

# Indhold

<b>1</b>	<b>Introduktion</b>	<b>1</b>
1.1	Oversigt over værktøjer . . . . .	2
<b>2</b>	<b>Væskers fysiske egenskaber</b>	<b>4</b>
2.1	Enhedssystemet . . . . .	4
2.2	Væskers fysiske egenskaber . . . . .	5
2.2.1	Densitet . . . . .	6
2.2.2	Viskositet . . . . .	6
2.2.3	Sammentrykkelighed . . . . .	7
2.2.4	Overfladespænding . . . . .	8
<b>3</b>	<b>Grundlæggende begreber</b>	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>Tryk og trykkræfter i hvilende væske</b>	<b>14</b>
4.1	Tryk i et punkt . . . . .	14
4.2	Hydrostatisk trykfordeling . . . . .	16
4.3	Trykkraft på en plan flade . . . . .	18
4.4	Trykkraft på krum flade . . . . .	22
<b>5</b>	<b>Spændinger i strømmende væske</b>	<b>23</b>
5.1	Spændinger i et punkt . . . . .	23
5.2	Spændingsfordeling i stationær, ensformig strømning . . . . .	26
5.2.1	Trykfordeling . . . . .	26
5.2.2	Forskydningsspændingsfordeling . . . . .	29
<b>6</b>	<b>Strømningsligningerne for stationære strømninger</b>	<b>31</b>
6.1	Fysikkens impuls- og energisætning . . . . .	31
6.2	Kontinuitetsligningen . . . . .	33
6.2.1	Vandføring . . . . .	33
6.2.2	Kontinuitetsligning for et strømrør . . . . .	35

6.3	Energiligningen . . . . .	37
6.3.1	Energiligning for strømrør i stationær strømning . . . . .	37
6.3.2	Energiligning for strømrør mellem 2 snit med hydrostatisk trykfordeling . . . . .	41
6.3.3	Energiligning for strømrør mellem 2 snit med henholdsvis hydrostatisk trykfordeling og konstant tryk . . . . .	44
6.3.4	Energiligning for ideal væske (Bernoullis ligning) . . . . .	46
6.4	Impulsligningen . . . . .	48
6.4.1	Impulsligning for partikelsystem . . . . .	48
6.4.2	Eksempler . . . . .	50
<b>7</b>	<b>Modelteori</b>	<b>58</b>
7.1	Dimensionsanalyse . . . . .	58
7.1.1	Dimensionsbegrebet . . . . .	58
7.1.2	Den trinvis metode . . . . .	61
7.2	Modelforsøg . . . . .	68
7.2.1	Krav til modelforsøg . . . . .	68
7.2.2	Krafttyper . . . . .	72
7.2.3	Skalering af kræfter . . . . .	73
7.2.4	Etablering af fuld dynamisk lighedannethed. . . . .	77
7.2.5	Etablering af tilnærmet dynamisk lighedannethed . . . . .	78
<b>8</b>	<b>Stationære rørstrømninger</b>	<b>83</b>
8.1	Hydraulisk tryklinie og energilinie . . . . .	83
8.2	Rørtab . . . . .	87
8.2.1	Modstandsformlen . . . . .	87
8.2.2	Bestemmelse af friktionstal . . . . .	92
8.2.3	Hastighedsfordeling i laminær rørstrømning . . . . .	101
8.2.4	Hastighedsfordeling i turbulent rørstrømning . . . . .	104
8.3	Enkelttab . . . . .	109
8.3.1	Enkelttab ved brat rørudvidelse . . . . .	109
8.3.2	Enkelttab generelt . . . . .	111
8.4	Beregning af rørsystemer . . . . .	113
8.4.1	Simple rørledninger . . . . .	113
8.4.2	Pumpeledninger . . . . .	118
8.4.3	Ledningsnet . . . . .	121
<b>9</b>	<b>Strømkræfter på omstrømmede legemer</b>	<b>129</b>
9.1	Strømning omkring en cirkulær cylinder . . . . .	131
9.2	Strømning omkring en skarpkantet plade . . . . .	132
9.3	Sedimentationshastighed for små partikler . . . . .	133

9.4	Tværkræfter . . . . .	133
<b>10</b>	<b>Stationær strømning i åbne ledninger</b>	<b>135</b>
10.1	Naturlig dybde . . . . .	136
10.1.1	Karakterisering af smalle og brede tværsnit . . . . .	138
10.1.2	Naturlig dybde i smalle tværsnit . . . . .	139
10.1.3	Naturlig dybde i brede tværsnit . . . . .	143
10.1.4	Sammenhæng mellem vandføring og vandstand $Q$ - $h$ -relationer . . . . .	146
10.2	Kritisk strømning . . . . .	146
10.2.1	Fladvandsbølge i en kanal . . . . .	147
10.2.2	Specifik energi og kritisk dybde . . . . .	149
10.2.3	Strømning over en forstyrrelse i bunden . . . . .	152
10.3	Overløb og hydraulisk spring . . . . .	154
10.3.1	Overløb og venturikanaler . . . . .	154
10.3.2	Hydraulisk spring . . . . .	157
10.4	Stuvnings- og sænkingskurver . . . . .	161
10.4.1	Differentialligningen for stuvnings- og sænkingskurver . . . . .	161
10.4.2	Bestemmende tværsnit . . . . .	166
10.4.3	Beregning af stuvnings- og sænkingskurver . . . . .	168
<b>11</b>	<b>Ikke-stationære strømninger</b>	<b>171</b>
11.1	Trykstød i rørledninger . . . . .	171
11.1.1	Beregning af trykstød . . . . .	172
11.1.2	Reflektion af trykstød . . . . .	178
11.1.3	Trykstød i pumpeledninger . . . . .	180
	<b>Litteraturliste</b>	<b>182</b>
<b>A</b>	<b>Statisk moment af en flade</b>	<b>184</b>
<b>B</b>	<b>Tabeller</b>	<b>186</b>