

Obsah

1.	Abstract	13
2	Úvod	14
3.	Termodynamika a ekonomie	15
4.	Energetika v genezi společnosti: energetický determinismus.....	19
4.1	Energetická evoluce.....	19
4.1.1	Prvotní energetické éry	19
4.1.2	Středověké a raně moderní pokroky	20
4.1.3	Přechod k modernitě.....	21
4.1.4	Moderní energeticky náročné společnosti.....	22
4.2	Limity energetického determinismu	24
5.	Ropa a zemní plyn	26
5.1	Historie	26
5.2	Původ uhlovodíků	29
5.3	Průzkum	30
5.3.1	Průzkumné techniky	32
5.3.2	Výsledky: hodnocení efektivity průzkumu	33
5.4	Těžba	34
5.4.1	Techniky vrtání	34
5.4.2	Účel vrtání	35
5.4.3	Předpoklady rotačního vrtání	35
5.5	Transport.....	38
5.6	Transport ropy a zemního plynu.....	39
5.6.1	Námořní přeprava	39
5.6.1.1	Ropa a ropné tankery	39
5.6.1.1.1	Konstrukce a klasifikace	39
5.6.1.1.2	Obchodování s přepravou po moři	41
5.6.1.2	Zemní plyn: transport LNG tankery.....	49
5.6.1.2.1	Upstream	49
5.6.1.2.2	Midstream	51
5.6.1.2.3	Downstream	55
5.6.1.3	Potrubní přeprava.....	56
5.6.1.3.1	Předpoklady výstavby potrubí.....	56
5.6.1.3.2	Konstrukce	59
5.7	Zpracování	61
5.7.1	Zpracování zemního plynu	61
5.7.2	Zpracování ropy	63
5.8	Trhy s ropou a zemním plynem	70
5.8.1	Světový trh s ropou	70
5.8.1.1	Zásoby	72
5.8.1.2	Nejvýznamnější producenti a exportéři na trhu s ropou	73
5.8.1.2.1	Saúdská Arábie	74
5.8.1.2.2	Ruská federace.....	76
5.8.1.2.3	USA.....	77
5.8.1.2.4	Írán	78
5.8.1.2.5	Čína.....	80
5.8.1.2.6	Kanada.....	80
5.8.1.3	Spotřebitelé	81
5.8.1.3.1	USA.....	81

5.8.1.3.2	Čína.....	82
5.8.1.3.3	Japonsko.....	82
5.8.1.3.4	Indie.....	83
5.8.1.3.5	Saúdská Arábie.....	83
5.8.1.4	Stručná historie ropného trhu a hlavní aktéři	84
5.8.1.5	Struktura a fungování světového trhu s ropou.....	88
5.8.1.5.1	Pružnost nabídky a poptávky	91
5.8.1.5.2	Volatilita cen ropy.....	92
5.8.1.5.3	Fungování komoditního kartelu	94
5.8.1.6	Tvorba cen.....	95
5.8.1.6.1	Typy kontraktů.....	98
5.8.1.6.2	Komoditní burzy	100
5.8.1.6.3	Kurz dolaru.....	101
5.8.2	Trh se zemním plynem	101
5.8.2.1	Tvorba cen.....	103
5.8.2.2	Cenové indexy.....	104
5.8.2.3	Obchodování	106
5.8.2.3.1	Kontrakty	107
5.8.2.3.1.1	Dělení kontraktů dle závaznosti.....	107
5.8.2.3.1.2	Dělení kontraktů dle délky	107
5.8.2.3.1.3	Bilaterální kontrakty	108
5.8.2.3.1.4	Kontrakty Over the Counter (OTC)	108
5.8.2.3.1.5	Huby a burzy	109
5.8.2.4	Regionální trhy s plynem a obchod s LNG	110
5.8.2.4.1	Severoamerický trh.....	112
5.8.2.4.2	Asijský trh	113
5.8.2.4.3	Evropský trh.....	114
5.8.2.4.4	Obchod s LNG.....	116
5.8.2.4.4.1	Jak se obchoduje LNG?.....	116
5.8.2.4.4.2	Terminované obchodování.....	116
5.8.2.4.4.3	Promptní obchodování (spot)	117
5.8.2.5	Současný stav a trendy	119
5.8.2.5.1	Nekonvenční zdroje plynu: tichá revoluce.....	119
5.8.2.5.1.1	Rozložení zásob.....	121
5.8.2.5.1.2	Transformace trhu	121
6.	Elektroenergetika	123
6.1	Kvalita energie	123
6.2	Elektrina	125
6.2.1	Výroba elektřiny	126
6.2.1.1	Přenos elektřiny.....	127
6.2.1.1.1	Náklady na konstrukci dálkového vysokonapětového vedení.....	128
6.2.1.1.2	Řízení sítě.....	129
6.2.1.2	Uhlí.....	134
6.2.1.2.1	Zásoby uhlí.....	135
6.2.1.2.2	Těžba	136
6.2.1.2.3	Zpracování	138
6.2.1.2.4	Transport	138
6.2.1.2.4.1	Námořní přeprava	138
6.2.1.2.4.2	Pozemní přeprava	138
6.2.1.2.5	Využití	139

6.2.1.2.5.1	Další možnosti spalování	141
6.2.1.2.5.2	Kombinovaná výroba tepla a elektřiny (kogenerace).....	142
6.2.1.2.5.3	Spalování pomocí integrovaného gasifikačního kombinovaného cyklu (IGCC)	142
6.2.1.2.6	Trh.....	143
6.2.1.2.6.1	Nejvýznamnější producenti na trhu s uhlím.....	143
6.2.1.2.6.1.1	Austrálie	143
6.2.1.2.6.1.2	Indonésie	143
6.2.1.2.6.1.3	Jihoafrická republika	145
6.2.1.2.6.1.4	Rusko.....	146
6.2.1.2.6.1.5	Kolumbie a Venezuela.....	147
6.2.1.2.6.1.6	USA.....	147
6.2.1.2.6.1.7	Vietnam	147
6.2.1.2.6.1.8	Polsko.....	148
6.2.1.2.6.1.9	Kanada.....	148
6.2.1.2.6.2	Nejvýznamnější importéři	149
6.2.1.2.6.2.1	Japonsko.....	149
6.2.1.2.6.2.2	Jižní Korea.....	149
6.2.1.2.6.2.3	Tchaj-wan.....	150
6.2.1.2.6.2.4	Čína	150
6.2.1.2.6.2.5	Indie.....	150
6.2.1.2.6.2.6	Velká Británie.....	150
6.2.1.2.6.2.7	Německo.....	150
6.2.1.2.6.3	Obchodování.....	151
6.2.1.2.6.4	Cena.....	153
6.2.1.2.6.4.1	Nabídka a poptávka.....	153
6.2.1.2.6.4.2	Transport.....	155
6.2.1.3	Jádro	156
6.2.1.3.1	Jaderné elektrárny: historie.....	156
6.2.1.3.1.1	USA.....	159
6.2.1.3.1.2	Evropa	162
6.2.1.3.2	Základní principy fungování jaderné energie	163
6.2.1.3.3	Využití technologie výroby elektřiny.....	165
6.2.1.3.3.1	Charakteristiky reaktorů	166
6.2.1.3.3.2	Klasifikace reaktorů	166
6.2.1.3.3.2.1	Základní typy reaktorů (BWR, PWR)	166
6.2.1.3.3.2.2	Další typy reaktorů	168
6.2.1.3.3.2.3	Další klasifikace reaktorů.....	174
6.2.1.3.3.3	Palivový cyklus (uran).....	178
6.2.1.3.3.3.1	Těžba	178
6.2.1.3.3.3.2	Zpracování uranové rudy.....	179
6.2.1.3.3.3.3	Konverze	179
6.2.1.3.3.3.4	Obohacení přírodního uranu na zhruba 3–5 %.....	180
6.2.1.3.3.3.5	Ochuzení vysoce obohaceného uranu (HEU).....	185
6.2.1.3.3.3.6	Zpracování obohaceného uranu a výroba paliva	186
6.2.1.3.3.3.6.1	Palivové články pro tlakovodní reaktory (PWR)	187
6.2.1.3.3.3.6.2	Palivové články pro varné reaktory (BWR)	189
6.2.1.3.3.3.6.3	Palivové články pro reaktory využívající těžkou vodu (PHWR, Candu).....	190
6.2.1.3.3.3.6.4	Palivové články pro plynem chlazené reaktory (AGR)	191
6.2.1.3.3.3.6.5	Palivové články pro reaktory RBMK.....	191
6.2.1.3.3.3.6.6	Palivo vysokoteplotních reaktorů	191

6.2.1.3.3.3.6.7	Palivo ze smíšených oxidů (MOX)	192
6.2.1.3.4	Jaderné kontroverze: jaderný odpad a bezpečnost jaderných elektráren	194
6.2.1.3.4.1	Zpracování jaderného odpadu a vyhořelého paliva	194
6.2.1.3.4.2	Možnosti skladování a ukládání	196
6.2.1.3.4.3	Bezpečnost jaderných elektráren	198
6.2.1.3.5	Ekonomie jaderné energetiky	199
6.2.1.3.5.1	Výzvy spojené s projektem jaderné elektrárny	200
6.2.1.3.5.2	Ekonomie jaderné elektrárny	201
6.2.1.3.6	Uranový trh	204
6.2.1.3.6.1	Historie	204
6.2.1.3.6.2	Charakteristika	205
6.2.1.4	Výroba elektřiny z plynu	207
6.2.1.5	Obnovitelné zdroje energie	208
6.2.1.5.1	Hydroenergetika	208
6.2.1.5.1.1	Principy	208
6.2.1.5.1.2	Dělení vodních elektráren	211
6.2.1.5.1.3	Vodní energie ve světě	212
6.2.1.5.2,	Větrná energie	213
6.2.1.5.2.1	Principy	213
6.2.1.5.2.2	Technologie	214
6.2.1.5.2.3	Náklady	216
6.2.1.5.2.4	Větrná energie ve světě	217
6.2.1.5.3	Biomasa	218
6.2.1.5.3.1	Technologie	219
6.2.1.5.3.2	Využití	220
6.2.1.5.3.3	Biomasa ve světě	222
6.2.1.5.4	Solární energie	222
6.2.1.5.4.1	Solární vytápění	223
6.2.1.5.4.2	Solární chlazení	223
6.2.1.5.4.3	Výroba elektřiny	224
6.2.1.5.4.3.1	Koncentrované sluneční záření	224
6.2.1.5.4.3.2	Fotovoltaické systémy	225
6.2.1.5.4.3.2.1	Principy	225
6.2.1.5.4.3.2.2	Technologie a konstrukce	225
6.2.1.5.4.3.2.3	Náklady	228
6.2.1.5.4.4	Solární elektřina ve světě	229
6.2.1.5.5	Geotermální energie	229
6.2.1.5.5.1	Základní principy	230
6.2.1.5.5.2	Technologie	231
6.2.1.5.5.3	Získávání energie a energetická konverze	231
6.2.1.5.5.4	Geotermální energie ve světě	232
7.	Literatura	233
8.	Přílohy	248
8.1	Základy termodynamiky, entropie a maximální účinnost tepelného stroje	248
9.	Jmenný rejstřík	254

Seznam boxů

Box 1: Počátky ropného průmyslu v USA.....	27
Box 2: Význam štěpných procesů	66
Box 3: Ilustrace důsledků vysoké volatility cen.....	93
Box 4: Západní Evropa jako rozhraní komoditního trhu a trhu s indexovanými cenami	118
Box 5: Termodynamické zákony	123
Box 6: Elektřina	125
Box 7: Zákonitosti pohybu elektřiny	127
Box 8: Výpadky elektrického proudu	132
Box 9: Elektrárna Dětmarovice.....	140
Box 10: Jaderná elektrárna Dukovany (EDU)	172
Box 11: Reaktory III. a III+ generace	176
Box 12: Elektrárna Hrušovany nad Jevišovkou	226

Seznam tabulek

Tab. 1: Srovnání ekologické a neoklasické ekonomie	18
Tab. 2: Klasifikace tankerů dle Average Freight Rate Assessment (AFRA).....	40
Tab. 3: Klasifikace tankerů dle Flexible Market Scale	40
Tab. 4: Světová tankerová flotila dle vlastníků v roce 2009	41
Tab. 5: Průměrné spotové dopravné dle Worldscale sazebníku	44
Tab. 6: Dopravné surové ropy ve spotovém tankerovém transportu.....	44
Tab. 7: Průměrné denní dopravné v pronájmu lodí typu voyage charter.....	45
Tab. 8: Deset států s největší registrovanou flotilou lodí na světě.....	46
Tab. 9: Kapacitní klasifikace současné LNGC flotily (k lednu 2009)	53
Tab. 10: Klasifikace LNG flotily.....	54
Tab. 11: Expanze přebytkové kapacity volné pro flexibilní obchodování.....	55
Tab. 12: Produkční kapacita loděnic schopných vyrábět LNGV.....	55
Tab. 13: Vztah mezi průtokem a průměrem potrubí.....	59
Tab. 14: Teploty varu jednotlivých frakcí	63
Tab. 15: Držitelé největších zásob ropy v roce 2010	73
Tab. 16: Největší producenti a exportéři ropy v roce 2010	74
Tab. 17: Logika fungování komoditního kartelu	94
Tab. 18: Problém free-ridingu	95
Tab. 19: Hlavní faktory určující cenu ropy.....	96
Tab. 20: Obsah metanu v zemním plynu vybraných producentů.....	104
Tab. 21: Kdo je kdo na trhu s LNG.....	116
Tab. 22: Organizace evropského trhu s elektřinou	130
Tab. 23: Klasifikace uhlí dle obsahu vody a uhlíku.....	135
Tab. 24: Fáze těžebního projektu	136
Tab. 25: Struktura australské produkce.....	143
Tab. 26: Struktura indonéské produkce.....	144
Tab. 27: Struktura jihoafrické produkce.....	145
Tab. 28: Struktura ruské produkce.....	146
Tab. 29: Nejvýznamnější hráči na trhu s uhlím.....	151
Tab. 30: Srovnání energie dosažitelné z různých paliv.....	163

Tab. 31: Reaktory v provozu a ve výstavbě.....	173
Tab. 32: Typy reaktorů v provozu	174
Tab. 33: Reaktory IV. generace	178
Tab. 34: Těžba uranové rudy (t/rok).....	179
Tab. 35: Závody na konverzi uranu.....	180
Tab. 36: Podíly používaných obohacovacích metod ve světě	185
Tab. 37: Obohacovací závody ve světě	186
Tab. 38: Závody na výrobu paliva pro lehkovodní reaktory	192
Tab. 39: Závody na výrobu paliva smíšených oxidů (MOX)	193
Tab. 40: Závody na výrobu paliva těžkovodních reaktorů.....	193
Tab. 41: Investiční rizika jaderné energie	200
Tab. 42: Výroba a podíl na světové výrobě elektřiny z vody.....	212
Tab. 43: Rozdělení investičních nákladů větrných elektráren	217
Tab. 44: Výroba a podíl na světové výrobě větrné elektřiny.....	218
Tab. 45: Výtěžnost některých plodin.....	221
Tab. 46: Výroba a podíl na světové výrobě elektřiny z biomasy	222
Tab. 47: Výroba a podíl na světové výrobě sluneční elektřiny.....	229
Tab. 48: Výroba a podíl na světové výrobě geotermální elektřiny	232

Seznam obrázků

Obr. 1: Energetika v ekonomice dle ekologické ekonomie.....	15
Obr. 2: Percepce energetického sektoru	17
Obr. 3: Energetika v ekonomice dle neoklasické ekonomie	17
Obr. 4: Křivka HDI v závislosti na spotřebě energie.....	25
Obr. 5: Nárůst tankerové flotily v letech 1992–2012.....	47
Obr. 6: Schéma LNG zkapařovače	50
Obr. 7: Faktory napjatého EPC trhu.....	51
Obr. 8: Moss LNGV	52
Obr. 9: Prismatický design.....	52
Obr. 10: Schéma membránového tanku	53
Obr. 11: Membránový tank s čerpacím stožárem	53
Obr. 12: Atmosférická destilace ropy.....	64
Obr. 13: Základní rafinační procesy.....	65
Obr. 14: C6 izomery.....	66
Obr. 15: Štěpení.....	67
Obr. 16: Podíl ropy na světovém TPES (roky 1973 a 2010).....	71
Obr. 17: Poměr zásob k produkci v jednotlivých produkčních regionech	72
Obr. 18: Pavučinový model	92
Obr. 19: Srovnání struktury výroby elektřiny pro roky 1973 a 2007	126
Obr. 20: Dispečerské stanoviště ČEPS	131
Obr. 21: Rozmístění primárních regulačních záloh v jednotlivých regulačních oblastech soustavy UCTE (ENTSO-E)	133
Obr. 22: Kontinuální povrchová těžba v německém dole Garzweiler	137
Obr. 23: Elektrárna Dětmorovice	141
Obr. 24: FOB mezní náklady: hlubinné vs. povrchové doly	149
Obr. 25: Duální uhelný trh	151

Obr. 26: Vývoj ceny uhlí.....	153
Obr. 27: Cenové faktory konkurence uhlí a plynu v rámci současného severoamerického trhu (ceny v USD/MMBtu).....	154
Obr. 28: Kumulativní výkon a počet reaktorů v letech 1954 až 2011.....	157
Obr. 29 : Graf připojení a odstavení reaktorů v jednotlivých letech.....	158
Obr. 30: Reaktory ve výstavbě, 1954–2011	159
Obr. 31: Uran U-238 a U-235	165
Obr. 32: Schéma varného reaktoru	167
Obr. 33: Schéma tlakovodního reaktoru	168
Obr. 34: Schéma CANDU reaktoru.....	169
Obr. 35: Schéma reaktoru AGR	170
Obr. 36: Schéma reaktoru RBMK	171
Obr. 37: Dělení reaktorů dle vývoje konstrukce	174
Obr. 38: Schéma metody separační membrány (difuze).....	181
Obr. 39: Obohacovací závod Georges Besse I	182
Obr. 40: Obohacování pomocí centrifugy	183
Obr. 41: Vakuové trubusy s centrifugami v německém závodu Urenco	183
Obr. 42: Schéma metody separační trysky.....	184
Obr. 43: Schéma palivového článku se čtvercovým průřezem (Mitsubishi Nuclear Fuel).....	188
Obr. 44: Palivový článek s šestiúhelníkovým průřezem.....	188
Obr. 45: Palivové články pro tlakovodní reaktor.....	189
Obr. 46: Indické palivové články pro PHWR	190
Obr. 47: Palivový článek pro plynem chlazené reaktory (AGR)	191
Obr. 48: Chladicí nádrž pro použité palivo v recyklačním závodě Sellafield, Velká Británie.....	195
Obr. 49: Uranová ruda: těžba a poptávka	205
Obr. 50: Graf světové uranové těžby a poptávky	206
Obr. 51: Peltonova turbína	210
Obr. 52: Kaplanova turbína	210
Obr. 53: Francisova turbína	211
Obr. 54: Větrná turbína	215
Obr. 55: Výkon dle rychlosti větru.....	216
Obr. 56: Vývoj investičních nákladů 1982–2009.....	217
Obr. 57: Solární článek.....	227
Obr. 58: Propustnost materiálů	227
Obr. 59: Vrstvení článků.....	228
Obr. 60: Geotermální elektrárna.....	230
Obr. 61: PV diagram se znázorněním izotermy a adiabaty	249
Obr. 62: Carnotův cyklus.....	251
Obr. 63: Tepelný stroj.....	252