

Datum : 29 maart 2006
Aan : Ministerie van Verkeer en Waterstaat
Project Mainport Schiphol

Uitgangspunten voor luchtvaartscenario's 2020 en 2040

1 Inleiding

De planbureaus¹ zullen in mei 2006 een nieuwe set van lange-termijnsscenario's publiceren onder de titel Welvaart en Leefomgeving (WLO). Deze studie dient om potentiële knelpunten op te sporen op gebieden als wonen, regionale ontwikkeling, grote steden, mobiliteit, milieu en natuur. Het borduurt voort op de scenario-beelden die eerder zijn ontwikkeld voor Europa (zie De Mooij en Tang, 2003) en voor de Nederlandse economie (zie Huizinga en Smid, 2004).

Parallel hieraan heeft DG Transport en Luchtvaart de bureaus SEO Economisch Onderzoek en Rand Europe opdracht gegeven om luchtvaartscenario's te ontwikkelen langs dezelfde lijnen als de WLO-studie.² De nadruk ligt hierbij op het vliegverkeer op Schiphol³. Het CPB heeft de uitgangspunten voor deze scenario's geformuleerd. De begeleidingscommissie kon zich daar in grote lijnen in vinden.⁴

Deze notitie licht die uitgangspunten toe. Paragraaf 2 geeft een kwalitatieve beschrijving. De belangrijkste gekwantificeerde uitgangspunten staan in paragraaf 3.

¹ Het Centraal Planbureau (CPB), het Milieu- en Natuurplanbureau (MNP) en het Ruimtelijk Planbureau (RPB), in samenwerking met de Adviesdienst Verkeer en Vervoer (AVV), het Energie Centrum Nederland (ECN), en ABF Research.

² Ook het onderzoeksbureau To70 heeft een bijdrage geleverd.

³ Zie SEO/Rand Europe (2006).

⁴ De begeleidingscommissie bestond uit vertegenwoordigers van DGTL, CPB, MNP, RPB, AVV, KLM en Schiphol.

2 Kwalitatieve beschrijving van de scenario's

Tabel 2.1 geeft een kwalitatieve beschrijving van de scenario's op hoofdlijnen. Onderscheiden worden een viertal deelgebieden: algemeen beeld, technologische ontwikkeling m.b.t. luchtvaart, internationaal luchtvaartbeleid en de luchtvaartmarkt.

In het GE scenario is sprake van een mondiale oriëntatie en een snelle technologische ontwikkeling. Dit slaat ook neer in de luchtvaartsector waar relatief brandstof- en geluidsarme vliegtuigen op de markt komen. Door geavanceerde navigatiesystemen en controle technieken kan efficiënter gebruik worden gemaakt van banenstelsels. Ook in Europa is de welvaarts-groei, gemeten als per capita productie, hoog. De geboortecijfers blijven relatief hoog en er vindt een selectief migratie beleid plaats met een gestage toestroom van goedopgeleide migranten naar West Europa (Nederland). Mondiaal is er sprake van een volledige liberalisatie van de wereldhandel en een wereldwijd open sky verdrag. Nadruk ligt op efficiency. Dat komt bijvoorbeeld tot uiting in een sterke productdifferentiatie wereldwijd in de luchthaventarieven. De concurrentie tussen de luchtvaartmaatschappijen is eveneens hevig, hetgeen leidt tot een neerwaartse druk op de prijzen. Onder druk van deze scherpe concurrentie gaat ook het onderscheid tussen traditionele luchtvaartmaatschappijen en low cost carriers (LCC) geleidelijk vervagen. Omdat de mondiale economische groei sterk gespreid is over en binnen regio's blijft het hub en spoke systeem een belangrijk onderdeel van de luchtvaartnetwerken. Dankzij een efficiënte bedrijfsvoering weet Schiphol zijn positie als hub nog enigszins te versterken.

In SE is sprake van een EU die sterk en succesvol naar het Oosten uitbreidt. Onder andere Turkije wordt lid. De samenwerking met de Oekraïne en Rusland en de handel met het verre Oosten worden geïntensiveerd. Het EU beleid is relatief meer op gelijkheid en solidariteit gericht. De welvaarts-groei komt wat lager uit dan in GE. De Europese bevolking neemt toe, zij het minder dan in GE, ten gevolge van een wat lager geboortecijfer en wat minder migratie. De instroom bestaat per saldo uit laag opgeleide gezinsmigranten uit met name de Mediterrane landen. Milieu is belangrijk en de EU is in staat een krachtig internationaal milieubeleid door te drukken. Dat komt tot uiting in een BTW op vliegtickets en een heffing op kerosine. Door Europese regelgeving worden luchtvaartmaatschappijen ook gedwongen om, op Europese luchthavens, versneld geluidsarmere vliegtuigtypes in te zetten. De kosten van de milieumaatregelen zetten een rem op de groei van de markt. De EU dwingt ook een open sky verdrag af. Er ontstaat vooral veel luchtverkeer tussen een beperkt aantal metropolen. Op deze verbindingen krijgen de rechtstreekse vluchten de overhand en verliest het hub en spoke systeem aan belang. Het is mogelijk dat het transferverkeer zich nog enigszins handhaaft vanwege het toenemende belang van schaalvoordelen in de luchtvaart.

Tabel 2.1 Kwalitatieve scenariobeelden op hoofdlijnen

	Global Economy	Strong Europe	Transatlantic Markets	Regional Communities
1. Algemeen beeld				
a. Oriëntatie	mondiaal individualisering	Omvangrijke en sterke EU gelijkheid en solidariteit	West Europa & Amerika, weinig sociale cohesie	krachteloze EU ieder voor zich
b. Technologische ontwikkeling	Hoog	Middel, gericht op terugdringing externe effecten	Middel, vooral ICT	Laag
c. Welvaartsgroei EU (per capita groei)	Hoog	Middel	Middel	Laag
d. Demografie EU	Hoge bevolkingsgroei arbeidmigratie naar EU	Beperkte bevolkings- groei gezinmigratie naar EU	Bevolking stabiliseert na 2020	Dalende bevolking
e. Internationaal	Liberalisatie	Internationale	Beperkte rol overheid	Niet succesvol
f. Internationale handel	Volledige liberalisatie	Vooral agrarische producten	Vrije handelszone EU / VS, verder veel	Handhaving handelsbarrières
2. Technologische ontwikkeling m.b.t. luchtvaart				
a. Kerosine- en geluid arme vliegtuigtypes	Hoog	Hoog	Middel	Laag
b. Gebruik GPS bij landen/opstijgen	Introductie in 2020	Introductie in 2030	Introductie in 2030	Introductie na 2030
3. Internationaal luchtvaartbeleid				
a. Luchtvaartverdragen	Open skies	Door EU geregeld	Transatlantische open skies verdrag	Geen veranderingen
b. Fiscaal		BTW / kerosine heffing		
c. Milieunormen	Technologievolgend	Taakstellend	Technologievolgend	Technologievolgend
d. Luchthaventarieven	Productdifferentiatie	Uniform tarief	Productdifferentiatie	Huidig
4. Luchtvaartmarkt				
a. Allianties	3	3	3	3
b. Low cost carriers	Onderdeel prijsconcurrentie	Hoger marktaandeel	Hoger marktaandeel	Hoger marktaandeel
c. Hub-vorming	Hub en spoke dominant; Schiphol concurrerend	Meer OD op dikke routes	Meer OD op dikke routes	KLAF concentreert transfer verkeer op CDG
f. Inkomenselasticiteit van de vraag	Daalt naar 0,9	Daalt naar 1,0	Daalt naar 1,0	Daalt naar 1,1
d. Concurrentie	Hoog	Hoog	Op Amerika	Huidig
e. Prijzen	Laag door felle concurrentie	Hoog, mede door heffingen op brandstof	Middel concurrentie Transatlantisch	Hoog beperkte concurrentie

In TM is er sprake van een EU van de twee snelheden. De welvarende landen in West Europa integreren onderling sneller en oriënteren zich meer op de VS dan op de nieuwe EU lidstaten. Er wordt alleen een transatlantisch open sky verdrag afgesloten. Technologische ontwikkeling is vooral ICT gericht. Net als in GE is efficiency belangrijk, ook als dit ten koste gaat van solidariteit. De inkomensverschillen nemen toe. De (gemiddelde) welvaartsgroei is beperkter. De bevolking stabiliseert en daalt zelfs na 2020 in sommige Europese landen. De marktgroei is dus lager dan in GE, maar vanwege het ontbreken van milieumaatregelen hoger dan in SE. Met name is er sprake van een sterke groei met dito concurrentie op de Atlantische markt. Op deze markt ontstaan veel rechtstreekse vluchten, ook vanaf Schiphol, dat daarbij een gunstige positie inneemt binnen Air France/ KLM.

In RC is sprake van een omvangrijk maar krachteloos Europa. De welvaartsgroei in de EU is beperkt en bovendien loopt de bevolkingsomvang al vanaf het begin af aan terug. Er is per saldo zelfs sprake van een uitgaande migratie. Mondiaal is sprake van een beperkte technologie ontwikkeling, ook in de luchtvaart. Er komen betrekkelijk weinig brandstof- en geluidsarmere vliegtuigtypes op de markt. Ook de techniek van landen en opstijgen gaat weinig vooruit, zodat de fysieke baancapaciteit van het 5P stelsel niet veel toeneemt. Internationale handel wordt nauwelijks meer verder geliberaliseerd, er wordt ook geen open sky verdrag gesloten. Er is nauwelijks sprake van marktgroei in West Europa. De AF/KLM combinatie concentreert het grootste deel van de intercontinentale vluchten op Charles de Gaulle waar voldoende capaciteit aanwezig is. In de traag groeiende luchtvaartmarkt is deze concentratie van activiteiten een van de weinige mogelijkheden om concurrerend te blijven. Dit zet de groei op Schiphol nog verder onder druk. Low cost carriers opereren vanaf Schiphol omdat daar ruim voldoende capaciteit is.

Tabel 3.1 Inkomens, bevolking en internationale handel naar wereldregio (indices 2003 = 1)

	BBP per capita		Omvang bevolking		Volume internationale handel	
	2020	2040	2020	2040	2020	2040
GE scenario						
West Europa	1,47	2,23	1,07	1,11	2,37	5,82
Midden & Oost Europa	2,01	3,85	1,03	1,03	3,31	9,31
Noord Amerika	1,45	1,95	1,15	1,29	2,83	8,09
Latijns Amerika	1,57	2,73	1,22	1,38	2,83	7,94
Afrika	1,42	2,52	1,40	1,81	2,26	5,98
Midden Oosten	1,42	2,52	1,40	1,81	2,26	5,98
Verre Oosten	1,74	3,17	1,14	1,19	2,67	8,49
SE scenario						
West Europa	1,27	1,58	1,07	1,11	2,01	3,78
Midden & Oost Europa	1,92	3,53	1,03	1,03	3,06	8,43
Noord Amerika	1,29	1,54	1,15	1,29	2,18	4,78
Latijns Amerika	1,52	2,45	1,22	1,38	2,57	6,43
Afrika	1,45	2,51	1,40	1,81	2,15	5,49
Midden Oosten	1,45	2,51	1,40	1,81	2,15	5,49
Verre Oosten	1,56	2,51	1,14	1,19	2,26	5,34
TM scenario						
West Europa	1,42	1,99	1,03	1,01	1,98	3,65
Midden & Oost Europa	1,65	2,41	1,07	1,16	2,26	4,07
Noord Amerika	1,40	1,85	1,16	1,37	2,37	5,39
Latijns Amerika	1,42	2,03	1,31	1,73	2,69	6,75
Afrika	1,09	1,20	1,47	2,23	1,65	2,93
Midden Oosten	1,09	1,20	1,47	2,23	1,65	2,93
Verre Oosten	1,32	1,66	1,16	1,30	1,67	2,73
RC scenario						
West Europa	1,20	1,33	1,00	0,94	1,50	1,90
Midden & Oost Europa	1,52	2,09	1,02	1,02	1,82	2,66
Noord Amerika	1,25	1,40	1,15	1,22	1,74	2,63
Latijns Amerika	1,38	1,82	1,22	1,44	1,77	2,73
Afrika	1,27	1,85	1,38	1,75	1,60	2,67
Midden Oosten	1,27	1,85	1,38	1,75	1,60	2,67
Verre Oosten	1,41	1,88	1,15	1,24	1,67	2,53

Tabel 3.2 **Inkomenselasticiteiten**

	GE	SE	TM	RC
Niet-zakelijk, intra Europees				
2003-2020	1,1	1,2	1,2	1,3
2021-2040	0,9	1,0	1,0	1,1
Niet-zakelijk, intercontinentaal				
2003-2020	1,4	1,5	1,5	1,6
2021-2040	1,2	1,3	1,3	1,4
Zakelijk, alle routes, alle jaren ^a				
2003-2020	0,80	0,85	0,85	0,90
2021-2040	0,65	0,70	0,70	0,75

^a Een handelsselasticiteit, dat wil zeggen dat de groei van het zakelijk gebruik gerelateerd is aan de groei van de handel.

Op grond van deze studies lijkt het plausibel om voor het niet-zakelijke verkeer de inkomenselasticiteiten van tabel 3.2 te gebruiken. Het aspect van verzadiging komt tot uitdrukking in een dalende inkomenselasticiteit die sterker is in GE en minder sterk in RC. Voor het intercontinentale verkeer zou de inkomenselasticiteit nog geruime tijd hoger dan 1 kunnen zijn, omdat een deel van deze reizigers uit ontwikkelingslanden afkomstig is voor wie vliegen voorlopig nog een luxe goed is.

Voor het zakelijk gebruik lijkt een “handelsselasticiteit” van 0,85 voor de periode 2003-2020 plausibel, maar dan wel iets gedifferentieerd om het aspect van verzadiging weer te geven. Dit uit zich ook in een lagere handelsselasticiteit voor de periode 2020-2040.

3.2 Kosten van gebruik van auto en trein

Relevante landzijdige ontwikkelingen hebben in de eerste plaats betrekking op alternatieve modaliteiten, daar waar deze een concurrerend alternatief voor de luchtvaart via Schiphol vormen. Trein en auto bieden alleen een alternatief bij transport tussen het achterland van Schiphol en de regio's elders in West Europa. Bij transport binnen het achterland is vliegen geen serieus alternatief. Bij transport binnen West Europa is Schiphol nauwelijks een serieuze optie als overstapluchthaven. Bij intercontinentaal transport is auto of trein geen alternatief.

Daarnaast maakt de landzijdige ontsluiting van een luchthaven onderdeel uit van het afwegingsproces via welke luchthaven de vliegreis wordt aangevangen vanwege de kosten van het voor- en natransport.

Tabel 3.3 Kosten autogebruik, treinkaartjes en parkeertarieven (% mutatie per jaar, 2003-2040, reëel)

	GE	SE	TM	RC
Brandstofkosten auto	0,50	1,25	0,75	0,00
Kosten treinkaartjes	0,90	1,10	0,70	1,20
Parkeertarieven	0,90	1,10	0,70	1,20

3.3 Kosten van vliegtickets

Brandstofkosten vormen een belangrijke component van de prijs van een vliegticket. In WLO verband zijn energiestenari'o's ontwikkeld (Bollen, Manders en Mulder, 2004). Daarin wordt een inschatting gemaakt voor de ruwe olie prijs die in 2040 varieert van reëel \$23 per vat in SE tot \$30 per vat in GE en TM, uitgaande van een veronderstelde gemiddelde prijs van \$23 per vat in 2003 (zie tabel 3.4).

Verwacht mag worden dat er in het GE scenario sprake zal zijn van felle concurrentie met bijbehorende neerwaartse druk op de reële tarieven. Het lijkt aannemelijk dat die neerwaartse druk de eerste jaren het hoogst is en daarna geleidelijk zal afnemen, naarmate luchtvaart van een luxe product meer en meer een normaler product wordt. Voorgesteld wordt om tot 2020 uit te gaan van de neerwaartse druk van gemiddeld 1½% per jaar en na 2020 afvlakkend tot uiteindelijk 0%. In SE is die neerwaartse druk beperkter (gemiddeld 1% per jaar tot 2020 en daarna afvlakkend). In TM is er vooral sprake van felle concurrentie op de Atlantische vluchten (gemiddeld 1½% per jaar tot 2020 en daarna afvlakkend) en minder op de overige routes (gemiddeld ½% per jaar tot 2020 en daarna afvlakkend). In RC is het concurrentie effect het kleinst, met een prijsdrukkend effect van gemiddeld ½% per jaar tot 2020 en daarna afvlakkend.

Tabel 3.4 Ontwikkeling achterliggende factoren van reële luchtvaarttarieven

	2003	GE		SE		TM		RC	
		2020	2040	2020	2040	2020	2040	2020	2040
Olieprijs (\$ / vat)	24,0	25,1	30,5	24,9	23,1	26,0	30,3	24,2	26,2
\$ per euro	1,13
Concurrentie (druk op tarieven)		Hoog	Hoog	Beperkt	Beperkt	Vooral naar VS	Vooral naar VS	Laag	Laag
Transatlantisch		- 1½%	- ½%	- 1%	- ½%	- 1½%	- ½%	- ½%	- ½%
Overig		- 1½%	- ½%	- 1%	- ½%	- 1%	- ½%	- ½%	- ½%
Luchthavenbelasting		TR=OD	TR= OD	TR=½OD	TR=½OD	TR=OD	TR = OD	TR=½OD	TR=½OD
BTW		Nee	Nee	Ja	Ja	Nee	Nee	Nee	Nee
Kerosineheffing		Nee	Nee	Ja	Ja	Nee	Nee	Nee	Nee

In het SE scenario wordt verondersteld dat de EU in staat is om een daadkrachtig milieubeleid te voeren. Dat komt tot uiting in het invoeren van een BTW op vliegtickets binnen Europa en van een mondiale kerosineheffing.

3.4 Het luchtvaartnetwerk

Voor de kwaliteit van het netwerk is de ontwikkeling van het aantal transferpassagiers van groot belang. En juist op dit punt is sprake van grote onzekerheid over de mondiale trend en onzekerheid over de specifieke positie van KLM-Air France op Schiphol.

De mondiale trend

- De vraagontwikkeling geldt als uitgangspunt voor de ontwikkeling van het hub en spoke systeem en daarmee van het transferverkeer. Naarmate stromen dikker worden neemt het aantal rechtstreekse vluchten tussen city-pairs toe en neemt de noodzaak van een transfervlucht af. Aangezien in alle scenario's groei wordt verwacht, zal een daling in het aandeel transferverkeer de overheersende tendens zijn.
- Deze tendens kan nog versterkt worden als schaalvoordelen in de luchtvaart aan belang zouden gaan verliezen en als de economische ontwikkeling zich sterk concentreert in een beperkt aantal metropolen.
- Het is echter niet ondenkbaar dat schaalvoordelen in de luchtvaart juist aan belang gaan winnen en dat de economische ontwikkeling meer gespreid plaatsvindt. Het is daarom niet uitgesloten dat het hub-and-spoke systeem, ook bij dikker wordende stromen, zich toch redelijk zou kunnen handhaven.

Om de onzekerheid over deze mondiale trends weer te geven zijn de input parameters zo aangepast (door een aanpassing van de relatieve prijzen) dat het transfer-aandeel op Schiphol in het GE scenario in geringe mate zal toenemen. Dit is immers het scenario met de grootste spreiding van economische activiteiten, zowel over wereldregio's als binnen wereldregio's.

De specifieke positie van Air France/KLM op Schiphol

Buiten de mondiale trend zijn bedrijfseconomische aspecten zeer bepalend voor de transferontwikkeling. Het is bepaald niet uitgesloten dat Air France/KLM om bedrijfseconomische redenen besluit om het merendeel van de vluchten op Charles de Gaulle (CdG) te concentreren (een "krimpscenario"). De kans hierop lijkt het grootst in een lage groei scenario als RC. Door de geringe groei van de luchtvaart is in dat scenario de behoefte aan rationalisatie van de bedrijfsvoering sterk. In dat scenario is de capaciteit op CdG ook groot genoeg voor een concentratie van de transfer activiteiten, en is daarom de noodzaak van een spreiding van de activiteiten over twee hubs gering.

Voor Air France/KLM blijft het interessant om die intercontinentale vluchten vanaf Schiphol uit te blijven voeren die relatief veel OD-passagiers aantrekken. Daarom is verondersteld dat in RC de intercontinentale vluchten van Skyteam:⁵

1. volledig in tact blijven als het aantal OD-passagiers in het basisjaar meer dan 50% is (Paramaribo, Willemstad, Aruba);
2. voor 1/4 in tact blijven als het aantal OD-passagiers in het basisjaar minder dan 50% is (bijvoorbeeld vluchten op New York, Atlanta, Peking, Jakarta, Johannesburg; deze vluchten zullen relatief veel OD-passagiers gaan trekken als Skyteam de andere intercontinentale bestemmingen vanaf Schiphol schrapt).

Concreet zijn de betreffende frequenties van het Skyteam-netwerk vanaf Schiphol verlaagd en vanaf CdG verhoogd, zowel in 2020 als in 2040.

Schiphol zal dan nog altijd enige aantrekkingskracht uit blijven oefenen op transfer passagiers. Zowel de resterende intercontinentale vluchten als de Europese bestemmingen van Skyteam trekken transfer passagiers. Andere maatschappijen dan de Skyteam-partners trekken eveneens transfer passagiers, ook op intercontinentale routes.

Dit sluit niet uit dat tussen 2003 en 2020 *daadwerkelijk krimp* optreedt, namelijk indien Air France/KLM besluit tot een abrupte aanpassing van de dienstregeling over niet al te lange tijd. De model exercities laten echter zien dat ook in RC nog een stevige groei van het OD-segment optreedt, waardoor ondanks de forse daling van het transfer-segment, het totaal aantal passagiers in 2020 toch weer hoger zal zijn dan in 2003.

3.5 De fysieke capaciteit van het banenstelsel op Schiphol

De totale fysieke jaarcapaciteit van een luchthaven wordt bepaald door de afzonderlijke capaciteit van de volgende onderdelen: het luchtruim, het banenstelsel, het taxibanenstelsel en de vliegtuigopstelplaatsen. Investerings ter vergroting van de capaciteit van het luchtruim, het taxibanenstelsel en de vliegtuigopstelplaatsen zijn in het algemeen van kleinere orde dan voor de uitbreiding van de capaciteit van het banenstelsel. Aangenomen wordt dat investeringen in de drie hierboven genoemde onderdelen altijd zullen plaatsvinden als het nodig is de capaciteit te verhogen. We veronderstellen derhalve dat de baancapaciteit de meest limiterende factor is voor de totale luchthavencapaciteit.

⁵ In het model is Air/France/KLM niet als afzonderlijke maatschappij gemodelleerd.

De fysieke jaarcapaciteit van het huidige banenstelsel wordt bepaald door het aantal banen (B), het maximaal aantal vliegtuigbewegingen per baan per uur (C), de operationele bezettingsgraad (O) en het aantal vliegers (U). De aannames met betrekking tot deze factoren in het licht van de vier scenario-beelden voor 2020 en 2040 worden hieronder kort besproken.

De determinanten van de piekcapaciteit

De piekcapaciteit van een luchthaven is de resultante van een groot aantal factoren. In navolging van Brok et al (2001) worden ze in deze notitie ingedeeld in 3 groepen: het aantal banen (B), de capaciteit per baan (C) en de operationele bruikbaarheid (O).

Het gaat om het maximaal aantal banen dat gelijktijdig gebruikt kan worden. Op het 5P banenstelsel is dat nu nog 3. Aangenomen kan worden dat het in 2020 4 zal zijn. Dit betekent niet dat de piekcapaciteit met 33% toeneemt. Omdat de 4 banen elkaar gedeeltelijk kruisen is de operationele bruikbaarheid per baan lager bij het gelijktijdig gebruik van 4 banen.

Brok et al kiezen ervoor om alle factoren waarbij toeval een rol speelt onder te brengen onder de operationele bruikbaarheid. De capaciteit per baan is dan alleen nog afhankelijk van de minimale separatie-tijden tussen 2 opeenvolgende vliegtuigen ('minimaal' wil zeggen 'indien alle andere factoren gunstig zijn'). Veruit de belangrijkste factor is de minimaal vereiste radarseparatie-afstand. Die bedraagt op dit moment op Schiphol 3 Nautische Mijl. Samen met de minder belangrijke factoren die van invloed zijn op de minimaal vereiste separatietijden leidt dit momenteel tot een maximale baan-capaciteit van 44 bewegingen per uur.

Alle andere factoren die van invloed zijn op de piekcapaciteit zijn samengebracht onder de noemer van operationele bruikbaarheid. Het gaat om de invloed van minder gunstige weersomstandigheden, de "skill" van vlieger en verkeersleider, missed approaches, baanafhankelijkheid enz.

Deze indeling wijkt af van de indeling die Deleu (2006) voorstaat. Daarin worden althans enkele factoren die van toeval afhankelijk zijn gerangschikt onder de C. Dan krijgt het begrip "capaciteit van de baan" een minder eenduidige betekenis. Daarvoor is in deze notitie niet gekozen.

In de WLO-scenario's wordt uitgegaan van minimaal gedifferentieerd trendmatig beleid (MGTB). Concreet zou dit voor Schiphol kunnen betekenen dat het banenstelsel in 2020 en 2040 niet gewijzigd zal zijn ten opzichte van het huidige 5P-stelsel.

Op Schiphol zijn momenteel twee of drie banen gelijktijdig in gebruik en op sommige momenten al vier. Aangezien er nu al getest wordt op de mogelijkheid tot een structurele operatie met vier banen, achten we het plausibel dat in 2020 voor alle scenario's gerekend kan worden met afhankelijk 2+2 baangebruik (B). Uitgaande van het huidige 5P banenstelsel zal dit aantal banen in 2040 ongewijzigd blijven (zie tabel 3.5).

Het maximaal aantal starts en landingen is afhankelijk van de minimaal vereiste onderlinge separaties tussen elkaar opvolgende vliegtuigen. Technische aanpassingen zoals een verlaging van de separatie voor een deel van het naderend verkeer, toegepast op bijvoorbeeld London

Heathrow, kunnen resulteren in een hogere baancapaciteit voor 2020. Bij de huidige radarseparatie van 3 nautische mijl past een maximale baancapaciteit van 44; een radarseparatie van 2,5 nautische mijl leidt tot een maximaal aantal vliegtuigbewegingen per baan van 49 (C).⁶ Andere maatregelen die effect kunnen hebben op de baancapaciteit voor 2020 zijn niet in beschouwing genomen.

De fysieke baancapaciteit voor het jaar 2040 hangt van veel factoren af die op dit moment moeilijk in te schatten zijn. Grote luchthavens in Europa en Amerika zien zich steeds meer genoodzaakt rekening te houden met de effecten van hun operaties op milieu en ruimtelijke ordening. Extra capaciteit zal daarom worden gezocht in het optimaliseren van de bestaande infrastructuur en procedures⁷, in plaats van een uitbreiding daarvan. Hiervoor zijn op dit moment in internationaal verband veel onderzoeken gestart. Een voorbeeld hiervan is het onderzoek naar een flexibele toepassing van 'wake-vortex' criteria. Deze criteria bepalen in grote mate de start- en landingsintervallen tussen twee vliegtuigen en hebben direct effect op de fysieke capaciteit. De criteria zijn nu erg conservatief en daarom verwachten onderzoekers, waaronder NASA, dat een meer dynamische toepassing van deze criteria een belangrijke verhoging van de fysieke luchthavencapaciteit met zich mee zal brengen. NASA verwacht een theoretische verhoging van 16%. Een eerste praktijktest in 2000 in Dallas liet een winst van 6% zien.

Op basis hiervan zou het maximaal aantal vliegtuigbewegingen per baan per uur geleidelijk kunnen stijgen naar 46 à 56 in 2040.

De operationele bezettingsgraad (O) is een correctiefactor voor verstoringen door het weer, de 'menselijke' factor (skill van vlieger en verkeersleider) en verstoringen in het operationele proces (onder andere baanomslag, missed approaches en baanafhankelijkheid).⁸

De factor geeft aan hoe intensief het banenstelsel daadwerkelijk gebruikt kan worden. Omdat de aanvliegroutes van de 4 banen elkaar gedeeltelijk kruisen zal in ieder geval tot 2020 sprake zijn van 2+2 afhankelijk baangebruik. Dankzij technologische verbeteringen zou dit zich na 2020 geleidelijk aan kunnen ontwikkelen in de richting van min of meer onafhankelijk 2+2 baangebruik. Op grond hiervan rekenen we met een geleidelijke stijging van de operationele bezettingsgraad welke verschilt per scenario. Na vermenigvuldiging van B, C en O resulteert de fysieke uurcapaciteit zoals gepresenteerd in tabel 3.5.

⁶ Uitgaande van een vlootmix in 2020 die bestaat uit 70% mediums en 30% heavies.

⁷ Hierbij kan onder andere gedacht worden aan blokvorming, om te voorkomen dat veel zware vliegtuigen gevolgd worden door lichtere.

⁸ Merk op dat deze definitie afwijkt van die van de sector, waar een deel van de verstoringen opgenomen wordt in de C (zie kader op p.11).

Tabel 3.5 Berekening fysieke capaciteit 5P banenstelsel (vliegtuigbewegingen per uur)

		GE	SE	TM	RC
2003 ^a	Uurcapaciteit	102	102	102	102
2020	B	4	4	4	4
	C	49	47	47	44
	O	0,70	0,65	0,65	0,625
	Uurcapaciteit	138	123	123	109
2040	B	4	4	4	4
	C	56	50	50	46
	O	0,80	0,75	0,75	0,675
	Uurcapaciteit	179	150	150	123

^a In 2003 waren er nog geen 4 banen tegelijk in gebruik. Uitgaande van 3 banen en een gedeclareerde capaciteit (dit komt min of meer overeen met het product van de operationele beschikbaarheid en de maximale baancapaciteit) van 34 bewegingen per baan per uur, komen we tot een uurcapaciteit van 102.

Het is gebruikelijk om de uurcapaciteit om te rekenen naar een jaarcapaciteit. Daar zijn verschillende manieren voor, afhankelijk van de vraag hoe gerekend wordt met de capaciteit in de nacht. Strikt genomen is de uurcapaciteit gedurende de nacht niet extra beperkt door fysieke oorzaken maar vanwege geluidsgrenzen. Zou men voor de nacht, op grond van de geluidsgrenzen, rekenen met een fysieke capaciteit van 44.000 vliegbewegingen per jaar dan ontstaat de jaarcapaciteit zoals gepresenteerd in tabel 3.6 (uitgaande van 365 dagen per jaar en een maximale benutting van 100% gedurende 16 uren overdag). Voor het basisjaar 2003 geldt dan, uitgaande van de gedeclareerde piek uurcapaciteit van 102, een jaarcapaciteit van $365 * 16 * 102 + 44.000 \approx 640.000$.

Tabel 3.6 Fysieke capaciteit van het 5P banenstelsel op Schiphol (x1000 vliegtuigbewegingen per jaar)

	GE	SE	TM	RC
2003	640	640	640	640
2020	850	760	760	680
2040	1090	920	920	760

3.6 Geluidscapaciteit Schiphol

In de scenario's wordt gerekend met één van de milieugrenzen die de Schipholwet stelt, de grens van 63,46 dB(A) voor het Totaal Volume Geluid (TVG).

De feitelijke geluidsproductie hangt af van het aantal vliegtuigbewegingen en van de gemiddelde geluidsproductie per vliegtuigbeweging (per grootteklasse en per dagdeel). De ontwikkeling in de gemiddelde geluidsproductie van de vloot die Schiphol aandoet kan opgesplitst worden in de volgende determinanten:

1. De geluidseigenschappen van nieuw op de markt komende vliegtuigtypes;
2. Het patroon van vervanging van oudere toestellen;
3. Het patroon van uitbreiding van de vloot;
4. Start- en landingsprocedures

De start-en landingsprocedures zijn voor de bepaling van de TVG-maatstaf minder van belang. De uitgangspunten voor de scenario's richten zich daarom uitsluitend op de eerste drie determinanten.

Nieuw op de markt komende vliegtuigtypes

Brok et al (2001) kwamen, op basis van een studie van onderzoeksprogramma's, tot een potentiële geluidsreductie van nieuwe vliegtuigen (inclusief het effect van verbeterde start- en landingsprocedures) van 4 dB(A) per decennium. To70 (2005) spreekt op basis van een hernieuwde studie van onderzoeksprogramma's over een potentiële geluidsreductie van nieuwe vliegtuigen (exclusief het effect van verbeterde start- en landingsprocedures) met 9 dB(A) in de periode 2000-2020. To70 voegt daar aan toe dat de mate waarin deze potentiële geluidsreducties van nieuwe vliegtuigen ook gerealiseerd zullen worden af zal hangen van economische en maatschappelijke factoren.

Een extrapolatie van historische trends leidt tot een geluidsreductie met 5,4 dB(A) in 2000-2020, aflopend tot 5,0 dB(A) in 2020-2040. Afgezet tegen het basisjaar 2003 en alles iets naar beneden afrondend resulteert een geluidsreductie met 4 dB(A) in de periode 2003-2020 en met 8,5 dB(A) in de periode 2003-2040.

De mate waarin sprake is van het geluidsarmer worden van nieuwe vliegtuigtypes zal verschillen tussen scenario's, omdat het tempo van technologische ontwikkeling sterk verschilt tussen de scenario's. Anderzijds is met de ontwikkeling van een nieuw vliegtuig veel tijd gemoeid. Daarom zullen de verschillen in de eerste periode, tot 2020, nog beperkt moeten zijn. Op grond daarvan lijkt een spreiding tussen het hoogste en het laagste groeiscenario van 1,0 dB(A) in 2020 en 2,0 dB(A) in 2040 redelijk. Zodoende ontstaan de geluidsreducties van nieuw op de markt komende vliegtuigen zoals gepresenteerd in tabel 3.7.

Tabel 3.7 Geluidsreductie van nieuw op de markt komende vliegtuigen t.o.v. 2003 in dB(A) bij extrapolatie van de historische trend

	GE	SE	TM	RC
2020	4,5	4,0	4,0	3,5
2040	9,5	8,5	8,5	7,5

Merk op dat bij deze extrapolatie nog geen rekening is gehouden met het feit dat in de afgelopen 40 jaar omgevingsgeluid nooit een belangrijk aandachtspunt is geweest (in financiële zin). Pas sinds een jaar of tien neemt het aantal vliegvelden waar beperkingen gelden echt toe. Maar daarbij gaat het meestal nog niet om maatregelen die voor individuele luchtvaartmaatschappijen en vliegtuigbouwers een prikkel vormen om geluidsarmere vliegtuigen aan te schaffen. De komende decennia zou omgevingsgeluid wereldwijd een steeds belangrijker issue kunnen worden in de luchtvaart. Hierdoor kunnen vliegtuigbouwers en motorfabrikanten wellicht wel gaan verdienen aan geluidspreventie. Door deze extra prikkels is het niet onmogelijk dat er meer winst behaald kan worden als er echt op geluid gestuurd wordt.

Het patroon van vervanging en uitbreiding van de vloot: veroudering

Voor het *patroon van vervanging* van de vloot is de Ausgangssituatie in het basisjaar 2003 van betekenis. Het patroon van vervanging in de periode 2003-2020 kan immers sterk beïnvloed worden door de gemiddelde leeftijd van de vloot in 2003. Ook van belang zijn bedrijfseconomische overwegingen, voor zowel het tempo van vervanging en de keuze voor een nieuw toestel. Met name is het denkbaar dat in een scenario waarin wereldwijd omgevingsgeluid een issue wordt men sneller zal besluiten tot aanschaf van een geluidsarmer type dan in een scenario waarin, net als in het verleden, omgevingsgeluid voor de individuele luchtvaartmaatschappijen geen issue was. Op grond van deze overweging wordt verondersteld dat in drie van de vier scenario's de gemiddelde leeftijd van de vliegtuigen die Schiphol aandoen tussen 2003 en 2020 geleidelijk aan op zal lopen met bijna 10 jaar.⁹ Specifiek in SE ligt het voor de hand dat vanwege Europese regelgeving dat proces van veroudering in de periode 2003-2020 niet optreedt. Concreet zou men hier bij kunnen denken aan het op korte termijn uifasieren van alle "Hoofdstuk 3" vliegtuigtypes van alle Europese vliegvelden.

Er is geen reden om dit proces van veroudering van de vloot ook voor de periode 2003-2040 te veronderstellen. Dat betekent dat het proces van veroudering in 2003-2020 weer grotendeels teniet wordt gedaan in de periode 2020-2040.

⁹ Met leeftijd wordt hier niet bedoeld op het aantal jaren dat is verstreken na aanschaf van het vliegtuig (de fysieke leeftijd), maar op het aantal jaren dat is verstreken na introductie van dat type vliegtuig op de markt (de 'technologische leeftijd'). Daar zit een groot verschil in, indien luchtvaartmaatschappijen de komende jaren vooral vliegtuigtypes zullen kopen die reeds geruime tijd op de markt zijn. Dat zijn nieuwe vliegtuigen, maar oude types.

Neemt bij deze uitgangspunten het geluidsniveau rond Schiphol toe of af?

In de periode 1990-2002 is het vliegverkeer ruwweg verdubbeld wat tot een stijging van het geluidsniveau met 3 dB(A) had kunnen leiden. Maar in dezelfde periode zijn de vliegtuigen een stuk geluidsarmer geworden. Bovendien bleef de groei van het aantal nachtvluchten iets achter en zijn start- en landingsprocedures aangepast. Alles samen leverde dit geluidsreducties op van 7 dB(A) in termen van het Totaal Volume Geluid (TVG). Het feitelijke geluidsniveau daalde daarom in die periode met 4 dB(A) (zie MNP, 2005, p.73).

In de periode 2003-2020 neemt het aantal vluchten toe met 22% tot 126%, afhankelijk van het scenario. Als zodanig zou dit tot een stijging van het geluidsniveau kunnen leiden van 0,9 dB(A) tot 3,5 dB(A). Maar volgens de in deze notitie geformuleerde uitgangspunten zou de vloot autonoom 1,3 dB(A) tot 3,4 dB(A) geluidsarmer worden. Dit betekent dat in de scenario's het geluidsniveau, ook zonder aanpassing van het nachtregime en de start- en landingsprocedures, min of meer gelijk kan blijven. Het is echter niet uitgesloten dat in een enkel scenario, of in enkele tussenliggende jaren, het geluidsniveau wel degelijk zal stijgen. En omdat in het basisjaar 2003 de ruimte onder de grenswaarde voor het TVG slechts 0,7 dB(A) bedroeg is het ook niet geheel uitgesloten dat de grenswaarde voor het TVG, tijdelijk, tot restricties leidt.

Wat betreft het *patroon van uitbreiding* van de vloot gaat het in de eerste plaats om de groei van het luchtverkeer. In het GE scenario is de groei van het luchtverkeer wereldwijd zo onstuimig (zie ook de laatste kolom van tabel 3.8 voor de groei op Schiphol) dat van alle vliegtuigen die in 2020 Schiphol aandoen 80% zal zijn aangeschaft tussen 2003 en 2020. In het RC gaat het niet zozeer om de uitbreidingsvraag maar meer om vervanging van bestaande vliegtuigen. In dat scenario zal 65% van alle vliegtuigen die in 2020 Schiphol aandoen aangeschaft zijn tussen 2003 en 2020.

Tabel 3.8 De verdeling van de Schipholvloot over geluidstechnologieklassen in 2020.

	Klasse 2 0>ΔΣEPNL>-9	Klasse 3 -9>ΔΣEPNL>-18	Klasse 4 -18>ΔΣEPNL>-27	Klasse 5 -27>ΔΣEPNL	Gemiddelde klasse	Geluids- reductie 2003-2020 dB(A)	Aantal vliegtuig- bewegingen 2003 = 100
	Aandeel in de vloot						
Jaar 2003	0,14	0,59	0,26	0,00	3,12		100
Raming 2020 ^a							
RC scenario	0,03	0,51	0,35	0,11	3,55	1,3	122
TM scenario	0,02	0,38	0,40	0,19	3,77	2,0	188
SE scenario	0,00	0,16	0,44	0,40	4,24	3,4	144
GE scenario	0,01	0,32	0,46	0,22	3,88	2,3	226

^a Voor de ongerestricteerde scenario's.

Daarna gaat het om de vraag *welk* type vliegtuig nieuw wordt ingezet op Schiphol. Net als bij de vervangingsvraag spelen hierbij veel factoren een rol. En ook hierbij geldt: als omgevingsgeluid wereldwijd niet echt een issue is, zal dit aspect weinig gewicht in de schaal

leggen bij aankoopbeslissingen. Dus ook bij de uitbreidingsvraag wordt er mee gerekend dat in de periode 2003-2020 in alle scenario's, behalve in SE, vooral wat oudere types aangekocht zullen worden. In het GE scenario zal van de 20% vliegtuigen die al zijn aangeschaft in 2003 of eerder ongeveer 10% afkomstig zijn uit technologieklasse 3 en ongeveer 10% uit technologieklasse 4. Aangenomen wordt dat de 80% nieuwe vliegtuigen uit alle technologieklassen afkomstig zullen zijn: 22% uit klasse 3, 35% uit klasse 4 en 22% uit de nieuwe klasse 5.

Door te veronderstellen dat de vloot in de periode 2003-2020 zal verouderen zal de geluidsreductie van de *gemiddelde* vloot die Schiphol aandoet variëren van 1,3 dB(A) in RC tot 2,3 dB(A) in GE. Alleen in SE is de geluidsreductie 3,4 dB(A) onder druk van het voor dit scenario veronderstelde stringente Europese beleid.

Literatuur

Bollen, Johannes, Ton Manders and Machiel Mulder, 2004, *Four Futures for Energy Markets and Climate Change*, CPB Bijzondere Publicatie 52.

Brok, P.H.H., J.A.J. van Engelen, S.P. Galis, M.J.T. van der Meer, J.A. Post en R.W.A. Vercammen, 2001, Capaciteit banenstelsels Schiphol voor de lange termijn, als onderdeel van ONL lange termijn studie kengetallen kosten-batenanalyse (kkba), Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium (NLR), rapport nr NLR-CR-2001-453, Amsterdam.

CE, 2001, Prijsgevoeligheid in de luchtvaart en de zeescheepvaart. Literatuurstudie.

Dargay, J. and M. Hanly, 2001, The Determinants of the Demand for International Air Travel to and from the UK.

Deleu, Raymond, 2006, Fysieke capaciteit van het banenstelsel van Schiphol, memo LVNL.

De Mooij, Ruud en Paul Tang, 2003, *Four Futures of Europe*, CPB, Den Haag

Department of the Environment, Transport and the Regions (DETR), 2000, Air traffic forecasts for the United Kingdom 2000.

Gillen, D.W., W.G. Morrison and C. Stewart, 2004, Air Travel Demand Elasticities: Concepts, Issues and Measurement.

Graham, A., 2000, Demand for leisure air travel and limits to growth, *Journal of Air Transport Management*, 6, pp. 109-118.

Huizinga, Free en Bert Smid, 2004, *Vier vergezichten op Nederland*, CPB, Den Haag.

Koning, M., E. Verkade en J. Hakfoort, 2002, Gevolgen van uitbreiding Schiphol, een kengetallen kosten-batenanalyse, Den Haag, CPB.

Lejour, Arjen, 2003, Quantifying Four Scenario's for Europe, CPB Document 38.

MNP, 2005, Het milieu rond Schiphol, 1990-2020, Bilthoven.

SEO/Rand Europe, 2006, Ontwikkeling Schiphol tot 2020-2040 bij het huidige beleid; eindrapport.

To70, 2005, Geluidscapaciteit van Schiphol in 2010 en 2020 op basis van de langetermijnsenario's van ONL.

Bijlage: Trendextrapolatie geluidsproductie van nieuwe vliegtuigen

Brok et al (2001) hebben de ontwikkeling van de geluidsproductie op een rij gezet voor vliegtuigen die tussen 1956 en 2000 nieuw op de markt kwamen (zie grafiek 1). Hiervoor hebben zij de volgende vergelijking geschat (t-waarden tussen haakjes):

$$(1) \quad \Delta dB_t = 20,3 - 11,4 \text{ Log}(T - 1959) \quad R^2 = 0,56 \quad n = 30$$

(8,9) (6,0) periode 1960-2000

waarin ΔdB_t het verschil is in geluidsproductie met een vliegtuig dat rond 2000 op de markt kwam, en T het jaar van introductie. Extrapolatie geeft een geluidsreductie met 1,9 dB(A) in de periode 2000-2020¹⁰. Waarom de introductie van 2 vliegtuigen vlak ná 1960 wel meegenomen worden, en de introductie van enkele andere vliegtuigen vlak vóór 1960 (zoals de DC-8 en de B707) niet, is onduidelijk. Ook wordt niet toegelicht waarom de logaritme wordt genomen van de verklarende variabele.

Logischer lijkt het om uit te gaan van een constante groeivoet van de geluidsproductie:

$$dB_t = \alpha * e^{\beta T} \quad \alpha > 0 \quad \beta < 0$$

Daarmee wordt opgelegd dat de geluidsproductie van nieuwe vliegtuigen in een constant tempo daalt, maar nooit negatief wordt. Nemen we de logaritme dan resulteert de volgende schatting als alle waarnemingen worden meegenomen¹¹:

$$(2.1) \quad \text{Ln}(dB_t) = 16,2 - 0,0060 * T \quad R^2 = 0,72 \quad n = 37$$

(13,1) (9,5) periode 1956-2000

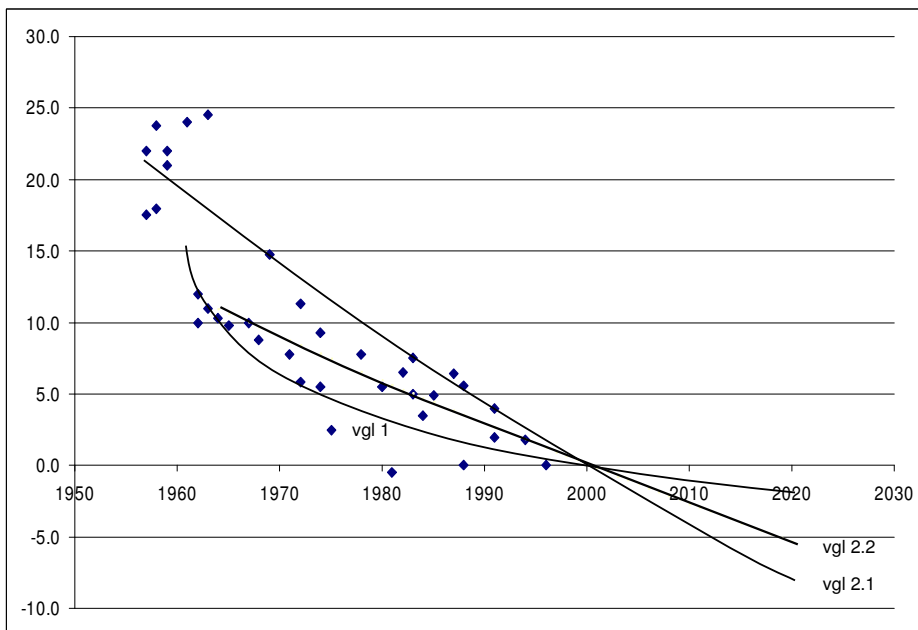
Extrapolatie van deze trendlijn geeft een geluidsreductie met 8,1 dB(A) in de periode 2000-2020. Dat is veel meer dan de extrapolatie van vergelijking (1).

Men kan ook kiezen voor een specificatie waarin de geluidsproductie nooit beneden een bepaald, positief, niveau kan zakken. Een dergelijke uitbreiding van het schattingsmodel heeft een gering effect op de fit, maar een heel groot effect op de extrapolatie. De schatting is blijkbaar verre van robuust.

¹⁰ De geschatte coëfficiënten wijken iets af van de waardes die Brok et al rapporteren.

¹¹ Voor deze schatting is het niveau van de geluidsproductie nodig. In Brok et al (2001) worden alleen verschillen gerapporteerd met een vliegtuig dat in 2000 op de markt kwam. Voor de opschaling naar niveaus is aangenomen dat dat vliegtuig een geluidsproductie van 75 dB(A) heeft.

Figuur 1 **Geschatte vergelijkingen van de geluidsreductie van nieuwe vliegtuigen**



Het is zeer de vraag of de gebeurtenissen in de jaren vijftig wel zo relevant zijn voor de komende decennia. Waarom de geluidsproductie speciaal in die jaren zo sterk is gedaald is niet onmiddellijk duidelijk. Wel is duidelijk sprake van een trendbreuk tussen de periode vóór 1963 en daarna. En het lijkt aan te bevelen om voor een trendextrapolatie alleen uit te gaan van de ervaring na die trendbreuk. Dan wordt de vergelijking:

$$(2.2) \quad \text{Ln}(\text{dB}_t) = \begin{matrix} 11,9 & - & 0,0038 * T & & R^2 = 0,56 & & n = 26 \\ (8,9) & & (5,6) & & & & \text{periode 1964-2000} \end{matrix}$$

Dit is een nagenoeg rechte lijn. Aanpassing van de specificatie, op welke manier dan ook, levert niet echt een betere fit op en leidt ook niet tot een wezenlijk andere extrapolatie.

Extrapolatie van vergelijking (2.2) geeft een geluidsreductie met 5,4 dB(A) in de periode 2000-2020 en 5,0 dB(A) in de periode 2020-2040.