



# Meteorologie en navigatie

Bas Vrijhof

## Updates

Correcties, wijzigingen en aanvullingen op dit boek worden gepubliceerd op de website [www.theorie.aero](http://www.theorie.aero).

Voor contact met de auteur, zie de [www.theorie.aero/contact](http://www.theorie.aero/contact)

PPL Theorie – Meteorologie en navigatie / Bas Vrijhof – Horsssen.

ISBN 978-94-93092-08-2

NUR 465

8e druk 2021

Omslag: Goedhart Ontwerp, Nijeveen.

Uitgever: QDM Luchtvaart

© 2008-2021 W.P. Vrijhof

Behoudens uitzondering door de wet gesteld mag zonder schriftelijke toestemming van de rechthebbende op het auteursrecht c.q. de uitgever van deze uitgave, niets uit deze uitgave worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm, of anderszins, hetgeen ook van toepassing is op gehele of gedeeltelijke bewerking.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without written permission of the publisher.

## Bij de 8e druk

Na de grote wijzigingen in de vorige druk zijn de wijzigingen in de 8e druk beperkt. Het onderdeel over de dichtheidshoogte (hoofdstuk 2) was in de 7e druk ten onrechte blijven staan. Die paragraaf is nu verwijderd en ook in de oefenopgaven over de hoogtemeter zijn de berekeningen van de dichtheidshoogte geschrapt.

Verder is bij de METAR (hoofdstuk 13) het onderdeel over de runway state message vervallen. Met de invoering (2021) van het nieuwe format voor rapportage van de baantoestand is deze informatie geen onderdeel meer van de METAR.

Horssen, oktober 2021

## Bij de 7e druk

Dit boek is gebaseerd op de gewijzigde Part-FCL leerdoelen voor het LAPL en PPL, die per 1 april 2019 van kracht worden.

In vergelijking met de vorige versie van de leerdoelen zijn er behoorlijke verschillen (zie de verschillenlijst die door het CBR is opgesteld). In het algemeen geldt dat er vooral onderwerpen geschrapt zijn, en dat er nagenoeg geen nieuwe onderwerpen zijn bijgekomen: deze nieuwe druk is in totaal 40 pagina's dunner is geworden.

Het hoofdstuk over Primaire radar (was hoofdstuk 30) is volledig vervallen, evenals het oude hoofdstuk 23 (Praktische navigatie). De overgebleven onderwerpen uit dat laatste hoofdstuk zijn nu bij andere hoofdstukken ondergebracht.

Verder is het onderwerp hoogtemeting grotendeels vervallen bij het vak Navigatie, en vrijwel volledig bij Meteorologie ondergebracht.

Bas Vrijhof

Renkum, januari 2019

### Aanwijzingen bij het gebruik van dit boek

Dit boek behandelt de lesstof voor twee theorie-examens voor het LAPL/PPL.

In de eerste plaats is dat het onderdeel **Meteorology**, inclusief de daarbij geëxamineerde onderwerpen van het vak **Operational Procedures**. Voor dat laatste onderdeel gaat het om het leerdoel *Windshear and microburst* (toegevoegd in hoofdstuk 7).

Het tweede deel van het boek behandelt de onderdelen **Navigation** en **Flight Planning and Monitoring**. Dit laatste wordt als apart vak vermeld in de leerdoelen, maar wordt tegelijk met Navigatie geëxamineerd. U vindt het niet terug als apart vak in dit boek: de betreffende lesstof is verwerkt in het Navigatie-deel.

# METEOROLOGIE

<b>1. De atmosfeer</b>	<b>1</b>
Samenstelling en structuur	1
De internationale standaardatmosfeer	3
Hoogte en temperatuur	3
Luchtdruk	4
Drukhoogte	6
<b>2. Hoogtemeting</b>	<b>9</b>
Altimetrie	9
Referentievlakken	9
Hoogtemeterinstelling tijdens de vlucht	12
Ware hoogte	15
Oefenopgaven hoogtemeter	20
<b>3. Warmtebalans en temperatuur</b>	<b>27</b>
Warmtetransport in de atmosfeer	27
De temperatuur van de atmosfeer	30
De dagelijkse gang van de temperatuur	32
De verticale temperatuurgradiënt	33
Meting van temperatuur	35
<b>4. Vocht in de atmosfeer</b>	<b>37</b>
Vochtigheidsmaten	38
De dagelijkse gang van de luchtvochtigheid	41
<b>5. Het verticale evenwicht in de atmosfeer</b>	<b>43</b>
Stabiliteit	43
De toestandskromme	45
Vormen van stabiliteit	46
Processen die de stabiliteit beïnvloeden	49
<b>6. Algemene circulatie en druksystemen</b>	<b>51</b>
Luchtdruksystemen	53
Lagedrukgebieden	56
Hogedrukgebieden	60

<b>7. Wind</b>	<b>63</b>
Windrichting	63
Windsnelheid	64
De geostrofische wind	65
De wind in de wrijvingslaag	66
Windpatronen op middelgrote schaal	68
Kleinschalige circulatiepatronen	70
Windpatronen in bergachtig gebied	72
Windhozen en stofhozen	76
Windschering	77
Turbulentie	80
<b>8. Luchtsoorten</b>	<b>83</b>
Indeling van luchtsoorten	83
<b>9. Wolken en neerslag</b>	<b>89</b>
Het condensatieproces	89
Samenstelling van wolken	91
Classificatie van wolken	92
De vorming van neerslag	96
Het oplossen van bewolking	98
Wolkenbasis en bedekkingsgraad	99
Onweer	100
<b>10. Zicht en mist</b>	<b>109</b>
Zichtbegrippen	109
Het zicht tijdens de vlucht	112
Het ontstaan van mist en nevel	113
Het oplossen van mist	116
Nevel en heiligheid	117
Andere oorzaken van zichtvermindering	117
<b>11. Fronten</b>	<b>119</b>
Indeling van fronten	119
De opbouw van een warmtefront	120
De opbouw van een koufront	123
Stationair front	125
Hoogtefront	125
Het polaire front	125
De frontale depressie	126
Trog en buienlijn	127
De occlusie	128

<b>12. Ijsaanzetting</b>	<b>131</b>
Het ontstaan van ijsaanzetting	131
Soorten ijsaanzetting	132
Ijsaanzetting bij fronten	134
Ijsvorming in carburateurs	135
<b>13. Meteorologische berichtgeving</b>	<b>137</b>
Weerkaarten	137
Significant weather charts	138
Graphic low level forecast	142
Upper Wind and Temperature Chart - medium en high level	144
De METAR	146
De SPECI	162
De TAF	164
Het weerbulletin voor de luchtvaart	170
ATIS	173
VOLMET	174
Meteorologische waarschuwingen	174
Weerradar	178
Satellietbeelden	180
GAFOR	181
Meteorologische organisatie	182
<b>NAVIGATIE</b>	
<b>14. De aarde</b>	<b>187</b>
Grootcirkels en kleincirkels	187
Notatie van coördinaten	190
De geodetische datum	192
Het referentievlak voor hoogte	192
<b>15. Kaarten</b>	<b>195</b>
Schaal	195
Kaartprojecties	195
Eigenschappen van projecties	197
Kenmerken van een navigatiekaart	198
Projecties voor luchtvaartkaarten	198
De loxodroom	201
Weergave van grootcirkels en loxodromen	202

<b>16. Richting</b>	<b>205</b>
Algemeen	205
Het ware noorden	205
Opmeten van de grondkoers	206
Het meten van een richting op aarde	209
Het aardmagnetisch veld	209
Het magnetisch noorden	210
Variatie	211
Het kompasnoorden	212
Koersherleidingen	213
<b>17. Afstanden</b>	<b>217</b>
Eenheden	217
Het meten van afstanden	219
<b>18. Kaartinformatie</b>	<b>223</b>
Topografische informatie	223
Reliëf	224
Referentievlakken voor hoogte	226
Luchtvaartobstakels	226
Aeronautische informatie	227
<b>19. Tijd</b>	<b>231</b>
Seizoenen	231
Zonnetijd	232
Middelbare tijd	232
Standaardtijd	234
Gecoördineerde tijd	234
De internationale datumgrens	235
Tijdnotatie	236
Zonsopkomst en zonsondergang	237
De uniforme daglichtperiode	239
<b>20. Zichtnavigatie</b>	<b>241</b>
Grondkoers	242
Wind	242
Luchtkoers	243
Drift en opstuurhoek	243
De winddriehoek	245
Zij- en langswindcomponenten	249
Koerscorrecties	252

Oefenopgaven	254
Positielijnen en peilingen	257
Snelheid	259
Antwoorden op de oefenopgaven	262
<b>21. Navigatieberekeningen</b>	<b>267</b>
Conversie van eenheden	268
Omrekenen van CAS naar TAS	269
Brandstofberekeningen	270
Tijd- en afstandberekeningen	273
Berekeningen met de winddriehoek	275
<b>22. Vluchtvoorbereiding</b>	<b>283</b>
Luchtvaartinlichtingen	283
Notice to Airmen (NOTAM)	284
Luchtvaartkaarten	286
Keuze van de route	286
Verdwaald of onzeker van de positie	289
Keuze van de vlieghoogte	290
Het navigatieplan	292
Brandstofplanning	293
Luchtruim en radioprocedures	294
Het vliegplan	295
<b>23. Inleiding radionavigatie</b>	<b>303</b>
Radiogolven	303
Frequentiebanden	305
Voortplanting van radiogolven	306
<b>24. Grondpeilingen (VDF)</b>	<b>311</b>
Principe	311
Nauwkeurigheid	312
Bereik	313
<b>25. Automatic Direction Finding (ADF)</b>	<b>315</b>
Presentatie en interpretatie	316
ADF-aanwijzers	319
Toepassing	320
Bereik en nauwkeurigheid	320
Foutenbronnen bij NDB's	321
Signalering van storingen	322
Bediening van een ADF	323



<b>26. VOR</b>	<b>325</b>
Principes	325
Presentatie en interpretatie	326
Gebruik van een VOR	328
Bereik en nauwkeurigheid	331
ATIS	331
Horizontal Situation Indicator	332
<b>27. DME</b>	<b>335</b>
Werking	335
Presentatie en interpretatie	336
Bereik en nauwkeurigheid	339
DME-bediening	340
TACAN	341
<b>28. Satellietnavigatie</b>	<b>343</b>
Principe	343
Wijze van plaatsbepaling	345
Presentatie en interpretatie	347
Fouten en nauwkeurigheid	347
<b>29. Secundaire radar</b>	<b>351</b>
Principe	352
Toepassing	353
Codes en modes	354
Mode S	354
Bediening van de transponder	356
<b>Bijlage 1 – Lost procedures</b>	<b>358</b>
<b>Index</b>	<b>367</b>