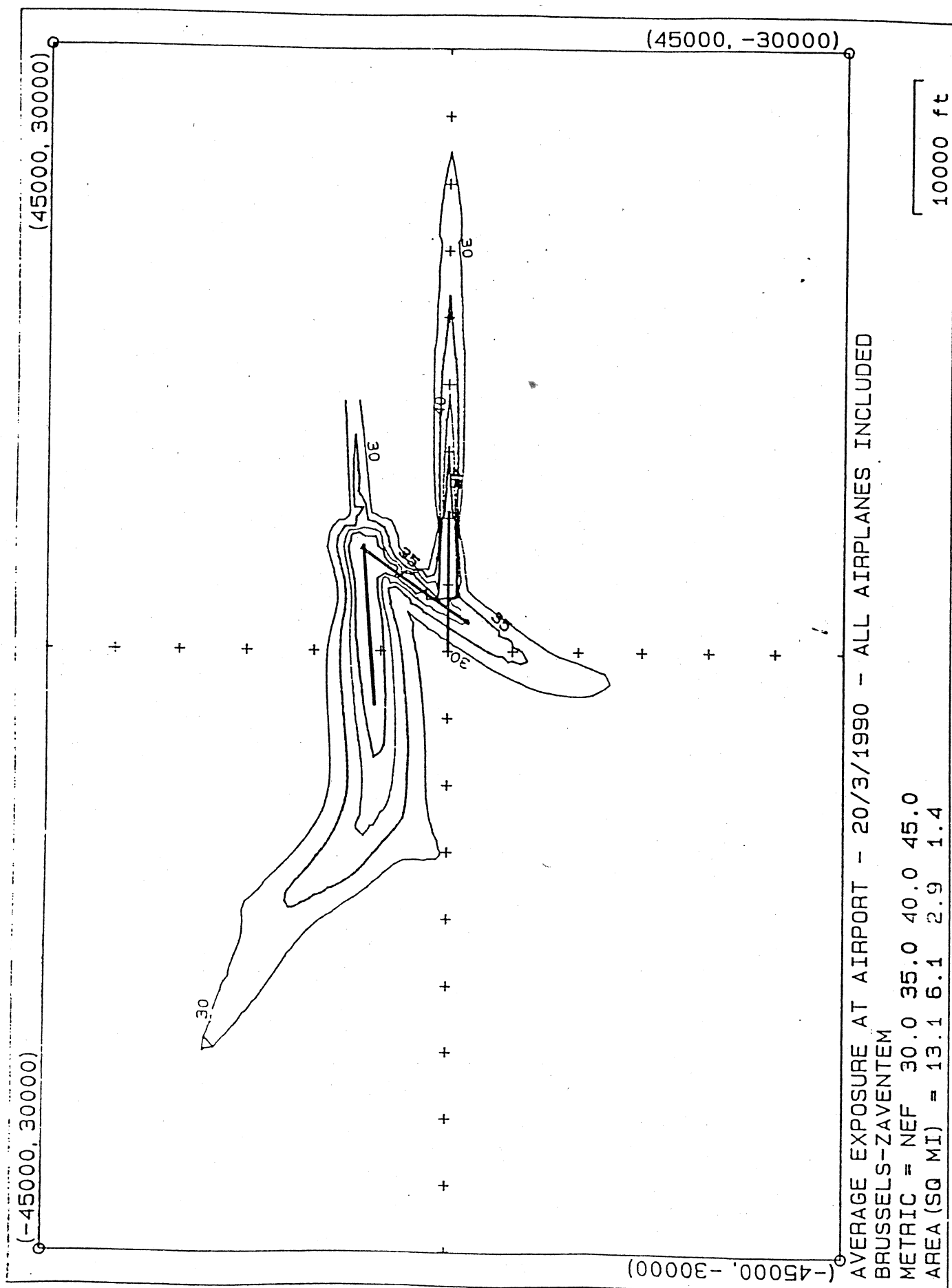


Fig. 8.5

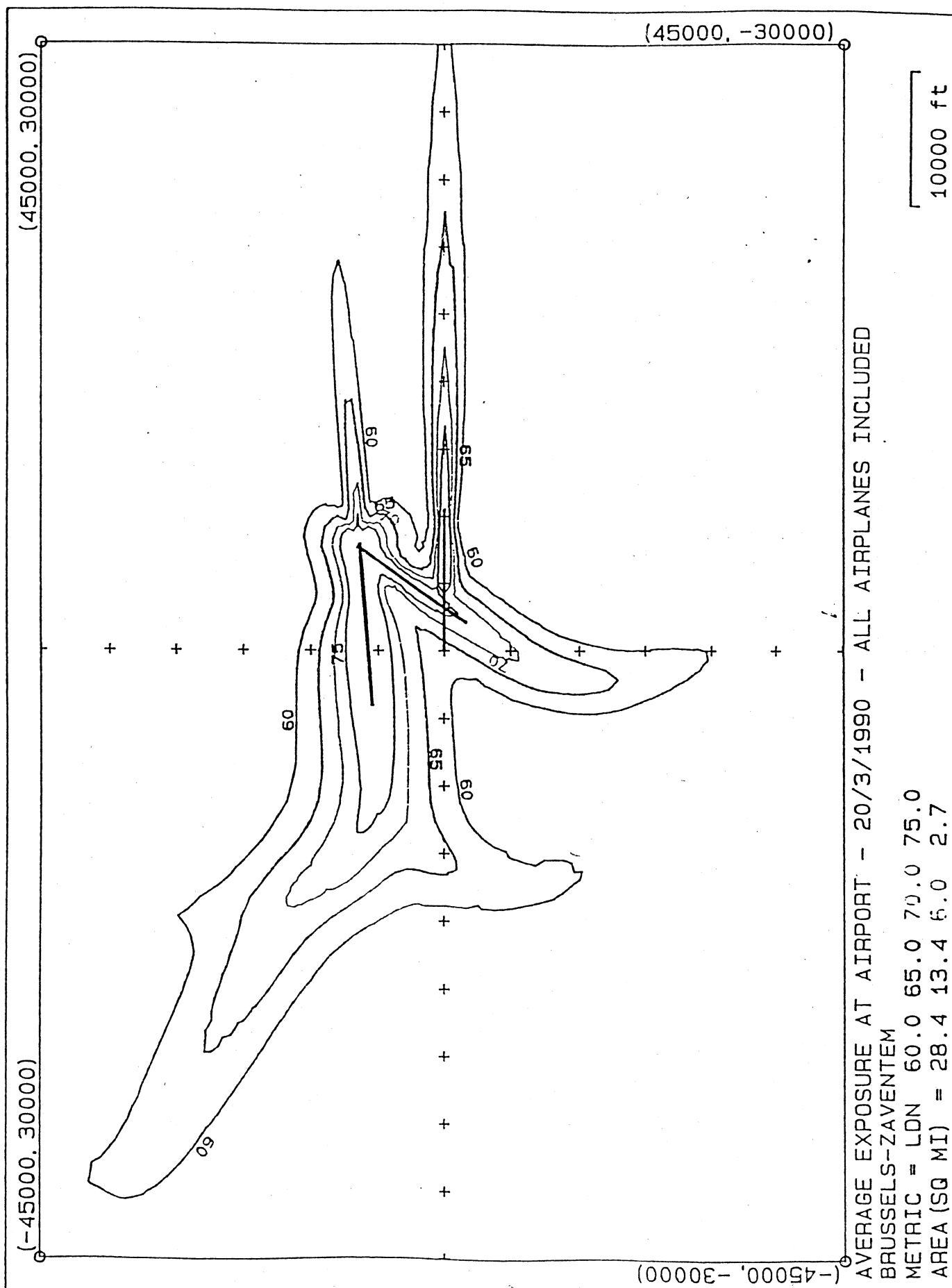


Fig. 8.6

Vergelijking tussen Leq, NEF en LDN

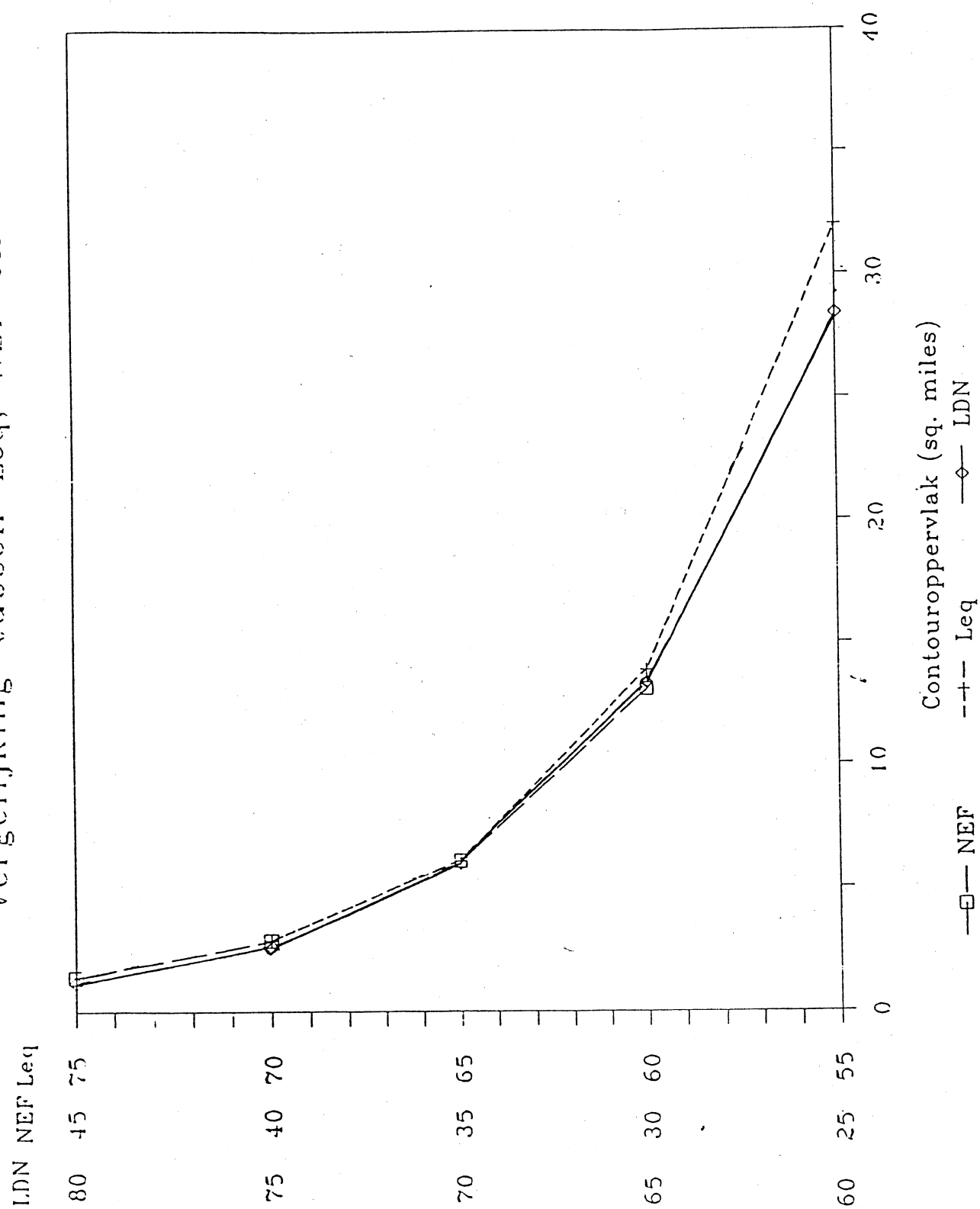


Fig. 8.7

8.6 Maximale geluidsdrukniveaus

De lawaai-belastingsmaten die hierboven besproken werden zijn belangrijk om rond de luchthaven de globale hinder ten gevolge van opstijgende en landende vliegtuigen te evalueren. In deze maten wordt er niet alleen rekening gehouden met de door de vliegtuigen veroorzaakte geluidsniveaus maar tevens met de drukte van het luchtverkeer (aantal vliegbewegingen), al of niet opgesplitst (en verschillend verrekend) naar specifieke perioden binnen een etmaal (dag, avond, nacht). Naast deze globale evaluatie moet men voor bepaalde gebieden (doorgaans dicht bij de luchthaven) rekening houden met het feit dat men bij het opstijgen of landen te maken heeft met kortstondige hoge geluidsniveaus die zeer sterk kunnen afwijken van het normale omgevingsgeluid. Vooral gedurende de nacht en de avondperiode kan dit extra hinder en slaapverstoring teweegbrengen. In deze context zijn voor een gegeven plaats niet zozeer de globale lawaaimaten van belang maar de maximale geluidsdrukniveaus (in dB(A)) en de afwijking t.o.v. het normale omgevingsgeluid.

Afwijkingen van het normale slaappatroon kunnen reeds bij relatief lage geluidsniveaus en niveauveranderingen optreden. Deze verstoring is heviger naarmate het geluidsniveau hoger is en/of wanneer de verstoring van het omgevingsgeluid zich vaker of langduriger voordoet. Daarenboven spelen individuele gevoeligheden hierbij een belangrijke rol. Het is echter algemeen aanvaard dat overschrijdingen van het omgevingslawaai binnen slaapvertrekken met meer dan 20 dB(A) ernstige slaapverstoring en ontwaakreacties veroorzaken. Indien frequenter (meer dan een 20-tal keer per nacht), dan treden dezelfde gevolgen reeds op bij lagere overschrijdingen. Indien men uitgaat van een normale waarde van 25 à 35 dB(A) binnen slaap-, rust- en recreatiezones (ISO Aanbeveling 1996) betekent dit dat piekniveaus van 50 à 55 dB(A) binnen slaapvertrekken hinderlijk zijn. Dit correspondeert, indien men aanneemt dat in normale gevallen de geluidsisolatie van woningen niet meer bedraagt dan een 20-tal dB(A), met pieken van 70 à 75 dB(A) buiten aan de woningen.

Recent onderzoek aan de Universiteit van Düsseldorf door Barbara Griefahn¹ bevestigt deze thesissen in verband met slaapstoornis tijdens de nacht ten gevolge van

¹ "Critical loads for noise during the night". Barbare Griefahn, Inter Noise 90, Göteborg, Sweden

kortstondige variërende geluiden (hoofdzakelijk vliegtuiglawaai). Als resultaat van dit onderzoek, waarbij een evaluatie werd gemaakt van verschillende studies, komt men tot een relatie tussen het maximale geluidsniveau (gemeten volgens de tijdsweging fast) binnen in woningen en het aantal events tijdens de nacht (zie figuur 8.8). Daaruit blijkt dat het toelaatbare maximale geluidsniveau tijdens de slaap sterk afneemt met het aantal geluidsevents (van 1 tot 5) en naar een waarde evalueert van ± 53 dB(A). Bij benadering stemt dit overeen met maximale geluidsniveaus buiten die variëren van 70 à 75 dB(A). Bij het afleiden van deze resultaten werd rekening gehouden met de meest gevoelige slaapperiode (REM-slaap) en met de grotere gevoeligheid, met betrekking tot slaapstoornissen, bij oudere personen.

De bovenste curve in de figuur geeft de geluidsniveaus aan als functie van het aantal events tijdens een slaapperiode waarbij men ontwaakt.

De onderste curve in de figuur geeft maximale geluidsniveaus waarvoor er zich geen slaapstoornissen zouden voordoen. Voor meerdere events komt men dan op maximale waarden van ± 47 dB(A).

Informatie over de sterkte van de geluidsdrukmaxima kunnen we bekomen op basis van de "events"-resultaten in bijlage 13. Deze resultaten werden bekomen aan het begin van de start- en landingsbaan 25R langs de kant van de Van Frachenlaan. In de tabel VIII-5 werd voor een periode van een tiental dagen de verdeling van de maximale niveaus opgenomen. We moeten er wel op wijzen dat deze resultaten opgemeten werden direct aan de rand van de luchthaven en dat voor landende vliegtuigen de afstand tot de microfoon niet meer dan 20 à 30 meter bedroeg. Op een afstand van een honderdtal meter of verder verwacht men dan ook niveaus die 10 à 15 dB(A) of meer lager liggen. Uit de resultaten in bijlage 12 blijkt dat een groot aantal van de waargenomen events maximale waarden beneden 85 dB(A) hebben. Toch is er ook een niet onbelangrijk aantal dat daar behoorlijk bovenuit steekt, zoals blijkt uit tabel VIII-5.

Een meer volledig beeld betreffende maximale geluidsdrukniveaus voor de ganse omgeving van de luchthaven kan bekomen worden via TA-contourberekeningen met behulp van het INM-programma. TA geeft de tijd aan (in minuten) dat een te specificeren geluidsdrukniveau, in dB(A), overschreden werd gedurende een periode van 24 uren. We hebben deze berekeningen uitgevoerd voor de nacht van 20 maart 1990. In figuur 8.9 worden voor 90 dB(A) de TA-contouren van 0,1 ; 0,5 ; 1,0 en 5,0 minuten aangegeven. Deze contouren geven dus de gebieden aan waarbinnen

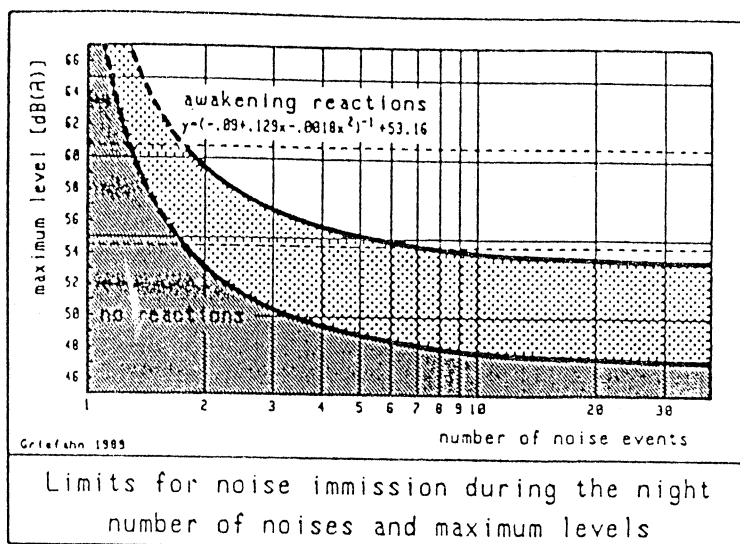


Fig. 8.8

het geluidsdrukniveau gedurende respectievelijk 0,1 ; 0,5 ; 1,0 of 5,0 minuten minstens 90 dB(A) was. We moeten er hier onmiddellijk op wijzen dat de werkelijke toestand hiervan enigszins kan afwijken (in gunstige of ongunstige zin), omdat vooral voor de kleinere vliegtuigtypes die s'nachts landen en opstijgen, de geluidskarakteristieken niet steeds ter beschikking waren en we moesten beroep doen op equivalenties (zie hoger). Vooral de buitenste contourlijnen (korte tijden) zijn zeer gevoelig aan de vliegtuigtypes en bijgevolg kan een vervanging hier een grote invloed hebben. Dit kan bijvoorbeeld gezien worden in de figuren 8.10 en 8.11 waarbij we enkele vliegtuigtypes vervangen hebben door minder lawaaierige types (zie volgend hoofdstuk voor meer details). Het verschil is vooral het gevolg van een vervanging van het type Learjet 25 door het type Learjet 35 en het type DC6 door het type B737-300. In de figuren 8.12 en 8.13 worden voor 80 dB(A) en 75 dB(A) de TA-contouren van 0,5 ; 1,0 en 5,0 minuten gegeven voor dezelfde voorwaarden als geldig voor de TA-resultaten van 90 dB(A) in figuur 8.11. Ter vergelijking met deze laatste TA-resultaten voor 75 dB(A) geven we in figuur 8.14 ook contouren voor 75 dB(A) zonder de hierboven aangegeven vervangingen. M.a.w. voor de oorspronkelijke situatie zoals geldig voor de 90 dB(A) TA-contouren van figuur 8.8. Uit deze TA-resultaten blijkt dat in eerste instantie het type van het vliegtuig bepalend is voor de maximale geluidsdrukniveaus. Hieruit volgt dan ook dat met een zorgvuldig beleid, dat gecontroleerd wordt, veel lawaaihinder kan vermeden worden.

Tabel VIII-5.

Verdeling van de maximale geluidsdrukkniveaus, in dB(A), gedurende de nacht aan de rand van de luchthaven langs de Van Frachenlaan te Steenokkerzeel (zie ook bijlage 12).

datum	85-90	90-95	95-100	100-105	105-110	>110
25-12-89	—	—	—	1	1	—
26-12-89	1	2	6	11	3	—
27-12-89	1	—	—	1	—	—
28-12-89	2	5	9	4	1	—
29-12-89	7	4	8	10	1	—
30-12-89	1	—	—	1	3	—
31-12-89	—	1	—	2	2	—
01-01-90	—	2	3	4	4	1
02-01-90	3	4	6	14	4	2

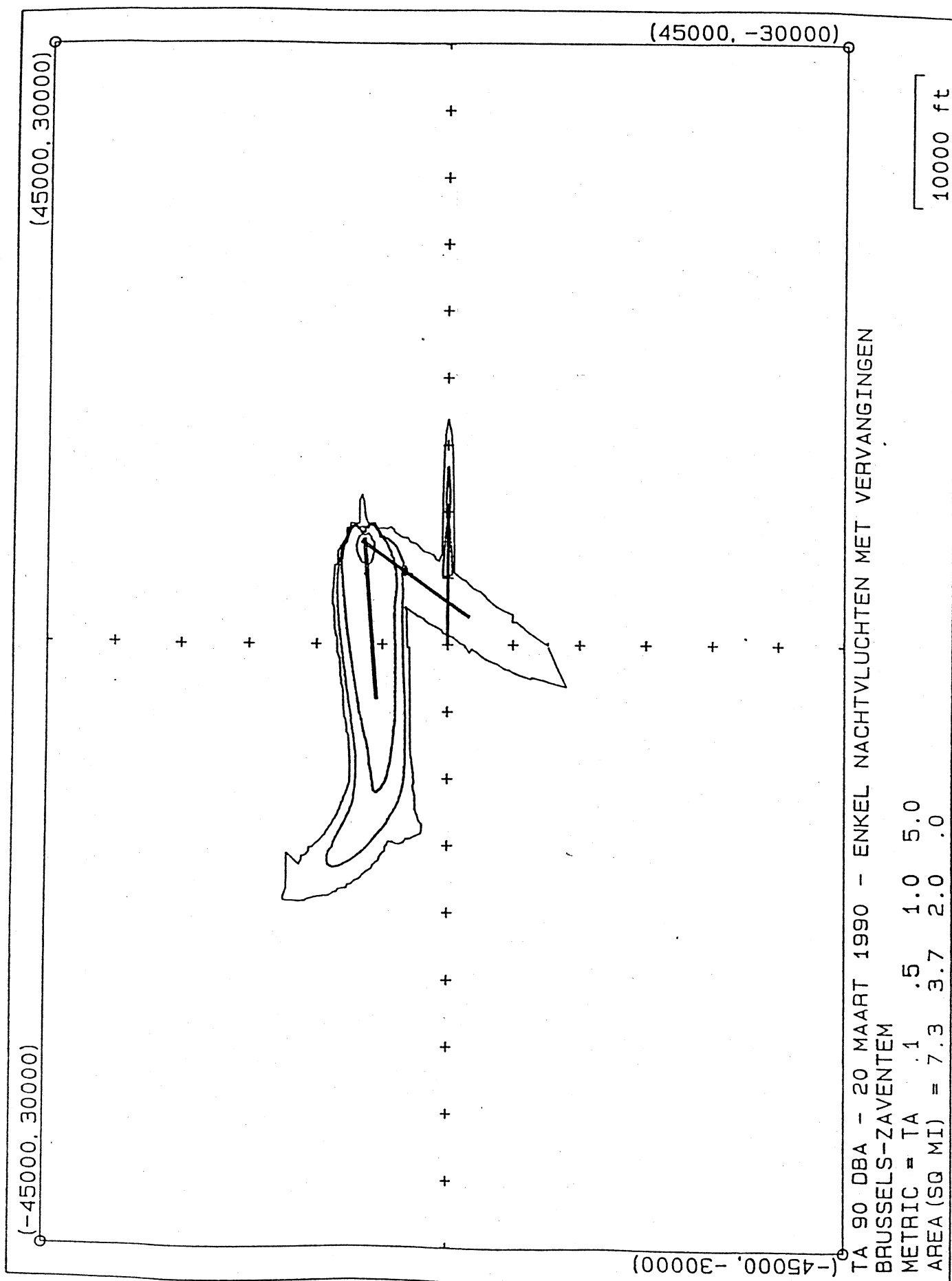


Fig. 8.10

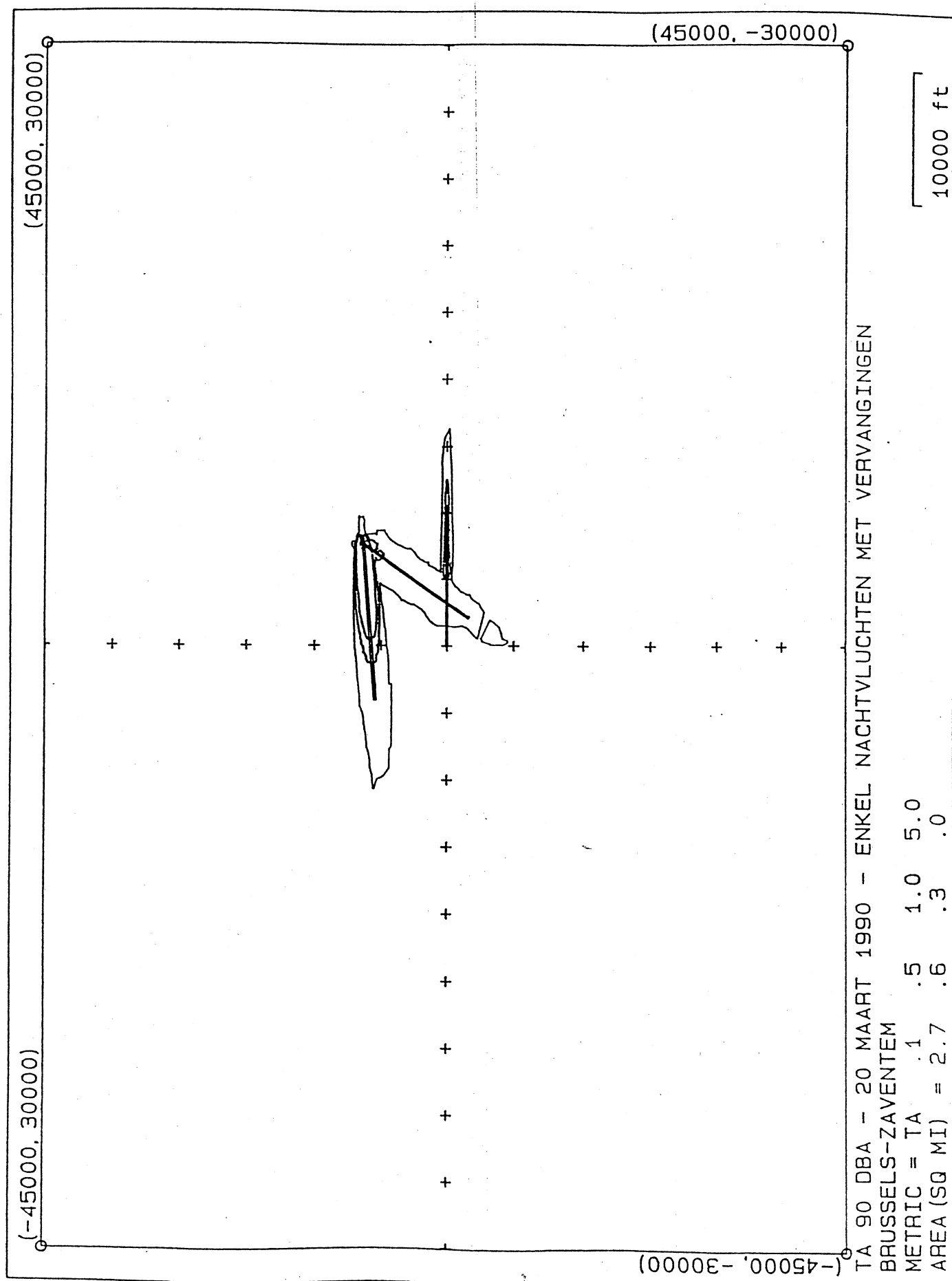


Fig. 8.11

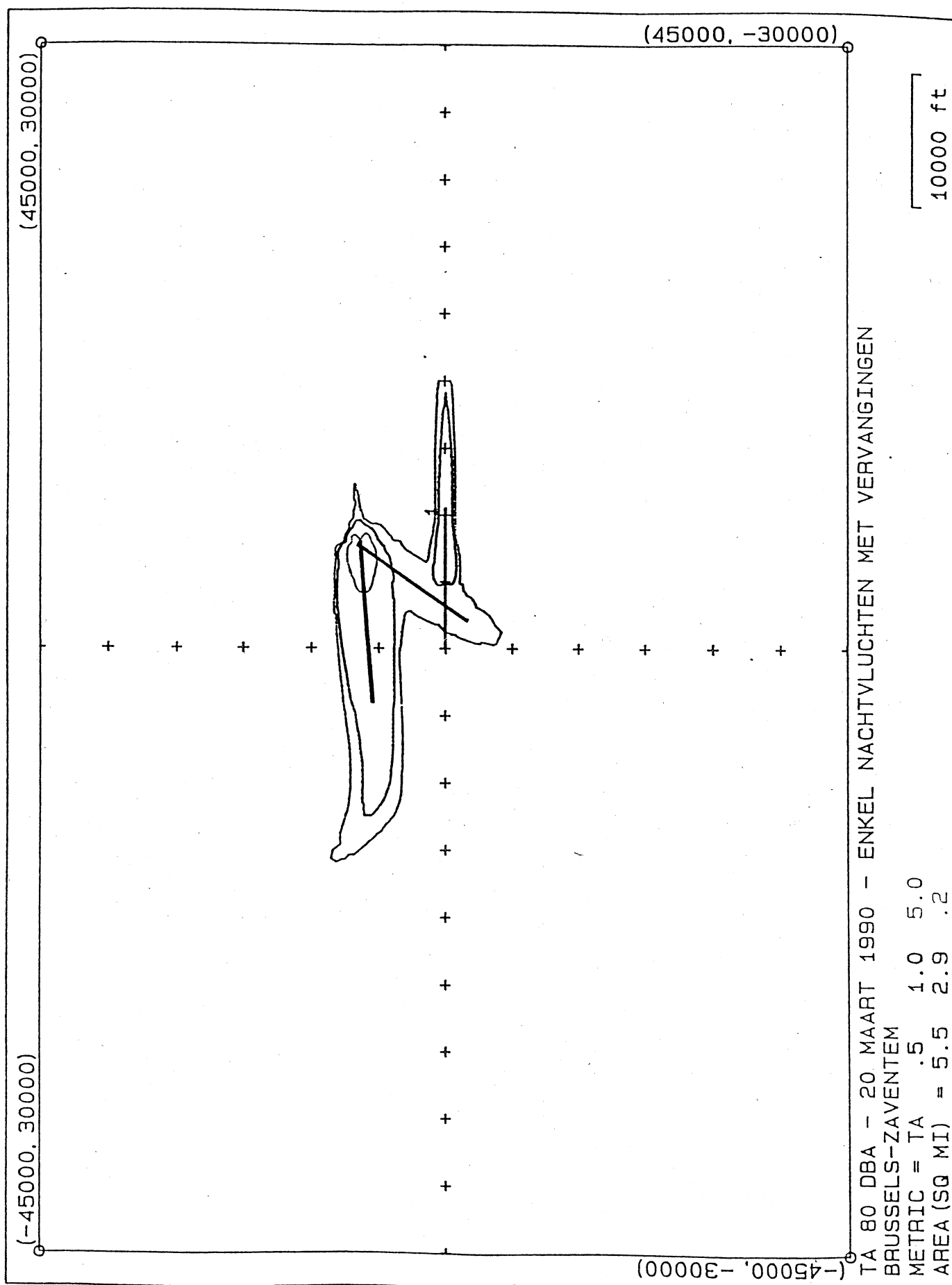


Fig. 8.12

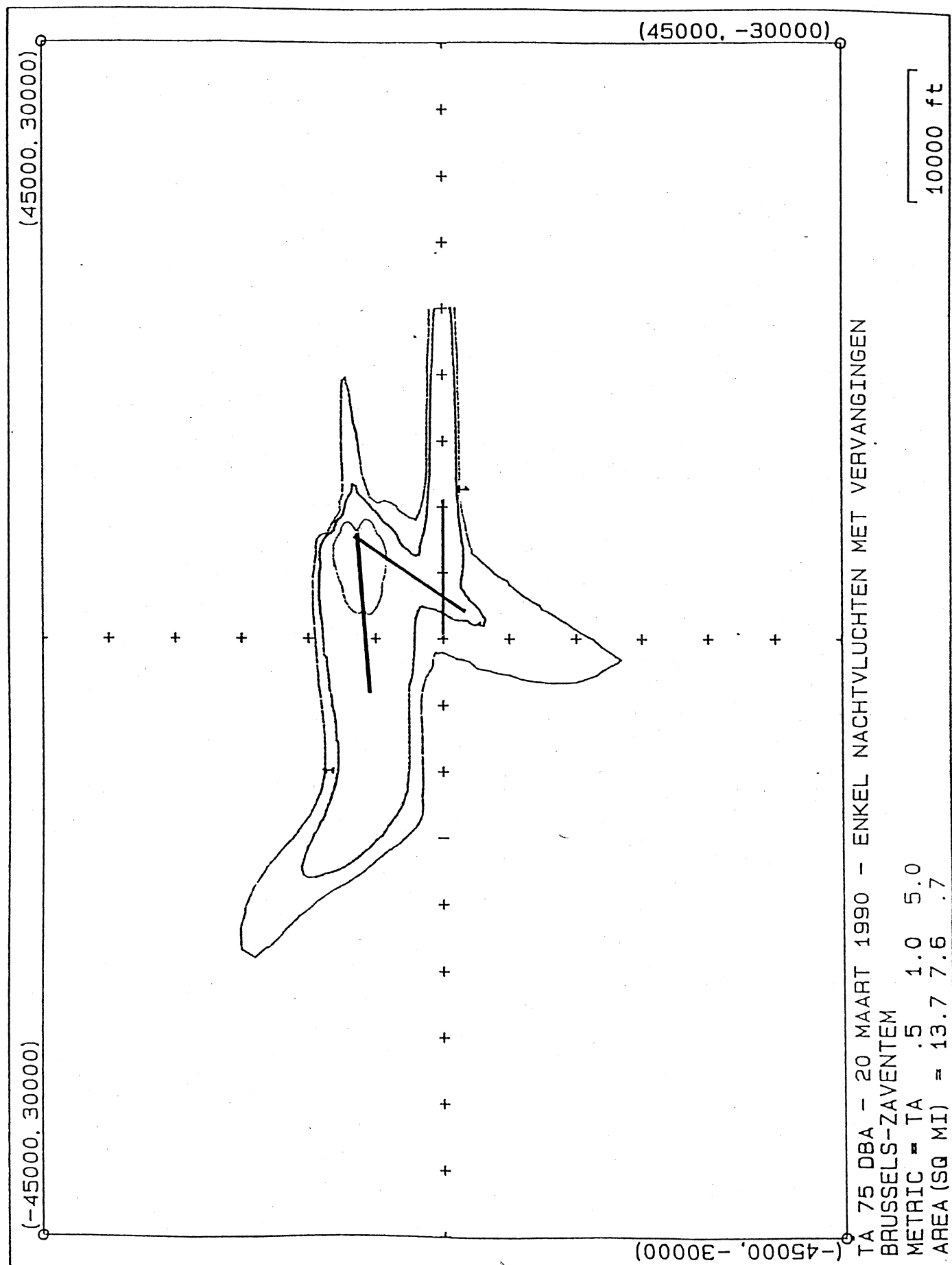


Fig. 8.13

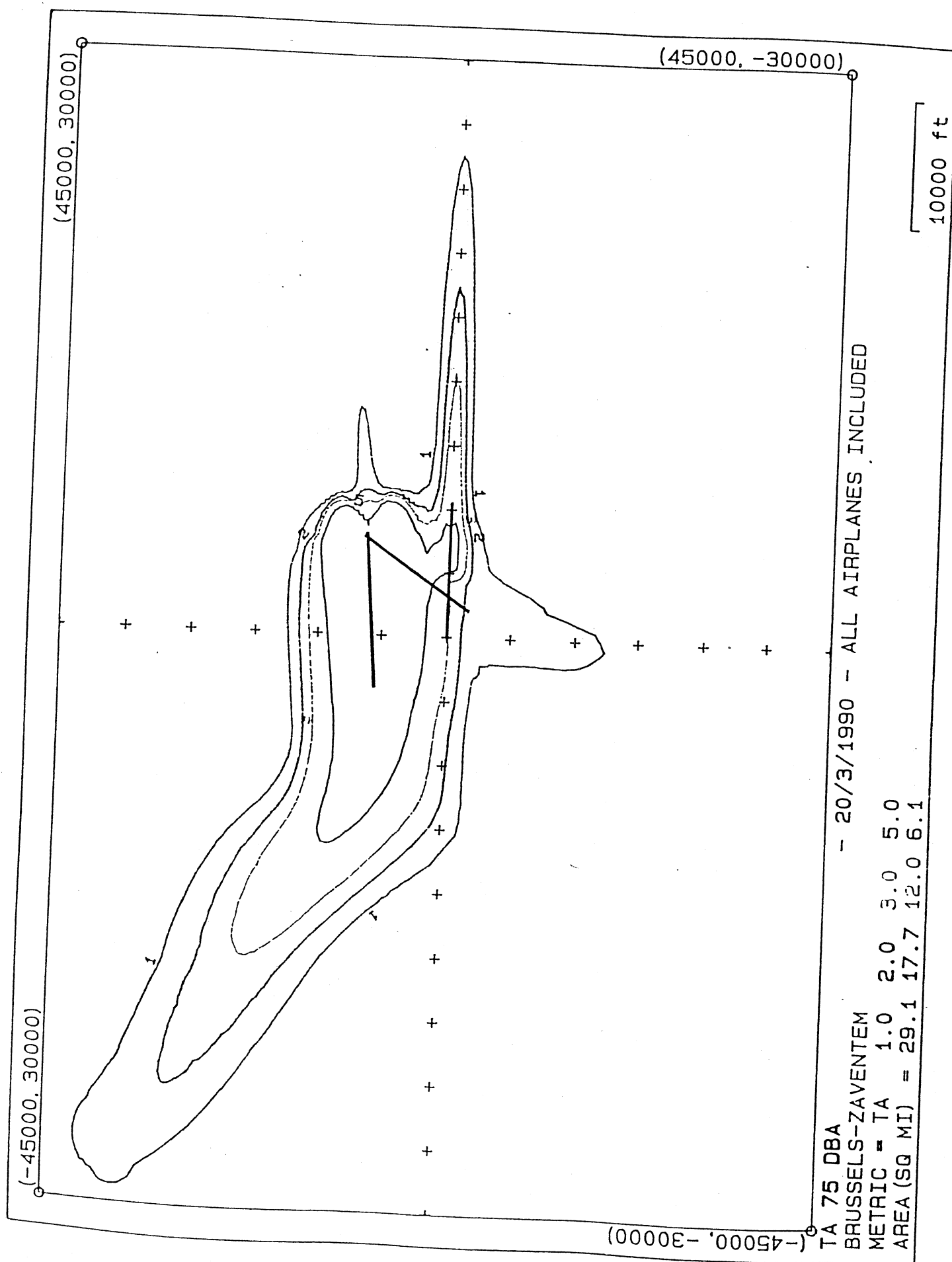


Fig. 8.14

8.6 Aantallen inwoners binnen diverse contouren

Na een correcte projectie van hiervoor gegeven contourlijnen voor diverse lawaaimaten op een geografische kaart (schaal 1/100.000) hebben we op basis van de resultaten van de volkstelling van 1981 een schatting gemaakt van het aantal inwoners van de verschillende gemeenten rond de luchthaven binnen het oppervlak van een gegeven contour.

Op basis van de gegevens in figuur 8.6 hebben we een telling uitgevoerd voor de L_{dn} -contouren van 60 dB(A) en 65 dB(A). Zoals reeds aangegeven in paragraaf 7.4 van hoofdstuk VII wordt voor deze lawaaimaat de waarde van 60 dB(A) door het Amerikaanse EPA (Environmental Protection Agency) als een bovengrens beschouwd voor de toelaatbare maximale gemiddelde lawaainiveaus. Bij de L_{dn} -waarden van 65 dB(A) en hoger is er sprake van ernstige lawaaihinder. Voor het aantal inwoners binnen de L_{dn} -contour van 65 dB(A) bekomen we op basis van de sectoriële gegevens van de volkstelling van 1981 een getal van 40.000. Voor de L_{dn} -contour van 60 dB(A) wordt dat ruim 100.000 personen die geluidshinder ten gevolge van vliegtuiglawaai kunnen ondervinden. Voor dit laatste geval zijn de inwoners aantallen voor de verschillende sectoren en gemeenten opgenomen in bijlage 14.

Op basis van de contouren in figuur 8.14 en de volkstelling van 1981 kunnen we ook een schatting maken van het aantal personen dat gedurende de nacht slaapverstoring kan ondervinden ten gevolge van lawaaipeiken veroorzaakt door stijgende en landende vliegtuigen. Uit de hoger aangehaalde studie van B. Griefahn (paragraaf 8.5) blijkt dat vanaf een vijftal geluidsevents de toelaatbare maximale geluidsniveaus binnen niet hoger mogen zijn dan ± 53 dB(A). Bij benadering stemt dit buiten overeen met maximale waarden van ± 75 dB(A). Indien we aannemen dat een enkel event (op enige afstand van de luchthaven) een dertigtal seconden aanhoudt, betekent een TA-duur van 3 min. dus een 5 à 6 - tal events. Op basis van de corresponderende contour van 3 min. in figuur 8.14 en de volkstelling van 1981 komen we dan op een inwoners aantal van ± 23.000 binnen dit contouroppervlak. Voor de globaal minder belastende 2 min. contour (3 à 4 events per nacht) wordt dit aantal ± 60.000 . Voor de 1 min.-contour (1 à 2 events) waarvoor slechts van sporadische slaapverstoring gesproken wordt, bekomen we een getal van ongeveer 100.000. Zoals reeds eerder aangegeven (paragraaf 8.5) is het type vliegtuig dat ingezet wordt voor de nachtvluchten hier van doorslaggevend belang. Dit blijkt b.v. uit een vergelijking tussen de 1 min. contouroppervlakken

voor 75 dB(A) in de figuren 8.13 en 8.14. Wanneer voor de nachtvluchten de in paragraaf 8.5 besproken vervangingen worden doorgevoerd dan reduceert het 1 min.-contouropervlak van 29.1 (sq. mi.) zich tot slechts 7.6 (sq. mi.) en reduceert het aantal betrokken personen zich van ± 100.000 tot minder dan 20.000

We moeten er hier ook de aandacht op vestigen dat deze tellingen slechts richtinggevend zijn bij het overheersende gebruik van de luchthaven van Zaventem bij landen en opstijgen volgens de pistes 25R en 25L overdag en volgens de pistes 25R, 25L en 20 tijdens de nacht. We wensen er ook de nadruk op te leggen dat de opgegeven cijfers alleen betrekking hebben op de eventueel betrokken inwoners en niet de daadwerkelijk gehinderde personen betreft.

HOOFDSTUK IX

LUCHTLAWAAI : PROGNOSSES

9.1 Beschouwde scenario's

De prognoses voor de vliegtuigtrafiek in verband met Zaventem 2000 stellen dat rond het jaar 2005 een verdubbeling van het passagiersvervoer te verwachten is (zie bijvoorbeeld het MER – deel I van Belconsulting pag. 20). Aangezien verwacht wordt dat de ingezette vliegtuigen in de toekomst gemiddeld groter zullen zijn, verwacht men een corresponderende toename van het aantal vluchten met 60 à 70%. Alhoewel de voorspellingen voor het goederenvervoer minder zeker zijn, kan ook hier een gelijkaardige toename verwacht worden.

In een poging om de impact van deze evaluatie op de lawaai-belasting rond de luchthaven te evalueren hebben we een vijftal scenario's beschouwd.

• Scenario 1 (S1)

In dit geval nemen we aan dat de huidige toestand in grote mate behouden blijft, m.a.w. dat er geen belangrijke toename komt van de luchttrafiek en dat er geen nieuwe lawaai-beperkende maatregelen of voorschriften worden ingevoerd. We kunnen deze bevestiging van de huidige toestand als een nulde optie beschouwen waartegenover we de andere alternatieven kunnen afwegen. Het is dan ook vanzelfsprekend dat ook het geluidsklimaat geen belangrijke wijzigingen zal ondergaan. Op langere termijn kan men dan misschien een lichte verbetering verwachten wegens de normale vervangingen, door de luchtvaartmaatschappijen, van oudere vliegtuigen door nieuwe stillere toestellen. Wegens de steeds toenemende behoefte aan capaciteit in het luchtverkeer valt echter niet te verwachten dat dit snel in deze zin zal evolueren.

• Scenario 2 (S2)

In dit geval vertrekken we van de veronderstelling dat de samenstelling van de vloot niet wijzigt en dat er geen nieuwe geluidsbeperkende maatregelen getroffen worden, maar dat het aantal vliegbewegingen met 50% toeneemt t.o.v. de huidige situatie. Op basis van de prognoses wordt een dergelijke vermeerdering verwacht rond 1997.

- Scenario 3 (S3)

We nemen dezelfde uitgangspunten als voor scenario 2 maar nu veronderstellen we voor de vliegbewegingen een toename van 100%. Op basis van de prognoses is een dergelijke toename niet te verwachten voor het jaar 2005.

- Scenario 4 (S4)

We beschouwen hier terug het geval van een toename met 50% , maar nu met de specifieke veronderstelling dat bepaalde oudere types van vliegtuigen vervangen worden door nieuwe stillere min of meer equivalente vliegtuigen wat de capaciteit betreft. In concreto hebben we in de berekeningen met het INM-programma de in tabel IX-1 opgenomen substituties doorgevoerd.

- Scenario 5 (S5)

In dit scenario vertrokken we van dezelfde uitgangspunten en vervangingen als in scenario 4, maar nu voor een toename van 100%.

9.2 Contourlijnen voor de verschillende scenario's

In de figuren 9.1 tot en met 9.5 worden voor de vijf verschillende scenario's de diverse contourlijnen gegeven voor de L_{eq} belastingsmaat. Gelijkaardige series voor de NEF en de L_{dn} lawaaibelastingsmaten worden, respectievelijk, gegeven in de figuren 9.6 tot en met 9.10 en 9.11 tot en met 9.15. Contouren voor de TA belastingsmaat worden, voor $TA=90dB(A)$ en $TA=75 dB(A)$ gegeven in de figuren 9.16 tot 9.21 en dit voor de scenario's 1, 4 en 5.

Tabel IX-1

Substituties doorgevoerd in het INM-programma voor de scenario's 4 en 5 voor de L_{eq} -, NEF- en L_{dn} -contourberekeningen.

B737	vervangen door :	B737-300
DC9-30	vervangen door :	DC9-Q7
F28-MK2	vervangen door :	F28-MK4
B727-200	vervangen door :	B757-PW
B747-100	vervangen door :	B747-10Q
DC8-20	vervangen door :	DC8-70
BAC-111	vervangen door :	B737-300

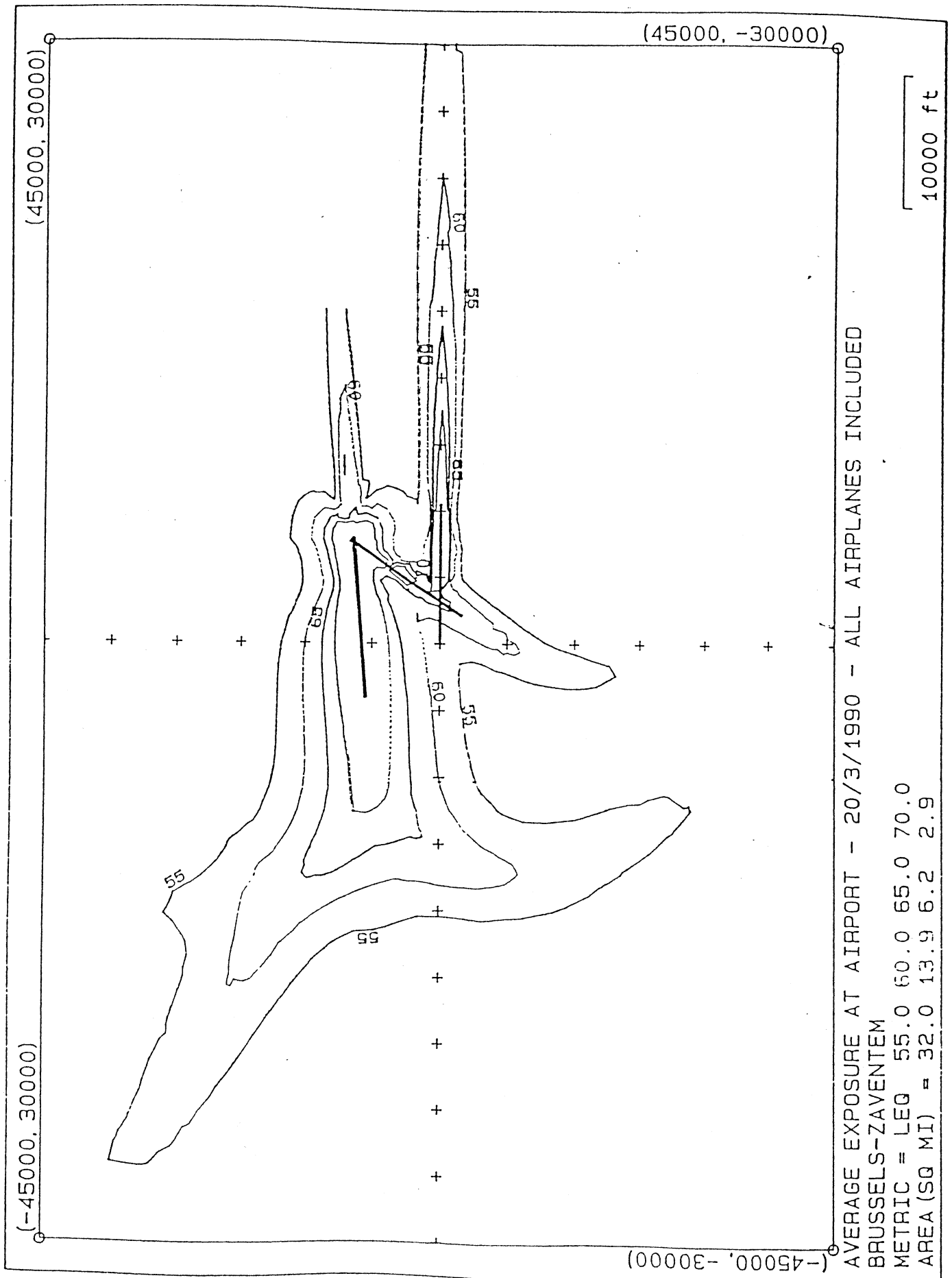


Fig. 9.1 (= Fig. 8.4)

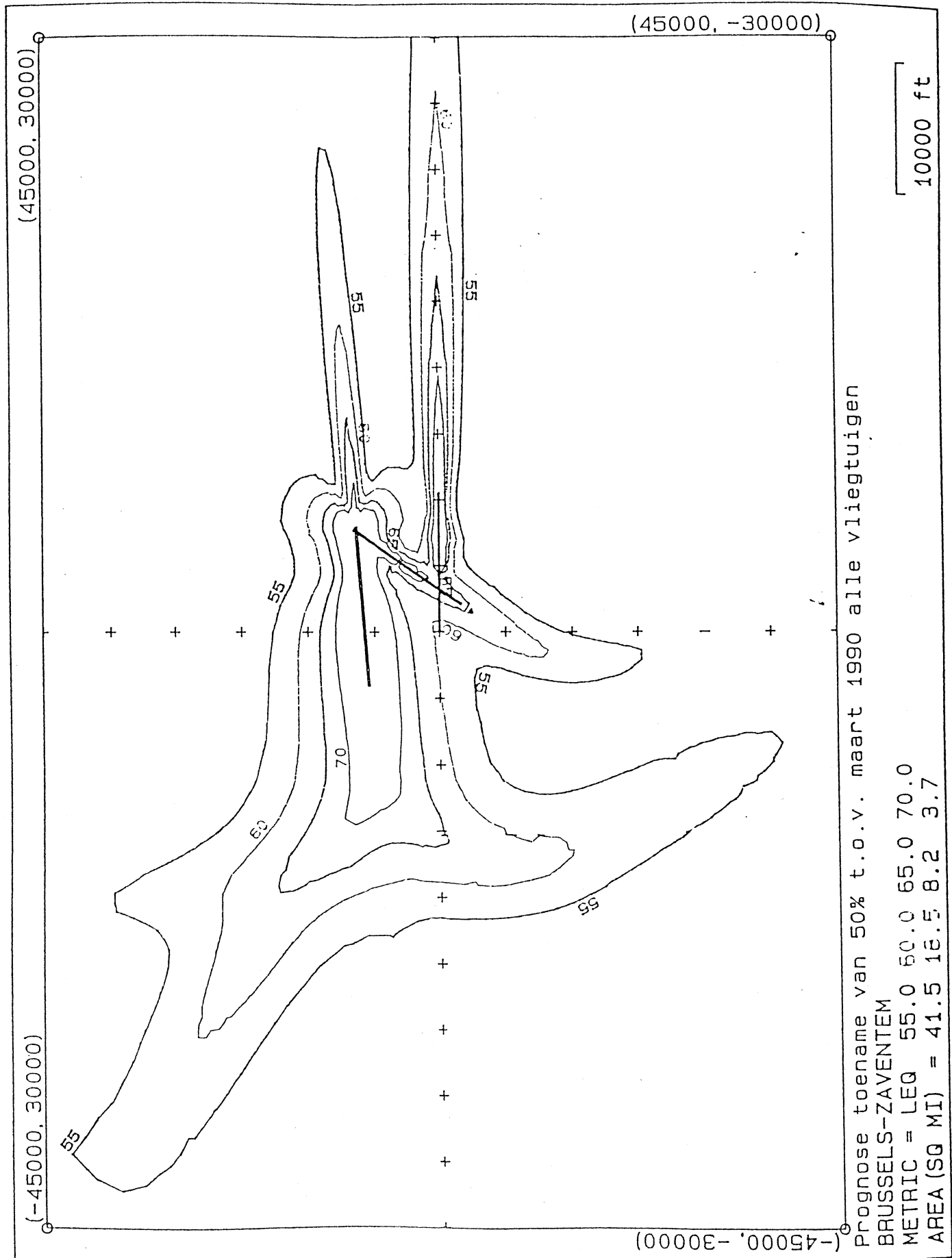


Fig. 9.2

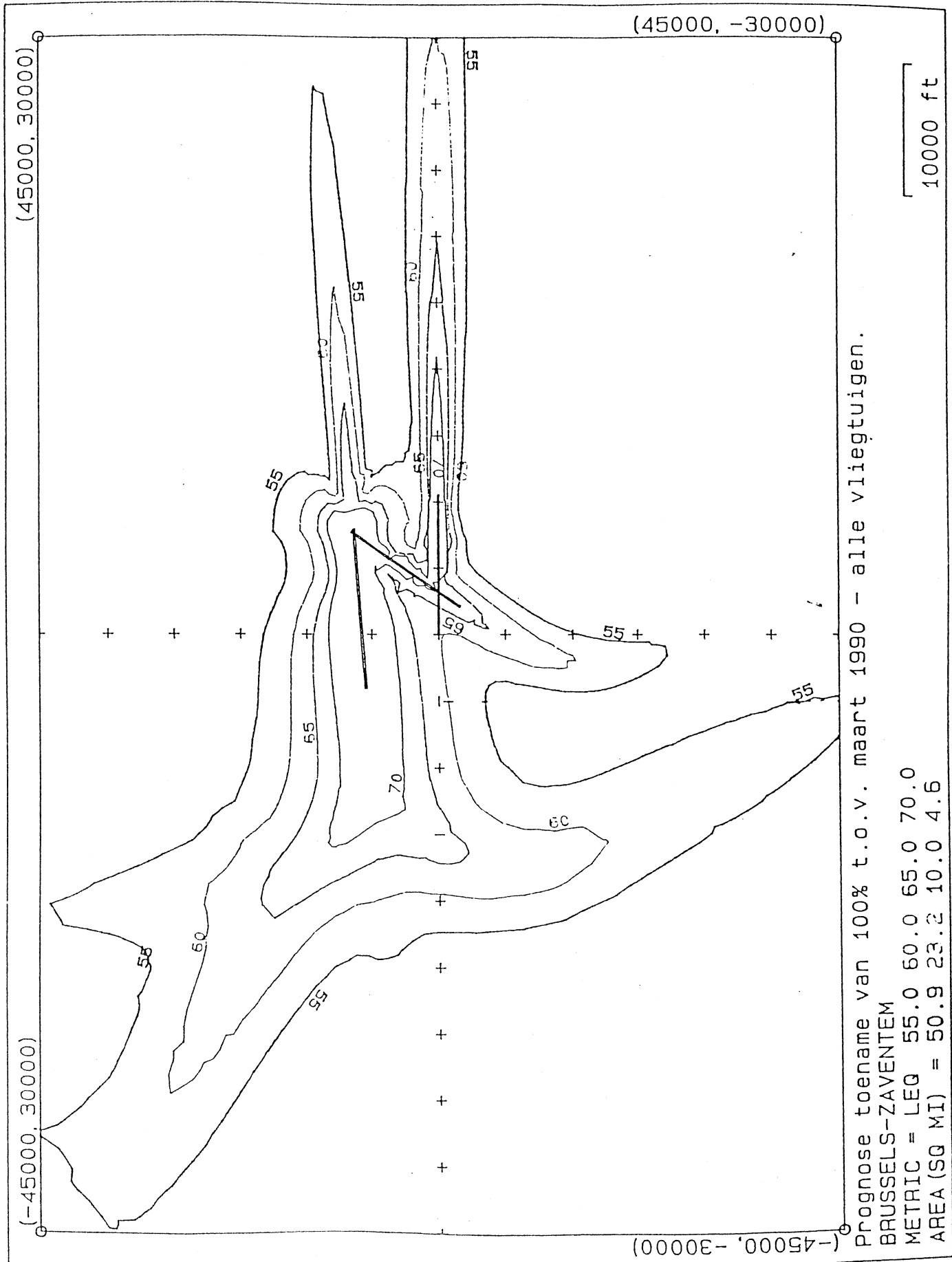


Fig. 9.3

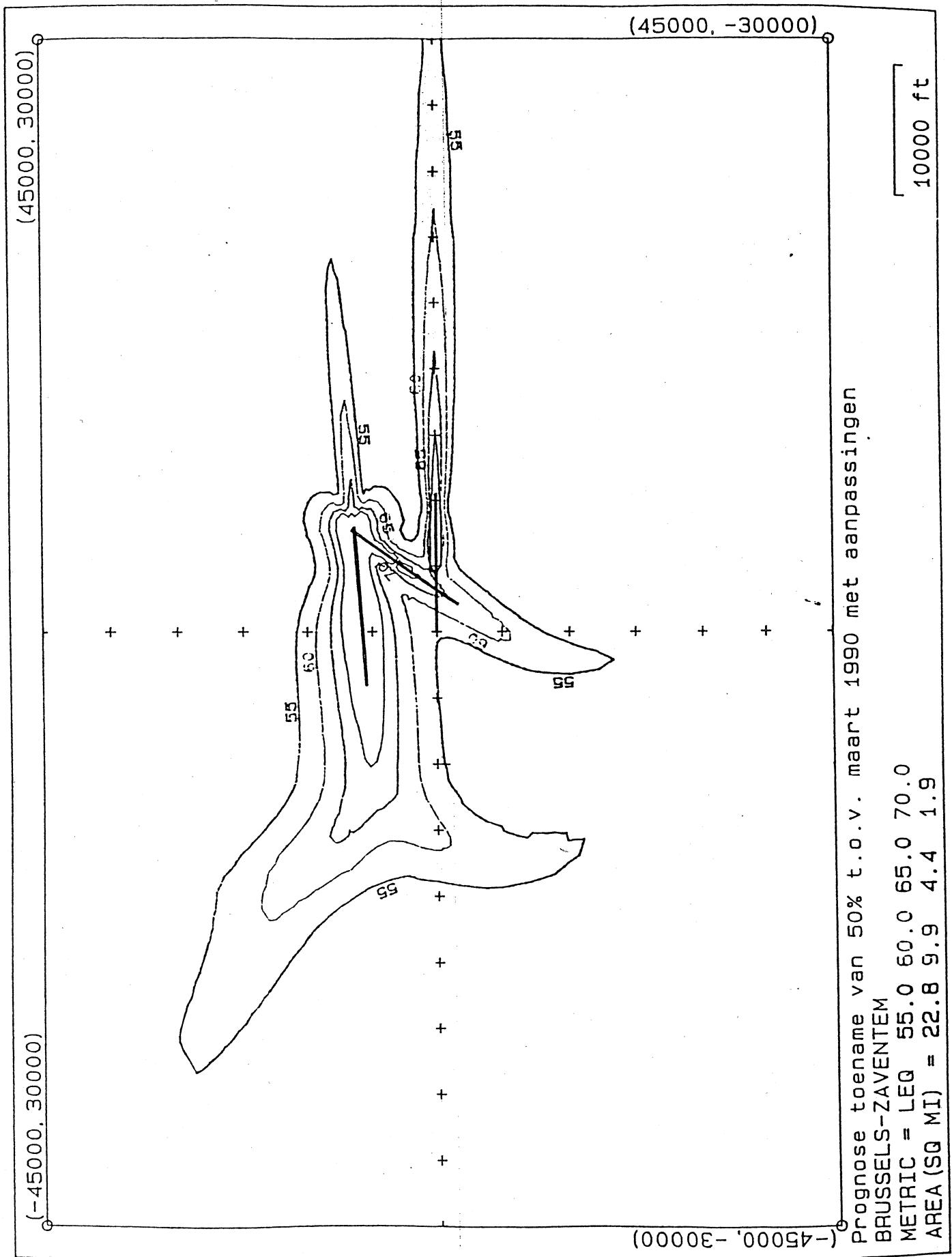


Fig. 9.4

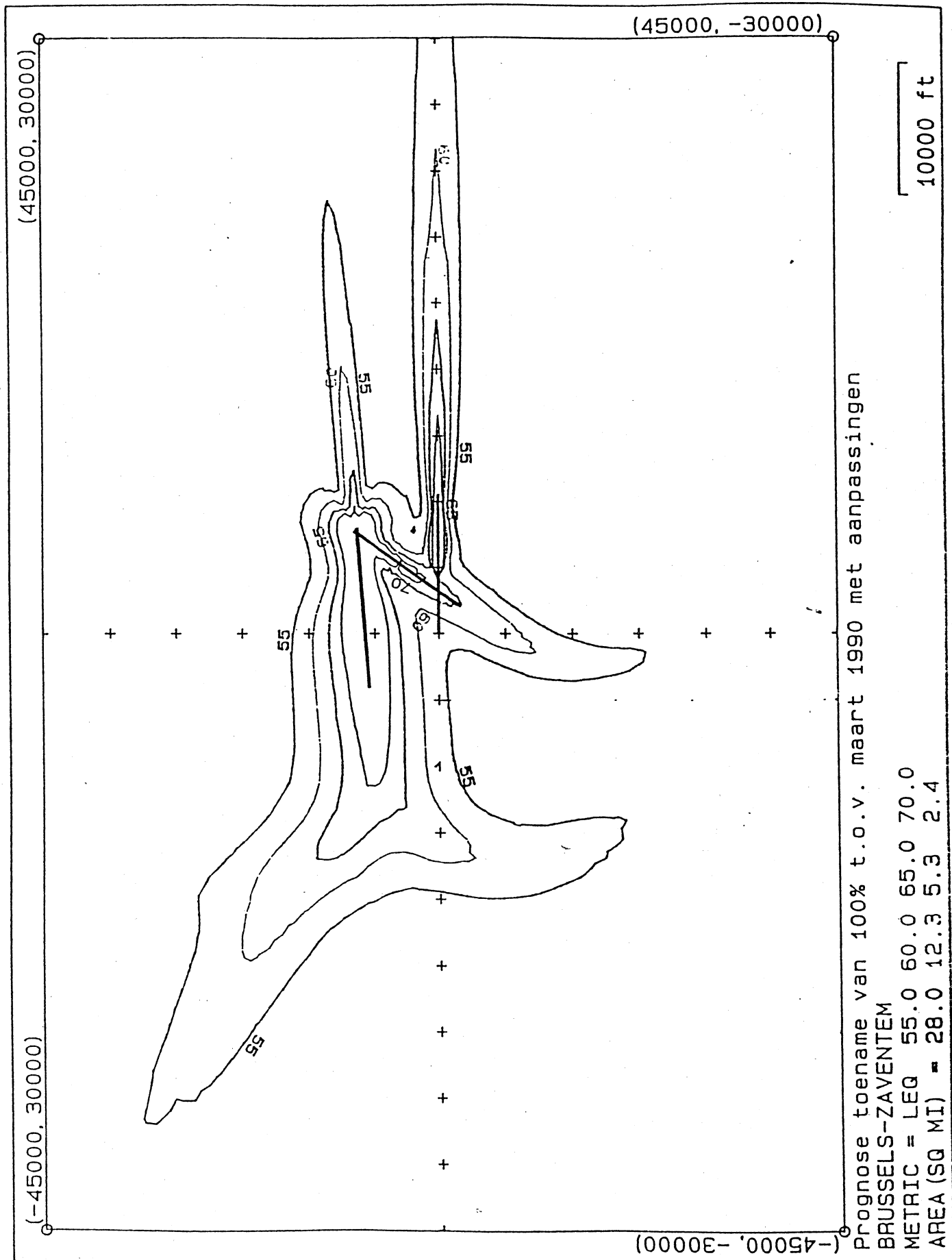


Fig. 9.5

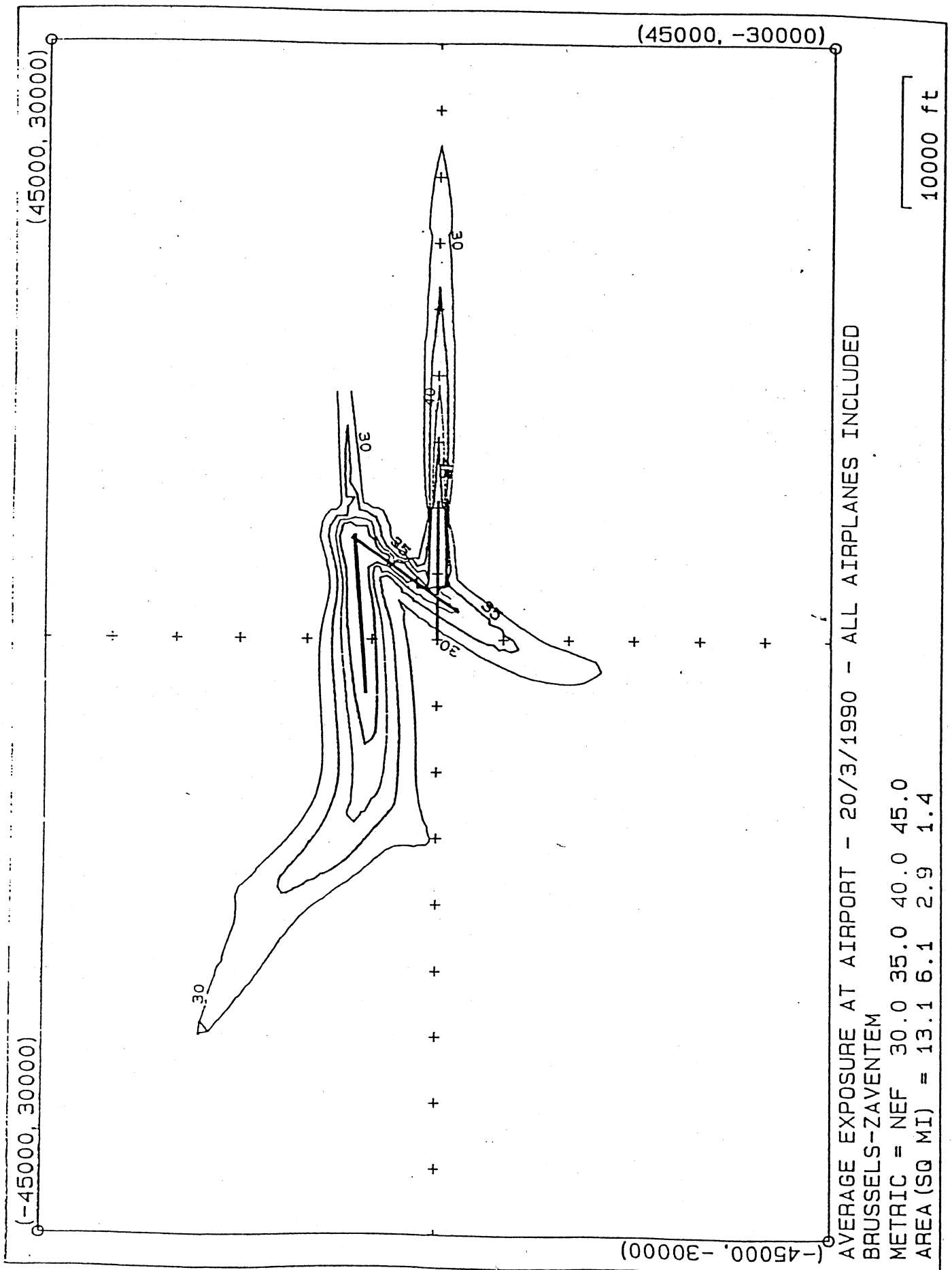


Fig. 9.6 (= Fig. 8.5)

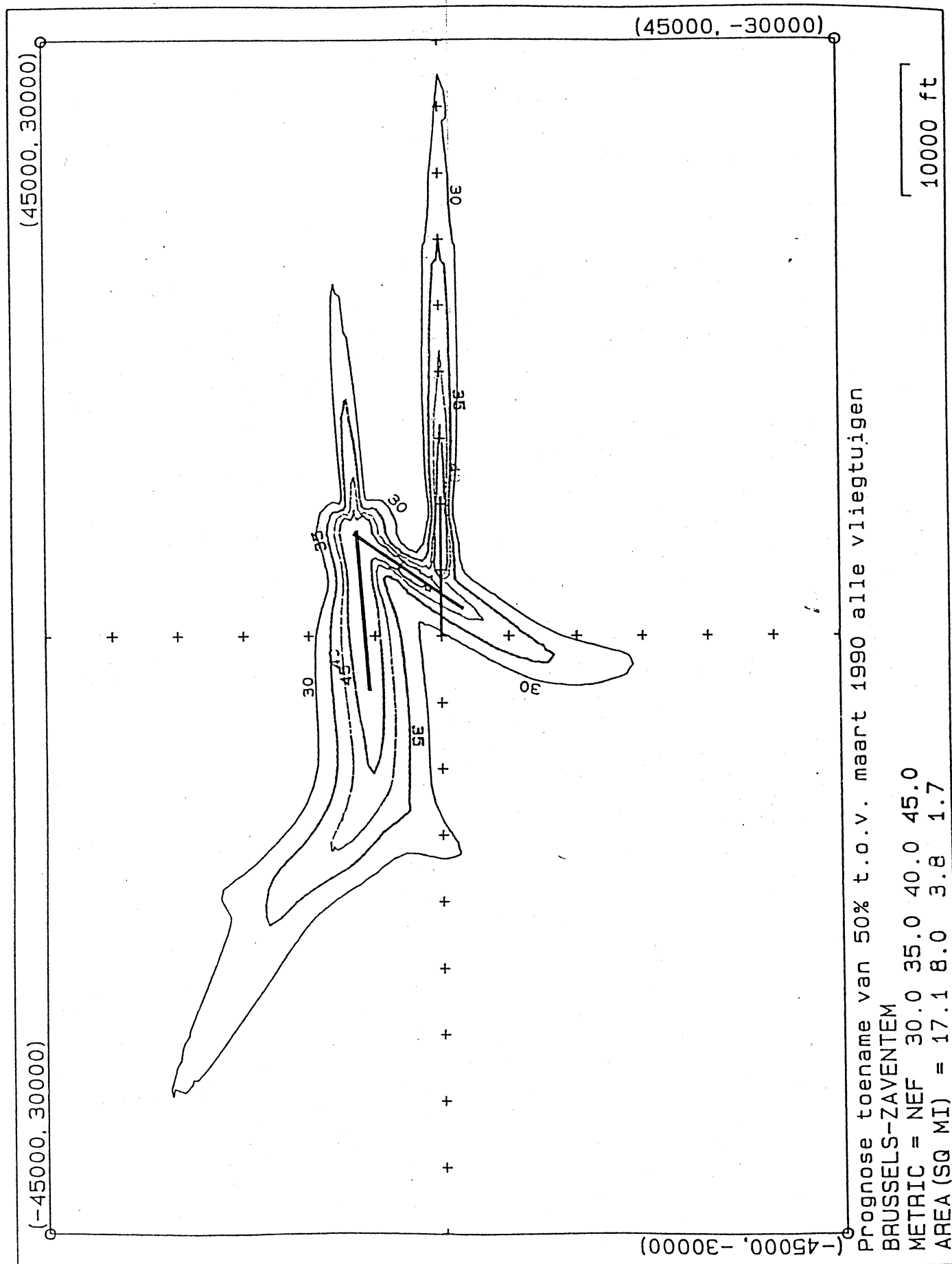


Fig. 9.7

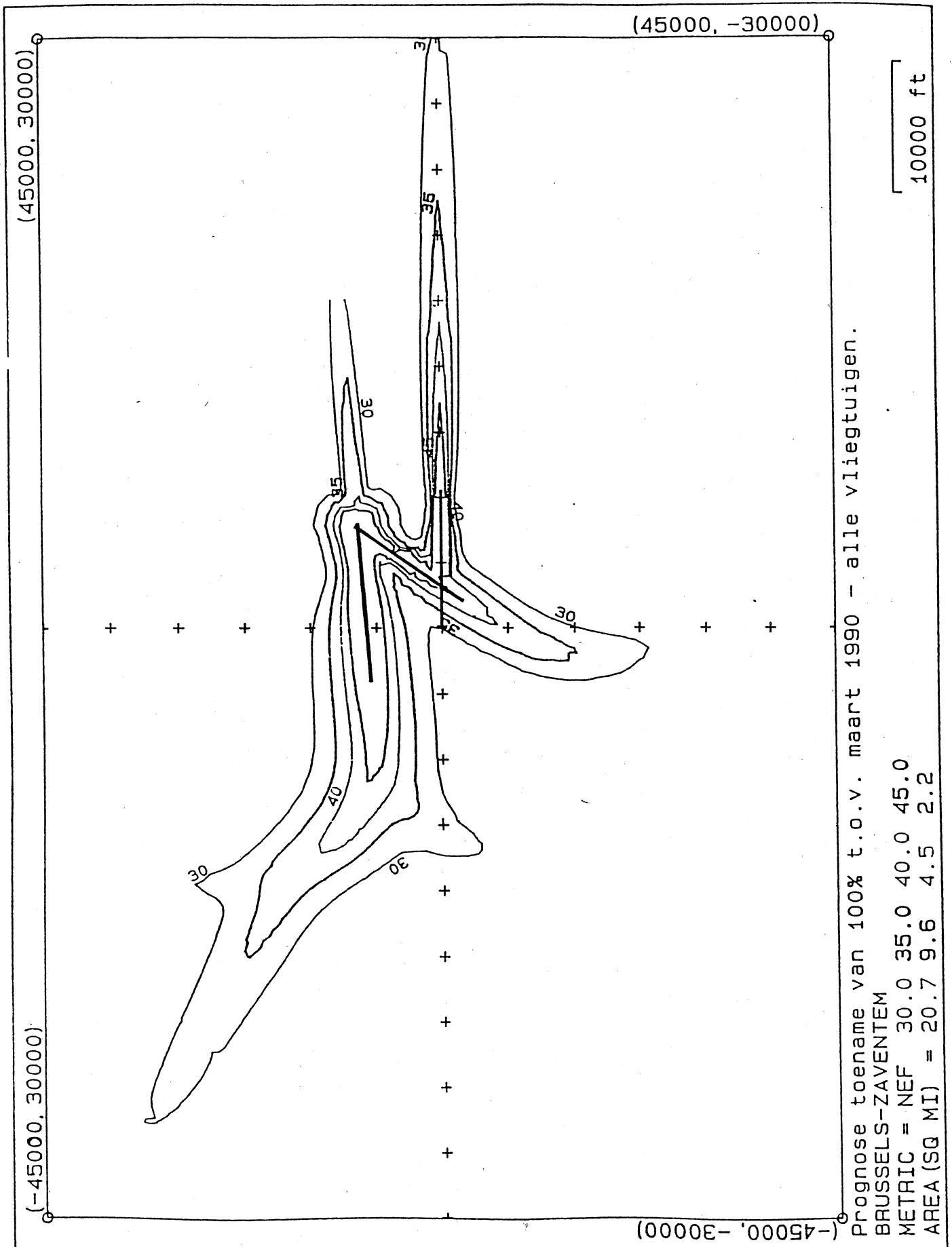


Fig. 9.8

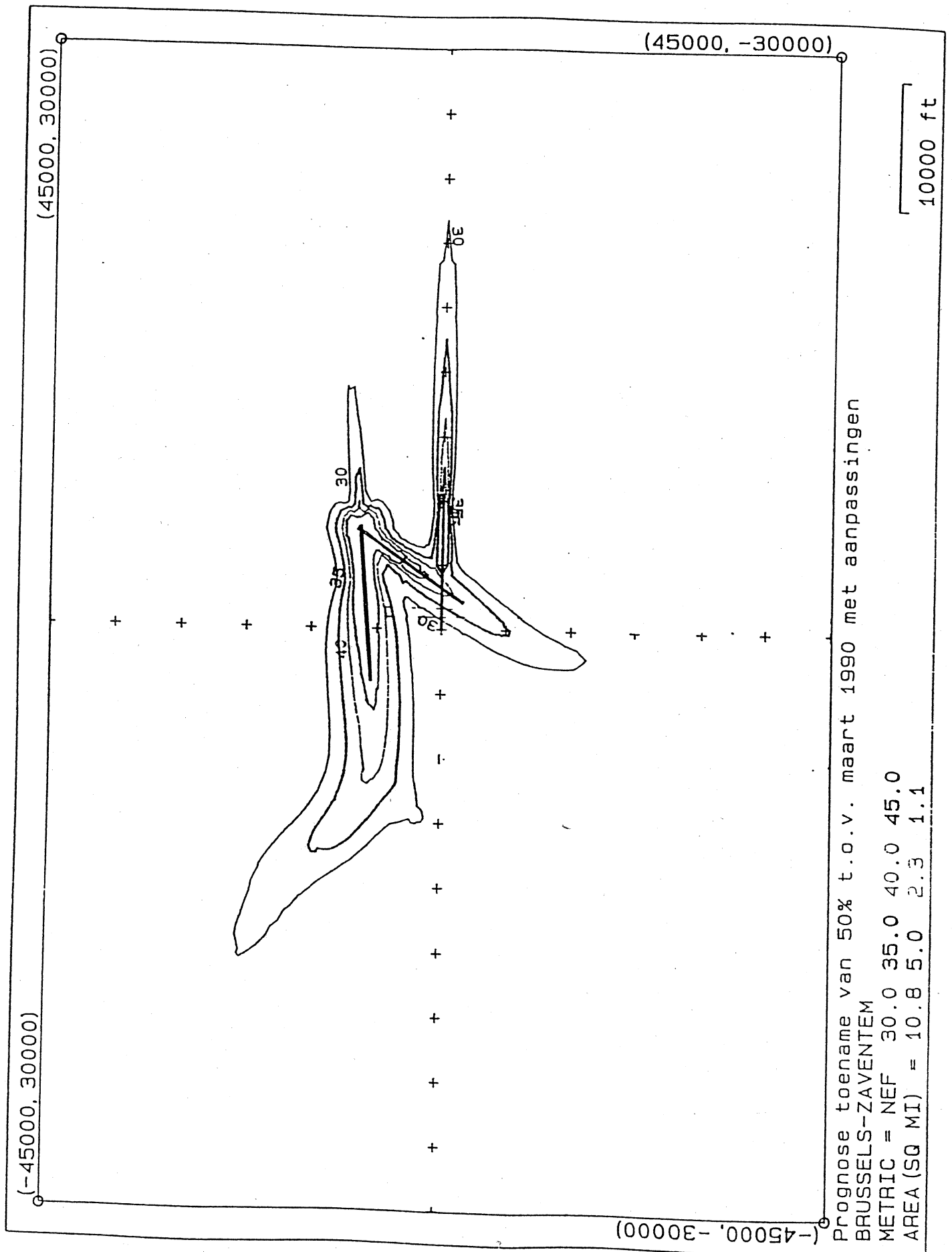


Fig. 9.9

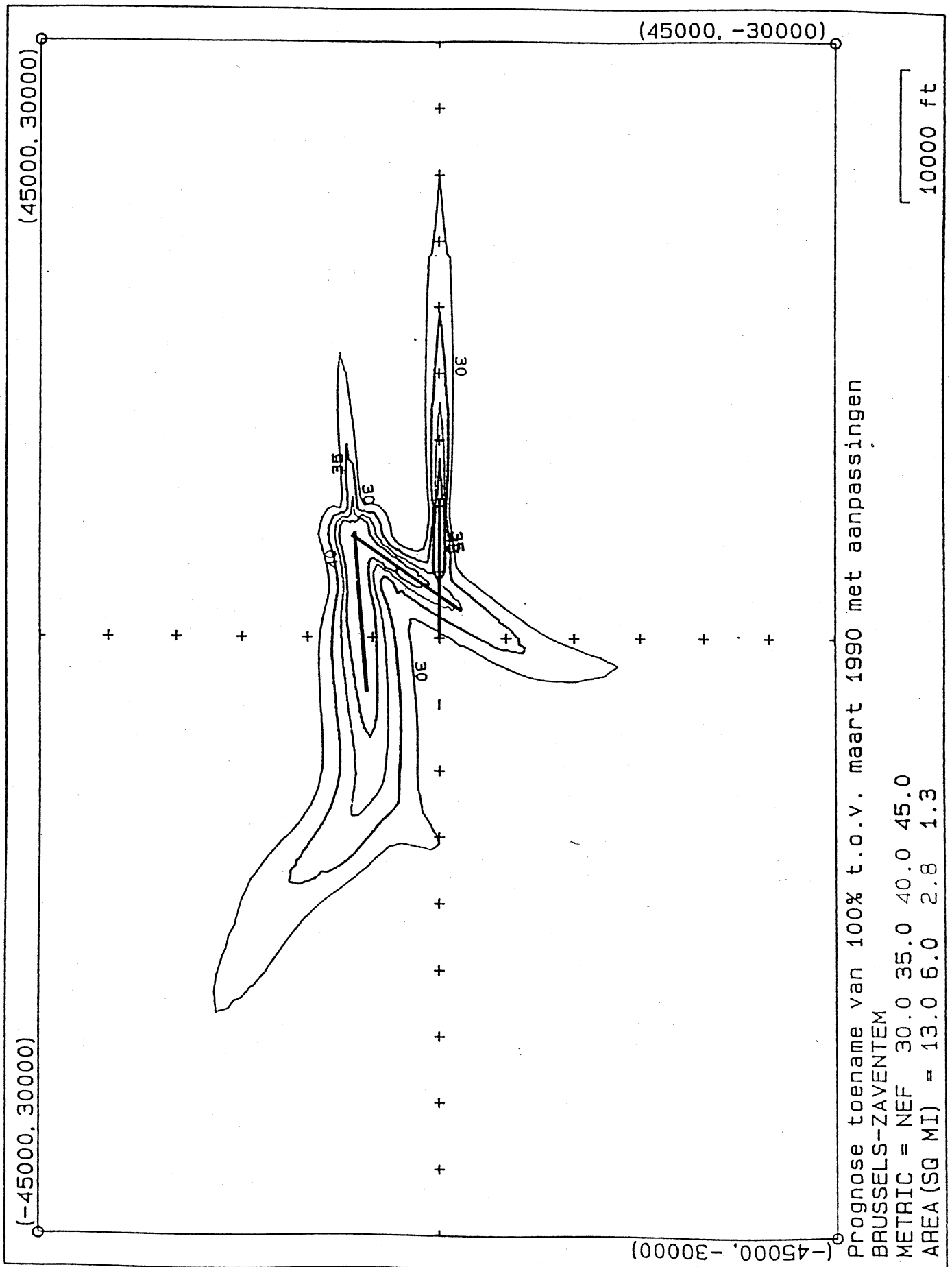


Fig. 9.10

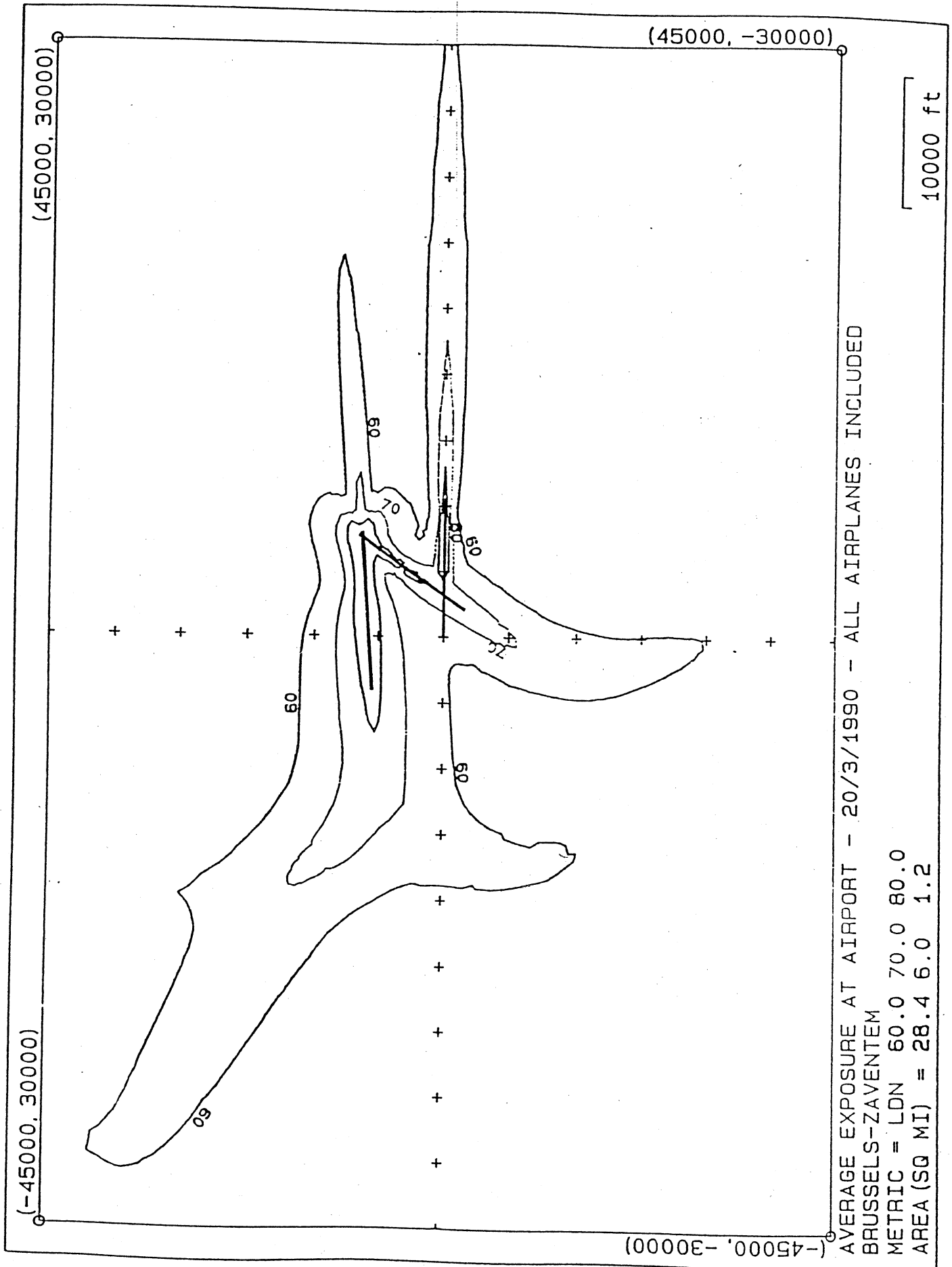


Fig. 9.11 (= Fig. 8.6)

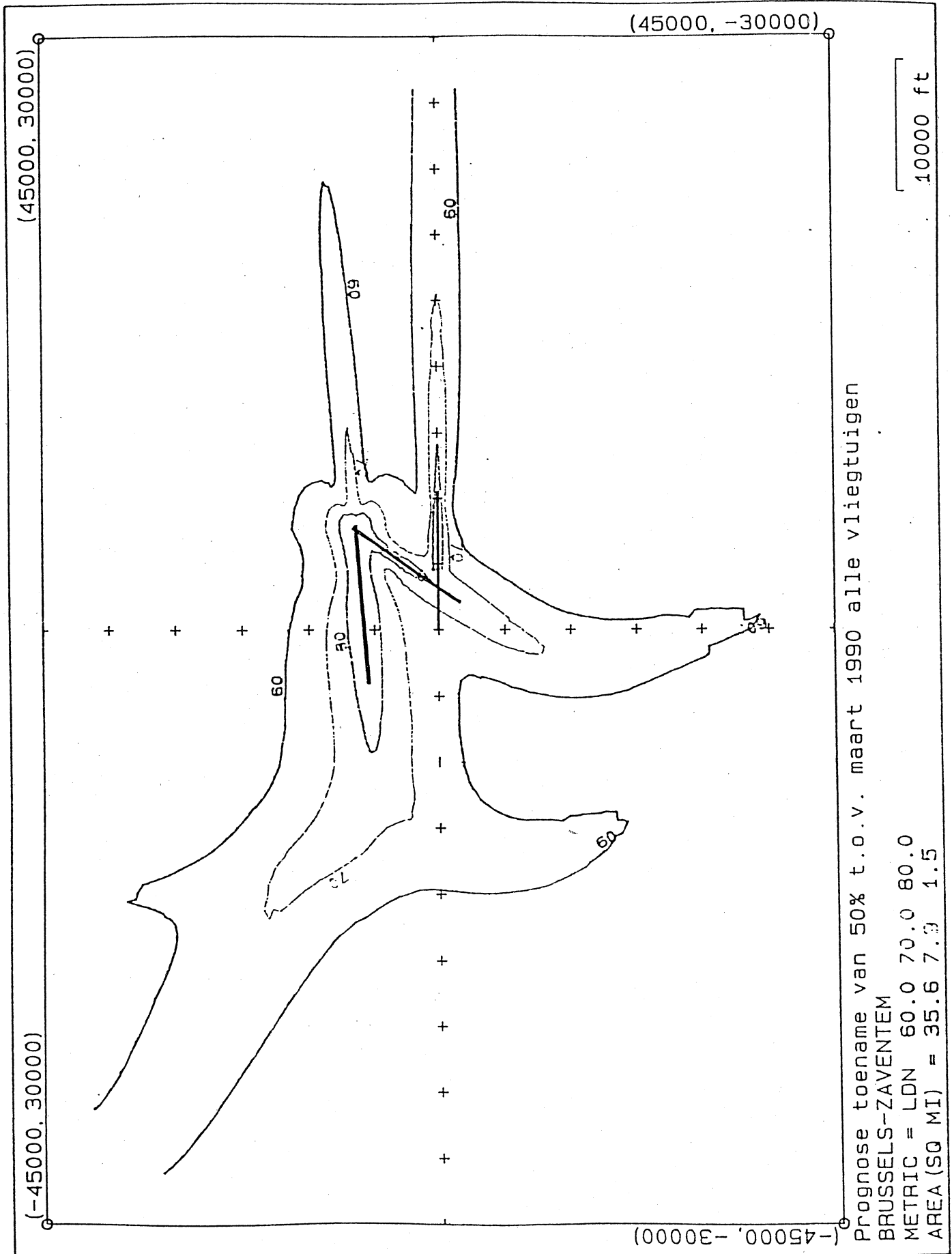


Fig. 9.12

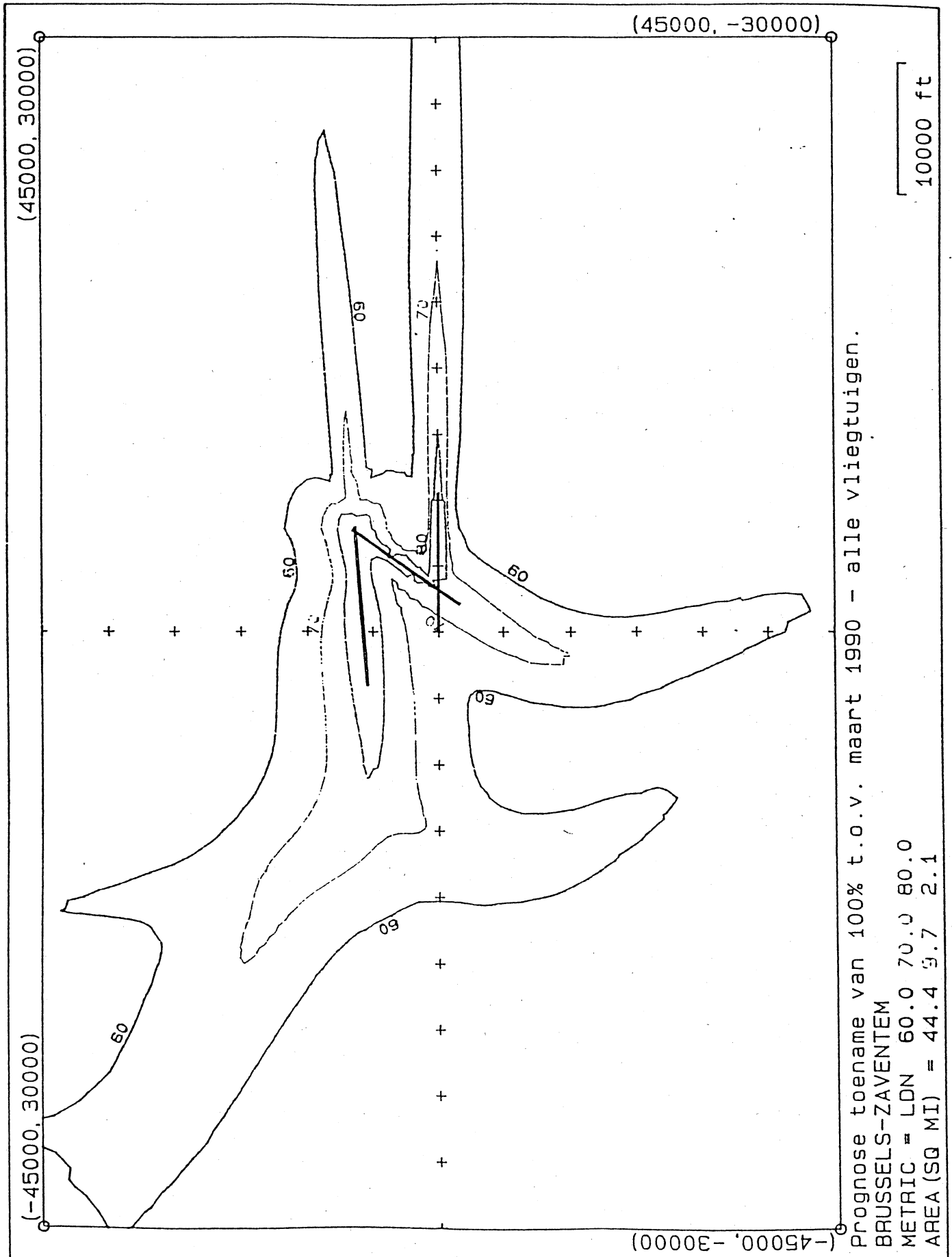


Fig. 9.13

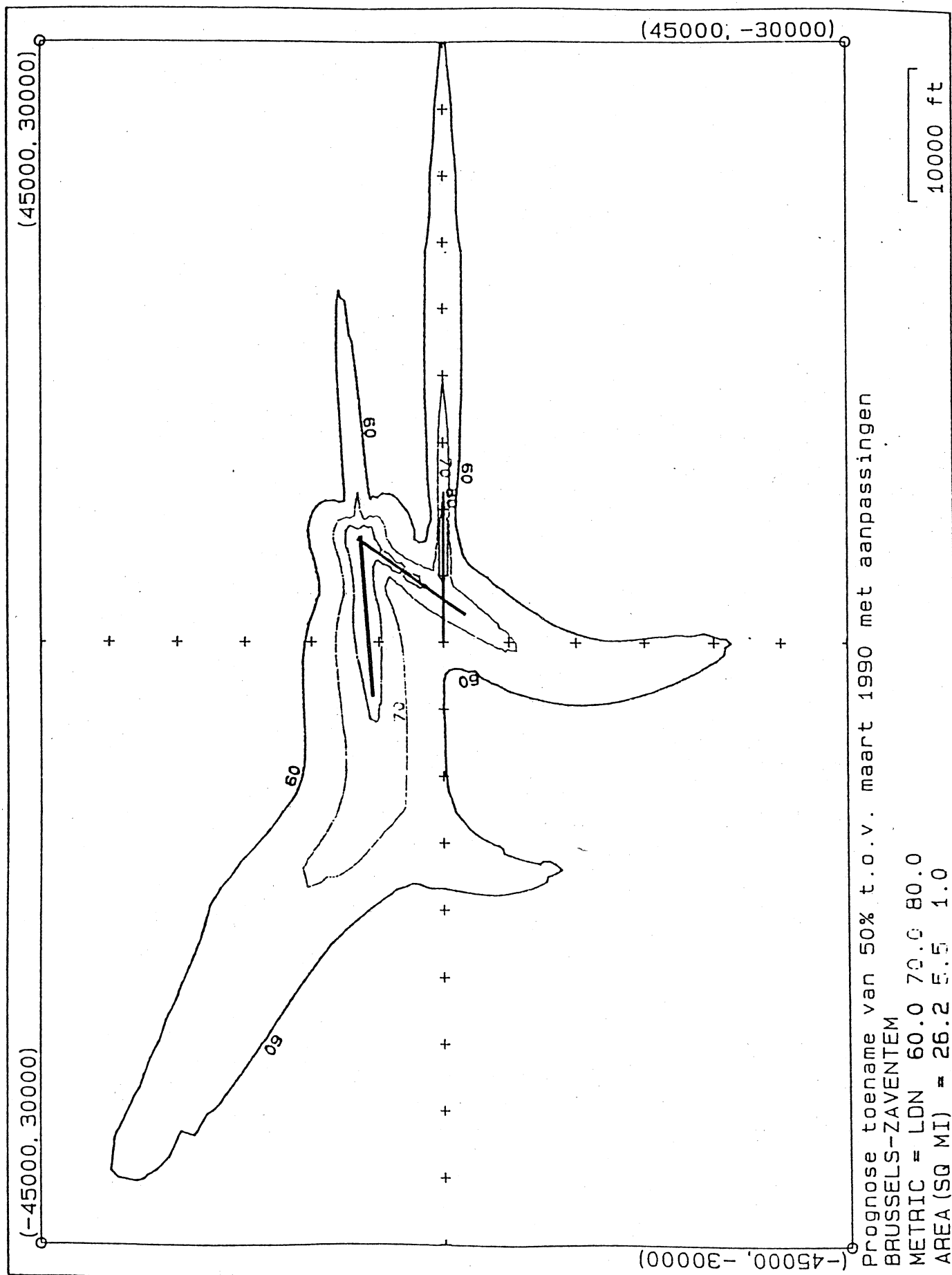


Fig. 9.14

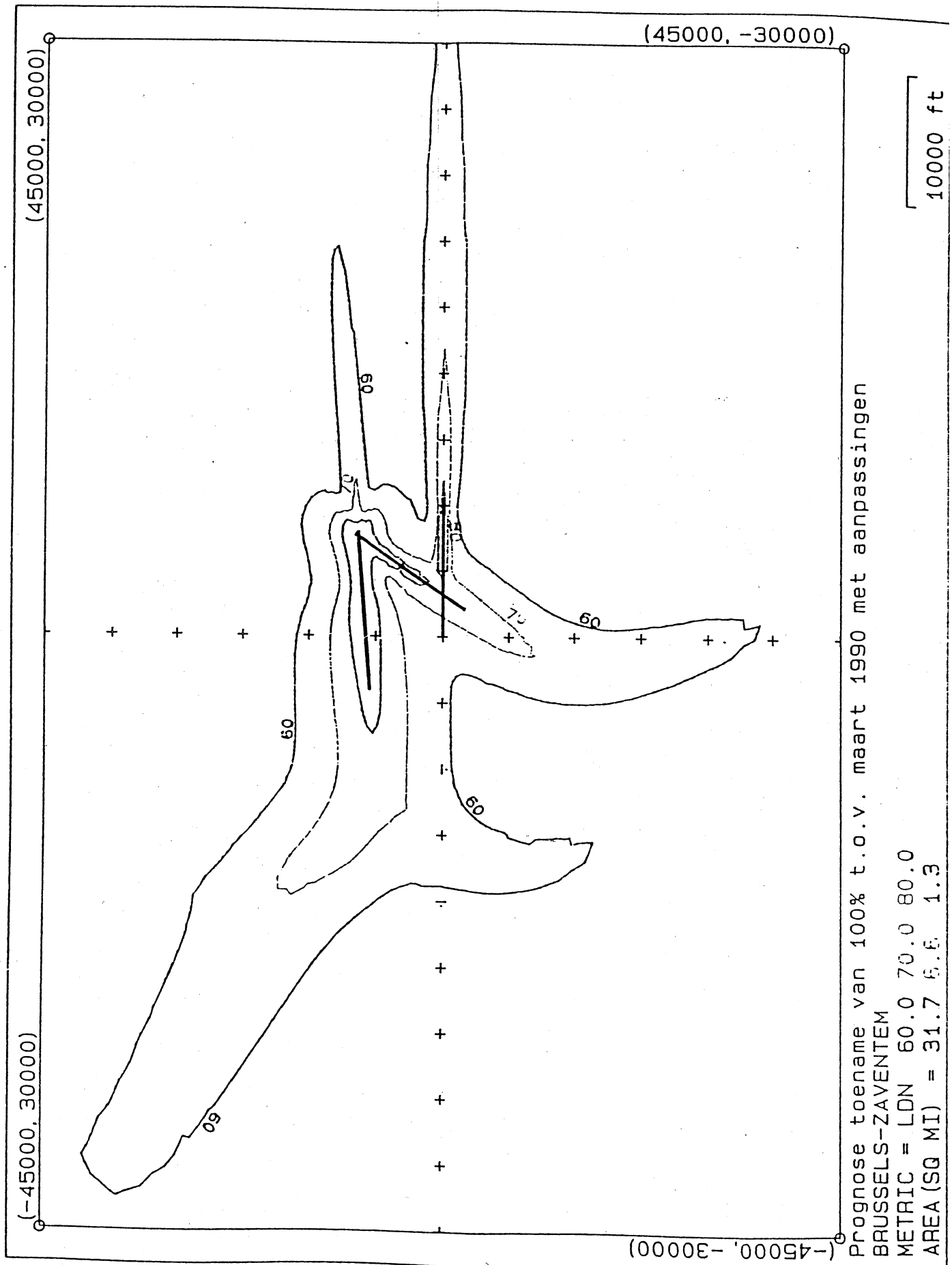


Fig. 9.15

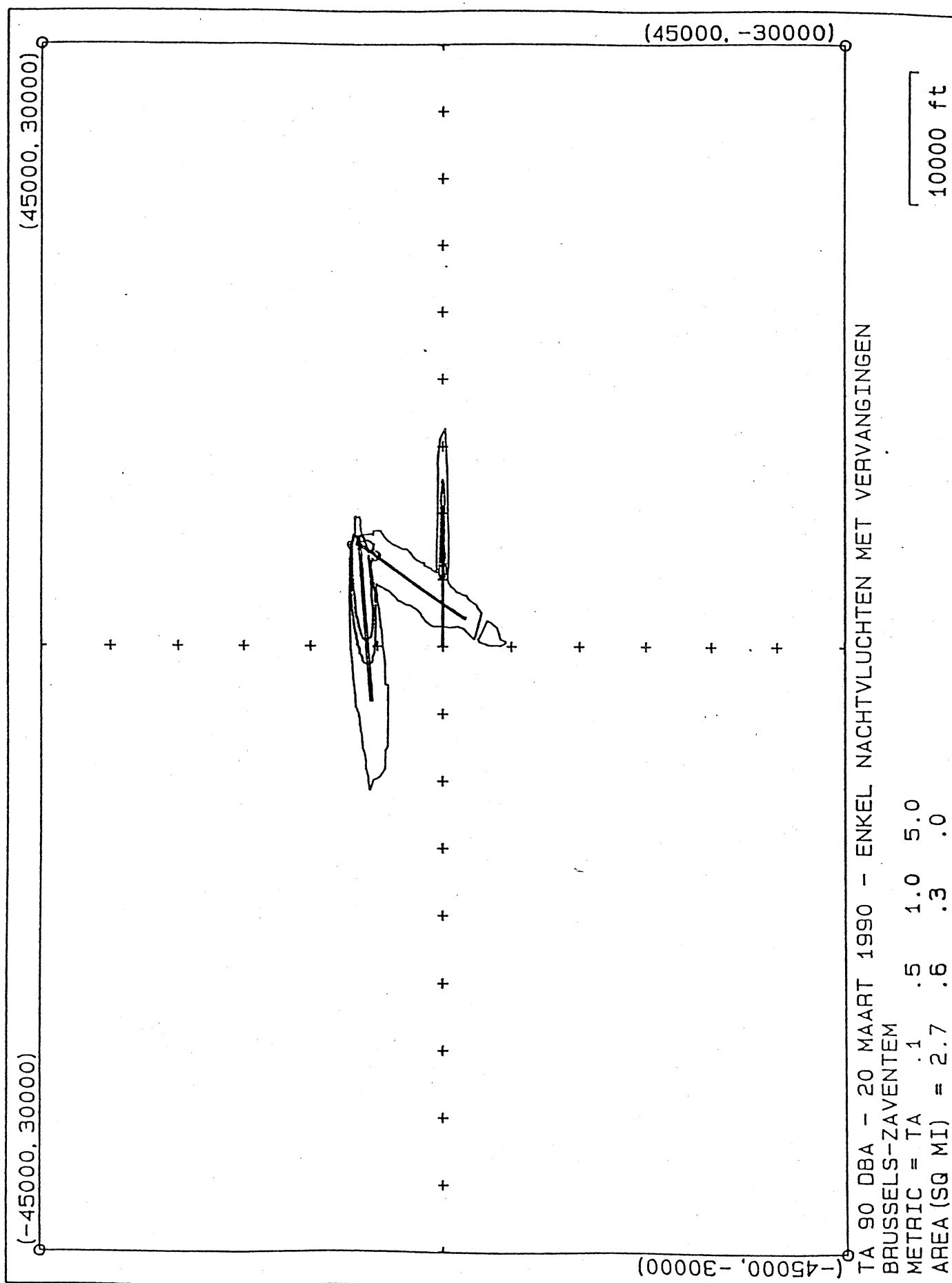


Fig. 9.16 (= Fig. 8.10)

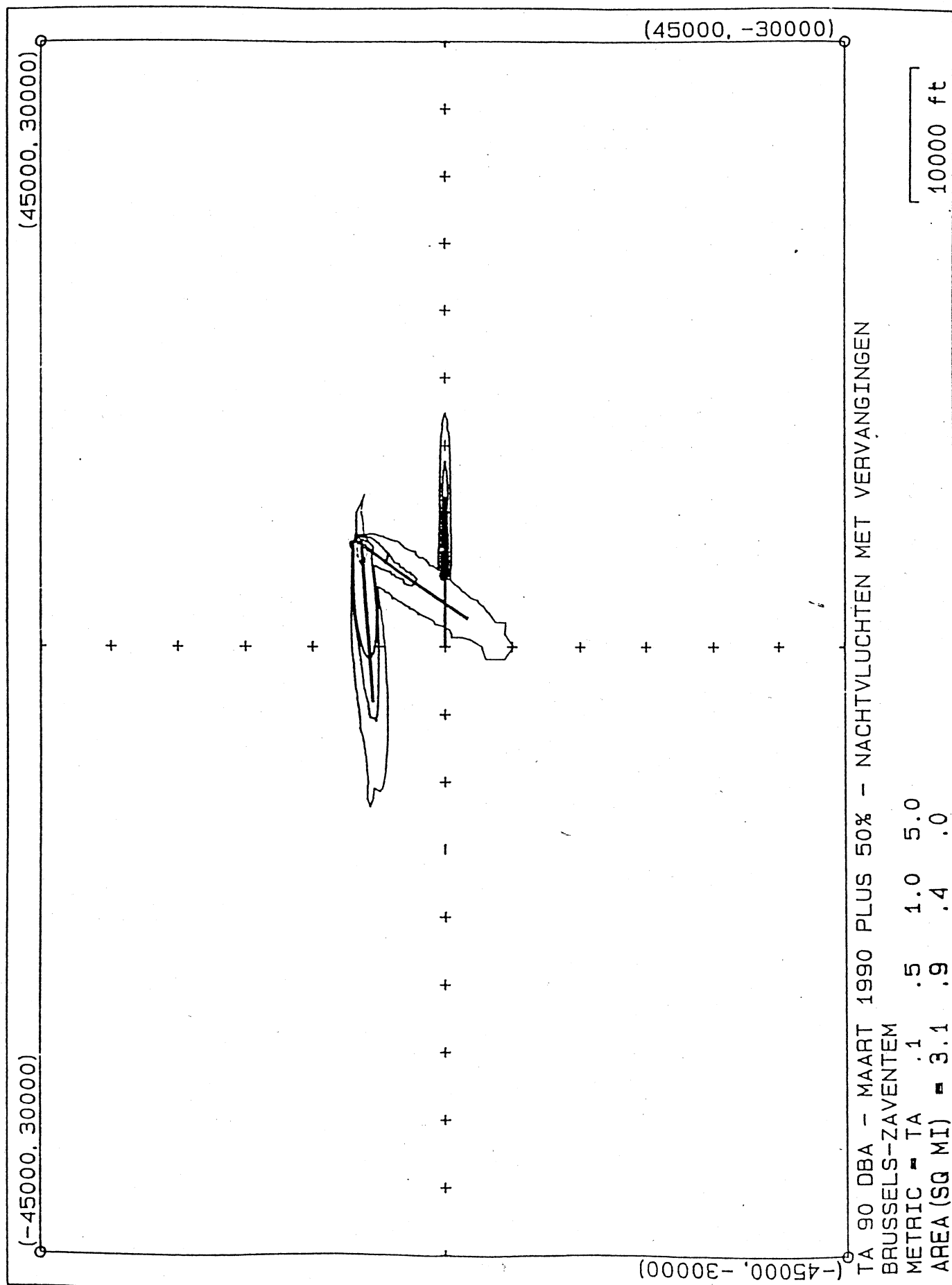


Fig. 9.17

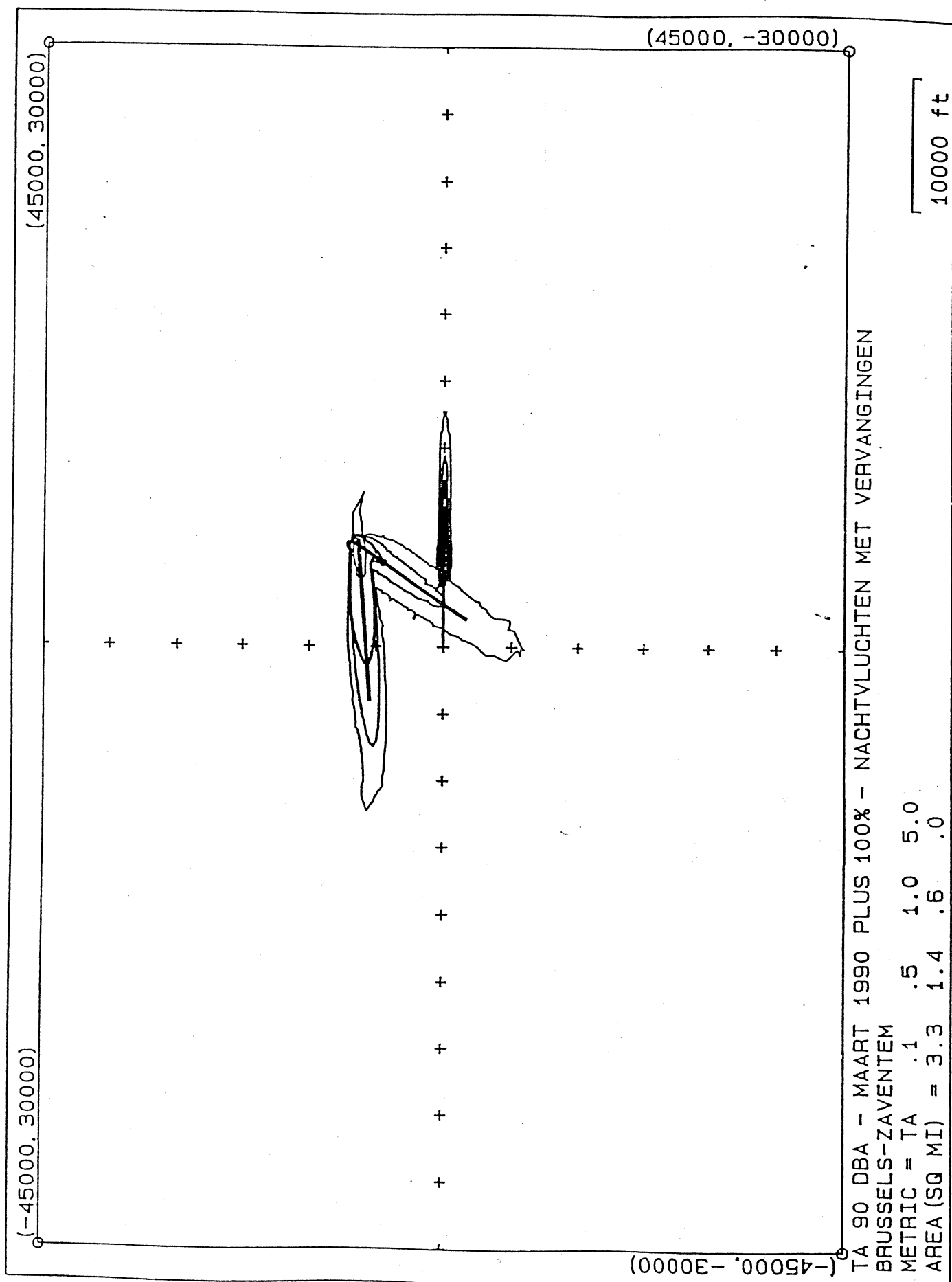


Fig. 9.18

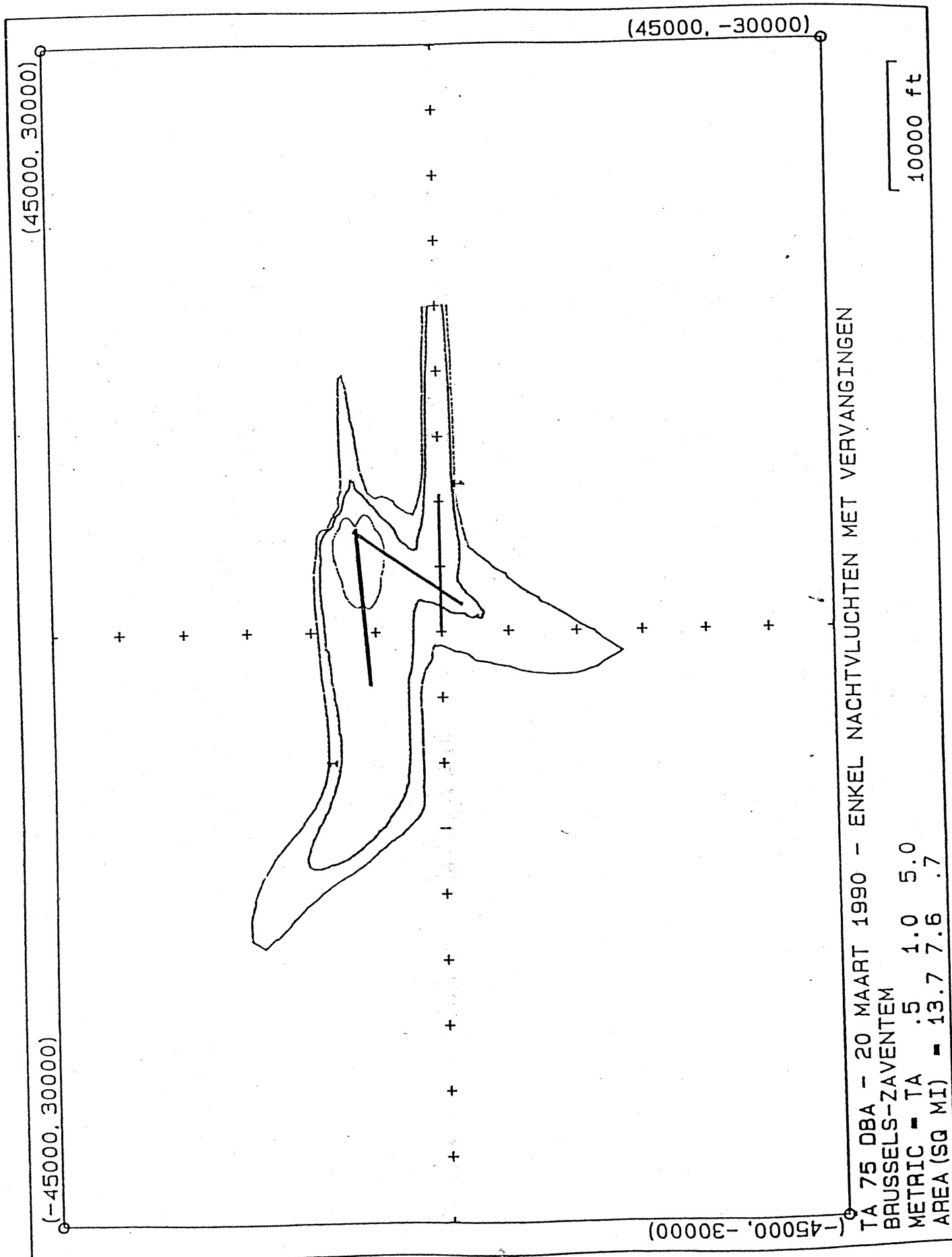


Fig. 9.19 (= Fig. 8.12)

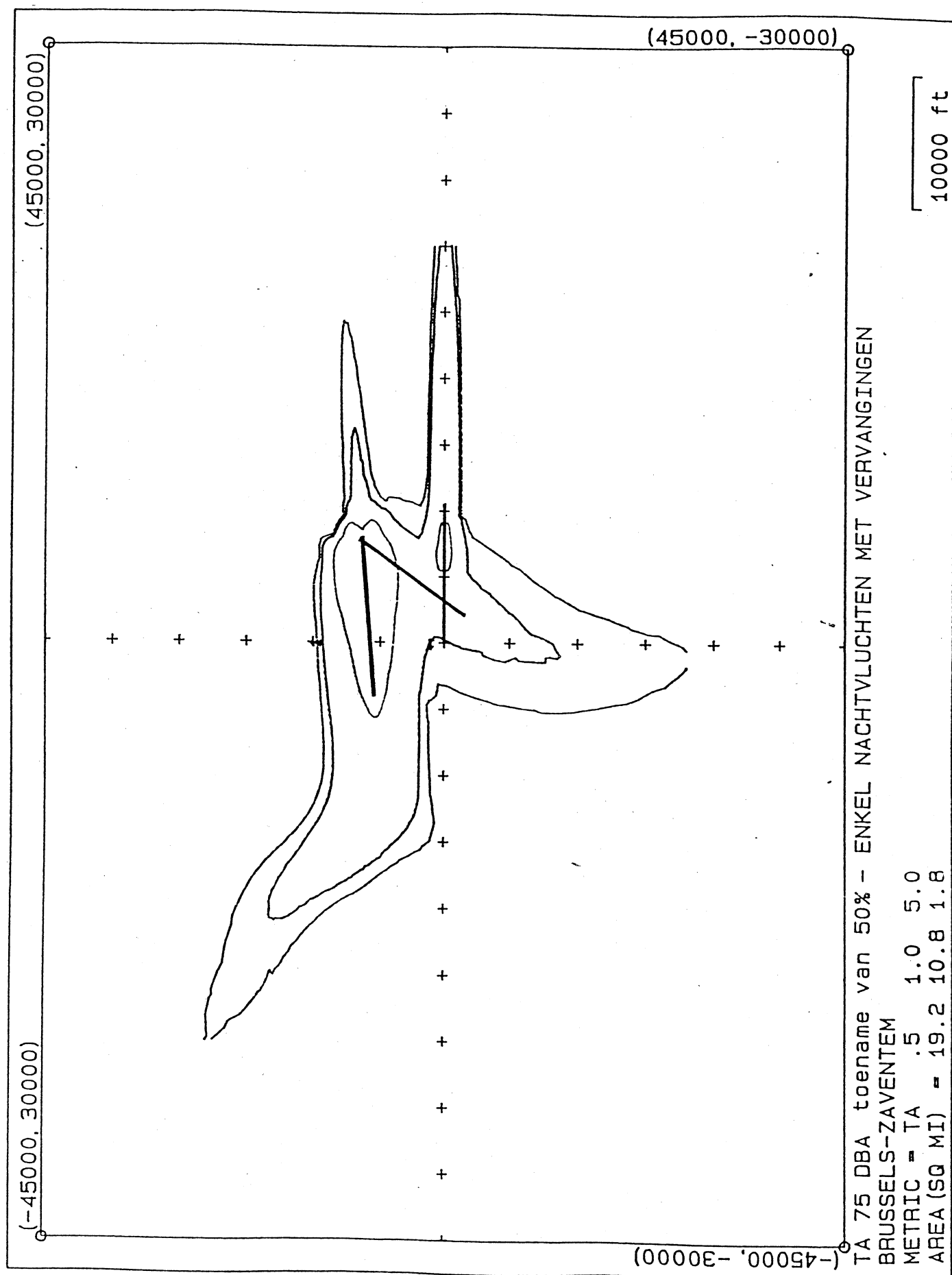


Fig. 9.20

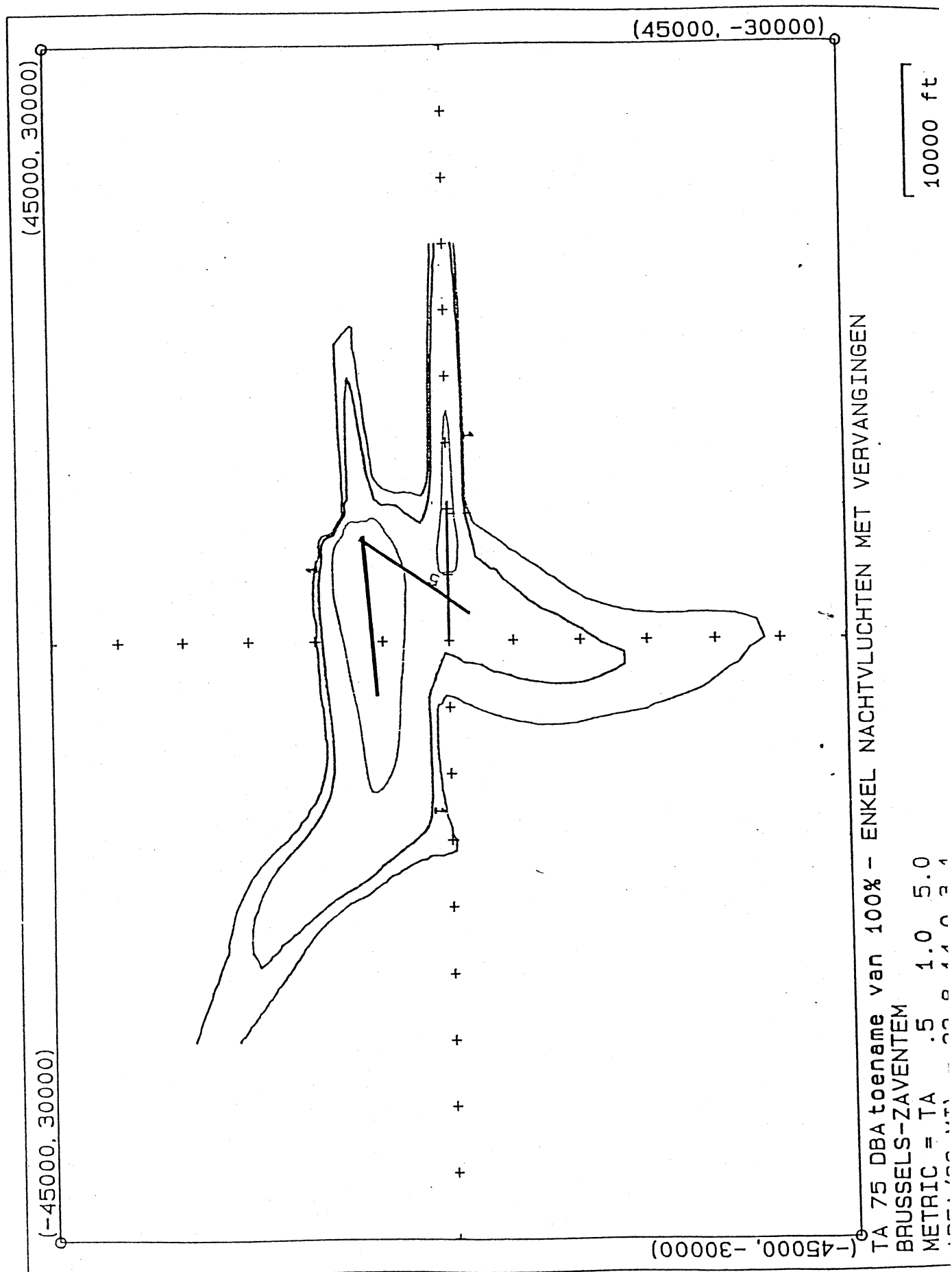


Fig. 9.21

9.3 Conclusies.

Wanneer we voor een lawaaibelastingsmaat, bijvoorbeeld L_{eq} , de resultaten van de scenario's S2 en S3 vergelijken met de huidige toestand S1, dan constateren we een zeer aanzienlijke toename van het contouropervlak voor een gegeven L_{eq} -waarde. Dit kan geverifieerd worden door bijvoorbeeld de figuren 9.1, 9.2 en 9.3 onderling te vergelijken. Ook voor de NEF- en de L_{dn} maten komt men, door onderlinge vergelijking van de figuren 9.6, 9.7 en 9.8 enerzijds en de figuren 9.11, 9.12 en 9.13 anderzijds, tot dezelfde constataties. Met andere woorden, de lawaaihinder wordt indringender en wordt uitgespreid over veel grotere gebieden rond de luchthaven.

Men bekomt echter een heel ander beeld wanneer men gaat kijken naar de resultaten van de scenario's S4 en S5 waarbij voor de vliegbewegingen weer een groei van 50% en 100% vooropgesteld werd, maar nu onder de voorwaarde dat oudere vliegtuigtypes, aangegeven in tabel IX-1, vervangen worden door modernere stillere types. Als we nu de figuren 9.4 en 9.5 vergelijken met de figuur 9.1, dan zien we dat, voor dezelfde L_{eq} -waarden, de S4-contouren aanzienlijk en de S5-contouren lichtjes kleiner zijn dan de corresponderende S1-contouren voor de huidige toestand. In figuur 9.22 worden voor de verschillende L_{eq} -waarden, de contouropervlakken van de verschillende scenario's onderling vergeleken. We moeten dus vaststellen dat, onder gecontroleerde omstandigheden, zelfs een verdubbeling van de vliegbewegingen niet noodzakelijk moet leiden tot een hogere lawaaibelasting dan in de huidige omstandigheden. Op basis van de NEF- en de L_{dn} -waarden komt men tot dezelfde conclusies. Indien men bij een sterke groei geen strengere eisen gaat stellen dan op dit ogenblik, dan blijkt ook dat er een zeer ernstige toename van de lawaaihinder over een veel groter gebied rond de luchthaven te verwachten is (vergelijk de resultaten voor S2 en S3 met S1 in de figuur 9.22). Dit zal dan zeker aanleiding geven tot hevige protesten van de inwoners van deze gebieden.

Uit onderlinge vergelijking van de TA-resultaten voor TA 90 dB(A) in de figuren 9.16, 9.17 en 9.18 blijkt dat slechts een lichte toename van de corresponderende contouropervlakken waar te nemen valt bij een trafiektoename van 50% en 100%. Uit de vergelijking van de resultaten, in de figuren 9.19, 9.20 en 9.21 voor het minder belastende TA 75dB(A) niveau, blijkt dat er vooral voor de contouren van 0,5 en 1,0 minuten een niet onaanzienlijke toename van de contouropervlakken optreedt. Het betreft hier nog steeds een relatief klein aantal

Vergelijking Leq-waarden

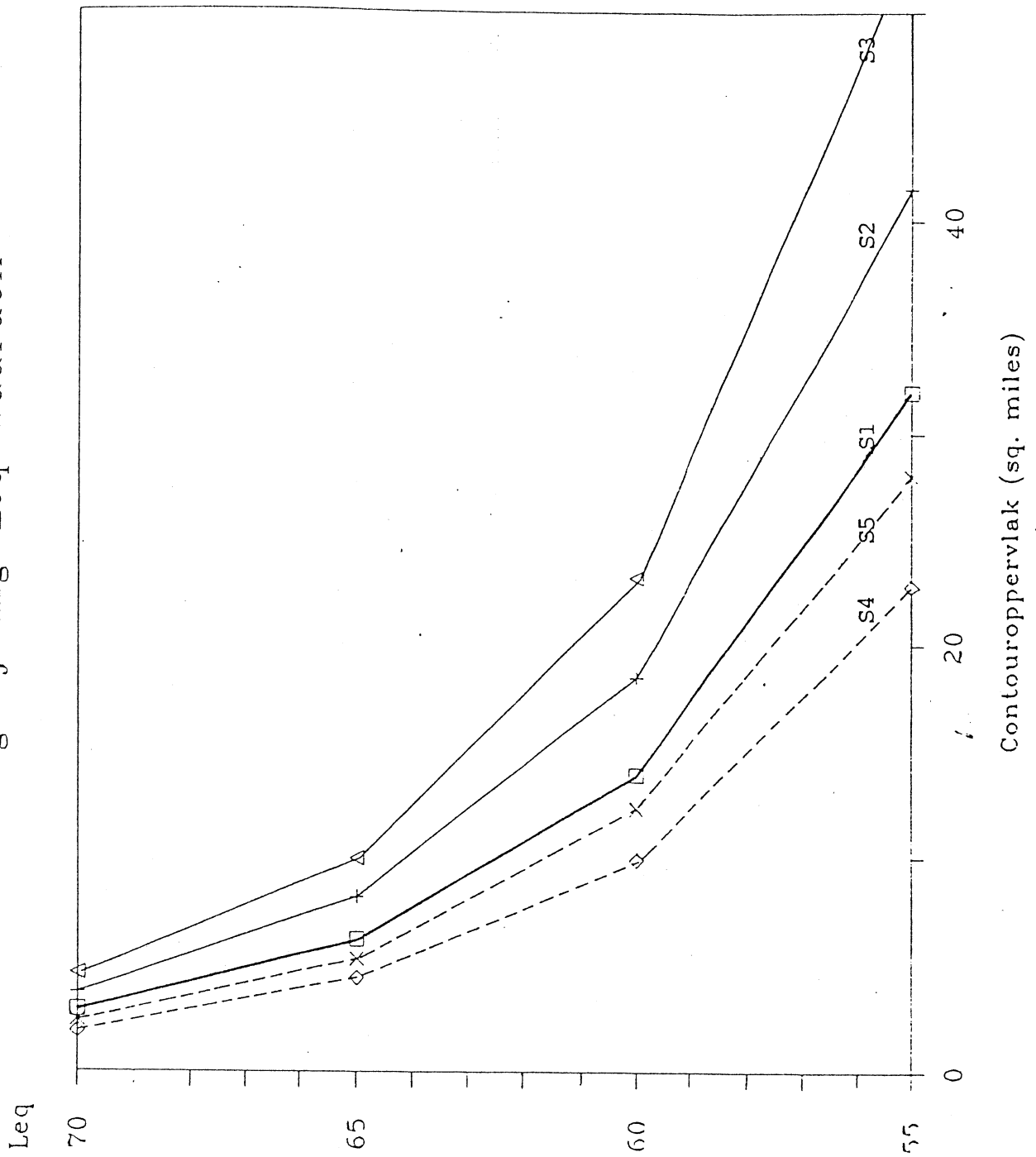


Fig. 9.22

□ Scenario 1 ; + Scenario 2 ; Δ Scenario 3 ; ◇ Scenario 4 ; × Scenario 5

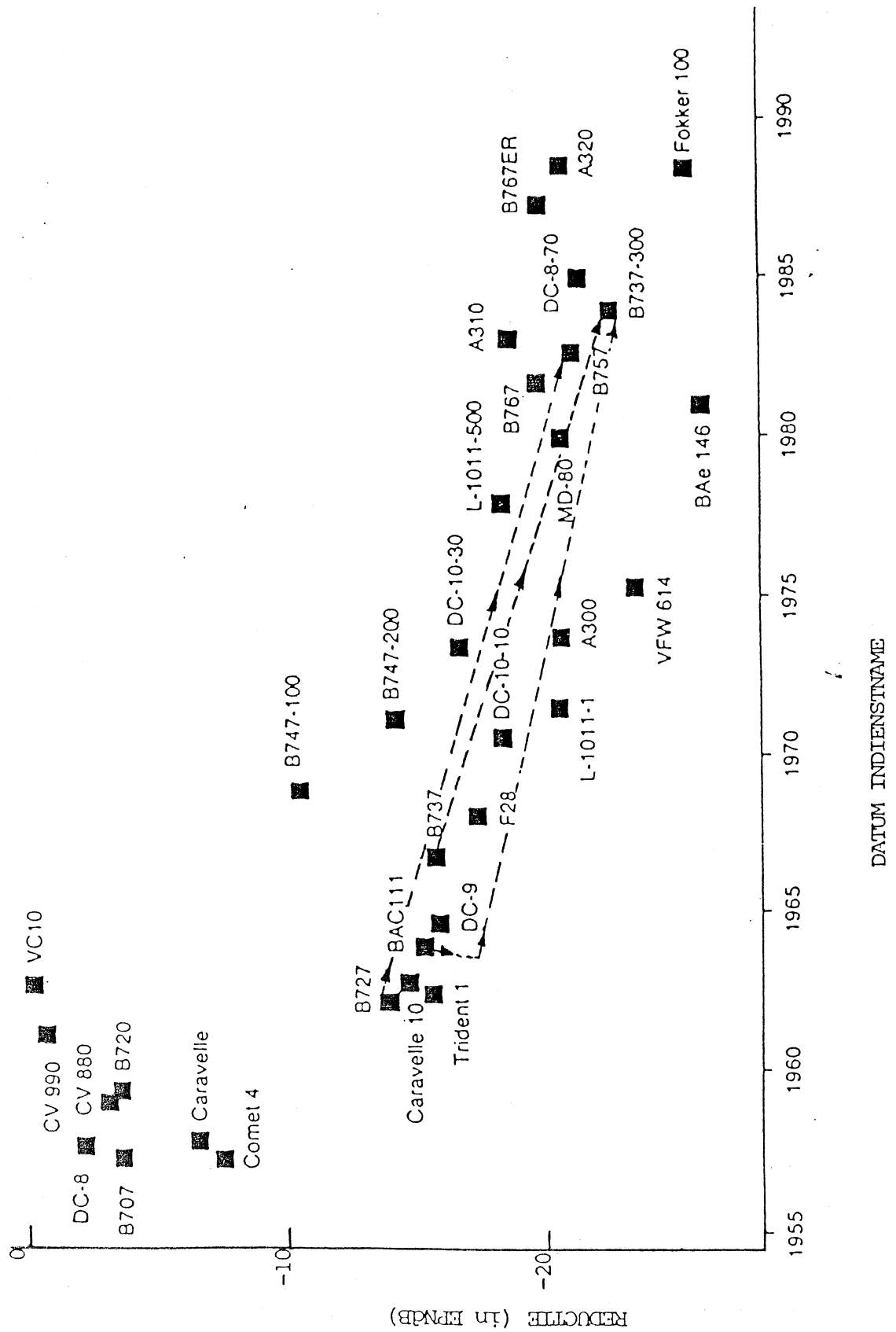


Fig. 9.23

overvluchten. Het komt ons voor dat dit kan gecompenseerd worden en dat men zelfs een effectieve reductie kan bekomen door een strenge selectie van de vliegtuigtypes die tot nachtvluchten worden toegelaten.

Zowel in het geval van de TA-resultaten als bij de globale L_{eq} -, NEF-, of L_{dn} -maten hebben we voor de scenario's S4 en S5 niet systematisch alle lawaaierige toestellen geëlimineerd voor de herberekeningen. We hebben enkel een relatief kleine reeks oudere toestellen vervangen door nieuwe stillere toestellen. Het lijkt ons mogelijk om nog merkkelijk betere resultaten te bekomen door een strenge selectie tussen de diverse vliegtuigtypes en door oudere en/of lawaaierige toestellen systematisch te weren. Dat een dergelijke aanpak mogelijkheden biedt blijkt uit bijlage 13 en uit de figuur 9.23, waar op basis van resultaten gegeven door M.J.T.Smith¹ enkele vliegtuigtypes vergeleken zijn. De streepjeslijnen met pijltjes geven enkele vervangingen uit tabel IX-1 aan.

¹M.J.T.Smith, "Aircraft Noise", Cambridge University Press (Cambridge, 1989)

SAMENVATTING EN BESLUITEN

Uit de resultaten van de analyse in hoofdstuk V betreffende het lawaai afkomstig van vliegtuigbewegingen op de grond blijkt dat er gedurende bepaalde perioden binnen een etmaal aanzienlijke verhogingen van het LA_{95} - niveau worden vastgesteld aan de rand van de luchthaven. Gemiddelde verhogingen van de orde van 15 dB(A) worden courant waargenomen. Gedurende de dag situeren deze verhogingen zich rond de middag maar de sterkste toename situeren zich vaak gedurende de nacht tussen 2h30 en 4h30 en in mindere mate ook rond middernacht. Door deze verhogingen ten gevolge van het grondlawaai krijgt men dan te maken met zeer hoge waarden voor het geluidsdruk-niveau van het omgevingsgeluid. Daarenboven dient men zich te realiseren dat deze verhogingen van het grondlawaai gepaard gaan met sterke piekgeluiden ten gevolge van landende en opstijgende vliegtuigen. Bij een sterke toename van het luchtverkeer kan men voor de dag verwachten dat ook gedurende sommige nog relatief rustige periodes hogere geluidsniveaus zullen bereikt worden ten gevolge van het grondlawaai. Gezien de aard van de nachtactiviteiten kan men bij een verdubbeling van de vliegbewegingen op de grond voor sommige perioden van de nacht nog een bijkomende verhoging van een 3-tal dB(A) verwachten. Gezien de hoge waarden voor het grondlawaai in bepaalde perioden dienen er, zeker naar de toekomst toe, maatregelen overwogen te worden om de hinder zoveel mogelijk te reduceren. Men zou in eerste instantie dienen na te gaan of het niet mogelijk is om, vooral 's nachts, de concentratie van wachtende vliegtuigen op de kritieke plaatsen te reduceren door ze, in afwachting van het vertrek, langer bij de aanlegplaatsen te houden of te laten wachten op een meer centraal gelegen plaats van de luchthaven. Daarnaast dient men het aanbrengen van geluidsafscherming te overwegen. Onze berekeningen in hoofdstuk VI laten zien dat dit, indien oordeelkundig doorgevoerd, tot redelijke verbeteringen kan leiden.. Men hoeft hierbij niet direct aan geluidafschermende muren te denken, aaneengesloten gebouwen of aarden wallen kunnen even effectief zijn. Van beplantingen met bomen en struiken moet echter niet veel heil verwacht worden.

De hoofdstukken VII, VIII en IX zijn gewijd aan de impact van het luchtlawaai veroorzaakt door opstijgende en landende vliegtuigen. Op basis van realistische gegevens werd vooreerst de huidige toestand gekarakteriseerd via de berekening van diverse internationaal gebruikte lawaai-belastingsmaten. Deze maten werden via het

Integrated Noise Model (INM) – computerprogramma uitgerekend en in kaart gebracht. Voor de prognoses naar de toekomst toe bij sterk toenemend luchtverkeer, werden in hoofdstuk IX diverse scenario's onderzocht voor toenames van 50% (te verwachten vanaf het jaar 1997) en 100% (te verwachten vanaf het jaar 2005). Voor de volledige beschrijving en de gedetailleerde resultaten verwijzen we naar hoofdstuk IX. Globaal kan gesteld worden dat een ongecontroleerde expansie (met 50% of 100%) van de huidige toestand tot een zeer ernstige toename van de lawaaihinder over een veel groter gebied rond de luchthaven tot gevolg zal hebben (vergelijk de resultaten voor de scenario's S2 en S3 met S1 in de figuur 9.22). Dit zal dan zeker aanleiding geven tot hevige protesten van de inwoners van deze gebieden. Dat een toename van het luchtverkeer met 50% of zelfs 100% niet noodzakelijk moet leiden tot een verhoging van de lawaai-belasting blijkt uit de resultaten (zie eveneens figuur 9.22) van de scenario's S4 en S5, waarbij er wel van uitgegaan werd dat enkele oudere vliegtuigtypes in de toekomst vervangen worden door modernere stillere modellen. Bij de berekeningen voor de scenario's S4 en S5 hebben we niet systematisch alle lawaai-erige toestellen geëlimineerd. We hebben enkel een relatief kleine reeks oudere toestellen vervangen door nieuwe stillere toestellen. Het lijkt ons mogelijk om nog betere resultaten t.o.v. de huidige toestand (die ook niet direct bevredigend is) te bekomen door een strenge selectie tussen de diverse vliegtuigtypes en door oudere en/of lawaai-erige toestellen systematisch te weren. In dit proces heeft het in opbouw zijnde geluidsmeeetnet een belangrijke rol te vervullen. In de toekomst zal bij toenemende trafiek (waarbij allicht niet steeds alle lawaai-erige toestellen te weren zijn) ook dienen onderzocht te worden of akoestische isolatiemaatregelen noodzakelijk zijn voor sommige woningen, nabij de luchthaven en de gevolgde routes bij landen en opstijgen. Het zal echter noodzakelijk zijn dat een strikt beleid wordt gevoerd en dat de nodige maatregelen getroffen worden. Hiertoe lijkt ons een goed uitgebouwde, technisch en wetenschappelijk ondersteunde dienst met de nodige bevoegdheden, aangewezen.