

Innhald

Føreord	v
Symbolliste	xi
1 Grunlag og innleiing	1
1.1 Siktemål, bakgrunn, oversyn	1
1.2 Om å lese boka	7
1.3 Dette avsnittet treng du ikkje lese	9
1.4 Forbrenning	11
1.5 Turbulens	15
1.6 Numeriske verky	20
1.7 Grunnlikningar	24
1.8 Kjemiske reaksjonar	26
2 Turbulensmodellering	31
2.1 Modellering	31
2.2 Reynolds-oppdeling og midling	34
2.3 Turbulens-likningar, Reynolds-likningar	36
2.4 Turbulent transport og utveksling	38
2.5 Turbulensviskositet	38
2.6 Prandtls blandingsvegmodell	40
2.7 Meir om turbulent transport og lengdeskalaer	42
2.8 Karakteristiske skalaer: – Ein skoddeheim?	43
3 k-ϵ turbulensmodell	45
3.1 Litt om turbulensmodellar	45
3.2 Turbulensenergi: Definisjon og utleiing	48
3.3 Modellering av turbulensenergi-likninga	50
3.4 k - ϵ -modell	53
3.5 Oppdrift og turbulens	57
3.6 Kva kan vi vente av ein k - ϵ -modell?	58
3.7 Formelle krav til turbulensmodellar	61
4 Nokre enkle strøymingar	63
4.1 Homogen og isotrop turbulens	63
4.2 Isotrop minkande turbulens	65
4.3 Grensesjikt	66

4.4	Logaritmisk område i grensesjikt – vegglover	70
4.5	Konstanter i k - ε -modellen	77
5	Energi- og massetransport (skalar-transport)	79
5.1	Blanding med turbulens	79
5.2	Modell for turbulensfluks	81
5.3	Diffusjonsmodell med $u'_i u'_j$ -likning	83
5.4	Blandingsfraksjon, konservert skalar	84
5.5	Skalarvarians	87
5.6	Termiske grensesjikt – vegglover	88
5.7	Vegglov for massetransport	92
6	Likning for Reynolds-spenningane	93
6.1	Modellar for reynoldsspenningane – oppsummering	93
6.2	Utleiing av likninga	95
6.3	Dei ulike ledda i likninga	96
6.4	Modellering av likninga	99
6.5	Algebraisk forenkling av likninga	103
6.6	Kvifor (ikkje) nytte reynoldsspennings-likningane?	104
7	Statistiske funksjonar i turbulens	107
7.1	Statistiske funksjonar	107
7.2	Isotrop turbulens	115
7.3	Intermittens	119
8	Energioverføring i turbulent strøyming	121
8.1	Nedbryting av kvervlar i turbulens	121
8.2	Energispekter for turbulent strøyming	124
8.3	Kolmogorovs hypotesar	127
8.4	Energispekter og forbrenning	131
8.5	Molekylær blanding; skalar-dissipasjon	131
8.6	Meir om mindre skalaer	133
9	Ymist om turbulens	135
9.1	Lengdeskalaer og tidsskalaer i turbulent strøyming	135
9.2	Lengdeskala frå turbulensmodellar	138
9.3	Reynoldstal for turbulens	138
9.4	Alternative metodar og modellar for numerisk simulering av turbulens	141
9.5	Enkle overslag for turbulens-storleikar	143
10	Turbulent forbrenning	149
10.1	Forblanda og uforblanda flammer	149
10.2	Karakterisering av turbulente flammer	151
10.3	Kjemisk kinetikk, sløkking	154
10.4	Forbrenningsmodellar – inndeling	156
10.5	Rekkjeutvikla Arrhenius-uttrykk	157
10.6	Kvervel-modellar	159

10.7	Føreskriven sannsynstettleik	161
10.8	Flamelet-modellar	164
10.9	Transportlikning for sannsynstettleik	165
10.10	Direkte simulering av turbulent forbrenning	166
11	Magnussens forbrenningsmodell, «Eddy Dissipation Concept»	171
11.1	Utgangspunkt og oversyn	171
11.2	Energioverføring – kaskademodell	172
11.3	Kaskade og energispekter	176
11.4	Finstrukturen	177
11.5	Reaktormodell	179
11.6	Rask reaksjon	182
11.7	Sløkking og utblåsing	186
11.8	Modelluttrykk opplista	187
12	Etterrakst	191
12.1	Numerisk simulering	191
12.2	Stråling	192
12.3	Sot og ubrennende hydrokarbon	192
12.4	Måleteknikk	193
12.5	Brensel	193
12.6	To- og fleirfase	194
12.7	Ut i praksis – Kva no?	194
	Tillegg: Likningar som vi er så glade i	197
A	Grunnlikningane – med noko attåt	199
A.1	Massebalanse	199
A.1.1	Kontinuitetslikninga	199
A.1.2	Litt om masse, stoffmengd og volum	200
A.1.3	Likning for massefraksjon, konsentrasjon – Masediffusjon	201
A.2	Rørslemengd	203
A.2.1	Likning for rørslemengd	203
A.2.2	Euler-likning, Bernoulli-likning	204
A.2.3	Trykk	205
A.2.4	Boussinesq-tilnærming for oppdrift	206
A.3	Energibalanse	207
A.3.1	Generell energilikning	207
A.3.2	Entalpi og indre energi ved forbrenning – spesifikk varmekapasitet	210
A.3.3	Entalpigradient, energigradient	214
A.3.4	Modell for varmefluks	215
A.3.5	Entalpilikning med entalpigradient	215
A.3.6	Varmefluks med gradient av indre energi	217
A.3.7	Likning for temperatur	218
A.3.8	Likning for termisk entalpi og brennverdi	219
A.4	Litt om tensorotasjon og koordinatar	220

B	Likningar for turbulent strøyming	223
B.1	Oppdeling i turbulensfelt og middelfelt: Reynolds og Favre	223
B.2	Kontinuitetslikninga	226
B.3	Turbulens-likningar for rørslemengd	228
B.4	Likning for massefraksjon	228
B.5	Energilikninga	229
B.6	Turbulensenergi	230
B.7	Reynoldsspenningar	231
B.8	Turbulenslikningar i sylinderkoordinatar	232
B.8.1	Rørslemengd	232
B.8.2	Likningar for reynoldsspenningar	233
B.8.3	Forenklingar, aksesymmetri	235
B.9	Rekkjeutvikling og midling av reaksjonsleddet (Arrhenius)	235
C	Dimensjonslause parametrar	239
C.1	Opphav, namn og skrivemåte	239
C.2	Reynoldstal	240
C.3	Richardsontal, froudetal	240
C.4	Prandltal, schmidtal, lewistal	241
C.5	Damköhlertal	242
C.6	Couranttal eller CFL-tal	242
C.7	Andre dimensjonslause parametrar	243
C.8	Fleire frøge folk i faget	243
D	Nokre ord om ord	249
D.1	Ordforklaringar	250
D.2	Ord om strøymingar og forbrenning	258
D.2.1	Særtilfelle av strøyming; Inndeling etter geometri og anna	258
D.2.2	Storleikar i strøyminga	260
D.2.3	Forbrenningsutstyr	261
D.2.4	Flammer	262
D.2.5	Ord om likningar	263
D.3	Ymse ord i fag og lag	263
D.3.1	Turbulent energi eller turbulensenergi?	263
D.3.2	Implementere – komplett: berre fyll	264
D.3.3	Reaksjonsrate og reaksjonsfart	264
D.3.4	«Fluidized bed»: Kvervelsjikt, sandseng, eller ... svevebed?	265
D.3.5	«Large-eddy simulation»: Storevje-simulering	265
D.4	Ord om rørsle i luft og vatn	266
D.5	Ord om koordinatsystem og nettverk	268
D.6	Ein stad å møtast	269
D.7	Ord om folk	270
D.8	Engelsk – norsk ordliste; forkortingar	271
	Litteraturliste	275
	Stikkordliste	287