



Hospodárné využití a výroba energie vedoucí ke snižování zátěže životního prostředí

Česká energetická agentura 2005

Hospodárné využití a výroba energie vedoucí ke snižování zátěže životního prostředí

Publikace podává přehled o stávajících energetických zdrojích a nových směrech zajišťování dodávky tepla a elektrické energie, využití obnovitelných a netradičních zdrojů energie. Dále zahrnuje technická řešení vedoucí ke snižování spotřeby tepla pro vytápění, vliv na životní prostředí a možnosti využití finanční podpory při realizaci projektu.

Publikace je určena pro potřeby poradenských středisek EKIS a KEA, odborné pracovníky městských úřadů a pro vzdělávání studentů středních škol a žáků škol základních.



Publikaci zpracovali: **Doc. Ing. Karel Trnobranský, CSc.**
 Ing. Václav Kindl – odborný poradce
 Ing. Milan Hrdlička
 Soňa Koudelková
 (REA Kladno, s.r.o.)

Odborná korektura: **Prof. Ing. Karel Laboutka, CSc.**

Tato publikace byla realizována z finančních prostředků poskytnutých ČEA a za finanční spoluúčasti společnosti REA Kladno, s.r.o.

O b s a h

Úvod	1
1. Přehled roční spotřeby energie ve státech EU	2
2. Základní směry výroby elektrické energie a tepla	9
3. Nové směry výroby el. energie a tepla	18
3.1 Základy kombinované výroby tepla a el. energie - kogenerace	18
3.1.2 Kogenerační jednotka s protitlakou parní turbinou	19
3.1.3 Stanovení úspory vstupního paliva při kogeneraci	19
3.1.4 Plynová kogenerační jednotka se spalovacím motorem	22
3.1.5 Plynová kogenerační jednotka se spalovací turbinou	24
3.1.6 Volba typu a dimenzování kogeneračních zařízení	25
3.1.7 Plynové motory pro kogenerační jednotky	26
3.2 Tepelná čerpadla	29
3.3 Sluneční energie	40
3.4 Větrné elektrárny	53
3.5 Energetické využití biomasy	64
3.5.1 Biomasa	64
3.5.2 Chemické složení hořlaviny paliva	67
3.5.3 Druhy zařízení a jednotlivé komponenty	69
3.5.4 Základní energetická bilance	71
3.6 Palivové články	73
4. Výroba tepla a elektrické energie a její vliv na životní prostředí	81
4.1 Vliv jednotlivých druhů paliv na životní prostředí	82
4.2 Technické možnosti snižování emisí	85
4.2.1 Tuhé znečišťující látky	85
4.2.2 Snižování emise SO ₂	89
4.2.3 Snižování emise NO _x	90
4.2.4 Legislativní požadavky na snižování emisí	91
4.3 Vliv použitého způsobu výroby tepla a elektrické energie	91
4.4 Snižování emisí skleníkových plynů	93
4.4.1 Možnosti snižování emise CO ₂	93
4.4.2 Hlavní opatření vedoucí ke snižování emise CO ₂	94
5. Základní směry snižování spotřeby tepla pro vytápění	95
5.1. Zateplování objektů	95
5.2 Využití regulační techniky	113
5.3 Organizační opatření	123
6. Využití finanční podpory při realizaci projektů	125
7. Závěr	133
8. Použitá literatura	134
9. Vybrané realizované projekty – seznam a kontakty	136

Úvod

Vážení čtenáři, předložená publikace, kterou máte před sebou vznikla v rámci vzdělávací činnosti České energetické agentury (ČEA). Autoři publikace si kladli za hlavní cíl seznámit širokou veřejnost s možnostmi snižování spotřeby energie (tepla a elektrické energie) jak u výrobních energetických zdrojů tak u konečného spotřebitele.

Zásoby fosilních paliv nejsou nekonečné a proto je jejich čerpání nutno omezovat na nejnížší možnou míru. Snižování spotřeby energie úzce souvisí i s ochranou životního prostředí. Úspora paliva snižuje emise škodlivých látek do ovzduší, což se v další fázi projeví snížením nemocnosti, snížením emise plyných látek, které způsobují tak zvaný *skleníkový efekt Země* atd.

Věcný obsah předkládané publikace plně koresponduje i se zákonem č. 406/2000 Sb. – *Zákon o hospodaření energií* . Předmětem tohoto zákona je stanovení práv a povinností fyzických a právnických osob při nakládání s energií, zejména elektrickou a tepelnou. Dále se jedná o hospodaření s plynem a dalšími palivy. Zákon přispívá k šetrnému využívání přírodních zdrojů a ochraně životního prostředí v České republice, ke zvyšování hospodárnosti užití energie, konkurenceschopnosti, spolehlivosti při zásobování energií a k trvale udržitelnému rozvoji společnosti.

S ohledem na význam nutnosti realizovat opatření na úsporu paliv a energie je nutno zvýšit i osvětovou činnost již od žáků základních škol. Z těchto důvodů proto volili autoři i populárnější formu výkladu dané problematiky.

Dostatečná pozornost je v publikaci věnována i obnovitelným a netradičním zdrojům energie, včetně uvedení nových směrů ve výrobě tepla a elektrické energie. V publikaci najdou potřebné informace z oblasti snižování spotřeby tepla pro vytápění jak majitelé rodinných domů , tak objektů , které podléhají povinnosti zpracování energetického auditu.

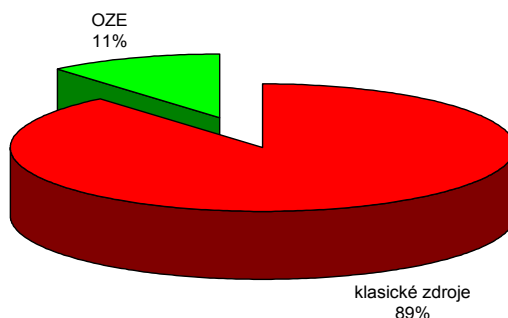
Protože realizace úsporných opatření není vždy pouze beznákladová, uvádí publikace i přehled možností pro využití finanční podpory při realizaci projektů jak z tuzemských tak zahraničních zdrojů.

1. Přehled roční spotřeby energie ve státech EU

Prioritním cílem politiky Evropské unie v oblasti energetiky je zabezpečení dodávek energií pro všechny spotřebitele za dostupné ceny při respektování životního prostředí. EU podporuje zdravou konkurenci na evropském energetickém trhu. Klade důraz na přechod energetické politiky zaměřené především na stranu dodávek k politice soustředěné na řízení poptávky, tj. změnu chování spotřebitele.

Evropská unie má v současné době 25 členských států (EU 25) a přibližně 457 miliónů obyvatel. údaje o současné roční spotřebě energií vychází z předpokladů původních 15-ti členských států (EU 15) extrapolovaných na státy nové. Celková evropská spotřeba EU 15 je cca 61 139 PJ a EU 25 cca 70 800 PJ. Odhaduje se, že spotřeba energie v EU je přibližně o 20% vyšší než je ekonomicky opodstatněné. Existuje tedy velký potenciál úspor, který je dosud nevyužitý. Evropská komise jej odhaduje na ekvivalent více než 200 miliónů tun ropy ročně. Předpokládá se, že jejich hodnota dosahuje 5 až 10 miliard eur ročně a navíc se jedná o projekty vyžadující intenzivní zapojení pracovních sil, jako jsou například rekonstrukce budov. Energetická směrnice o efektivním využití energie a energetických službách obsahuje mechanismus k odstranění bariér znemožňujících plný vývoj funkčního a konkurence schopného trhu s energetickými úspornými opatřeními. Předpokládá se (zejména zpočátku) využívání formy dotací a vládních programů. Konkrétním cílem pro členské státy EU je průměrné snížení (úspora) spotřeby energie ve výši alespoň 1% energie ročně. Do roku 2012 by se tak ve srovnání s rokem 2006 měla spotřeba energie snížit přibližně o 6%. Veřejný sektor by měl jít navíc příkladem - s roční úsporou ve výši alespoň 1,5%. Směrnice vyžaduje, aby dodavatelé energie aktivně poskytovali také služby vedoucí k úsporám energie, respektive nabízeli energetické audity. Vysokou prioritou v programech EU má zvýšení podílu využití obnovitelných zdrojů energie (OZE). V legislativě je zakotven ukazatel podílu na celkové spotřebě energie do roku 2010 ve výši 11%, což představuje při současné výši energetické spotřeby cca 7 800 PJ a roční spotřeby energie (pro srovnání toto množství energie představuje 4,7 násobek celkové roční spotřeby ČR). Cílem EU roku 2010 razantně zvýšit podíl OZE na celkové spotřebě energií.

Podíl OZE na celkové spotřebě energií -cíl EU 2010.



K naplnění strategie hospodářského růstu naší země je rozvoj ekonomiky. Klíčovým sektorem ekonomiky je energetika. Aby průmysl a ekonomika byly efektivní potřebují bezpečné a relativně levné zdroje energie. Spotřeba energie roste. Energetický průmysl potřebuje nejen nové zdroje, ale i nové technologie, modernizaci zařízení a inovace. Energetická politika počítá s výstavbou jak klasických energetických zdrojů, tak klade důraz na hledání alternativních zdrojů a inovací v technologii jejich využívání. Ve vládním materiálu schváleném v roce 2005 "Dlouhodobé základní směry výzkumu" je kladen důraz na směry a oblasti výzkumu s největším přínosem pro ekonomiku ČR. Bylo stanoveno 7 prioritních oblastí výzkumu. Jedním z nich jsou energetické zdroje (dlouhodobě udržitelné zajištění energetických zdrojů). Cílem výzkumného směru "Energetické zdroje" je vytvořit předpoklady pro trvale užitelné, spolehlivé a ekonomicky udržitelné zajištění ekonomických zdrojů pro ČR.

Hlavními směry jsou:

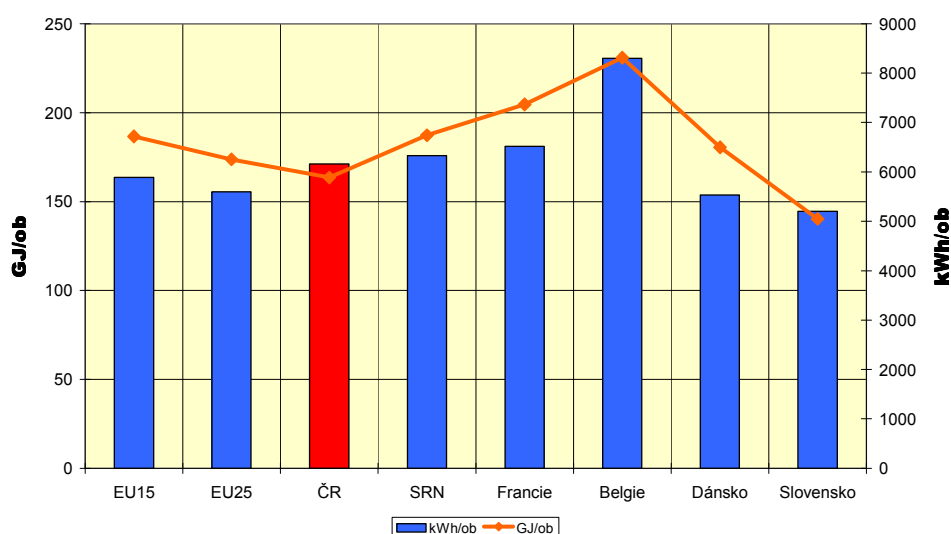
- bezpečný a spolehlivý provoz jaderných elektráren
- výzkum nových fosilních paliv
- využití biomasy
- širší využití obnovitelných zdrojů energie pro geoklimatické a biogenní podmínky ČR
- výzkum vodíkového hospodářství a využití vodíku v paliv. člancích, nebo spalovacích motorech
- výzkum jaderné fúze
- výzkum zaměřený na zajištění úspor energie v celém technologickém řetězci od výroby po spotřebu

Mezinárodní porovnání parametrů energetického hospodářství ČR

Porovnání spotřeby energie na obyvatele (2002)

ukazatel	jedn.	EU15	EU25	ČR	SRN	Francie	Belgie	Dánsko	Slovensko
Spotřeba PEZ	GJ/obyv.	163,6	155,5	171,1	175,8	181,1	230,6	153	144,4
Spot.el.(btto)	kWh/obyv.	67,9	6252	5886	6742	7366	8315	6500	5048

Porovnání spotřeby energie na obyvatele.



ČR je ve spotřebě PEZ na hlavu v zásadě srovnatelná s průměrem EU 15 převyšuje však průměr EU 25. Ve spotřebě elektřiny je pod průměrem za obě ekonomická seskupení. Relace se udržují již po několik let na přibližně stejné úrovni. Pro ČR je nepříznivé porovnání ukazatelů měrných emisí CO₂ se zeměmi EU. Dle ukazatele měrných emisí CO₂ na obyvatele je ČR v rámci EU třetí nejhorší v porovnání na spotřebu PEZ. V relaci na HDP (hrubý domácí produkt) druhá nejhorší. Je to důsledek vysokého zastoupení uhlíkatých paliv ve spotřebě zdrojů energie a v případě relace k HDP rovněž nulový vliv jeho nízké tvorby.

Porovnání spotřeby energie na obyvatele (ČR a vybrané země), rok 2002

Ukazatel	Jednotka	EU15	EU25	ČR	SRN	Francie	Belgie	Dánsko	Slovensko
Spotřeba PEZ	GJ/obyv.	163,6	155,5	171,1	175,8	181,1	230,6	153,7	144,4
Spotřeba elektřiny (bto)	kWh/obyv.	6 719	6 252	5 886	6 742	7 366	8 315	6 500	5 048

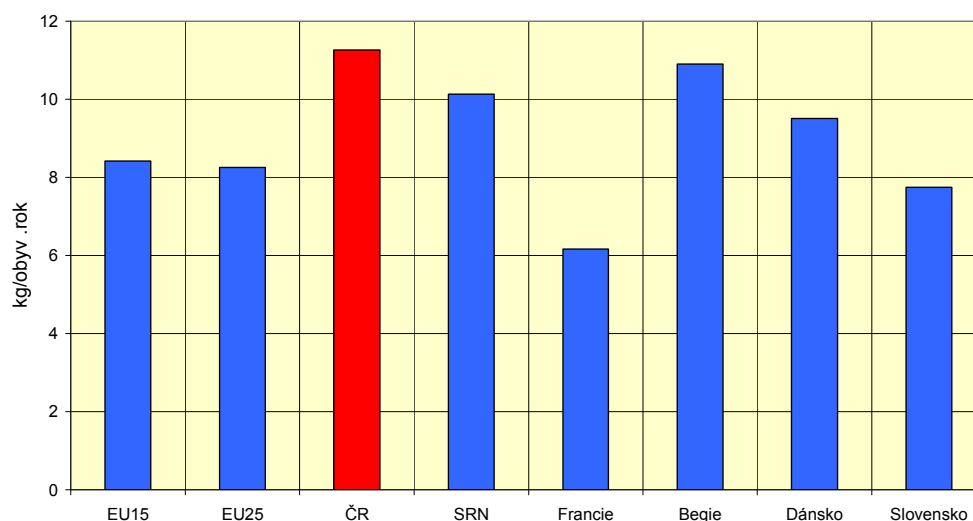
Zdroj: Key World Energy Statistics, IEA 2004

Porovnání kvalitativních parametrů energetického hospodářství (vybrané země), 2002

Ukazatel	Jednotka	EU15	EU25	ČR	SRN	Francie	Belgie	Dánsko	Slovensko
TSPEZ/HDP (PPP)	GJ/1000 USD 95	7,125	7,413	12,601	7,482	7,662	9,365	5,948	13,756
EE/HDP (PPP)	kWh/1000 USD 95	293	298	434	287	311	337	251	481
CO ₂ /obyvatele	t/obyv.	8,41	8,25	11,26	10,15	6,16	10,90	9,51	7,74
CO ₂ /PEZ	kg/GJ	51,43	53,0	65,81	57,76	33,87	47,25	61,88	48,79
CO ₂ /HDP (PPP)	t/1000 USD 95	0,366	0,393	0,829	0,432	0,260	0,443	0,368	0,479

Zdroj: Key World Energy Statistics, IEA 2004

Porovnání produkce CO₂ na obyvatele některých zemí EU.



Plnění priorit a indikativních cílů Státní energetické koncepce (SEK) do roku 2030:

- průměrné roční tempo poklesu energ. náročnosti tvorby HDP, které činí v období do roku 2005 - 4,77% by se mělo v uvedeném prognostickém období pohybovat na úrovni 3,22%
- průměrné roční tempo poklesu elektro-energetické náročnosti tvorby HDP 2,35%
- dovozní energetická náročnost vzroste ze současných 41,2% na 42,3 v roce 2010 a 57,8% v roce 2030
- podíl výroby elektřiny z OZE bude do roku 2010 mírně překročen
- podíl OZE v tuzemské spotřebě primárních zdrojů, který činí v současné době 5,4% vzroste do roku 2030 na 15,8%
- závazné emisní stropy v roce 2010 nebudou překročeny
- emise CO₂ poklesnou za 30 roků na 97 mil. t/rok (o 30%)

Struktura spotřeby energetických primárních zdrojů

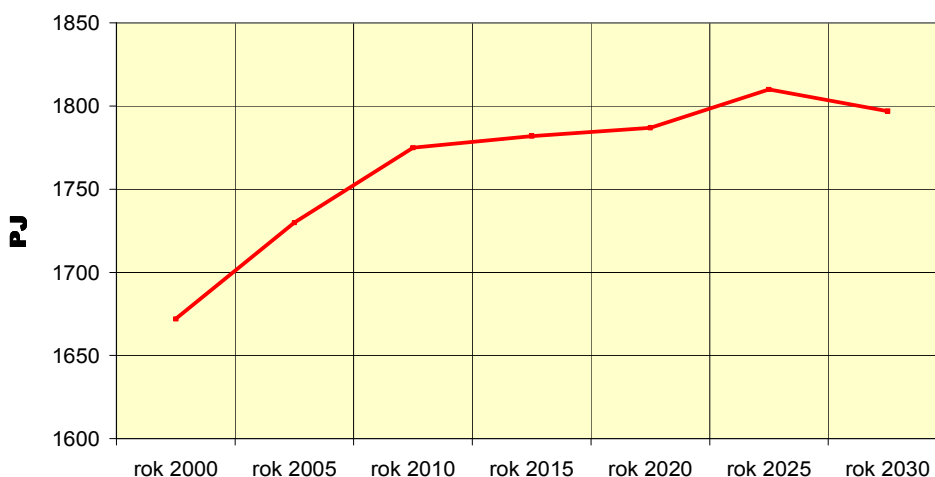
paliva	rok 2000 %	rok 2005 %	rok 2030 %
tuhá paliva	52,4	42,5	30,5
- HU	36,6	29,3	20,8
- ČU	15,8	13,2	9,7
plynná paliva	18,9	21,6	20,6
kapalná paliva	18,6	15,7	11,9
jaderné palivo	8,9	16,5	20,9
obnovitelné zdroje	2,6	5,4	15,7

Z uvedeného přehledu vyplývá:

- snižování podílu tuhých a kapalných paliv
- zvýšení podílu paliv plyných a jaderného paliva
- razantní zvýšení podílu obnovitelných zdrojů energie

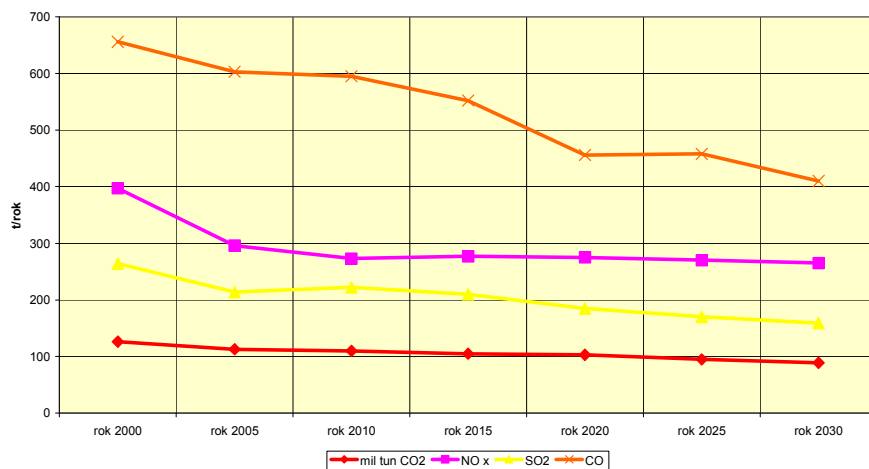
Změna struktury spotřeby primárních paliv se projeví velice příznivě ve vývoji emisí. Dojde prakticky k poklesu všech škodlivých emisí a produkce skleníkových plynů. Pravděpodobný vývoj spotřeby prvotních energetických zdrojů

Pravděpodobná výše spotřeby prvotních zdrojů energie.



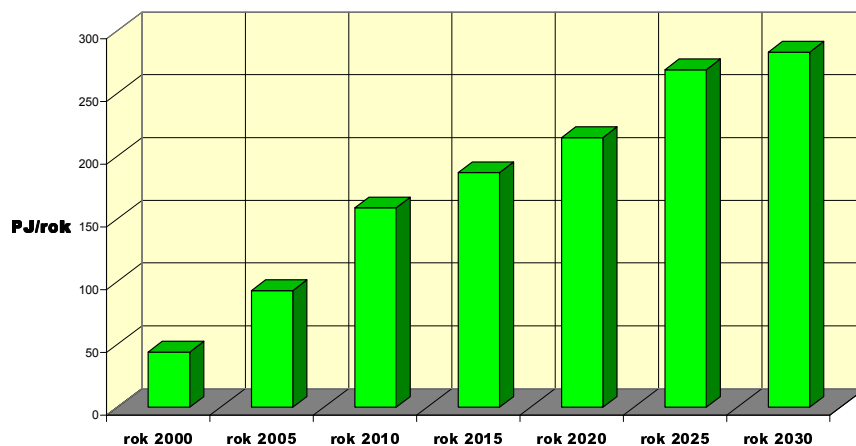
Prognóza vývoje emisí dokumentuje výše uváděné skutečnosti

Prognóza vývoje emisí-ČR.



Důležitým cílem je zvyšování podílu obnovitelných zdrojů na celkové spotřebě energií v ČR

Vývoj využití obnovitelných zdrojů energie /OZE/.



Kvantifikace OZE v ČR

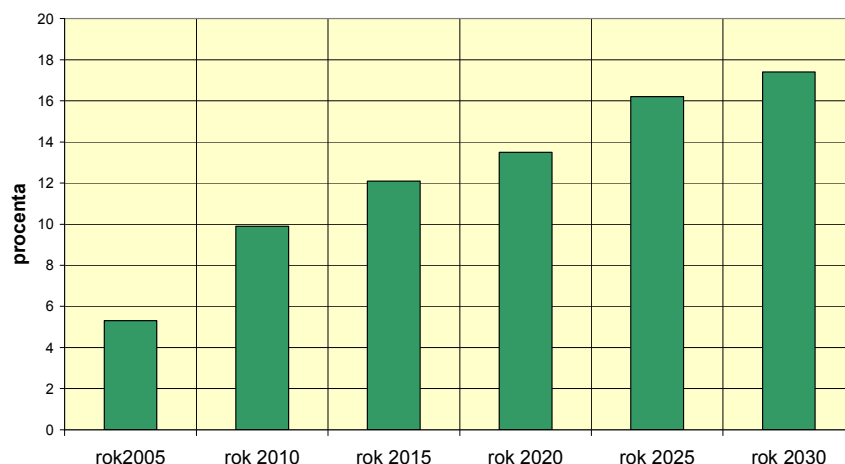
Porovnání stávajícího využití OZE, dostupného a ekonomického potenciálu - vize do roku 2010.

	stav 2000	dostupný potenciál	ekonomický potenciál
biomasa	21,1	83,7	50,9
solární tepelné systémy	0,356	11,5	4,0
fotovoltaické systémy	0,0001	0,1	0,1
vodní elektrárny			
- velké	5,664	5,7	5,7
- malé	2,448	4,1	2,93
větrné elektrárny	0,018	4,0	0,1
tepelná čerpadla	2,8	8,8	2,5
odpady	0,976	3,7	1,52
geotermální energie	0,105	0,105	0,105
CELKEM	33,46	121	67,5

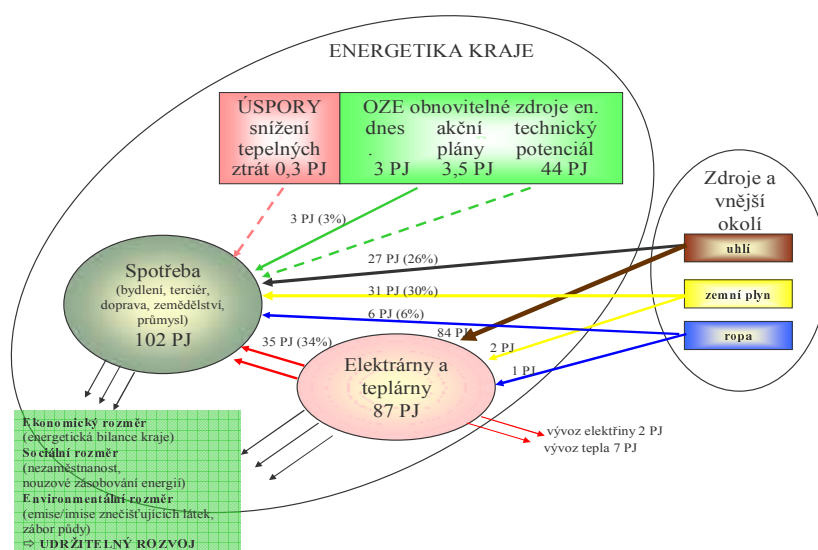
Podíl OZE na celkové výrobě elektřiny prognózovaný Státní energetickou koncepcí.

	2005	2010	2015	2020	2025	2030
výroba el.z OZE TWh	4,16	8,17	9,84	11,58	14,2	15,06
Podíl na celkové výrobě el. %	5,3	9,9	12,1	13,5	16,2	17,4

Podíl OZE na celkové výrobě elektřiny /prognóza SEK/.



Na podporu Státní energetické koncepce (SEK) ukládá zákon č. 406/ 2000 Sb. Zpracování energetických koncepcí (kromě jiných oblastí) krajů. Územní energetická koncepce kraje vychází z SEK a obsahuje cíle a principy řešení energetického hospodářství na úrovni kraje. Vytváří podmínky pro hospodárné nakládání s energií v souladu s potřebami hospodářského a společenského rozvoje včetně ochrany životního prostředí a šetrného nakládání s přírodními zdroji energie (podrobný obsah je uveden v nařízení vlády ČR č.195/ 2001 Sb. pro Středočeský kraj byla zpracována ÚEK v letech 2003-2004. Grafické vyjádření celého systému energie energetiky kraje je uvedeno v následujícím obrázku



Byla věnována pozornost následujícím oblastem:

1. vnějším podmínkám ovlivňujícím energetické hospodářství kraje
2. předpokládané poptávce po energii v kraji
3. možnostem zdrojů paliv a energie a způsobům nakládání s nimi
4. možnosti využití potenciálu obnovitelných zdrojů energie
5. ekonomickým podmínkám uvažovaných úspor energie

Na podporu cílů ÚEK byl přijat souhrn opatření pro snížení spotřeby paliv a energie a zvýšení podílu OZE na energetickém systému kraje.

INDEX	PROGRAM - VARIANTA/ CHARAKTERISTIKA
V1	Energetické využívání biomasy. Energetické využívání biomasy rozvíjí malé a střední podnikání v oblasti výroby a dodávky biopaliv. V zemědělství vytváří prostor pro produkci nepotravinářské výroby energetické a technické biomasy. Program je příznivě hodnocen podle kritéria využívání potenciálu zemědělské a lesní půdy. Stávající stav využívání na území SČK činí 800 [TJ/rok]; reálný cíl pro rok 2020 je 12 000 [TJ/rok] a 350 [GWh/rok].
V2	Energetické využívání bioplynu. Jde o využívání bioplynu z obnovitelných zdrojů typu kejda, hnůj, biomasa, biologicky rozložitelný komunální odpad (BRKO) a biologicky rozložitelný průmyslový odpad (BRPO). Stávající stav využívání na území SČK činí 7,2 [TJ/rok] a 6,1 [GWh/rok]; reálný cíl pro rok 2020 je 1 200 [TJ/rok] a 60 [GWh/rok].
V3	Využívání termosolárních systémů s akumulací tepla. Instalace solárních kolektorů na střechy rodinných domů a budov pro přípravu teplé užitkové vody a vytápění rozvíjí malé a střední podnikání a snižuje provozní náklady na bydlení a užívání budov. Termosolární systémy nespoří pouze energii, nýbrž také prodlužují životnost pláště budovy, neboť budova je temperována sluneční energií i když není užívána, tj. v době nepřítomnosti osob. Program bude garantován podporou SFŽP v rámci kampaně „solarifikace obcí“ (finanční podpora státu ve prospěch investora). Stávající stav využívání na území SČK činí 7 [TJ/rok]; reálný cíl pro rok 2020 je 700 [TJ/rok].
V4	Využívání energie slunce – výroba elektřiny (fotovoltaika). Výroba elektřiny ve fotovoltaických slunečních elektrárnách je environmentálně šetrná a umožňuje užití elektřiny nezávisle na elektrizační soustavě. Solární energii nelze využít jako samostatný zdroj, vždy je nutný zdroj doplňkový. Stávající stav využívání na území SČK činí 0,027 [GWh/rok]; reálný cíl pro rok 2020 je 5 [GWh/rok].
V5	Využívání geotermální energie (tepelná čerpadla). Tepelná čerpadla využívají obnovitelný zdroj energie a přispívají ke snižování energetické náročnosti. Počáteční investiční náklady jsou značně vysoké. Stávající stav využívání na území SČK činí 43 [TJ/rok]; reálný cíl pro rok 2020 je 700 [TJ/rok].
V6	Využívání energie malé vody (malé vodní elektrárny do 10 MW). Výroba elektřiny v malých vodních elektrárnách je environmentálně šetrná a umožňuje užití elektřiny nezávisle na elektrizační soustavě. Program je problematický podle kritéria vlivu na změny hydrolog. charakteristik území. Stávající stav využívání na území SČK činí 140 [GWh/rok]; reálný cíl pro rok 2020 je 210 [GWh/rok].
V7	Využívání energie větru (větrné elektrárny). Výroba elektřiny ve větrných elektrárnách je podmíněně environmentálně šetrná a umožňuje užití elektřiny nezávisle na elektrizační soustavě. Program je hodnocen negativně podle kritéria vlivu na estetickou hodnotu životního prostředí. Stávající stav využívání na území SČK činí 0,05 [GWh/rok]; reálný cíl pro rok 2020 je 15 [GWh/rok].
V8	Snižování měrné spotřeby pro vytápění budov (snižování tepelných ztrát při obnově bytového fondu). Sanace stávajících rodinných domů a budov včetně zateplování rozvíjí malé a střední podnikání a snižuje provozní náklady na bydlení a užívání budov. Tepelné izolace a termosolární systémy nespoří pouze energii, nýbrž také prodlužují životnost pláště budovy. Program zvyšuje nároky na ostatní surovinové zdroje (technologie zateplování, izolační materiály aj.).
V9	Výstavba pasivních domů (dosazení nízkých tepelných ztrát u nových budov). Pasivní dům je takový, který v podstatě nevyžaduje dodávky energie (zejména tepla) z vnějších zdrojů. Výstavba pasivních rodinných domů a budov rozvíjí malé a střední podnikání a snižuje provozní náklady na bydlení a užívání budov. Program zvyšuje nároky na ostatní surovinové zdroje (technologie zateplování, izolační materiály aj.).
V10	Společná výroba tepla a elektřiny (kogenerace, teplárenství). Instalace společné výroby tepla a elektřiny rozvíjí malé a střední podnikání a snižuje provozní náklady na užívání budov (OZE).
V11	Rekuperace tepla (recyklace tepla z odpadního vzduchu a vody). Instalace rekuperačních technologií a využití odpadního tepla rozvíjí malé a střední podnikání a snižuje provozní náklady na užívání budov.

2. Základní směry výroby elektrické energie a tepla

Energetické systémy vyrábějící teplo a elektřinu je možno rozdělit následovně:

Kotelna

- Je energetickým zdrojem kdy se spaluje palivo, a tím se uvolňuje energie pro další využití

Výtopna

- Pokud se v kotelně z uvolněné energie získává jen teplo jedná se o výtopnu

Teplárna

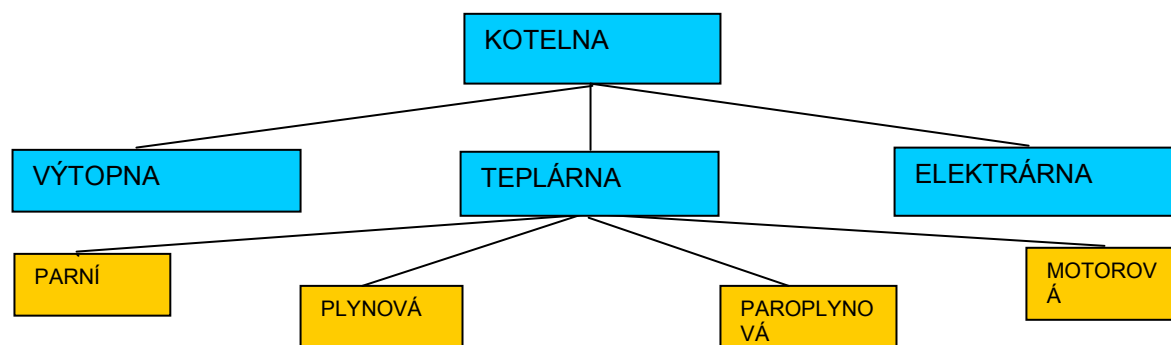
- Pokud se z uvolněné energie získává teplo pro vytápění a elektřinu, jedná se o teplárnu. Jde tedy o kombinovanou výrobu tepla a elektřiny (KVET)

Toto KVET může být:

- parní
- plynová
- paroplynová
- motorová

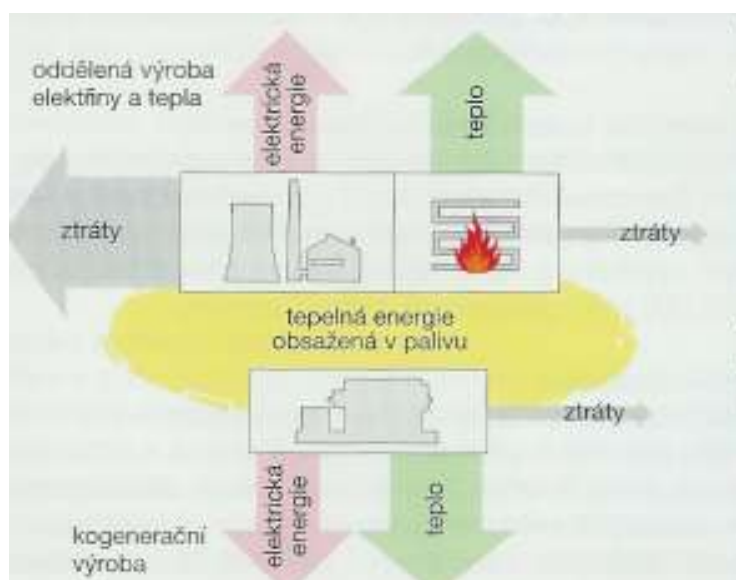
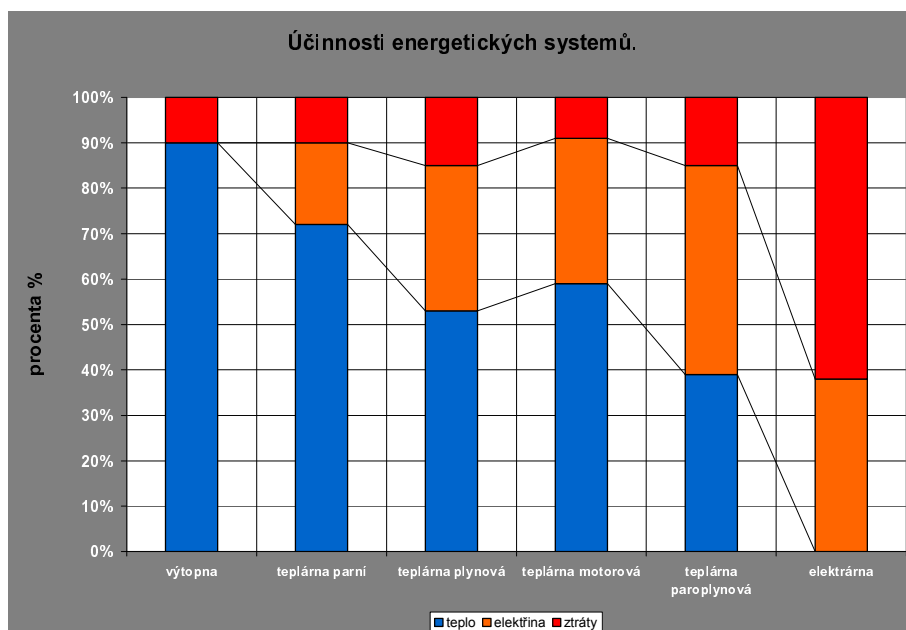
Elektrárna

- Prioritou je výroba elektřiny. Z uvolněného tepla se vyrábí pouze elektrická energie



Účinnosti jednotlivých energetických systémů

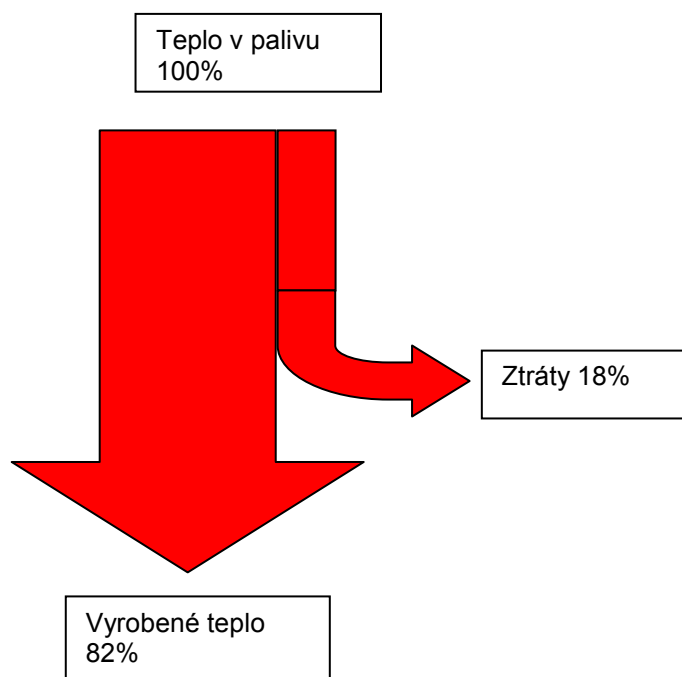
systém	teplo %	elektřina %	ztráty %
výtopna	90	0	10
teplárna parní	72	18	10
teplárna plynov.	53	32	15
teplárna motorová	59	32	9
teplárna paroplynová	39	46	15
elektrárna	0	38	62



Základem výtopem tepláren, elektráren je zdroj výroby páry, tedy *kotelna*. V kotelně se přeměňuje chemická energie paliva (palivo může být pevné, kapalné, plynné) v teplo (u výtopen v teplou vodu - teplovodní systém horkou vodou - horkovodní systém nebo páru, která v dalším cyklu pohání parní turbinu). Energetická účinnost kotlů se pohybuje většinou v rozmezí 80 - 95%, a to dle typu kotle, velikostí a provozního režimu.

Typickými ztrátami kotle na tuhá paliva jsou:

- ztráta v tuhých zbytcích 2-5%
- ztráta chemickým nedopalem (CO) 0,2-1,5%
- ztráta sáláním a vedením 2-4%
- ztráta citelným teplem spalin (ztráta komínová) 4-15%

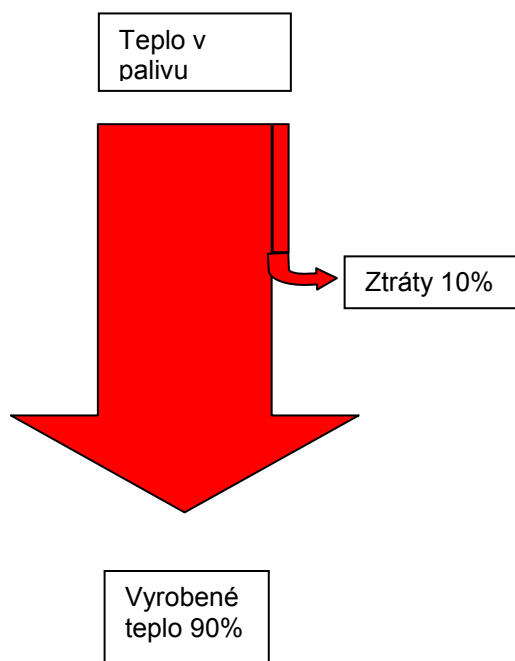


Typickými ztrátami kotlů na plynná paliva jsou:

- ztráta chemickým nedopalem (CO) 0,5%
- ztráta sáláním a vedením 1,5-3%
- ztráta citelným teplem spalin (ztráta komínová) 5-8%

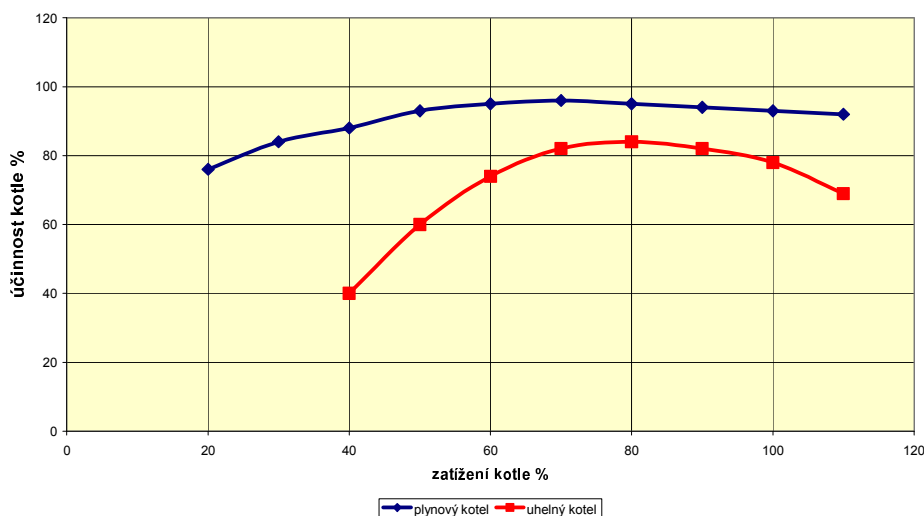
Poznámka:

Uvedené hodnoty jsou odpovídající pro běžné typy kotlů a neobsahují například kondenzační kotle.



V dalším grafu je uvedeno porovnání typických charakteristik uhelných a plynových kotlů (účinnosti v závislosti na zatížení kotle)

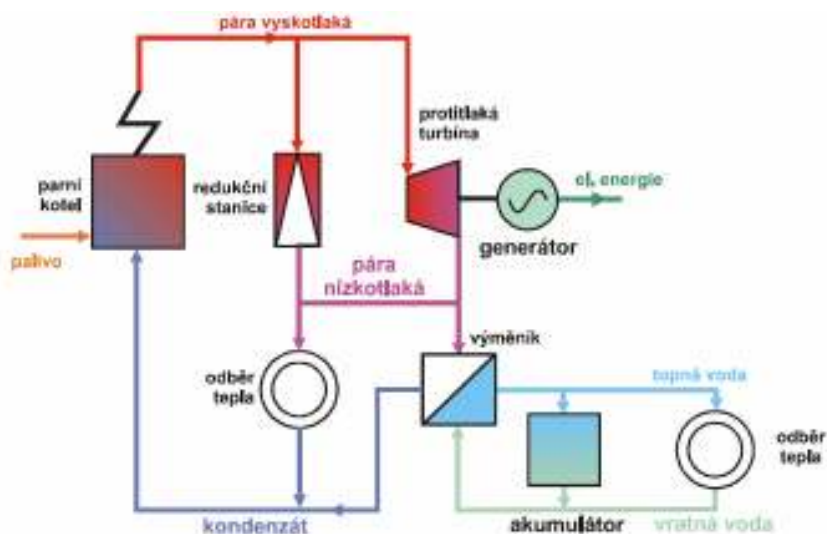
Typická charakteristika uhelných a plynových kotlů.



Teplárna

Parní teplárenský zdroj přichází v úvahu u tepelných zdrojů o vyšších výkonech s parními kotli. Dodávku tepla do soustavy napojené na zdroj pak může být prováděna parou, nebo horkou (teplou) vodou. Jedná se o klasický parní (Rankin-Clausiusův) cyklus. Tedy o výrobu páry v kotlích a výrobu elektrické energie v parní obvykle protitlaké turbíně a generátoru elektrické energie. Do turbíny je přiváděna pára, která je vyrobena v kotelně z libovolného paliva. Pára je po expanzi v turbíně odváděna o nižším tlaku pro využití tepla ve spotřebitelském okruhu. Celková účinnost využití energie obsažené v primárním palivu je cca 80%. Parní kombinovanou výrobu elektrické energie a tepla (KVET), respektive soustrojí s protitlakou turbínou je možno instalovat tam, kde je tlak páry parního přiváděče vyšší, než požadovaný tlak páry ve spotřebičích. Pak je možno instalovat soustrojí s protitlakou turbínou paralelně k redukční stanici, jako tzv. točivou parní redukci.

Uvedené zapojení je v následujícím schématu.

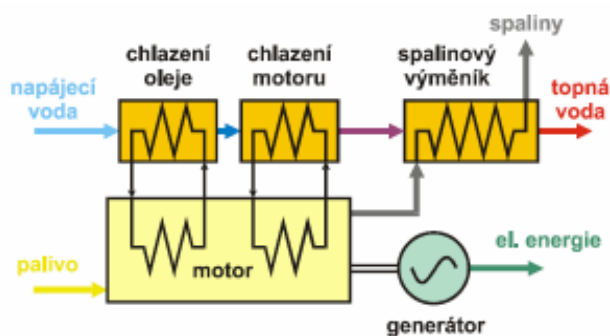


Jinou možností jsou parní kotle dimenzované na nízký odběrový tlak páry a kotle doplnit protitlakým parním soustrojím.

Motorové jednotky

Motorové jednotky s pístovými spalovacími motory jsou v současné době nejčastěji použitelným technickým řešením kombinované výroby elektřiny a tepla. Jednotka se spalovacím motorem se skládá ze zážehového spalovacího motoru pohánějícího přímo generátor elektrické energie, a z tepelných výměníků pro využití odpadního tepla ze spalin na výstupu ze spalovacího motoru. Palivem pro spalovací motor může být zemní plyn, nebo jiná plynná paliva (bioplyn, kalový plyn, eventuálně plyn získaný zplyňováním biomasy). Motory mají obvykle dmychadlo pro vhánění palivové směsi do válců pod tlakem. Pohon dmychadla obstarává plynová turbína poháněná výfukovými plyny z motoru. Elektrický generátor je vybaven všemi prostředky automatizace provozu zajišťujícími připojení respektive odpojení elektrické sítě. Celé soustrojí je plně automatizováno a vyžaduje minimální obsluhu. teplo pro dodávku do vytápěcího systému je získáváno chlazením motoru a ochlazováním výfukových plynů. Z motoru je teplo odváděno pomocí dvou tepelných výměníků na dvou teplotních úrovních. První výměník odvádí teplo z bloku motoru a z oleje, druhý odvádí teplo z odcházejících výfukových plynů.

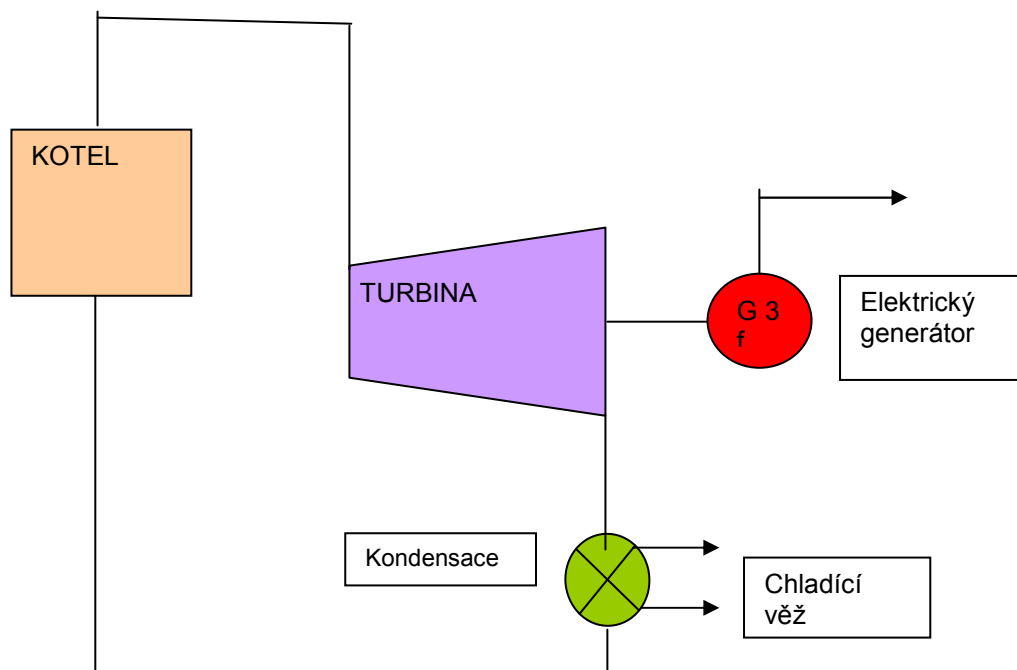
Schéma zapojení motorové jednotky je na následujícím obrázku.



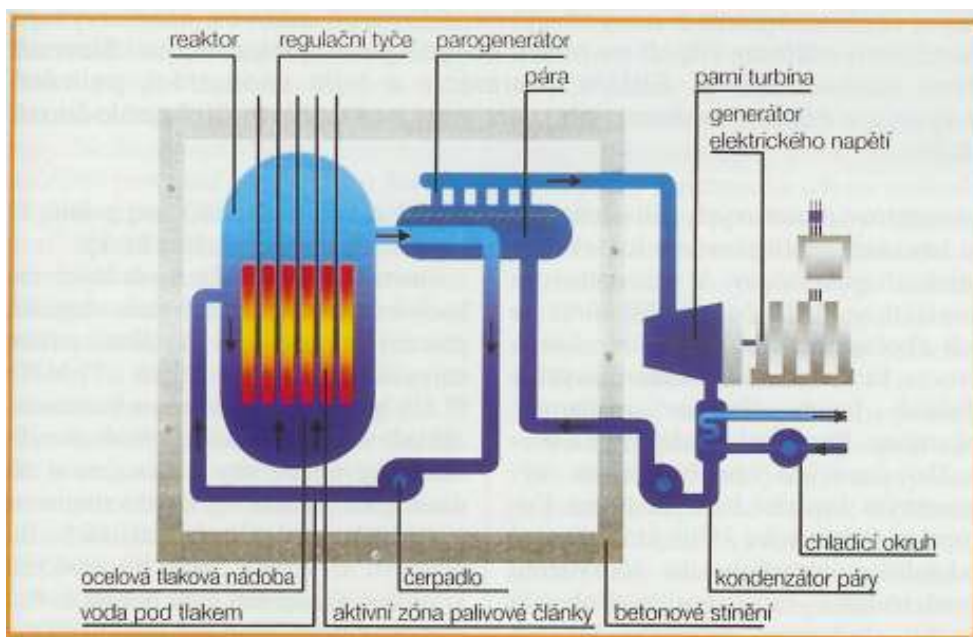
Elektrárna

Uhlí se do elektrárny dopravuje pásovými dopravníky (v některých případech přímo z povrchových dolů v sousedství), popřípadě po železnici. Spotřeba uhlí závisí na jeho výhřevnosti. Na jednu vyrobenou MWh se spálí cca 1 tuna uhlí. Po rozemletí na uhelný prach a po jeho vysušení je pak palivo ventilátory společně se vzduchem vháněno do hořáku kotle. Kromě roštových a práškových ohnišť se používají i moderní fluidní kotle se spalováním ve vzhledu. tj. v cirkulujícím loži. Hoření je zde rychlé, regulovatelné, s vysokou účinností spalování. Po shoření paliva padá část popela do spodního prostoru ohniště, jako struska, ta se dopravuje na uložení odpadu. Část popela, která je v podobě jemných částic uložena ve spalinách se zachycuje v odlučovačích. Prakticky ve všech českých tepelných elektrárnách spalujících uhlí je instalováno i zařízení, které ze spalin odděluje oxidy síry a dusíku. Do kotle je napájecími čerpadly dodávána chemicky upravená napájecí voda. Nejprve se přehřívá v ekonomizeru, poté vstupuje do výparníku, kde se mění v páru. Vzniká sytá pára, která je dále ohřívána spalinami v přihlívačích na teplotu dosahující až 550°C. Tato tzv. ostrá pára proudí do turbíny. Pára svou vnitřní energii předává nejdříve ve vysokotlakém, poté v nízkotlakém díle parní turbíny, kterou roztáčí. Pro vyšší účinnost se pára po průchodu části turbíny vede zpět do kotle k tzv. mezipřihřátí, při kterém se opět zvýší teplota, a pak znovu zavede do střednětlaké a nízkotlaké části turbíny. Poté co pára odevzdá využitelnou energii kondenzuje v kondenzátoru a vrací se zpět do kotle. Odebrané teplo se ve vnějším okruhu odvádí z elektrárny například do řeky, nebo prostřednictvím chladících věží do ovzduší.

Idealizované schéma parní elektrárny je uvedeno na následujícím obrázku.



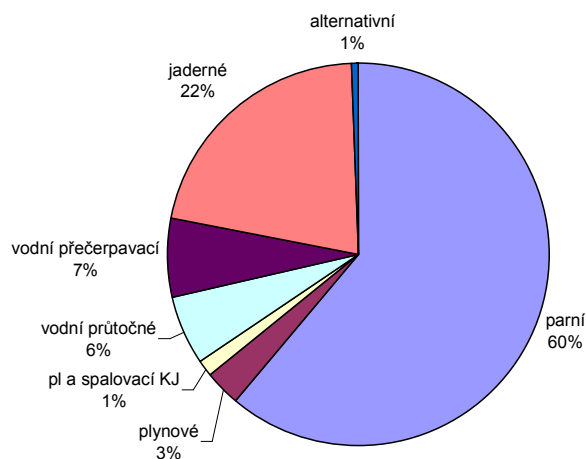
Česká republika, respektive Československá republika zahájila v 70-tých letech svůj "Jaderný program" výstavbou jaderných elektráren. V současné době je výkon jaderných elektráren v ČR 3760 MW, což představuje cca 22% celkového instalovaného výkonu v elektrizační soustavě. V jaderné elektrárně, velice zjednodušeně řečeno, zastává funkci klasického kotle vyrábějícího páru jaderný reaktor ve kterém se z jaderného paliva štěpením uvolňuje tepelná energie, která v parním generátoru vyrábí páru.



Instalovaný výkon zdrojů na výrobu elektřiny v ES ČR (stav k 30.6.2005)

typ elektráren	instalovaný výkon/ MW
parní	10640,06
plynová	573,72
plynové a spalovací	215,62
vodní průtočné	1019,05
vodní přečerpávací	1145,00
jaderné	3760,00
jiné-alternativní	26,43
CELKEM	17379,88

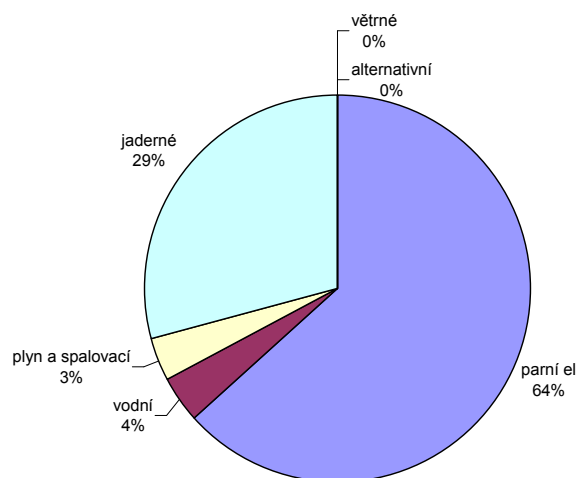
Struktura instalovaného výkonu zdrojů na výrobu elektřiny v ES ČR - červen 2005.



Dominantní podíl na instalovaném výkonu tvoří parní elektrárny, a to elektrárny klasické - uhelné. Jaderné elektrárny svým instalovaným výkonem 3760 MW následují. Podíl jednotlivých typů zdrojů výroby elektřiny na celkové republikové výrobě.

typ elektráren	roční výroba elektřiny/ GWh
parní	53346
plynová a spalovací	2916
vodní	3262
jaderné	24632
alternativní OZE	44
CELKEM	84200

Bilance vyrobené elektřiny-rok 2004.



Elektrizační soustava ČR a její zdroje

bilance výroby elektrické energie (údaje z roku 2004)		
brutto výroba elektřiny	84200	GWh
vlastní spotřeba na výrobu elektřiny celkem	6300	GWh
výroba elektřiny netto	77900	GWh
dovoz elektřiny	11850	GWh
vývoz elektřiny	24900	GWh
ostatní spotřeba energetického sektoru (energie na přečerpávání a ztráty)	5950	GWh
tuzemská spotřeba netto	58900	GWh

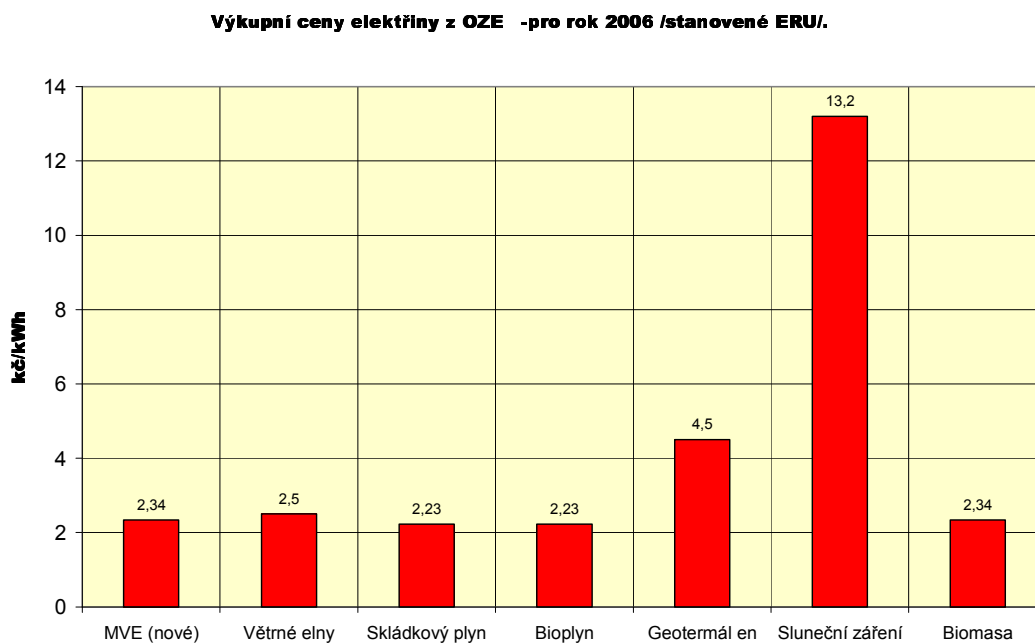
Rozhodující podíl na výrobě elektrické energie mají klasické uhelné parní elektrárny cca 64% a za nimi se řadí elektrárny jaderné, které se podílí na celkové výrobě elektřiny téměř 30%. Podíl elektrické energie vyrobené z obnovitelných zdrojů je velice nízký. Dle statistických výkazů činí 46 GWh/rok.

Obrázek zdroje ES ČR o výkonu nad 1 MW instalovaného výkonu



Na podporu zvýšení podílu výroby elektrické energie z OZE vstoupil k 1.8.2005 v platnost zákon č. 180/2005 Sb. "Zákon o podpoře výroby a elektřiny z obnovitelných zdrojů energie " a o změně některých zákonů. Tento zákon stanovuje podmínky výstupu elektřiny z těchto zdrojů a mechanismus stanovení výkupních cen elektřiny z nich. Tyto výstupní ceny určuje a řídí Energetický regulační úřad (ERÚ).

V následujícím grafu jsou uvedeny výkupní ceny elektřiny stanované pro rok 2006 (ceny bez DPH).



3. Nové směry výroby elektrické energie a tepla

3.1 Základy kombinované výroby tepla a elektrické energie- kogenerace

Kombinované výrobě tepla a el. energie se cizím slovem říká „ kogenerace „. Tato kogenerace představuje současně produkci dvou energetických komodit .

Energetická účinnost je definována vztahem

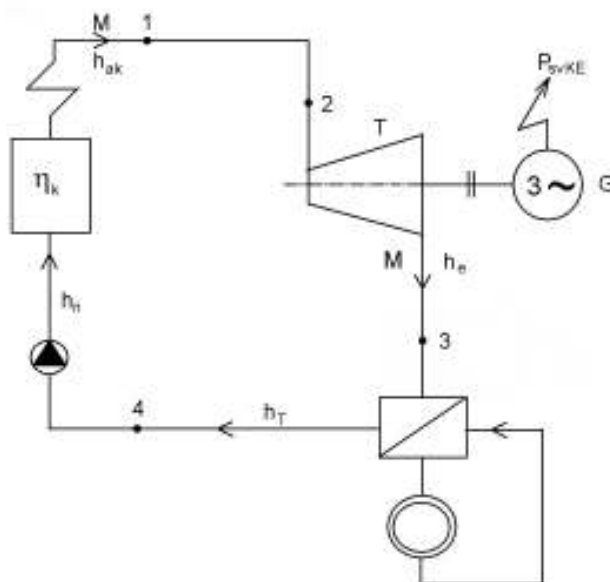
$$\eta_T = \frac{P_T + Q_T}{Q_{UT}} \quad / - / \quad \dots (15)$$

kde P_T el. výkon z kombinované výroby / kW /
 Q_T tepelný výkon z kombinované výroby / kW /
 Q_{UT} tepelný příkon přiváděný v palivu / kW / .

Kombinovanou výrobu tepla a elektrické energie lze zajistit v:

- teplárně s protitlakou parní turbínou
- teplárně s plynovou turbínou
- teplárně s kombinovaným paroplynovým cyklem, kdy jsou spaliny na výstupu z plynové turbíny použity pro výrobu páry v parním kotli, která je pak vedena do protitlakové parní turbíny
- použití plynového motoru s návazným výměníkem tepla spaliny/voda.

Schéma teplárny (kogenerační jednotka s parní protitlakovou turbínou) je patrné z následujícího obrázku.



3.1.2 Kogenerační jednotka s protitlakou parní turbínou (teplárna).

Jako pomocný ukazatel se při kombinované výrobě el.energie a tepla používá poměr (**modul teplárenské výroby el.energie**), který udává poměr vyrobené el.energie k tepelné energii, která je dodávána do sítě.

$$e = \frac{P_T}{Q_T} \quad / - / .$$

Pro schéma uvedené na obr.a provozní body na tomto schématu je pro ilustraci uveden číselný příklad vyhodnocení účinnosti dané kogenerační jednotky s parní protitlakou turbínou.

bod 1.	3,9 MPa / 460 ° C	...	$h_{ak} = 3355,3$	kJ/kg
2.	3,8 MPa / 450 ° C	...	$h_a = 3333,9$	kJ/kg
3.	0,12 MPa / 280 ° C	...	$h_e = 3006$	kJ/kg
4.	0,12 MPa / 100 ° C	...	$h_T = 419$	kJ/kg .

Dosazením uvedených hodnot dostaneme výsledek:

$$\eta_T = 88,7 \% \quad , \quad e = 0,12 \quad .$$

Čím je větší modul teplárenské výroby elektřiny (e), to je čím více elektřiny se vyrobí při současné výrobě daného množství tepla, tím méně elektřiny je třeba vyrábět s nízkou účinností v kondenzačních elektrárnách. Proto úspora paliva kombinovanou výrobou elektřiny a tepla je větší.

Modul teplárenské výroby elektřiny závisí nejen na typu teplárny a celé řadě technických parametrů teplárny, ale i na požadavcích na teplotní úroveň dodávaného tepla. Se vzrůstající teplotou teplonosné vody, která se využívá u spotřebitelů, klesá teplárenský modul a je značně nižší při dodávce tepla v páře.

Přesunutím tepelné energie do oblasti například vytápění je na úkor výroby elektrické energie a tím dochází k poklesu modulu teplárenské výroby el. energie.

3.1.3 Stanovení úspory vstupního paliva při kogeneraci

Co se týče stanovení spotřeby paliva je možno vyjít z následujících porovnání. Při samostatné výrobě tepla ve výtopně je účinnost výroby tepla dána tepelnou účinností zdroje (kotle), která je běžně u energetických kotlů $\eta_v = 90 \%$.

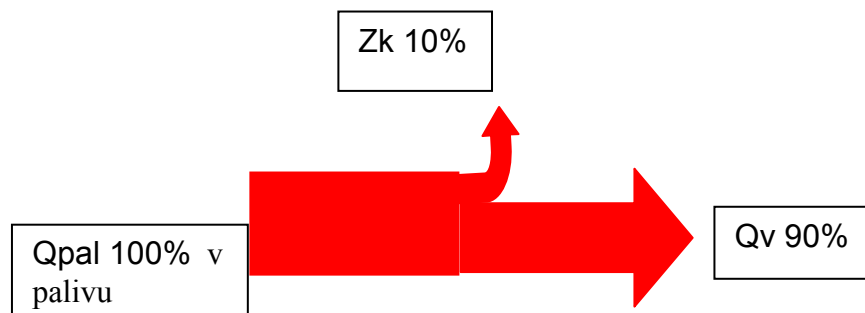
Výtopna

$$\eta_v = 0,9$$

$$e = 0$$

Q_v - tepelný výkon dodávaný výtopnou

Z_k = tepelná ztráta kotle

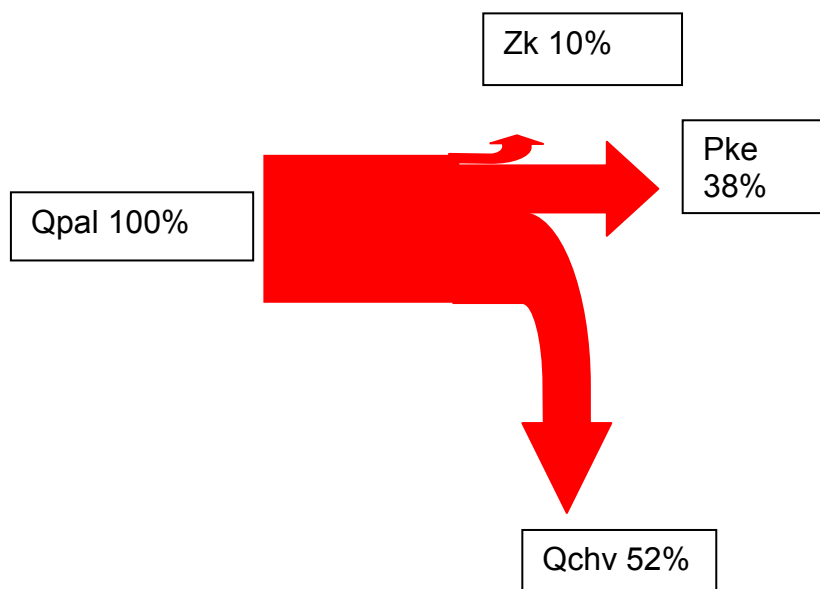


Kondenzační elektrárna

$$\eta_{KE} = 38 \%$$

Q_{CHV} - tepelný výkon odváděný v nevyužitě chladící vodě

P_{KE} - el. výkon dodávaný elektrárnou

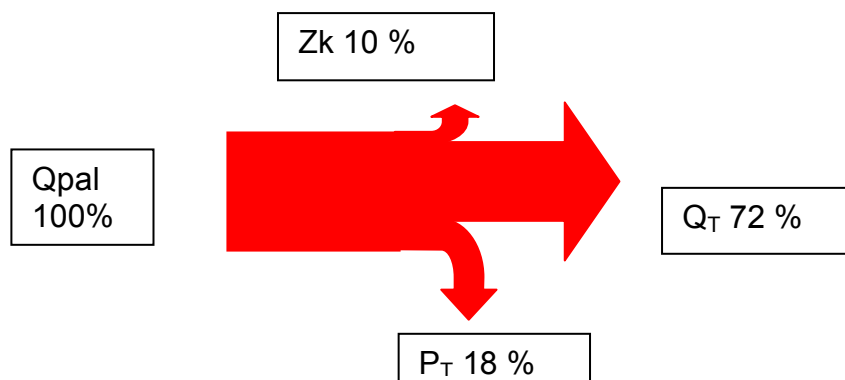


Teplárna (kogenerace) $\eta_T = 0,9$ $e = 0,25$

P_T - el. výkon dodávaný z kombinované výroby

Q_T - tepelný výkon dodávaný z kombinované výroby

$$P_T + Q_T = 90 \%$$



Pro oddělenou výrobu el.energie v kondenzační elektrárně a tepla ve výtopně platí vztah pro výpočet spotřeby tepla v palivu

$$Q_{\text{pal}}^{\text{odd}} = \frac{P}{\eta_{KE}} + \frac{Q}{\eta_v} \quad / \text{ kW } /.$$

Pro výše uvedené hodnoty teplárny $P = 18 \%$, $Q = 72\%$ dostaneme při uvažování oddělené výroby obou komodit spotřebu tepla v palivu

$$Q_{\text{pal}}^{\text{odd}} = \frac{18}{0,38} + \frac{72}{0,9} = 127,4 \%$$

Při kombinované výrobě v teplárně nám však postačuje (viz schéma) pro $P = 18 \%$, $Q = 72 \%$ spotřeba paliva v teplárně

$$Q_{\text{pal}}^{\text{tep}} = 100 \%$$

Rozdíl spotřeby tepla v palivu je $\Delta Q_{\text{pal}} = 127,4 - 100 = 27,4 \%$ a poměrná úspora tepla proti oddělené výrobě bude

$$\frac{\Delta Q_{\text{pal}}}{Q_{\text{pal}}^{\text{odd}}} = \frac{27,4}{127,4} = 21,5 \%$$

Z uvedené úspory paliva vyplývá opodstatnění energetické výhodnosti kogeneračních jednotek. Současně s úsporou paliva je úzce spojena i otázka ekologie, neboť se sníží emise škodlivých látek odcházejících do ovzduší.

S rostoucí hodnotou modulu teplárenské výroby elektřiny roste i poměrná úspora tepla v palivu. Na př. pro $\eta = 0,6$ bude již poměrná úspora tepla v palivu činit 30 %.

Pro využívání zemního plynu (nebo bioplynu) v kogenerační jednotce je možno použít pro mechanický pohon el. generátoru:

- plynový spalovací motor
- plynovou spalovací turbinu.

3.1.4 Plynová kogenerační jednotka se spalovacím motorem

V tomto případě je transformace tepelné energie z paliva na mechanickou energii zajišťována spalovacím motorem. Motor pak pohání el. generátor, který zajišťuje výrobu el. energie.

Pro dodávku tepla z kogenerační jednotky je využíváno teplo z výfukových plynů motoru, teplo z chlazení bloku motoru a chlazení oleje. Dodávka tepla může být v horké vodě i páře.

Schéma kogenerační jednotky s plynovým spalovacím motorem je patrné z následujícího obrázku. Z tohoto obrázku je rovněž patrné, že využití odpadního tepla z motoru zajišťují dva tepelné výměníky. První výměník odvádí teplo z bloku motoru a chlazení oleje na teplotové úrovni 80 až 90 °C. Druhý výměník odvádí teplo z výfukových spalin na teplotové úrovni cca 400 až 500 °C.

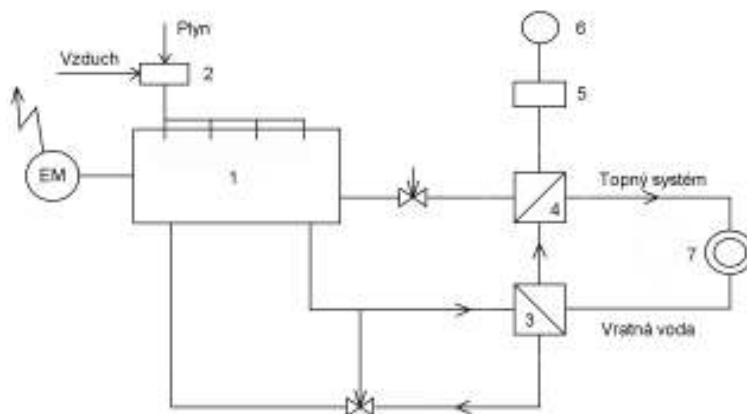
Nejběžněji jsou kogenerační jednotky navrhovány na parametry běžného teplovodního otopného systému 90/70 °C, méně již na parametry 110/85 °C.

Vratná voda z vytápěcího systému o teplotě 70 °C se nejdříve zavede do výměníku s nižší teplotovou hladinou a její dohřívání probíhá v dalším výměníku.

Během ročního období může nastat i časový úsek, kdy je odběr tepla podstatně snížen, nebo úplně zastaven. Aby v této době nedocházelo k přehřívání motoru v důsledku jeho nedostatečného chlazení, je do okruhu zařazen nouzový (vzduchem chlazený) chladič.

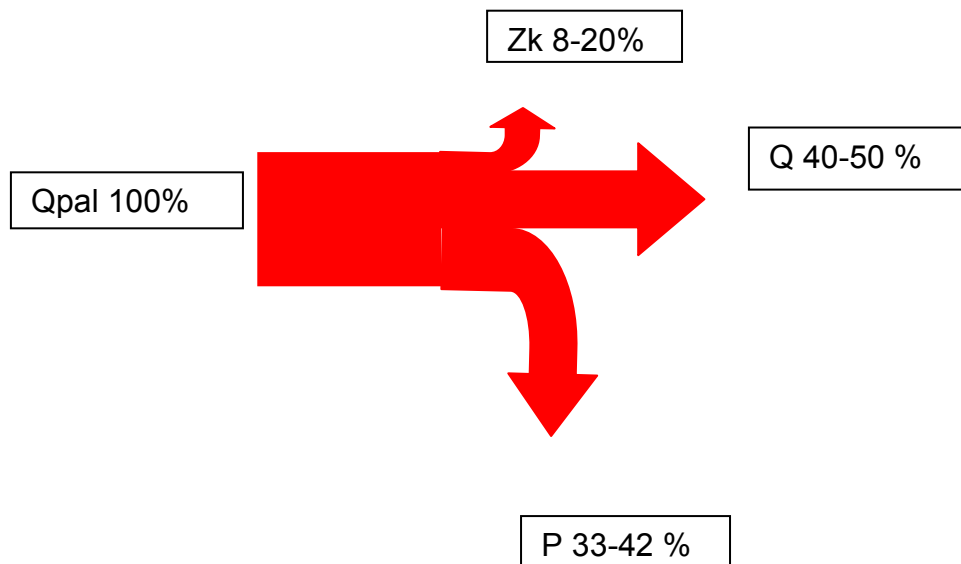
Obr. Schéma kogenerační jednotky s plynovým spalovacím motorem

- 1 - spalovací motor s el. generátorem, 2 - směšovací zařízení plyn/vzduch,
3 - výměník voda/voda pro chlazení válců motoru, 4- výměník spaliny/voda
5 - katalyzátor NO_x, 6 - komín, 7 - spotřebič tepla



Další obrázek znázorňuje průběh toku energie u kogenerační jednotky se spalovacím motorem.

Obr. Průběh toku energie u kogenerační jednotky se spalovacím motorem



Účinnost kogenerační jednotky s plynovým spalovacím motorem.

Celková účinnost kogenerační jednotky se spalovacím motorem se pohybuje v rozmezí cca 80 - 92 %. Tok energie je patrný z předcházejícího obrázku.

Elektrická účinnost kogenerační jednotky se spalovacím motorem se zvyšuje se zvyšováním kompresního poměru a zvyšováním součinitele přebytku spalovacího vzduchu u motoru. Výhodou spalovacího motoru je ta skutečnost, že při snížení výkonu motoru nedochází k výrazné změně elektrické účinnosti. Tato účinnost je definována poměrem el.výkonu alternátoru ku příkonu v přiváděném plynu. Její hodnota se pohybuje v rozmezí 33 - 42 % .

Obdobně je definována tepelná účinnost (poměr využitelného tepelného výkonu ku příkonu v přiváděném plynu), která se pohybuje v rozmezí 40-50 %.

Kogenerační jednotky se zážehovými motory se dodávají v rozsahu el. výkonu 20 - 5000 kW. Vhodnost použití spalovacích motorů je do el.výkonu 2 MW. Pro elektrické výkony nad 10 MW je výhodnější použít spalovací turbínu. Mezi uvedenými výkonovými pásmy je možno použít jak spalovací motor, tak turbínu.

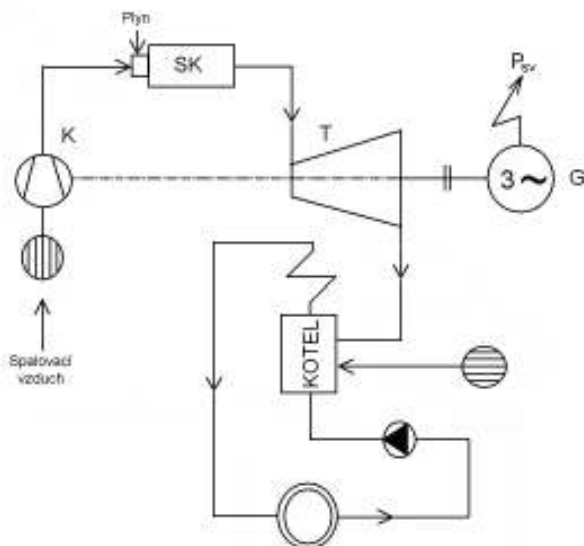
Velké moderní spalovací motory předních světových výrobců se vyznačují poněkud vyšší účinností než dnešní plynové turbíny a tudíž i vyšším modulem teploty výroby el. energie.

Pro menší kogenerační jednotky je možno použít jakýkoliv motor, který vyhovuje použitému palivu, včetně motorů určených původně pro osobní automobily.

Nevýhodou spalovacích motorů je vyšší produkce škodliviny NO_x ve spalínách na výstupu z motoru než je u plynových turbin.

3.1.5 Plynová kogenerační jednotka se spalovací turbinou

Při použití spalovací turbíny je složení soustrojí následující dle uvedeného obrázku.



Spalovací turbína pohání el.alternátor, který vyrábí el. energii. Spaliny vystupující ze spalovací turbíny jsou zavedeny do spalínového kotle. Z tohoto kotle je možno využít teplo ve formě teplé či horké vody nebo ve formě páry.

Spalovací vzduch, který je nutno přivádět do spalovací komory turbíny je dodáván kompresorem, který je na společné hřídeli s turbínou. Do spalovací komory je rovněž zaústěn přívod plynu. Přiváděný plyn má vstupní tlak před spalovací komorou cca 1,5 až 2,5 MPa. Spaliny vystupující ze spalovací turbíny prochází přes lopatky spalovací turbíny, která obvykle přes převodovku pohání el. alternátor.

Při požadavku zvýšení tepelného výkonu spalínového kotle je u kotle instalován přídavný plynový hořák. Tento hořák má funkci dohřívání spalín, které vystupují ze spalovací turbíny a vstupují do spalínového kotle. Teplota spalín vystupujících z turbíny je cca 450 - 600 °C a dohřev spalín je na max. teplotu 900 °C. Dále je spalínový systém vybaven uzavíratelným výfukem, který umožňuje vypouštět spaliny do ovzduší bez využití jejich citelného tepla. Tento výfuk se obvykle používá při najíždění turbíny nebo při přechodném snížení odběru tepla ze spalínového kotle.

V některých případech je možno použít spaliny na výstupu z turbíny přímo pro technologické účely, např. pro vytápění rotačních pecí v cementárnách a pod.

Elektrická účinnost.

Elektrickou účinnost ovlivňuje především teplota spalín za spalovací komorou turbíny. Výše této teploty je však omezena s ohledem na materiál lopatek na max. 1150 - 1200 °C. Spalovaný plyn je ve spalovací komoře spalován s vysokým součinitelem přebytku spalovacího vzduchu s ohledem na dosažení přípustné maximální teploty spalín. Spaliny odcházející ze spalovací komory mají v důsledku vysokého přebytku spalovacího vzduchu obsah kyslíku ve spalínách cca 15 - 18 %. V případě jejich přehřívání přídavným hořákem před spalínovým kotlem představují v podstatě silně přehřátý spalovací vzduch.

Elektrická účinnost se rovněž zvyšuje kompresním poměrem použité plynové turbíny. Potřebný tlak plynu zajišťuje pomocný plynový kompresor.

Elektrická účinnost je u spalovacích turbin definována na základě jejich nominálního výkonu, neboť při snižování výkonu turbíny dosti podstatně klesá jejich elektrická účinnost.

Rozsah nominálních elektrických účinností soustrojí se spalovacími turbinami se pohybuje v rozmezí od cca 16 % do 38 %.

Tepelná účinnost

Tepelná účinnost je definována jako poměr využitelného tepelného výkonu k tepelnému příkonu přiváděnému v plynu a pohybuje se v rozmezí cca 40 - 60 %.

Celková účinnost kogeneračních jednotek se spalovacími turbinami se pohybuje v rozmezí 72 až 85 %. Kogenerační jednotky se spalovacími turbinami se dodávají v rozsahu el. výkonu od 1 MW do 200 MW.

3.1.6 Volba typu a dimenzování kogeneračních zařízení

Při rozhodování o vhodné instalaci kogenerační jednotky z hlediska její ekonomické efektivnosti je rozhodující modul teplárenské výroby el. energie e , který udává poměr mezi vyrobenou el. energií a tepelnou energií, která je dodávána do sítě. Na základě předcházejících rozborů lze provést následující přehled :

kogenerace s protitlakou parní turbinou

- při dodávce tepla v horké vodě $e = 0,18 - 0,43$
- s použitím výměníku pára-voda
- při dodávce tepla v páře $e = 0,15 - 0,18$

kogenerace se spalovacími motory $e = 0,6 - 0,9$

kogenerace s plynovou turbinou $e = 0,4 - 0,6$.

Z uvedeného porovnání vyplývá, že nejvýhodnější stupeň konverze paliva na el. energii má kogenerace se spalovacími motory. Tato skutečnost má pro další rozhodování velký význam, neboť vyrobenou el. energii je možno lépe finančně zhodnotit než vyrobené teplo. Mimo tohoto hlediska provozovatele zařízení se projevuje i hledisko celospolečenské - zajištění vyššího snížení emisí z elektráren, které spalují převážně sirnaté hnědé uhlí.

Při dalším rozhodování o použití kogenerační jednotky je nutno zvažovat i následující podmínky:

- druh teplotního média
- poměr spotřeby tepla a el. energie
- stávající energetický celek, kde bude kogenerace instalována.

Pro dosažení optimálního ekonomického provozu kogenerační jednotky je nutno jednotku provozovat tak, aby:

- bylo v maximální míře využito vyrobené teplo, které doprovází výrobu el.energie
- byla provozována s co největším ročním časovým využitím.

Ke splnění těchto podmínek je nutno výkon kogenerační jednotky dimenzovat ve vztahu k průběhu denního i ročního diagramu odběru tepla a el. energie.

Ročního zrovnoměnění odběru tepla je možno docílit i přidruženou technologií. Např. pro letní období, kdy značně klesá spotřeba tepla je možno provozovat sušárny řeziva. Tím se zajistí nejenom odběr tepla v tomto období, ale i zdroj financí za vysušení řeziva.

3.1.7. Plynové motory pro kogenerační jednotky

Z následujícího tabulkového zpracování je patrný rozsah tuzemských i zahraničních dodavatelů plynových motorů.

Kogenerační jednotky TEDOM s.r.o., Třebíč

Typ	Výkon (kW)		Účinnost (%)	
	elektrický	tepelný	elektrická	tepelná
MT - 22A	22	43	27	53
MT - 45A	45	80,5	29	52
MT - 75A	75	125	31	53
MT - 140S	140	200	34	51
MT - 400S	400	600	34	52
190-CAT TA 32	193	268	34	48
190-CAT TA 70	159	244	34	52
260-CAT TA 32	264	364	34	47
260-CAT TA 70	235	372	34	53
390-CAT TA 32	390	515	34	45
390-CAT TA 70	346	531	35	52
500-CAT TA 32	510	722	34	48
500-CAT TA 70	455	740	33	54
770-CAT TA 32	770	1045	35	47
770-CAT TA 70	685	1105	34	54
1000-CAT TA 32	1035	1390	35	47
1000-CAT TA 70	920	1473	34	54

Poznámka: MT - motory tuzemské výroby
CAT - motory Caterpillar
A - generátor asynchronní
S - generátor synchronní

PROGRESS POWER, s.r.o. Hradec Králové (zastupuje firmu WARTSILA, Finsko)

Typ	Výkon kW		Účinnost %	
	elektrický	tepelný	elektrická	tepelná
16 V 175 SG	1010	1205	34	41
18 V 28 SG	4500	5520	41	49
18 V 34 SG	5500	6280	42	48

Poznámka: Uvedené tepelné účinnosti jsou platné při dodávce tepla v teplé vodě. Jednotky jsou též dodávány jako horkovodní a parní.

FERROTHERM s.r.o. Praha (zastupuje firmu MAN, Německo)

Typ	Výkon kW		Účinnost %	
	elektrický	tepelný	elektrická	tepelná
E 2866 NM	72	136	29	55
E 2842 NM	140	236	33	55
E 2842 LN	325	439	35	48
E 2842 LN	310	481	35	55
E 6038 LE	412	589	36	52
E 6042 LE	606	867	36	52
E 6046 LE	812	1156	36	52
6L 28/32 SI	1163	1353	40	46
7L 28/32 SI	1357	1579	40	46
8L 28/32 SI	1550	1804	40	46
9L 28/32 SI	1745	2030	40	46
12 V 28/32 SI	2325	2707	40	46
16 V 28/32 SI	3100	3609	40	46
18 V 28/32 SI	3490	4060	40	46

JSM s.r.o. Hradec Králové (zastupuje firmu NUTEC, Holandsko)

Typ	Výkon kW		Účinnost %	
	elektrický	tepelný	elektrická	tepelná
Nutec 300	288	450	36	53
Nutec 400	385	630	36	54
Nutec 600	577	920	36	53
Nutec 800	771	1240	36	54

Vzhledem k tomu, že motory na zemní plyn je možno používat i pro bioplyn je nutno brát v úvahu rozdílnost použitých paliv. Bioplyn má nižší výhřevnost a proto je nutné se seznámit s touto skutečností. Pro porovnání jsou použity technické parametry motorů Jenbacher- viz tabulka.

Porovnání výkonu plynového motoru na zemní plyn a na bioplyn

Pro porovnání je použit motor s počtem otáček 1500 ot/min, odvod tepla ve formě teplé vody 90/70 °C.	zemní plyn	bioplyn
typ motoru	JSM 208 GS - N.LC	JSM 208 GS - B.L
Energie v plynu / kW /	722	763
el. výkon motoru / kW/	280	253
Tepelný výkon / kW /	400	404
Účinnost elektrická / % /	36,22	33,22
Účinnost tepelná / % /	51,81	52,95
Účinnost celková / % /	88,04	86,17

V závislosti na způsobu využití tepla z kogenerační jednotky se mění jak celková, tak elektrická a tepelná účinnost. Změna těchto hodnot je patrna z následující tabulky, kde je uvažováno s teplotovým spádem pracovního média:

- 90 / 70 °C
- 110 / 85 °C
- 130 / 110 °C .

Změna účinnosti motoru JSM 208 GS - N.LC , 1500 ot/min, pro palivo zemní plyn a rozdílné teplotové spády pracovního média.

Teplonosné medium	90 / 70 °C	110 / 85 °C	130 / 110 °C
energie v plynu kW	772	711	560
el.výkon kW	280	253	192
tepelný výkon kW	400	329	234
el.účinnost %	36,22	35,65	34,32
tepelná účinnost %	51,81	46,32	41,7
celková účinnost %	88,04	81,97	76,02

Z uvedeného porovnání je patrné, že změnou parametrů odebíraného tepla z 90/70 na 130/110 °C se snížila celková účinnost o 12 %. Při použití odběru tepla ve formě páry by celková účinnost poklesla ještě více.

3. 2 Tepelná čerpadla

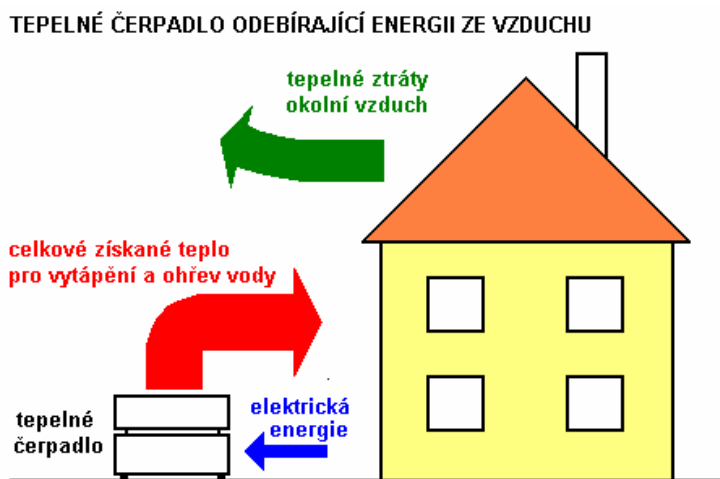
Tepelná čerpadla patří nejen k moderním, energeticky hospodárným a ekologickým zdrojům tepla. Svou činností nevyučují do ovzduší žádné nečistoty a pro svůj provoz mají malou spotřebu elektrické energie. Ekologické jsou však v místě užívání. Elektrická energie nutná k jejich provozu se stále vyrábí v uhelných elektrárnách.

Toto jsou hlavní výhody tepelných čerpadel jako zdrojů tepla pro ohřev vody nebo vzduchu. Voda ohřátá tepelným čerpadlem se může využívat pro vytápění nebo jako teplá voda a to nejen v domácnostech, ale také v průmyslu, službách nebo zemědělství.

I přes všechny vyjmenované výhody se tepelná čerpadla u nás dosud používá jen málo. Vyrábějí se sériově již řadu let, ale jejich množství stále není srovnatelné s okolními vyspělými státy, zejména s Německem. Jedním z největších důvodů je stále vysoká pořizovací cena samotných čerpadel, jejich nízká účinnost v zimním období a vysoké počáteční náklady související se stavebními a zemními pracemi (u typů země/voda a voda/voda). Samotná pořizovací cena se za posledních několik let výrazně snížila a dnes je téměř poloviční ve srovnání s cenami v západní Evropě. S rostoucími cenami paliv a energií však tepelná čerpadla zaznamenají prudký nárůst i v ČR.

Hlavním dodavatelem energie Země je Slunce. Teplo obsažené v okolním vzduchu, zemi (půdě-tzv. geotermální teplo) či podzemní nebo povrchové vodě je pro svou nízkou teplotu běžným způsobem nevyužitelné. Toto přírodní, tzv. nízkopotenciální teplo (NPT), které je obnovitelným, a tedy ekologickým energetickým zdrojem, však může být pomocí tepelného čerpadla převedeno na teplo s teplotou tak vysokou, že je lze využít pro vytápění (a sledovat budeme jen u nás nejčastěji používané teplovodní vytápění), přípravu teplé užitkové vody (TUV), ale i ohřev bazénové vody apod.

Obr. Grafické znázornění získání a dodávky tepla do vytápěného objektu



Tepelná čerpadla jsou zařízení, pomocí kterých využíváme jeden z nejvydatnějších obnovitelných energetických zdrojů, tj. tepelnou energii obsaženou ve vzduchu, v povrchových a spodních vodách, v půdě apod.

Uvedená energie se v přírodě vyskytuje zdarma ve velkém množství, ale na velmi nízkém teplotním potenciálu (obvykle 5 až 20 °C) a je tedy pro přímé praktické využití nevhodná.

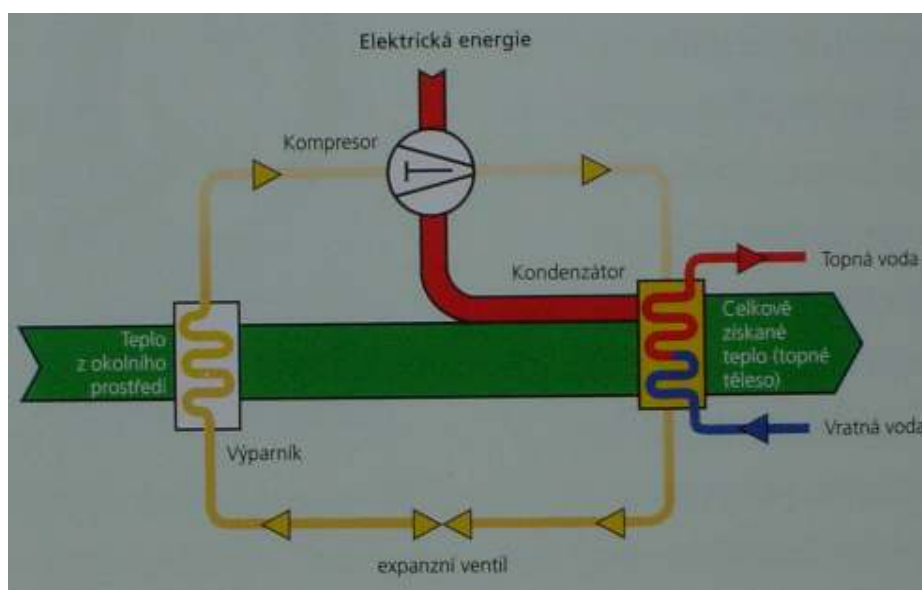
Pomocí tepelného čerpadla přečerpáváme toto teplo o nízké teplotní hladině na vyšší teplotní hladinu (na 45 – 60 °C), která je dostatečná pro praktické využití.

Princip funkce

Princip tepelného čerpadla je shodný s principem chladicího zařízení. Obě zařízení vykazují shodné funkce – na jedné straně „chladí“ (priorita u chladicích zařízení), na druhé straně topí (priorita u tepelného čerpadla).

Tepelné čerpadlo pracuje tak, že v jednom výměníku tepla odebírá z okolí tepelnou energii na „nízké“ teplotní úrovni – čímž ho ochlazuje, ve druhém výměníku tepla předává „zhodnocenou“ tepelnou energii na „využitelné“ teplotní úrovni pro žádané účely – tím ohřívá např. topnou vodu pro vytápění.

Energii mezi výměníky převádí cirkulující pracovní látka (tzv. chladivo) změnami svého skupenství. Chladivo má tu vlastnost, že při nejnižších (venkovních) teplotách odpařuje.



V prvním výměníku (výparníku – na primární straně TČ) odebírá teplo vypařováním, ve druhém výměníku (kondenzátoru – na sekundární straně TČ) odevzdává teplo kondenzací. „Zhodnocení“ tepelné energie co do kvality (teplotní úrovně) zajišťuje TČ tak, že kondenzace probíhá při vyšší teplotě než vypařování (o cca 40 až 70K).

Potřebné zvýšení tlaku i cirkulaci pracovní látky zabezpečuje kompresor, pro jehož činnost se musí přivádět „hnací“ mechanická energie. Přivedenou energii převede kompresor do pracovní látky, čímž zvýší nejen její tlakovou úroveň, ale i množství energie v ní obsažené. Opačný děj – nezbytné snížení tlaku pracovní látky z kondenzačního na vypařovací (tzv. škrcení) – který zajišťuje vhodný expanzní ventil, není provázen žádnými energetickými změnami. V kondenzátoru je proto k dispozici nejen energie přivedená ve výparníku, ale i energie dodaná pro pohon kompresoru. Tepelné čerpadlo tedy „zhodnocuje“ nízkopotenciální teplo nejen co do kvality, ale i co do kvantity.

Efekt využití „hnací“ energie vložené do TČ pro výrobu „využitelného“ tepla se charakterizuje tzv. topným faktorem, tj. poměrem získaného tepla a vynaložené „hnací“ energie. Informativní hodnota je cca 3 (bezrozměrně). Topný faktor, ale i topný výkon závisí na teplotních úrovních využívaného a nízkopotenciálního tepla. S rozevírajícími se teplotami se zmenšuje a se sbližujícími se teplotami se zvětšuje. Zatímco teplotu zvoleného nízkopotenciálního tepla ovlivnit nemůžeme, můžeme ovlivnit teplotu topné vody řešením otopné soustavy.

Chladivem podle platných hygienických předpisů nesmí být tzv. „tvrdé“ freony. Výrobci šetrní k okolnímu prostředí používají bezfreonová chladiva, která při případném úniku do ovzduší nemohou narušit ozónovou vrstvu Země. Volba chladiva však podstatně ovlivňuje pracovní teplotu této látky na výstupu z kompresoru a vstupu do kondenzátoru. U špičkových TČ je možné dosahovat teploty max. 65 °C , běžně se výstupní teplota TČ pohybuje mezi 45 – 55 °C.

Obecně platí:

Základní parametry TČ – topný výkon a topný faktor nejsou konstantní. Významně závisí na teplotách a teplotních rozdílech médií na „obou stranách“ tepelného čerpadla.

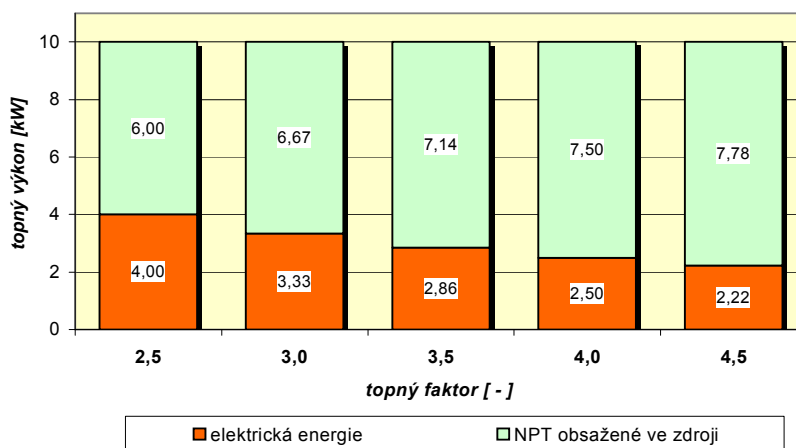
Základní parametry tepelného čerpadla pro vytápění neurčuje samotné tepelné čerpadlo, určuje je až zvolený zdroj NPT a otopná soustava !

Nekompromisní pravidlo zní : čím nižší je teplota topné vody vytápěcího zařízení, tím větší je topný faktor tepelného čerpadla.

Topný výkon je dán součtem obou vložených energií a je proto vždy větší než vynaložená energie hnací elektrická energie. Poměr topného výkonu a příkonu je tzv. **topný faktor**.

Na celkovém množství tepla převáděného do druhého prostředí – a tedy topnému výkonu – se podílí teplo odebrané z prvního prostředí (které je k dispozici zdarma) asi 60 až 70 % a elektrická energie (kterou musíme zaplatit) asi 30 až 40 %. Z 1 kWh elektrické energie (pohon kompresoru TČ) se tedy může pomocí TČ získat průměrně asi 2,5 až 4 kWh energie tepelné, tj. topný faktor TČ je zpravidla 2,5 až 4.

Obr. Grafické znázornění poměru elektrické energie a NPT při topném výkonu 10 kW.



Hlavní přínosy tepelných čerpadel

- 1. Výhoda energetická:*** Elektřinou poháněné kompresorové TČ šetří v průměru cca 65% elektřiny, která by jinak byla spotřebována pro vytápění stejného objektu.
- 2. Výhoda ekologická:*** Snížením spotřeby elektřiny (nebo jiné energie) se sníží ve stejném poměru spotřeba primárních zdrojů energie (fosilní paliva) a tím i znečištění ovzduší emisemi škodlivin.

- 3. Výhoda ekonomická:** Uživatel uhradí za spotřebu energie (elektřiny) potřebné k vytápění objektu o 65% méně provozních nákladů. Finanční přínos provozovatele TČ se zvýší navíc díky zvýhodněné sazbě pro TČ D 55 pro fyzické osoby, majitele rodinných domů a C 55 pro podnikatele.

Tepelná čerpadla mají díky dostupnosti elektřiny k jejich pohonu téměř ve všech koutech naší republiky a možnosti odběru nízkopotencionálního tepla ze vzduchu, vody či půdy předpoklad k širokému uplatnění. Dle současných hodnocení se dnes jeví jako nejperspektivnější TČ systému voda – voda, přičemž nízkopotenciální teplo se odebírá z hlubinných vrtů. Jejich nevýhodou bránící dosud většímu rozšíření je vysoká pořizovací cena, která se pohybuje pro rodinné domy v řádech několika set tisíc korun. Provozní náklady na vytápění pomocí TČ se však pohybují u průměrného rodinného domu o vytápěné ploše 100 m² jen kolem 10 000 -12 000,- Kč/ rok.

Kompresor potřebuje pro svou funkci přívod elektrické energie. Pro provoz TČ malých výkonů stačí připojení na elektrické napětí 230V, TČ vyšších výkonů se připojují na napětí 400 V.

Zdroje primárního tepla - NPT

Podle toho, odkud tepelné čerpadlo odebírá NPT a podle toho jaké topné médium ohřívá, se zpravidla jednoduše a stručně označují tepelná čerpadla, např.: „země-voda“, respektive „glykol-voda“ (teplo ze země je přenášeno nemrznoucí kapalinou na bázi glykolu), „voda-voda“, „vzduch-voda“, „vzduch-vzduch“ apod. V našich podmínkách se pro účely vytápění zpravidla používají topné soustavy s vodou jakožto topným médiem. V menší míře se jako topné médium používá i vzduch pro účely teplovzdušného vytápění.

Nejobvyklejšími zdroji nízkopotenciálního tepla jsou:

Geotermální teplo – pro čerpadla „země-voda“

Tepelná čerpadla využívající teplo obsažené v půdě jsou v ČR zatím nejrozšířenější. Geotermální teplo obsažené v zemi (v pevné látce) se většinou využívá nepřímo. Získává se ve vhodném výměníku tepla (kolektoru) a převádí se uzavřeným okruhem s cirkulačním čerpadlem nemrznoucí teplotonosnou kapalinou. Výměník (kolektor) se zhotovuje z plastových trubek a ukládá se:

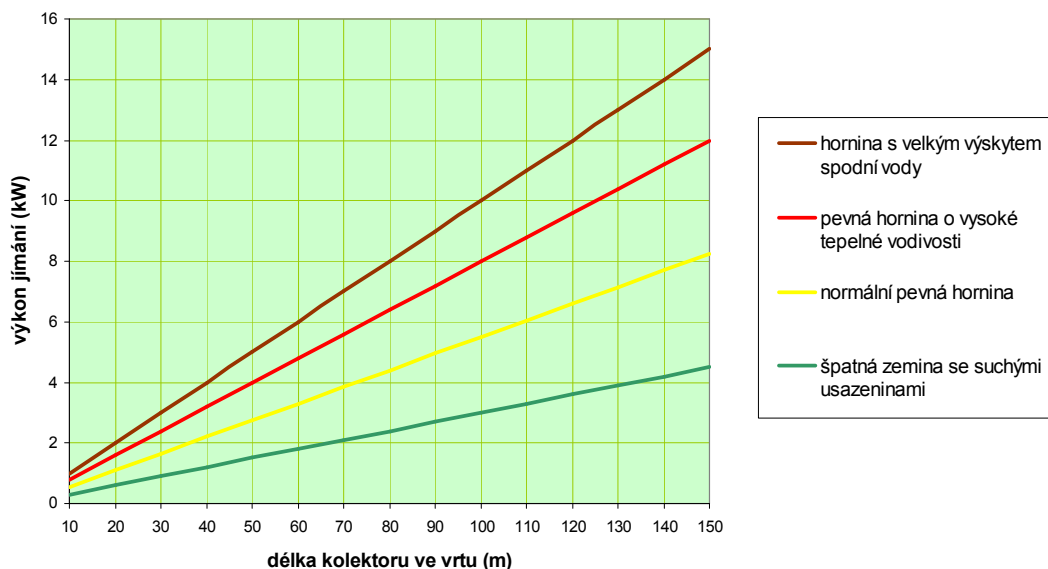
Buď v hlubinném vrtu nebo vrtech – hlubokých až 150 m (výhodnější ale i nákladnější řešení)

Nebo jako plošný či výkopový v hloubce 1,5 až 2 m.

Pro použití tepelného čerpadla země – voda s plošným kolektorem je zapotřebí mít použitelný, nezastavěný pozemek. Ten by měl být nejméně 2 – 3 krát větší než vytápěná plocha v objektu.

Nejčastěji používaný je systém země – voda se zemními sondami (hlubinnými vrty). Možnost použití musí posoudit odborná geologická firma.

Obr. Grafické znázornění hloubky hlubinného vrtu na výkonu jímání



Odvod tepla ze země je spojen s vychlazováním zemního masivu kolem kolektoru, takže teplota v bezprostředním okolí kolektoru (kterou je určována teplota převáděcí teplotnosné kapaliny a NPT) je vždy výrazně nižší (kolem cca 0 °C) než teplota nedotčeného masivu (kolem cca 12 °C). Teplota NPT odebíraného ze země je proto vyšší než teplota okolního vzduchu jen kratší část otopného období.



Venkovní vzduch – pro čerpadla „vzduch – voda“

Tepelná čerpadla vzduch – voda doznala během posledních let, díky generačnímu zvratu v technologii kompresorů, zásadních změn. Nové generace kompresorů s označením Scroll, zcela změnily provozní charakteristiky tohoto systému tepelných čerpadel a posunuly jejich provozní schopnost až do venkovních teplot mínus 20 °C, což jsou teploty, které se v našich klimatických podmínkách vyskytují jen mimořádně

a když, tak pouze krátkodobě. Venkovní teplota v topném období se u nás na převážné většině území pohybuje v rozmezí +3 až +4 °C!

Při těchto teplotách kvalitní tepelné čerpadlo vzduch – voda s podlahovým vytápěcím systémem přesahuje hranici topného faktoru 3.

Tento zdroj je nejsnáze dostupný, je prakticky neomezený a dá se říci, že i neekologičtější, protože teplo odebrané z okolí je opět do okolí bezprostředně vráceno tepelnými ztrátami objektu. Vzhledem k tomu, že teplota vzduchu je v průběhu otopného období proměnná ve značném rozmezí, mění se s teplotou vzduchu i topný výkon a topný faktor TČ. Z hlediska celoroční spotřeby energie na vytápění jsou ale zhoršené parametry TČ při nízkých venkovních teplotách vyváženy zlepšenými parametry v teplejším období.



Tepelná čerpadla vzduch – voda nevyžadují prakticky žádné stavební práce pro primární zdroj energie (studny, hlubinné vrty nebo podzemní rýhy pro pokládku kolektorů). Instalace těchto čerpadel je velmi snadná a tím i levnější v porovnání s ostatními druhy.

Systém vzduch – voda umožňuje dvě variantní řešení:

➤ ***kompaktní tepelné čerpadlo vnitřního provedení***

Vzduch se k tepelnému čerpadlu přivádí přes stěnu hlukově a tepelně izolovanými hadicemi. Vstupy do objektu, určené pro nasávání a vyfukování vzduchu jsou z vnější strany opatřeny žaluziemi. Kompaktní zařízení může být umístěno ve sklepě, v dílně, v garáži či v technické místnosti.

➤ ***tepelné čerpadlo pro venkovní instalaci***

Zařízení je umístěno mimo dům a uvnitř objektu je jen akumulační zásobník topné vody, řídicí automatika, elektrické a hydraulické příslušenství.

Podzemní (studniční) voda – pro čerpadla „voda-voda“

Teplo ze studniční vody se může využívat v případě, kdy voda má vhodné složení, je dostatečně čistá, má celoročně potřebnou teplotu – min. 8 až 10 °C a je k dispozici v dostatečném množství.

Pro běžný rodinný domek je potřeba přečerpávat vodu ze sací do vsakovací studny přes tepelné čerpadlo trvale 2-3 m³/hod.

Ochlazená voda se nesmí vracet ani zpět do studny (studna by se „vychladila“), ani do kanalizace nebo vodoteče (voda by se „znehodnotila“ na povrchovou), ale do vsakovací studny, dostatečně vzdálené od studny odběrové. Protože podzemní voda má ze všech přírodních zdrojů NPT v otopném období nejvyšší teplotu, je energetický efekt čerpadel „voda-voda“ nejlepší. Dostupnost tohoto zdroje však nebývá příliš četná.

Je-li k dispozici dostatek spodní vody ve vyhovující kvalitě, jsou ideální předpoklady pro monovalentní provoz.



Povrchová voda

Povrchová voda musí splňovat stejné požadavky jako voda podzemní. Problémy bývají nejen s čistotou nebo množstvím, ale zejména s teplotou, protože na tocích, které nejsou ohřívány odpadním teplem průmyslových závodů, klesá teplota v zimních měsících pod hodnotu běžnými typy TČ využitelnou. Při dostatečném průtoku se musí použít nestandardní řešení.

Odpadní teplo

Odpadní teplo z různých technologických procesů může být v řadě případů vhodným zdrojem NPT. Uplatnění nachází především při vytápění průmyslových i sportovních objektů a přípravě teplé vody. Řešení se musí přizpůsobit konkrétnímu případu.

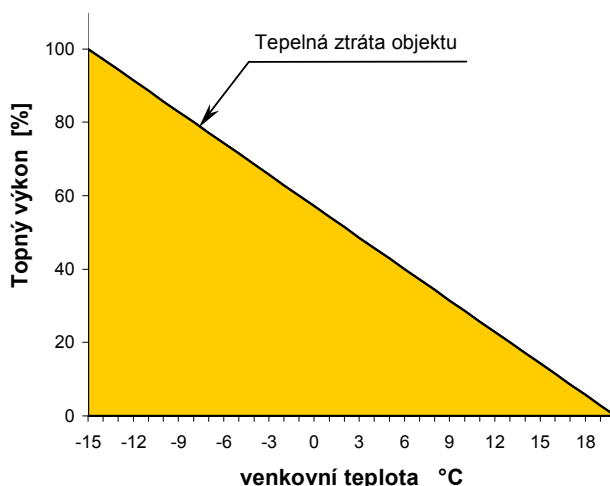
Pracovní způsoby tepelných čerpadel

Monovalentní provoz

Tepelné čerpadlo je v objektu jediným vytápěcím zařízením. Tento způsob je vhodný pro nízkoteplotní vytápění s teplotou topné vody max. 60 °C.

Tak aby tepelné čerpadlo hradilo celou potřebu tepla, tj. pro krytí tepelných ztrát objektu i v nejnižších teplotách (cca -15 až -20 °C), je zapotřebí výrazně zvýšit výkon tepelného čerpadla a to minimálně o cca 50% oproti bivalentnímu provozu. Se zvýšením výkonu tepelného čerpadla musí být spojeno se zvětšením výkonu zdroje NPT, a zejména těch částí vně TČ, které odběr NPT zajišťují ! U systému tepelného čerpadla „země-voda“ zvětšením kolektoru, u systému „voda-voda“ zvětšením vydatnosti zdroje !

Obr. Závislost výkonu tepelného čerpadla na venkovní teplotě při monovalentním provozu



Nejnižší venkovní teploty trvají jen krátkou část otopného období. Pokud by se tepelné čerpadlo dimenzovalo na celý potřebný výpočtový topný výkon, bylo by zbytečně velké a nákladné. Převážnou část otopného období se potřebuje topný výkon menší než výpočtový. Proto se většinou používá tzv. bivalentní zapojení, kdy samotné tepelné čerpadlo hradí potřebu tepla jen do určité vnější teploty, cca 0 až -5 °C, tzv. teploty bivalence, a pod touto teplotou spolupracuje s druhým – doplňkovým zdrojem, např. elektrokotlem. Doplňkový zdroj pracuje většinou souběžně (paralelně) s TČ, někdy i samostatně (alternativně).

Topný výkon tepelného čerpadla je závislý na teplotě zdroje NPT. Toto je zřejmé například u tepelného čerpadla vzduch – voda, kdy při klesajících teplotách venkovního vzduchu, kdy rostou tepelné ztráty vytápěného objektu, klesá topný výkon nejvýrazněji. Obě skutečnosti se projeví v nedostatku potřebného tepelného výkonu. Při venkovní teplotě, kdy topný výkon TČ se vyrovná tepelné ztrátě objektu se nazývá bod bivalence a pod tuto teplotu musí být TČ doplněno jiným zdrojem tepla.

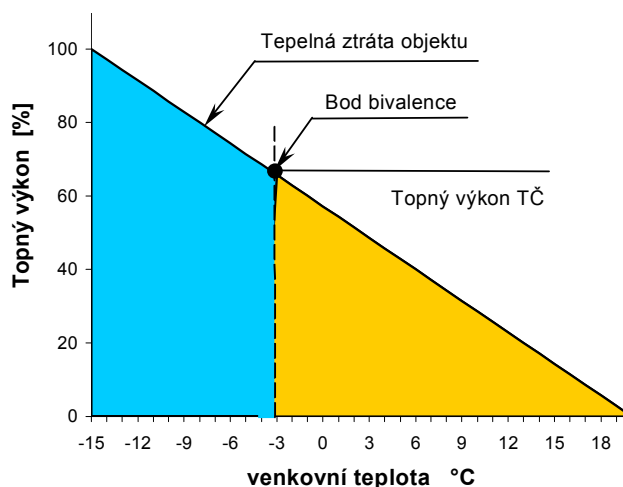
Monoenergetický provoz

Vytápěcí systém nevyžaduje žádné další vytápěcí zařízení. Tepelné čerpadlo vzduch – voda pracuje běžným způsobem až do venkovní teploty cca -20 °C, ale od určité venkovní teploty, kdy již jeho výkon nestačí, se připne přídatný, zpravidla elektrický ohřev.

Alternativně bivalentní provoz

Tepelné čerpadlo pokrývá potřebu tepla až do určité, předem stanovené, teploty venkovního vzduchu (např. 0°C). Poklesne-li teplota pod tuto hodnotu, tepelné čerpadlo se vypne a produkci tepla přebírá další tepelný zdroj. Tento způsob je možný u všech vytápěcích systémů pracujících s teplotou topné vody do max. 90 °C.

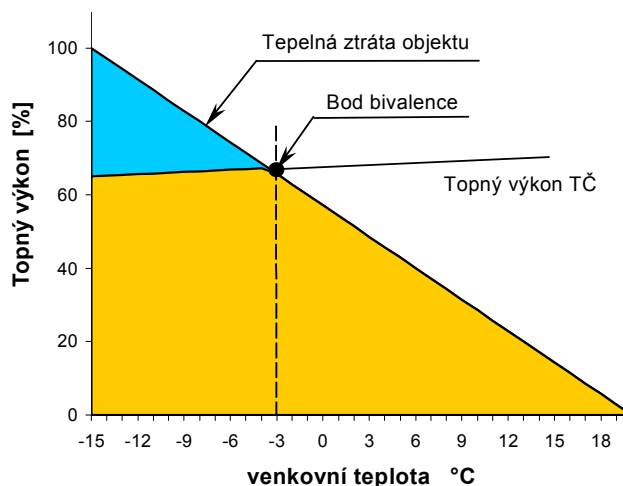
Obr. Závislost výkonu tepelného čerpadla na venkovní teplotě při alternativně bivalentním provozu



Paralelně bivalentní provoz

Až do určité venkovní teploty produkuje potřebné teplo tepelné čerpadlo samo. Při nízkých teplotách se připojí druhý tepelný zdroj. Oproti bivalentnímu provozu je samozřejmě podíl tepelného čerpadla na celoroční produkci tepla větší. Tento způsob je vhodný pro podlahové či stěnové vytápění a pro vytápění pomocí radiátorů do teplot topné vody max. 60 °C.

Obr. Závislost výkonu tepelného čerpadla na venkovní teplotě při paralelně bivalentním provozu



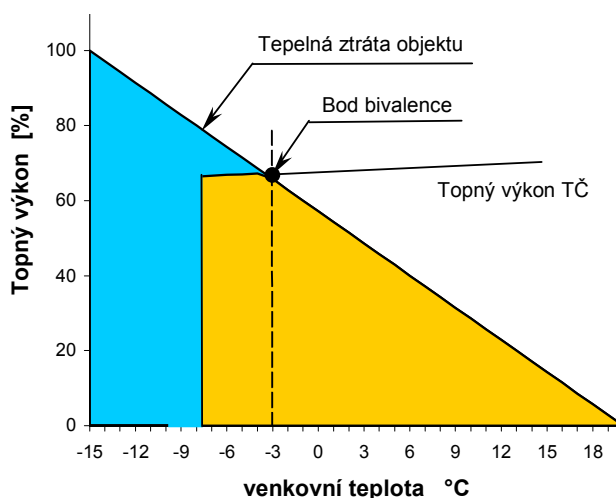
Při bivalentním zapojení, kdy se TČ dimenzuje na 60 až 70 % výpočtového topného výkonu, TČ kryje více než 90% a doplňkový zdroj méně než 10% potřeby tepla.

Tepelná ztráta objektu je charakterizována rozdílem vnitřní a venkovní teploty. Topný výkon tepelného čerpadla je určen teplotou primárního média a teplotou sekundárního média. Pokles topného výkonu s poklesem venkovní teploty se projevuje u systémů vzduch – voda, méně je znatelná změna topného výkonu při využití hlubinného vrtu či spodní vody v systémech země – voda nebo voda – voda.

Částečně paralelně bivalentní provoz

Až do určité venkovní teploty produkuje potřebné teplo tepelné čerpadlo samo. Poklesne-li teplota pod tuto hodnotu, připne se k němu další tepelný zdroj. Pokud tepelné čerpadlo neprodukuje vodu o teplotě odpovídající teplotě topné vody, tepelné čerpadlo se vypne. Tento provozní způsob je vhodný pro všechny vytápěcí systémy pracující s teplotou topné vody přes 60 °C.

Obr. Závislost výkonu tepelného čerpadla na venkovní teplotě při částečně paralelně bivalentním provozu.



Vhodnost využití

Volba druhu TČ závisí hlavně na místních podmínkách z hlediska dostupnosti dostatečného množství nízkopotenciálního tepla.

Teplota zdroje NPT pro vytápění TČ nebývá tak vysoká, aby se mohlo vytápění mohlo realizovat klasické radiátory. Teplota vody vstupující do radiátorů v zimním období může být až 90 °C. Takové teploty se pomocí TČ nedosáhne. Proto se pomocí TČ dodává teplo jen pro tzv. nízkoteplotní otopné soustavy. Pro efektivní využití TČ je třeba, aby rozdíl teplot mezi NPZ a topným okruhem byl co nejnižší. Z tohoto hlediska je nejvhodnější podlahové nebo stěnové vytápění s teplotním spádem 35/30; do topného hadu v podlaze jde voda o teplotě 35 °C a po předání tepla se do TČ navrácí ochlazená na 30 °C. Další možností je vytápění velkoplošnými radiátory, kdy teplotní spád bývá nejvýše 55/45.

Předpokladem je ovšem minimalizace tepelných ztrát objektů s tímto druhem vytápění a velkoplošná otopová tělesa nebo v kombinaci s podlahovým vytápěním. U nově stavěných a rekonstruovaných objektů, u kterých by již měly být splněny podmínky úsporného nakládání energií (zákon č. 406/ 2001 Sb. o hospodaření energií a související prováděcí předpisy) by zájem vlastníka – uživatele a elektrárenských společností i zájem státu (Národní program hospodárného nakládání energií a využívání jejích obnovitelných zdrojů) měl být podpořen i na dalších úrovních státní správy tak, aby byly eliminovány zmíněné překážky širokého rozšíření tohoto alternativního zdroje energie.

Zapojení tepelného čerpadla do otopné soustavy

➤ Tepelné čerpadlo s akumulčním zásobníkem

Tepelná čerpadla jsou při použití sazby pro tepelná čerpadla na 2 hodiny vypínána. Z tohoto důvodu je třeba u systémů, kde dochází k rychlému poklesu teplot (systémy s radiátory), nadimenzovat objem akumulčního zásobníku tak, aby naakumulovaný tepelný obsah vystačil k vytápění objektu po výše uvedené doby vypnutí tepelného čerpadla. Tepelná čerpadla potřebují pro nezávadný provoz určitý nejmenší průtok topné vody. Dobře navržená vytápěcí zařízení s konvektory vykazují zpravidla malá množství vody v systému. U takovýchto zařízení je třeba zařadit akumulční zásobník odpovídající velikosti, aby se tepelné čerpadlo nemuselo příliš často zapínat a vypínat. Průtok teplé vody topným systémem a okruhem tepelného čerpadla pak může být různý. U tepelných čerpadel systému vzduch – voda je nezbytné použít zásobník tepla, protože se stoupající teplotou tohoto zdroje tepla topný výkon tepelného čerpadla stoupá, přičemž se spotřeba tepla snižuje. Energie akumulčního zásobníku je využívána pro odtání výparníku.

➤ Tepelné čerpadlo s přepouštěcím ventilem

V systému bez akumulčního zásobníku lze zajistit pomocí přepouštěcího ventilu zapojeného paralelně k otopné soustavě. Tento ventil zajistí minimální průtok topné vody tepelným čerpadlem.

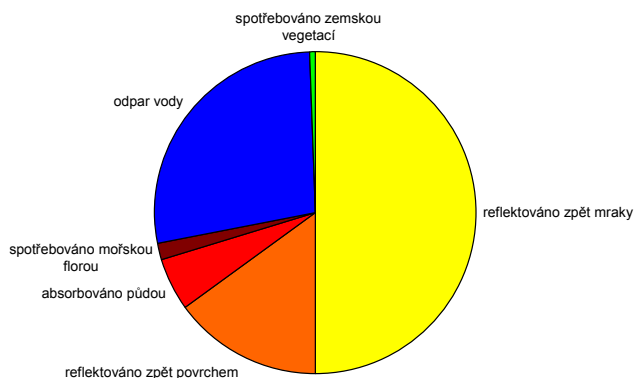
Výhody tepelných čerpadel

- Plně automatický bezobslužný provoz.
- Díky tomu, že cca 2/3 energie získáváte zdarma z okolního prostředí, platíte případné budoucí zvýšení ceny pouze z 1/3.
- Při instalaci TČ získáte nízký měsíční paušál s nízkou sazbou na odběr elektřiny 22 hod. denně pro celý dům, nejen pro vytápění.
- Není třeba budovat další přípojku (plyn) nebo prostory pro uskladnění paliva (kapalný plyn, topný olej, tuhá paliva), zatímco elektrickou přípojku má každý dům.
- V létě lze využít TČ pro chlazení (klimatizaci) domu.
- Ohřevem bazénu lze prodloužit koupací sezónu za minimální náklady.

3.3 Sluneční energie

Celkový příjem sluneční energie Zemí je za rok 751×10^{15} kWh. Toto uvedené množství dopadající sluneční energie je dále odraženo nebo absorbováno v následujícím poměru.

Rozdělení sluneční energie dopadající na ZEM.



Střední sluneční konstanta je podle posledních měření ve vesmíru 1353 W/m^2 (maximum 3. ledna 1398 W/m^2 a minimum 3. července 1308 W/m^2). Toto střední množství slunečního záření představující množství tepelné energie dopadající na 1 m^2 zemského povrchu formou slunečního záření je v následujícím spektrálním složení:

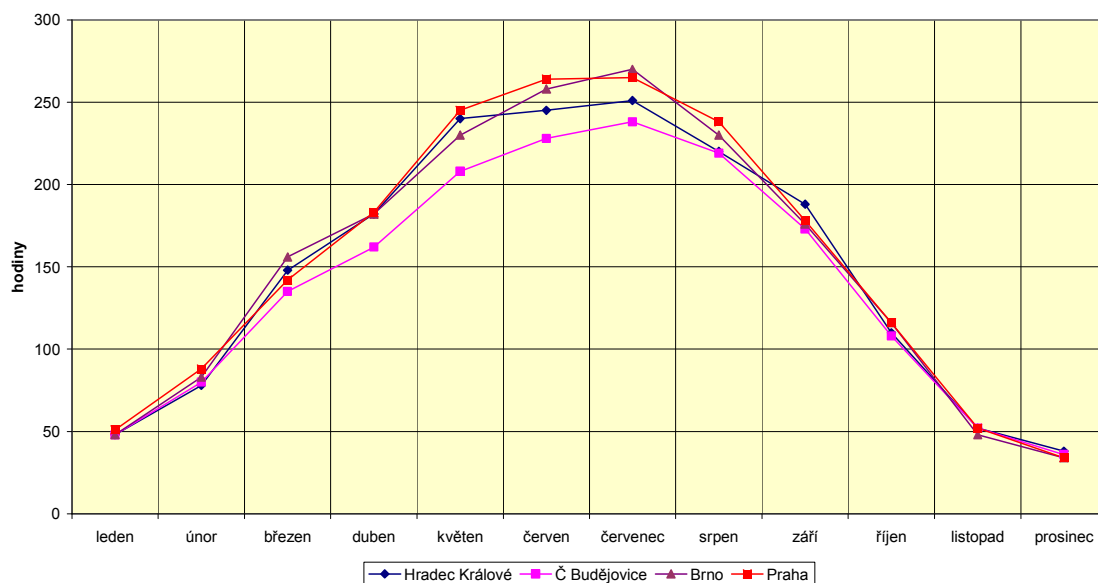
- ultrafialové světlo $105,8 \text{ W/m}^2$
- viditelné světlo $640,4 \text{ W/m}^2$
- infračervené záření $606,8 \text{ W/m}^2$

Spektrální složení slunečního záření.

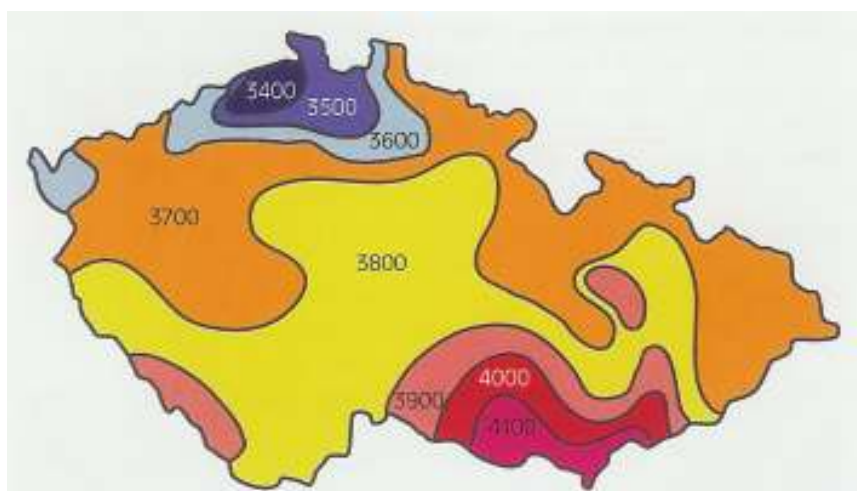


V našich klimatických podmínkách je celková doba slunečního svitu v rozmezí 1400-2200 hodin za rok. Nejmenší počet hodin má severozápad území. Směrem na jihovýchod počet hodin narůstá. Jednotlivé lokality se od sebe liší v průměru až o cca 10% (někdy i více). Skutečná doba slunečního svitu v jednotlivých měsících v hodinách na různých lokalitách ČR.

Skutečná doba slunečního svitu v jednotlivých měsících na různých lokalitách ČR.

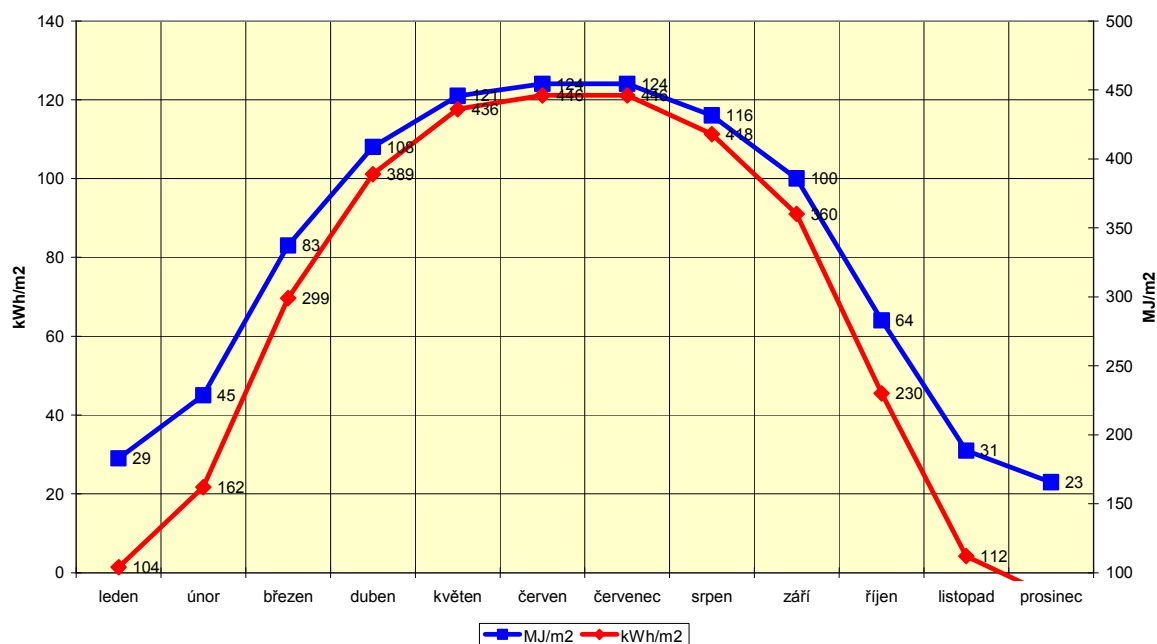


Na plochu 1 m^2 dopadne za rok v průměru cca 1100 kWh energie. Orientační sumy ročního globálního záření znázorňuje následující mapka.



Skutečné množství sluneční energie průměrně dopadající na 1 m^2 (MJ/m^2) v ČR dle ČHMÚ.

Množství sluneční energie dopadající na 1 m² v České republice.



Z uvedených hodnot vyplývá, že ročně dopadne na území ČR při průměrném slunečním svitu přibližně 80 000 TWh energie v podobě slunečního světla. Roční spotřeba energie v ČR činí přibližně 320 TWh z množství energie dopadající na naše území.

Možnosti využití solární energie:

Aktivně

- a) výroba tepla solárními kolektory
 - ploché a trubkové kolektory
 - teplovzdušné kolektory
- b) výroba elektrické energie
 - fotovoltaické články
 - solárně-termická přeměna

Pasivně

- a) přeměna solárního záření zachyceného konstrukcemi budovy

U pasivního systému množství získané energie závisí na poloze, architektonickém řešení a zejména na druhu budovy, použitých materiálech, vytápěcím systému. Podmínkou využití pasivních solárních systémů je vyřešení rizika tepelné zátěže (řádné odvětrání, možnost akumulace do stavebních konstrukcí. U nově budovaných staveb je nutné přizpůsobit celé architektonické řešení. Starší stavby lze vhodně rekonstruovat (vybudováním prosklených přístavků, prosklených teras apod.).

Aktivní systém je téměř vždy možné dodatečně instalovat na stávající budovu.

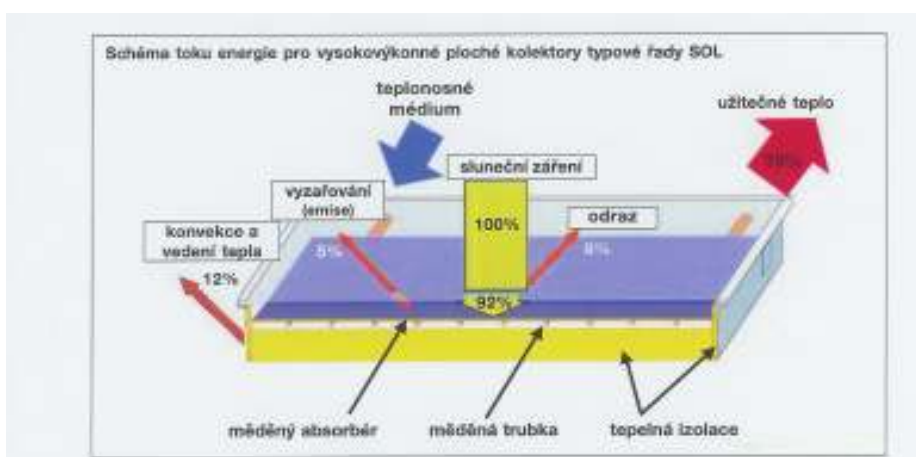
Solární systémy dodávající tepelnou energii.

Základní součástí solárního systému je sluneční kolektor - solární tepelný jímač, což je například plochá deska s neodrazivým povrchem a trubicemi pro odvod teplotnosného média. Uložením absorberu pod skleněnou desku vznikne sluneční kolektor, který využívá skleníkového efektu.

Z hlediska teplotnosného média dělíme kolektory na:

- kapalinové
- vzduchové

Sluneční absorber přeměňuje zachycené sluneční záření na tepelnou energii. Ta je pomocí teplotnosného média (kapalina, vzduch) odváděna do místa okamžité spotřeby nebo akumulována v zásobníku. Sluneční kolektory dělíme podle tvaru na ploché a trubicové. Trubicové kolektory mají absorber zataven ve vakuové trubici. Vakuum snižuje tepelné ztráty a zvyšuje účinnost při dosažení vyšších teplot. Kvalitní kolektory mají absorbery opatřeny spektrálně selektivní vrstvou.



Kvalitní kolektory mají absorber opatřený selektivní vrstvou, kterou tvoří speciální černá barva nebo galvanické pokovení. Tím se dosáhne vyšší účinnosti a dokáže využít i difusní záření.

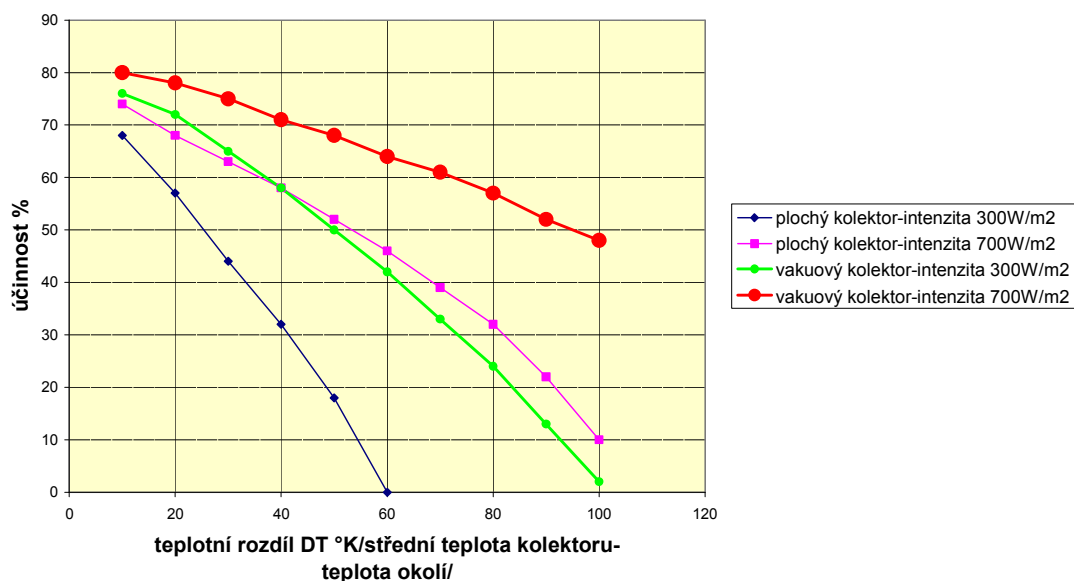
Trubicový vakuový kolektor



Účinnost solárních kolektorů je dána poměrem mezi získaným teplem z kolektoru a množstvím tepla na kolektoru z dopadajícího slunečního záření.

Porovnání účinnosti plochého solárního kolektoru a vakuových trubcových kolektorů.

Porovnání křivek účinnosti plochého a vakuového trubcového kolektoru.



Dalšími částmi solárního systému je *solární zásobník*, který slouží pro přípravu (ohřev) TV. Doplnkově se voda ohřívá tepelnou energií z ÚT nebo elektřinou při nedostatku sluneční energie. Objem zásobníku musí odpovídat ploše kolektorů, aby i v létě akumuloval zachycenou energii a nedošlo k poškození systému. Solární výměník tepla slouží k transformaci solární energie z kolektorů do okruhu ÚT nebo ohřevu TV. Plochy výměníku musí být navrženy s ohledem na materiál z něhož jsou vyrobeny, na teplotu kapaliny v solárním systému a dále na objem zásobníku. Potrubí by mělo být co nejkratší s kvalitní tepelnou izolací navržené na odpovídající průtok, teplotu a tlak teplotnosné kapaliny v solárním systému. Oběhové čerpadlo zajišťuje cirkulaci teplotnosné kapaliny. Armatury zabezpečují správnou funkci z hlediska spolehlivosti a bezpečnosti.

Expanzní nádoba – ochrana proti extrémnímu zvýšení tlaku.

Automatická regulace – zabezpečuje optimální výkon systému, chrání ho před poškozením a umožňuje potřebnou cirkulaci tepla mezi spotřebiči. Pro celoroční provoz solárního systému je nutné použít *nemrznoucí směs*, která má mít podobné fyzikální vlastnosti jako voda (kromě bodu tuhnutí).

Příklad dvou-okruhových solárních systémů s nuceným oběhem



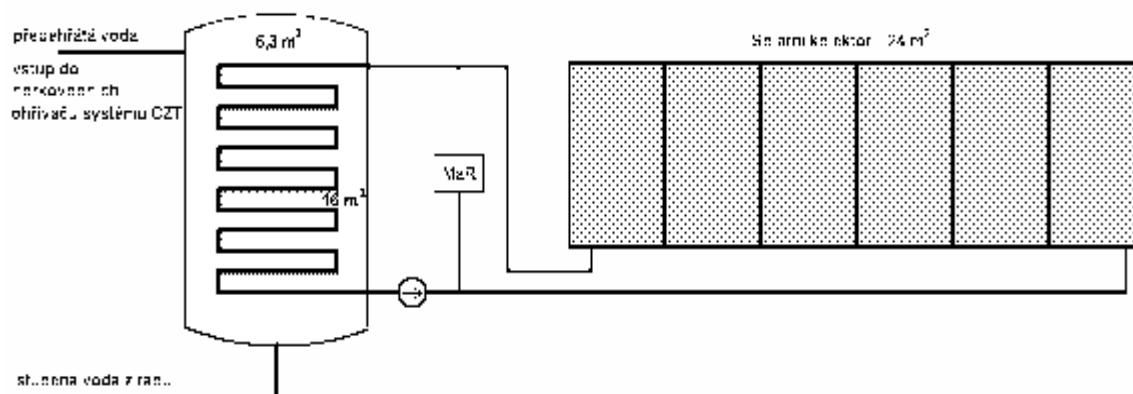
Sluneční systém pracuje nejlépe pokud je navržen pro skutečné místní podmínky. Pro dimenzování je důležité znát potřebu TV. Zda bude požadováno přitápění, zda bude ohříván bazén, jestli solární systém bude napojen na klasický zdroj tepla (energie), způsob regulace. Důležitá je orientace solárních panelů. Ideální je na jih, případně s malým odklonem (max. 45°) JZ směr je výhodnější než JV, neboť maximum výkonu nastává kolem 14.00 hod., kdy jsou v důsledku nejvyšší denní teploty nejnižší tepelné ztráty. Nejoptimálnějším sklonem kolektorů pro celoroční provoz je 45° vzhledem k vodorovné rovině. Při preferenci výhradně letního provozu je optimálním sklonem 30°.

shrnutí důležitých parametrů pro využití solární energie	
Celková doba slunečního svitu v ČR (bez odlučnosti)	1400-1700 h/ rok
Celková dopadlá energie na vodorovnou plochu	950-1150 kWh/ m ² . r
Zisk z této energie v pasivních systémech	20-50% v topné sezóně
Zisk z této energie v aktivních systémech ÚT	30-40% v topné sezóně
Zisk z této energie v aktivních systémech TV	50-80%/ rok
Zisk z této energie v aktivních systémech – letní bazén	70-90%/ sezóna
Zisk z této energie v plochém kolektoru TV	450-550 kWh/ m ² . r
Zisk z této energie ve vakuovém trubicovém kolektoru	900 kWh/ m ² . r
Optimální orientace kolektorů	J - JZ
Vyhovující orientace kolektorů	JV – J
Maximální výkon kolektorů	kolem 14. ⁰⁰ hod.
Optimální sklon pro letní provoz	kolem 30° od vodorovné roviny
Optimální sklon pro celoroční provoz	45°
Optimální sklon pro zimní provoz	kolem 60° nebo svislá rovina
Maximální dopadající záření v létě na kolmou plochu	1000 – 1100 W/ m ²
Maximální dopadlá sluneční energie v létě	až 8 kWh/ m ² . den
Účinnost slunečních kolektorů (dle umístění a využití)	50-80%
Maximální kritická teplota nezaskleného absorberu bez odběru energie	až 80°C
Maximální kritická teplota zaskleného absorberu bez / a se selektivní vrstvou	120°C / 180°C
Maximální kritická teplota zaskleného absorberu se selektivní vrstvou ve vakuu	až 220 °C
Optimální teplota plochého kolektoru pro TV	60 – 80°C
Optimální teplota plochého kolektoru pro ÚT	30 – 40°C
Optimální teplota plochého kolektoru pro ohřev bazénu celoročně	kolem 30°C
Tlak v primárním okruhu závislý na typu kolektoru	0,1 – 0,6 Mpa
Nemrznoucí kapalina na zimní teplotu	max. - 30°C
Solární ohřívač TV pro čtyřčlennou rodinu	300 l
Solární ohřívač TV pro šestičlennou rodinu	500 l
Životnost plastových absorberů	5 – 10 roků
Životnost kovových kolektorů dle typu a použití	20 – 30 roků

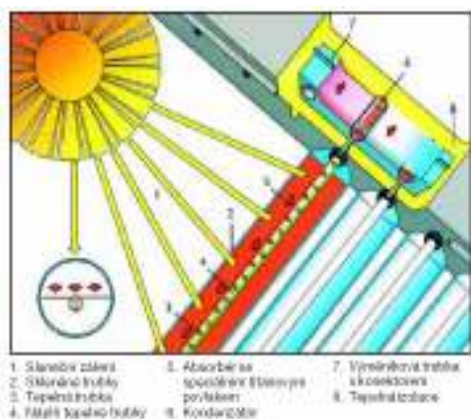
Výsledky provozu solárních systémů

Ověřeným příkladem je zařízení provozované v Kladně. Správcem a provozovatelem tepelného hospodářství je firma TEPO Kladno, s.r.o. V průběhu roku 2004 byla provedena instalace solárního systému pro ohřev TV ve dvou výměňkových stanicích. V jednom případě byly použity ploché kolektory a ve druhém vakuové trubkové o stejné ploše (24 m^2). Oba systémy pracují jako přehřev vody před vstupem do horkovodních ohřevů. Jsou vybaveny měřením množství vyrobeného tepla (kalorimetr) měřícím průtok top. solárního média a rozdíl teplot před vstupem do zásobníku a na výstupu z něho.

Schéma zařízení:



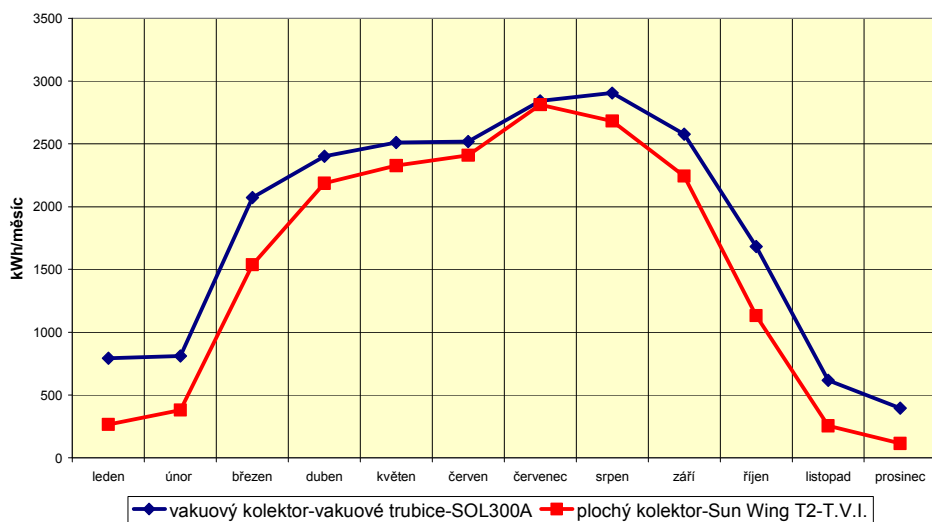
Na následujících obrázcích jsou oba dva systémy.



Dosažené výsledky za rok 2004

měsíc	energetický zisk solárního systému / kWh	
	vakuové trubice	ploché kolektory
Leden	794	266
Únor	811	380
Březen	2072	1538
Duben	2400	2187
Květen	2510	2326
Červen	2518	2409
Červenec	2842	2812
Srpen	2905	2682
Září	2577	2244
Říjen	1682	1133
Listopad	618	254
Prosinec	396	1114
Celkem	22131	18350

Výkon solárních systémů-rok 2004.



Celkový roční tepelný zisk solárních systémů a roční tepelný zisk z 1m² solárního kolektoru.

typ kolektoru	roční zisk/ kWh	roční zisk/ GJ	energetický zisk/kWh/ m ²
Ploché kolektory	18350	66	764
Vakuové trubicové	22131	80	922

V daném případě bylo dosaženo u vakuových trubicových kolektorů o 20% vyššího energetického přínosu oproti kolektorům plochým.

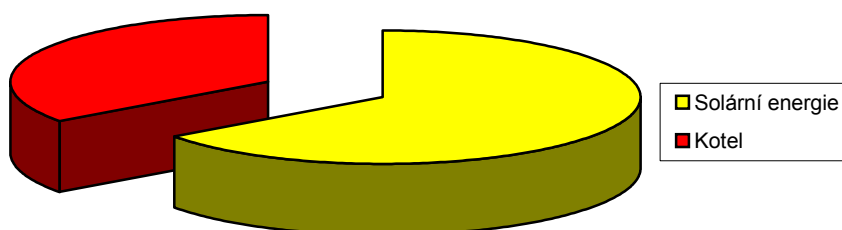
Dále je uveden přínos malého solárního systému sloužícího pro ohřev TV v rodinném domku v Berouně.



Solární systém tvoří tři ploché kolektory o celkové ploše $4,95 \text{ m}^2$, stojatý zásobníkový ohřívač vody (300 l) s vnitřním ohřevem se dvěma topnými spirálami k bivalentnímu ohřevu TV – jednak z plynového kotle a dále pomocí solárního systému. Provoz je řízen řídicí jednotkou SH2 Solar.

Podíl solární energie na celkové spotřebě energie pro ohřev TV v průběhu roku je patrný z následujícího grafu.

Podíl solární energie na spotřebě pro ohřev TV.

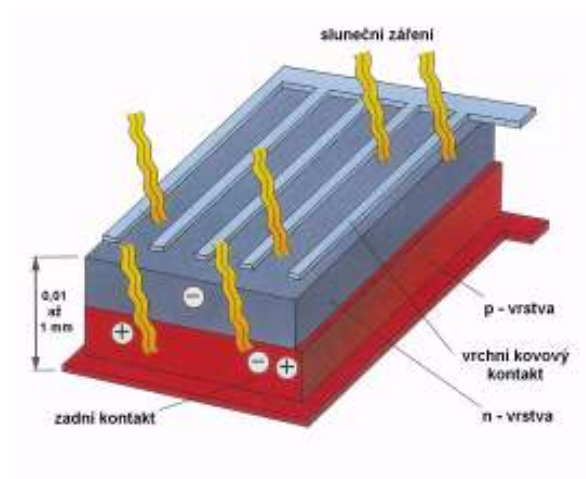


Celkový roční tepelný zisk solárního systému je 3080 kWh, což představuje roční úsporu v nákladech oproti elektrické energii cca 8556 Kč.

Přímá přeměna sluneční energie v energii elektrickou.

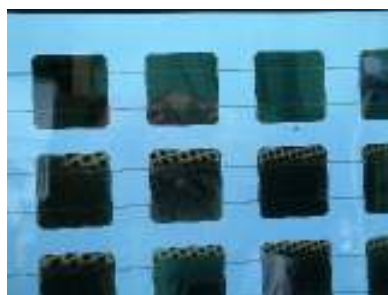
Tuto přímou přeměnu umožňuje „fotovoltaika“. Základním prvkem pro přeměnu je solární článek.

Solární článek je polovodičový velkoplošný prvek alespoň s jedním PN přechodem. V solárním článku jsou vybuzeny elektricky nabitě částice (pár elektron.díra). Elektrony jsou poté separovány vnitřním elektrickým polem PN přechodu. Rozdělení náboje má za následek napěťový rozdíl mezi předním (-) a zadním(+)kontaktem článku. Zátěží připojenou mezi oba kontakty potom protéká stejnosměrný elektrický proud, jež je úměrný ploše solárních článků a intenzitě dopadajícího slunečního záření.



Energetická účinnost přeměny slunečního záření na elektrickou energii je u současně vyráběných solárních článků až 17%. V laboratorních podmínkách se dosahuje účinnosti až 28%. Monokrystalický článek s plochou 100 cm^2 je schopen dodávat do zátěže proud cca 3A při napětí 0,5V. V současné době jsou nejrozšířenější solární články vyrobené z krystalického křemíku ve formě monokrystalu, nebo multikrystalu. Vyskytují se tenkovrstvé solární články na bázi amorfního křemíku. Do výroby jsou již aplikovány nové tenkovrstvé technologie Cd Te, CIS a CIGS struktury. Dále jsou vyvinuty technologie fotovoltaických skleněných tabulí. Elektrickým propojením solárních článků vzniká po jejich zapouzdření solární panel. Články jsou sériově elektricky spojeny tak, aby napětí panelu umožnilo přímé využití elektrické energie. Elektrický výkon solárních panelů se udává ve wattech jako W_p (p – špičkový výkon).

Jeden čtvereční metr solárního modulu s monokrystalickými články má při standardním osvětlení 1000 W/m^2 výkon $110 W_p$. Z toho vyplývá, že pro zajištění špičkového elektrického výkonu 1 kW_p je třeba cca 9 m^2 solárních modulů.

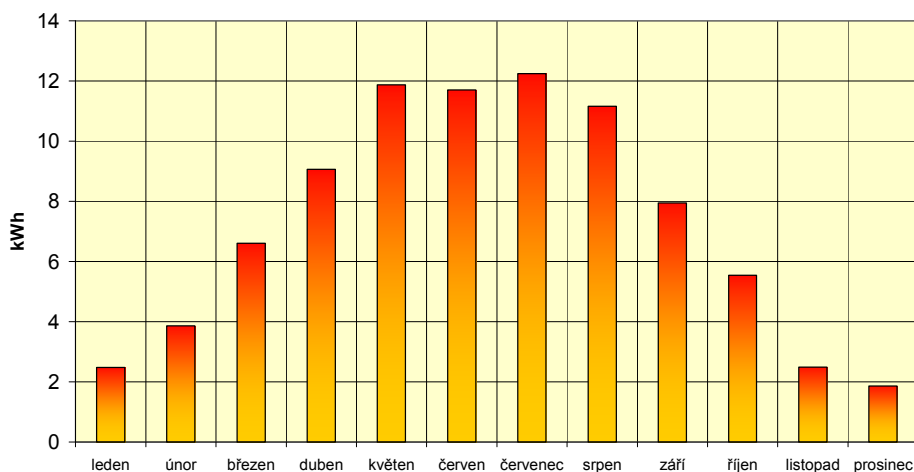


Solární články

Ze solárního modulu s plochou 1 m^2 je možné během jednoho roku získat 70 – 100 kWh elektrické energie. Průměrné denní množství elektřiny (Wh/den), kterou lze získat během jednoho dne v jednotlivých měsících v roce.

měsíc	Wh/ den	kWh/ měsíc
Leden	80	2,48
Únor	138	3,86
Březen	213	6,6
Duben	302	9,06
Květen	383	11,87
Červen	390	11,7
Červenec	408	12,24
Srpen	360	11,16
Září	265	7,95
Říjen	179	5,54
Listopad	83	2,49
Prosinec	60	1,86

Množství elektřiny kterou lze získat ze solárního systému o ploše 1 m² v průběhu roku.



Se stejnými solárními prvky (články) je možné realizovat aplikace s výkonem řádově od mW_p až MW_p . Fotovoltaické systémy je možné provozovat kdekoliv na Zemi bez negativního dopadu na životní prostředí. Pro využití elektrické energie ze solárních článků je třeba kromě panelu další zařízení – např. akumulátorové baterie, regulátor, napěťový měnič (jehož výstupem je střídavé napětí 50 Hz 230 V), sledovač slunce, indikační a měřicí přístroje. Tato celá sestava tvoří fotovoltaický systém. Skladba prvků fotovoltaického systému závisí na druhu aplikace.

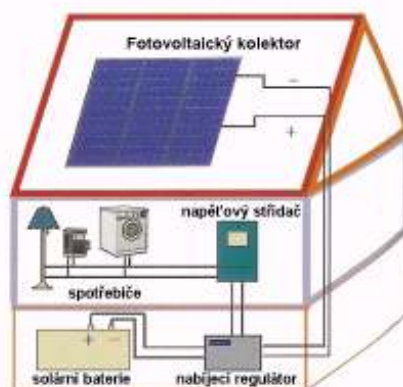
Systémy nezávislé na rozvodné síti (grid-of)

Jsou to autonomní systémy pro místa bez elektrických rozvodných sítí (kde není el. rozvodná síť vůbec, nebo je vzdálena a přípojka by si vyžádala vysoké finanční náklady).

Výkony autonomních systémů se pohybují od $1 W_p$ až po $10000 W_p$.

Autonomní systémy jsou:

- s přímým napájením
- s akumulací elektrické energie



Systémy s přímým napájením jsou používány tam, kde nevadí, že připojené elektrické zařízení je funkční pouze po dobu dostatečné intenzity slunečního záření. Jedná se o propojení solárního panelu a spotřebiče. Příkladem je čerpání vody pro závlahu, napájení oběhového čerpadla solárního systému pro přípravu TV, napájení ventilátorů k odvětrání uzavřených prostor, napájení akumulátorů malých přístrojů (mobilní telefon, počítač, svítidla).

Systémy s akumulací elektrické energie

Doba po kterou je k dispozici energie ze solárních panelů většinou není totožná s dobou největší spotřeby. Z tohoto důvodu jsou nezbytnou součástí autonomních systémů akumulátorové baterie. Jejich optimální nabíjení a vybíjení je zajištěno regulátorem. K tomuto systému je možno připojit jak spotřebiče napájené stejnosměrným proudem (zpravidla napětí 12 nebo 24 V), tak běžné síťové spotřebiče 230V/50 Hz napájené přes napěťový měnič. Tyto systémy slouží jako zdroj elektrické energie pro chaty, rodinné domy, napájení dopravní signalizace, telekomunikační zařízení, kempink, jachting, zahradní osvětlení, reklamy apod.

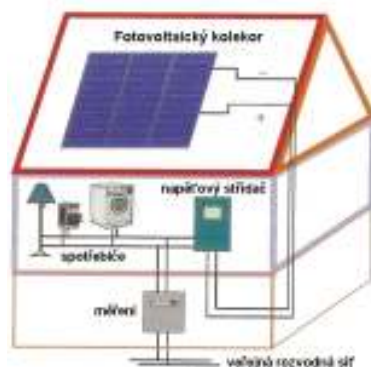


Mobilní buňka pro lesní dělníky
v bavorském lese



RD vybavený 37 m² kolektorů – systém s
akumulací el. energie

Systémy dodávající energii do rozvodné sítě (grid-on). Tyto systémy jsou nejvíce uplatňovány v oblastech s hustou sítí elektrických rozvodů. Při dostatečném slunečním svitu jsou spotřebiče v budově napájeni vlastní elektřinou ze solárního systému a případný přebytek je dodáván do veřejné sítě. Při nedostatku vlastní energie je elektřina z rozvodní sítě odebírána. Systém funguje automaticky díky mikroprocesorovému řízení síťového měniče.



Připojení k síti podléhá schválení distributorů elektrické energie. Špičkový výkon fotovoltaických systémů připojených k rozvodné síti je v rozmezí kW_p až MW_p . Fotovoltaické panely jsou umístěny buď na střeších budov, nebo integrovány do obvodového pláště budov. Nejrozšířenější jsou v Německu a Švýcarsku. V České republice je již v provozu řada těchto systémů. Největším výkonem jsou zatím s aplikací 20 kW_p

Jako například: Západočeská universita v Plzni 20 kW_p , Technická universita v Liberci 20 kW_p . V rámci programu „Slunce do škol“ byly instalovány malé výukové moduly o ploše do 2 m^2 do více než 600 škol v ČR.



Největší překážkou v ČR jsou zatím vysoké pořizovací náklady.

*Směrnými ukazateli pro systém grid – off je $270 - 400 \text{ Kč} / \text{W}_p$
pro systém grid – on je $200 - 350 \text{ Kč} / \text{kW}_p$*

Z těchto vysokých investic je možno odvodit (při životnosti systému 50 roků) cenu vyrobené elektrické energie u systémů ostrovních cca $13 - 17 \text{ Kč} / \text{kWh}$ a u systémů dodávajících elektřinu do rozvodné sítě cca $10 \text{ Kč} / \text{kWh}$. Na základě hlavních směrů energetické koncepce ČR pro podporu rozvoje obnovitelných zdrojů energie byl v roce 2005 vydán zákon č. 180/2005 Sb., který stanovuje systém tvorby výkupních cen elektřiny z OZE. Na základě tohoto zákona určil Energetický regulační úřad (ERÚ) pro rok 2006 výkupní cenu elektřiny ze slunečního zařízení ve výši $13,2 \text{ Kč} / \text{kWh}$ (bez DPH).

Současný stav a perspektivy vývoje

Celkový instalovaný výkon fotovoltaických systémů ve světě dosahuje hodnoty $1,3 \text{ GW}_p$.

Většina průmyslových zemí (včetně ČR) vyhlásila v posledních pěti letech dlouhodobé národní rozvojové programy. Příkladem je německý program 100 000 fotovoltaických střešů v rámci něhož je poskytována šestiletá bezúročná půjčka s dotací 15% a dále existuje zákon stanovující povinnou výkupní cenu elektřiny z fotovoltaických systémů.

V roce 1999 bylo v ČR instalováno 75 kW_p . Roční nárůst činí více než 20 kW_p , takže v současné době lze předpokládat celkový instalovaný výkon kolem $220 - 270 \text{ kW}_p$.

3.4 Větrné elektrárny

Energie, její získávání a využívání má a bude vždy mít výrazný vliv na úroveň lidské společnosti a na její životní prostředí. Nelze očekávat, že v budoucnu bude energie snáze získatelná a lacinější.

V České republice, jakožto i v ostatních zemích se v převážné míře využívá energie z neobnovitelných zdrojů a proto se pozornost obrací k využívání alternativních zdrojů energie. ČR stojí teprve na počátku rozvoje obnovitelných zdrojů energie, přesto chce vláda v rámci vstupu do EU dosáhnout podílu 8 procent ekologické elektřiny. Dosud poskytují obnovitelné zdroje teprve 3,5 procent elektřiny. Vítr patří k nevyčerpatelným (obnovitelným) a k historicky nejstarším využívaným zdrojům energie.

Tak jako u více alternativních zdrojů energie, můžeme i u VE začít pohledem za naše hranice. V Evropě je kolébkou větrné energetiky Dánsko, kde se na začátku 70. let, v době energetické krize, koncentrovala značná výzkumná a výrobní aktivita.

Vyústěním byla rozšiřující se výstavba VE. Koncem roku 1990 jich bylo v provozu 2950 a měly okamžitý výkon 319 MW, na konci roku 1994 již 520 MW a v roce 2000 by měl být instalovaný výkon 1500 MW. Za 10 let nárůst téměř o 500 %.



Využití energie větru

Energie větru se využívá zejména k výrobě elektrické energie. Ta může být použita k vlastní spotřebě výrobce např. k osvětlení, vytápění objektů, k ohřevu vody nebo může být využívána lokálně více odběrateli (v případě zařízení s větším výkonem). U větších zařízení je možné i dodávat vyrobenou elektrickou energii do veřejné rozvodné sítě na základě smluvního vztahu s distribuční společností (majitelem rozvodné sítě elektřiny např. STE, a.s., JME, a.s., SME, a.s., ČEZ, a.s., atd.). Výhodné je použití malých větrných elektráren pro výrobu el. energie v místech bez přípojky elektrického energie z rozvodné sítě (např. rekreační zařízení). Malé domovní větrné elektrárny mohou sloužit např. k čerpání vody.

Příklady využití větrných elektráren podle výkonových rozsahů

Výkon (kW)	Možnosti využití
Do 5	Dobíjení akumulátorů, vlastní spotřeba
5 - 20	Dodávka elektrické energie do sítě, nebo ohřev vody v rodinných domcích, zemědělství
Nad 20	Dodávka elektrické energie do sítě

Povětrnostní podmínky v ČR

Česká republika nemá tak optimální větrné podmínky pro rozvoj větrné energetiky jako Německo či Holandsko, ale i na našem území se nachází výhodné a využitelné lokality. Z tohoto důvodu má stát zájem na optimálním využití částí území s nejvyšším klimatologickým potenciálem větrné energie, snaží se koncepčně usměrňovat a umisťovat jednotlivé větrné elektrárny, včetně jejich výkonových parametrů.

Kromě velkých rozdílů v rychlosti větru a v průměrných příkonech na 1 m² plochy opisované vrtulí větrného motoru v zemích u Baltského a Severního moře a v české kotlině je v ČR podstatně nižší potenciál větrné energie také v důsledku toho, že doba trvání výkonu větru je zde dvakrát až třikrát kratší.

Tabulka porovnání rychlosti větru a průměrného energetického příkonu energie větru na 1 m² plochy opisované vrtulí na území ČR a v zemích u Severního a Baltského moře.

oblast	průměrná rychlost větru (m/s)	průměrný příkon (W/m ²)
sever Jutska, Skotsko – chráněná krajina	více než 6	více než 250
ČR – chráněná krajina	do 3,5	do 50
sever Jutska, Skotsko – otevřená krajina	více než 7,5	více než 500
sever Jutska, Skotsko – kopce a moře	více než 11,5	až 1 800
ČR – horské oblasti	7,0	do 500

Podle studie Ústavu fyziky atmosféry Akademie věd ČR z roku 1995, však lze i v našich podmínkách při využití rychlosti větru nad 4,8 m/s vyrobit až 5 TWh elektřiny ročně, což představuje asi 8,5 % současné spotřeby.

Obr. Větrná mapa území ČR



Území s průměrnými ročními rychlostmi větru přes 5 m/s jsou obecně považována za bezproblémová, kdežto s rychlostmi od 4 m/s do 5 m/s za podmíněně vhodná k využití pro umístění větrných elektráren.

Princip větrné elektrárny

Vítr vzniká prouděním vzduchu, které je způsobeno nerovnoměrným ohříváním vzduchu a Země (teplejší ohřátý vzduch je lehčí a stoupá vzhůru, chladnější těžší klesá k povrchu Země). Pohybová energie větru otáčí listy či lopatkami rotoru, čímž vzniká mechanická energie. Tato je přenášena do generátoru, kde se mění na elektrickou energii.

Charakteristiky a základní termíny

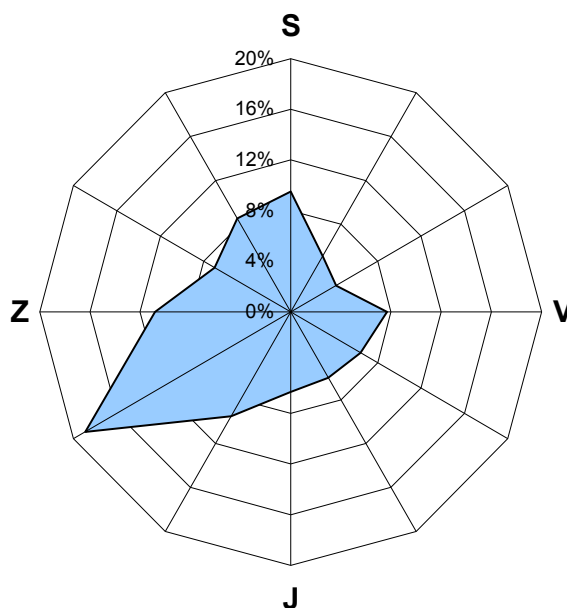
Vítr je určen dvěma veličinami, a to rychlostí a směrem.

Směr větru - udává, ze které světové strany vítr vane. Sledováním směru větru a grafickým zaznamenáním výsledků získáme tzv. větrnou růžici, v níž je příslušnému směru přiřazena také rychlost a procentuální četnost větru vanoucího určitým směrem.

Tabulka frekvence větru z různých sektorů (lokalita Praha Ruzyně)

sektor	0	30	60	90	120	150
frekv.	9,5	5,1	4,2	7,7	6,4	6,0

sektor	180	210	240	270	300	330
frekv.	6,3	9,5	18,9	10,8	7,0	8,5



Rychlost větru - se sleduje pomocí anemometru. Rozložení rychlosti větru se vyjadřuje sloupovým grafem, kde je každé rychlosti větru přiřazeno číslo, vyjadřující její procentuální podíl na celkové době, po kterou byl vítr sledován. Odhadem je možné rychlost větru stanovit vizuálně a výsledky srovnat s Beaufortovou stupnicí síly větru.

Beaufortova stupnice síly větru

Beaufortovo číslo	Rychlost větru (m/s)	Výška vln (m)	Označení	Popis
0	0,0 – 0,4	-	Klid	Kouř stoupá kolmo vzhůru
1	0,5 – 1,5	-	Lehký větřík	Směr větru vychyluje kouř
2	2,0 – 3,0	0,15 – 0,30	Lehký vítr	Je cítit ve tváři, listí stromů šelestí
3	3,5 – 5,0	0,60 – 1,0	Mírný vítr	Vítr napíná praporky, čeří hladinu vody
4	5,5 – 8,0	1,0 – 1,50	Střední vítr	Zvedá prach a útržky papíru, pohybuje slabšími větvemi stromů
5	8,1 – 10,9	1,8 – 2,5	Čerstvý vítr	Keře se hýbou
6	11,4 – 13,9	3,0 – 4,0	Silný vítr	Pohybuje tlustými větvemi, dráty sviští, obrací deštník
7	14,1 – 16,9	4,0 – 6,0	Téměř bouře	Pohybuje celými stromy, nesnadná chůze
8	17,4 – 20,4	5,5 – 7,5	Bouře	Ulamuje větve, znemožňuje chůzi
9	20,5 – 23,9	7,0 – 9,75	Silná bouře	Menší škody na stavbách, strhává střešní krytinu
10	24,4 – 28,0	9,0 – 12,5	vichřice	Vyvrací stromy, škody na obydlích
11	28,4 – 32,5	11,3 – 16,0	Prudká vichřice	Rozsáhlé škody
12	32,6 – 35,9	13,7	hurikán	Odnáší střechy, demoluje těžké předměty
13	Nad 36,0			

Rychlostní profil proudění - průběh místních rychlostí proudění v závislosti na vzdálenosti od povrchu Země.

Rychloběžnost - poměr obvodové rychlosti špiček rotoru a rychlosti větru.

Teoretický výkon VE

Výkon větru na 1 m² plochy, kterou protéká, je $P_v = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot w^3$
 kde je ρ – hustota vzduchu (kg/m³),
 w – rychlost větru (m/s).

Při $\rho = 1,25$ je pro určitý výkon P_v zapotřebí určitá rychlost větru w :

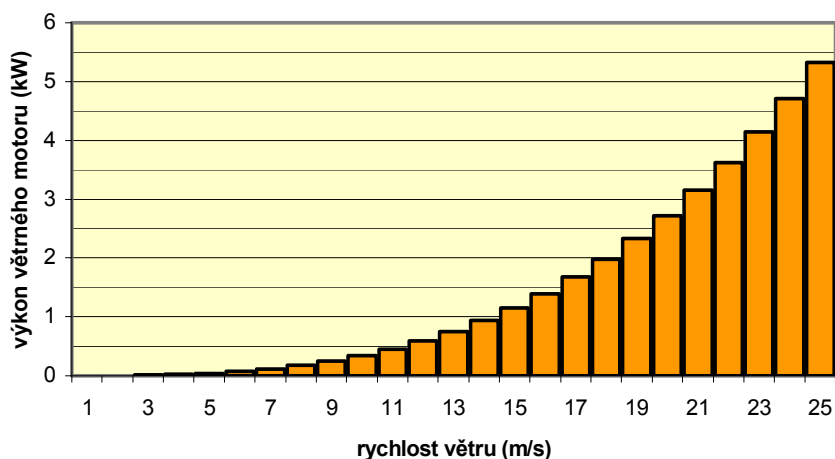
P_v (W)	1	10	100	1000
w (m/s)	1,21	2,6	5,6	12,1

Teoretický výkon větrného motoru je

$$P_{mt} = 0,000296 \cdot \rho \cdot S^2 \cdot w^3 \quad (\text{kW})$$

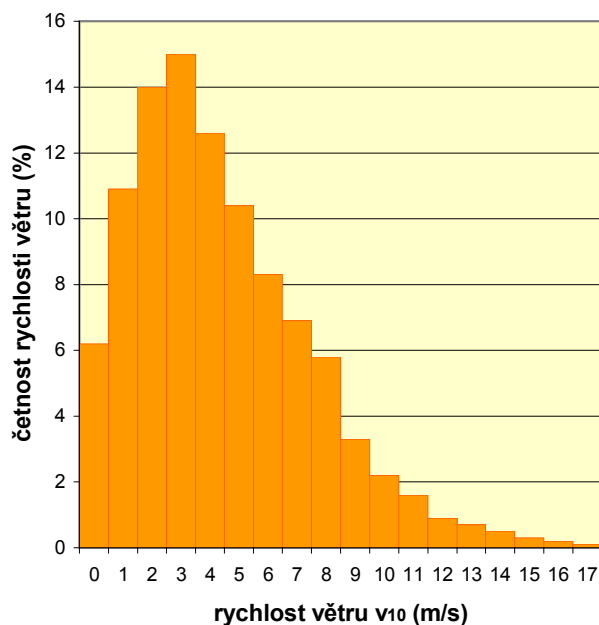
kde S je plocha opisovaná špičkou rotoru.

Graf znázorňuje závislost výkonu větrného motoru na průměrné rychlosti větru a jednotkové ploše opisované špičkou rotoru 1 m^2



Distribuční charakteristika – znázorňuje četnost rychlosti větru v dané lokalitě. Pro každou rychlost větru je zde přiřazen podíl z celkové roční doby vyjádřený v procentech.

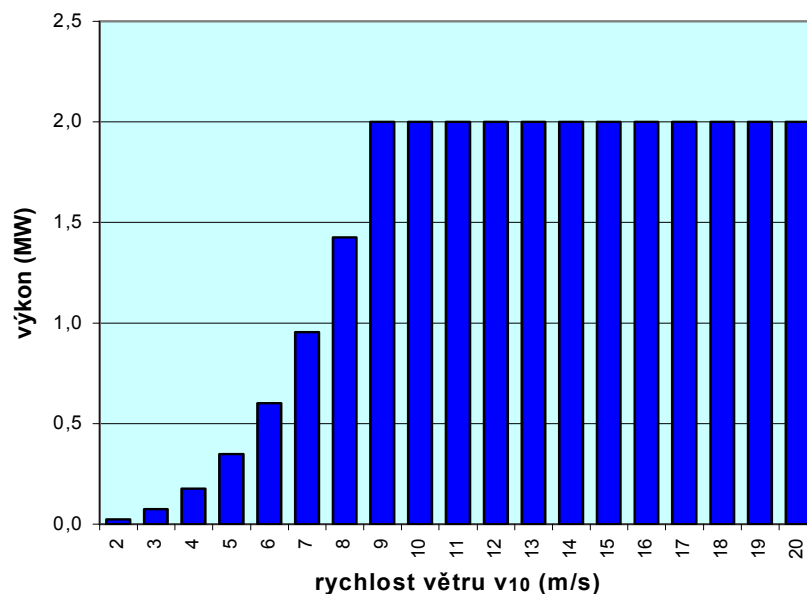
Znázornění četnosti rychlosti větru pro lokalitu Pha Ruzyně – distribuční charakteristika



Hodnoty rychlosti větru ve statistické charakteristice jsou udávány pro výšku 10 m nad terénem. Pro potřebu výpočtu výkonu VE je nezbytné znát rychlost větru proudící na rotorové listy turbíny. Tato rychlost je vyšší a je násobkem rychlosti ve výšce 10 metrů a výškového korekčního součinitele „y“. Tento součinitel je odvislý od místního terénu.

Ze známých údajů rychlosti větru lze zpracovat hodnoty pro výkonovou charakteristiku. Výkon v kW je úměrný třetí mocnině rychlosti větru ve výšce náboje rotoru, druhé mocnině délky lopatky a koeficientu „k“.

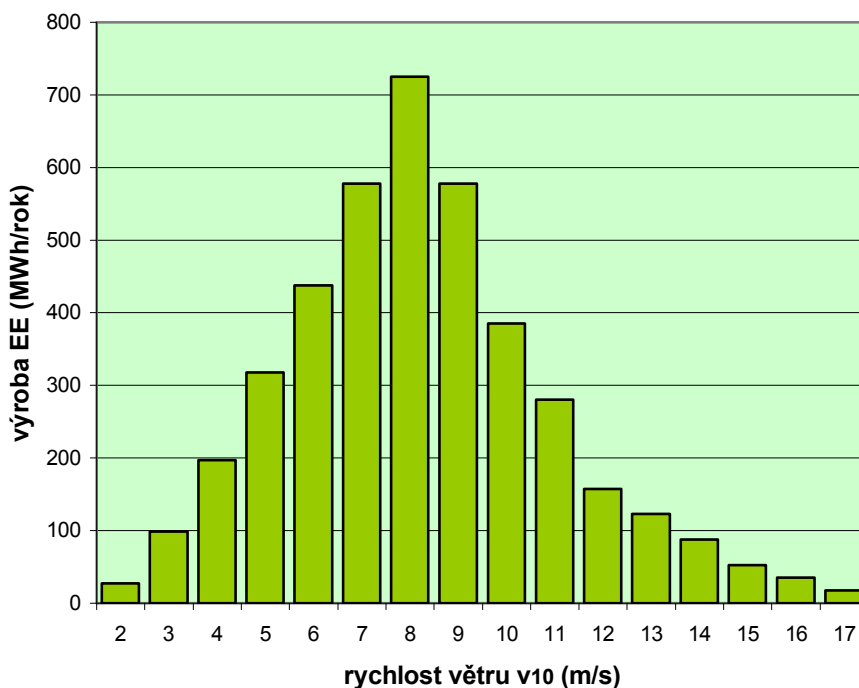
Závislost výkonu větrné elektrárny na rychlosti větru (ENERCON E70–2 MW, lokalita Praha Ruzyně)



Z následujícího grafu je zřejmé, že při rychlosti cca 9 m/s (udáno pro výšku 10 m nad terénem, které odpovídá rychlost cca 15 m ve výšce náboje rotoru) dochází k maximálnímu využití výkonu zařízení. Při rychlosti 20 m/s, což odpovídá rychlosti cca 34 m/s ve výšce náboje dochází k odstavení VE.

Výroba elektrické energie je určena výkony při jednotlivých rychlostech větru a dobou jejich trvání.

Produkce el. en. v závislosti na rychlosti větru (ENERCON E70–2 MW, Praha Ruzyně)



Z grafu je zřejmé, že optimální rychlost větru vzhledem k četnosti pro VE se pohybuje v rozmezí 4 až 12 m/s. Maximální produkce elektrické energie je v rozmezí rychlostí 7 až 9 m/s.

Vypočtené hodnoty energetických veličin pro VE ENERCON E70 – 2 MW

rychlost m/s (10m)	0	1	2	3	4	5	6	7	8
rychlost m/s (99m)	0	1,7	3,4	5,1	6,8	8,5	10,2	11,9	13,6
roční využití hod.	543,1	954,8	1 226,4	1 314,0	1 103,8	911,0	727,1	604,4	508,1
okamžitý výkon kW	0	0	22,3	75,2	178,3	348,3	601,8	955,7	1 426,5
Roční výroba MWh	0	0	27,3	98,8	196,8	317,3	473,6	577,6	724,8

rychlost m/s (10m)	9	10	11	12	13	14	15	16	17
rychlost m/s (50m)	15,3	17,0	18,7	20,4	22,1	23,8	25,5	27,2	28,9
roční využití hod.	289,1	192,7	140,2	78,8	61,3	43,8	26,3	17,5	8,8
okamžitý výkon kW	2 000*)	2 000*)	2 000*)	2 000*)	2 000*)	2 000*)	2 000*)	2 000*)	2 000*)
Roční výroba MWh	578,2	385,4	280,3	157,7	122,6	87,6	52,6	35,0	17,5

Pozn.: *) Okamžitý výkon je omezen výkonem generátoru 2 000 kW.

Rozdělení VE

Rozdělení větrných elektráren

Třídít větrné elektrárny můžeme z různých hledisek.

- Podle výkonu VE
 - a) Malé - do 20 kW
 - b) Střední - nad 20 do 50 kW
 - c) Velké - nad 50 kW
- Podle koncepce větrné elektrárny
 - a) Zařízení s vertikální osou rotace
 - b) Zařízení s horizontální osou rotace.
- Podle řešení větrné elektrárny
 - a) Větrné elektrárny s vrtulí
 - b) Větrné elektrárny s lopatkovými koly

Způsob regulace VE

Závisí na velikosti a stupni vybavení větrné elektrárny.

Pro větrné elektrárny, které dodávají elektrickou energii do elektrizační soustavy se regulační systém skládá z těchto částí: ovládací a kontrolní prvky, systém řízení a brzdění rotoru, kontrolní systém jednotlivých částí elektrárny, systém natáčení stroje do směru větru, systém připojení k síti.

Pro natáčení rotoru do směru větru se používá několik způsobů.

- a) Ocasní plocha
- b) Boční pomocné rotory
- c) Natáčení pomocnými motory

Distribuce elektrické energie z VE do sítě

Prostřednictvím blokového transformátoru umístěného zpravidla ve strojovně v gondole bývá výkon přetransformován na napěťovou hladinu 22 kV a prostřednictvím VN kabelu sveden do spodního prostoru v tubusu, kde se nachází transformátor technologické spotřeby a předávací místo odběratele elektřiny.

Existuje dvojí pohled na větrnou energii z hlediska spotřeby EE :

- Pokryje se energetická potřeba konkrétního místa, přičemž přebytky energie nelze využít jinde (ostrovní provoz),
- celá lokalita se využije k maximální výrobě elektrické energie, která se transportuje do jiných míst.

Výkupní cena elektřiny z VE

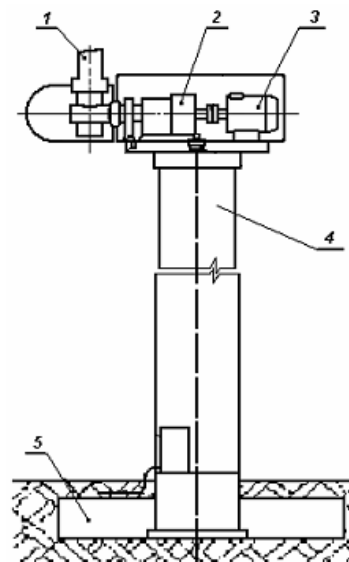
Na základě cenového rozhodnutí ERÚ č. 10/2004 ze dne 29. listopadu 2004, kterým se stanovují ceny elektřiny a souvisejících služeb, platí minimální výkupní ceny elektřiny dodané výrobcem elektřiny z obnovitelných zdrojů do distribuční sítě nebo přenosové soustavy.

Pro větrné elektrárny uvedené do provozu od 1.1.2005 platí minimální výkupní cena 2 600 Kč za 1 MWh.

Součásti VE

Standardní větrná elektrárna sestává z následujících významných součástí :

- rotor (1)
- převodovka (2)
- generátor (3)
- blokový transformátor
- řídicí jednotka
- stožár (4)
- základový dílec (5)



Rotor

Existují čtyři typy rotorů podle osy rotace.

Horizontální osa rotace

- a) Vrtule - má nejvyšší možnou dosažitelnou účinnost, max. 45%. Vrtule je rychloběžný typ větrného motoru. Rychloběžnost může dosahovat hodnoty kolem 10. Maximální účinnosti vrtule dosahuje při rychloběžnosti 6. Počet listů vrtule bývá 1 až 4. Používá se pro výrobu třífázového elektrického proudu.

Výkon lze jednoduše stanovit pomocí rovnice: $P = 0,2 \times V^3 \times D^2$

kde : P - výkon zařízení
 V - rychlost větru
 D - průměr vrtule

Dnešní typy větrných motorů mají většinou dvoulistové nebo třílistové rotory. Listy rotoru jsou buď natáčivé kolem své podélné osy, nebo pevné, navržené tak, že při zvyšujících se rychlostech větru (při $n = \text{konst.}$) se aerodynamická účinnost zhoršuje a od $P_{\max}$ výkon již nestoupá nebo mírně klesá.

Účinnost větrných motorů (s 2-listovými a 3-listovými rotory) je 30 % u malých a 42 až 45 % u velkých motorů (u největších jednotek se uvádějí hodnoty až 48 %).

b) Lopatkové kolo - je pomaloběžný větrný motor. Počet lopatek bývá 12 a 24, běžný průměr lopatkového kola je 5 až 8m. Maximální účinnosti je dosahováno při rychloběžnosti 1. Účinnost 20 - 43%. Používá se pro výrobu elektrického proudu pro vlastní spotřebu, čerpání vody.

Výkon lze jednoduše stanovit pomocí rovnice:

$$P = 0,15 \times V^3 \times D^2$$

Vertikální osa rotace

c) Darrieuův rotor - skládá se ze dvou či více křídel, které rotují kolem vertikální osy. Účinnost je až 38%. Používá se pro výrobu stejnosměrného i střídavého proudu.

d) Savoniův rotor - je tvořen dvěma plochami ve tvaru půlválců, které jsou vzájemně přesazeny. Maximální účinnosti je dosahováno při rychloběžnosti 0,9 až

1. Účinnost až 23%. Používá se pro výrobu stejnosměrného proudu, čerpání vody.

Převodovka

Používá se tam, kde je velký rozdíl mezi jmenovitými otáčkami rotoru a generátoru.

Hlavní hřídel přenáší energii rotoru přes převod na generátor. Převodovka je kombinací planetového a čelně ozubeného převodu se šikmými zuby.

Od převodovky se energie přenáší přes kompozitní spojku na generátor.

Generátor

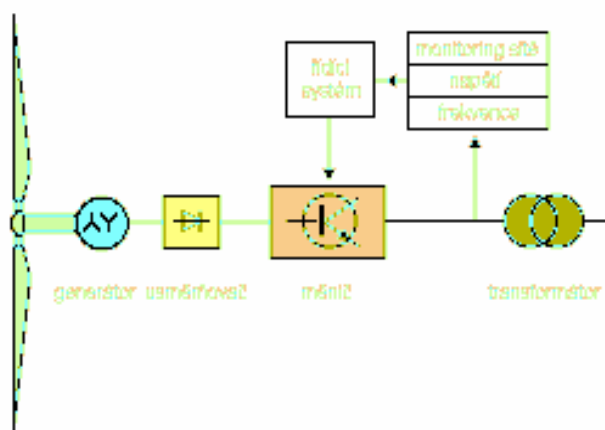
Slouží k přeměně mechanické energie větru na elektrickou energii. Používají se tyto skupiny generátorů :

- a) Stejnosměrné generátory - jsou vhodné pro malé větrné elektrárny.
- b) Synchronní - jsou vhodné pro střední a velké větrné elektrárny. Mají velkou účinnost, jsou schopny pracovat s velkým rozsahem rychlostí větru. Elektrárny vybavené synchronními generátory mohou pracovat i nezávisle na elektrické energii dodávané z rozvodné sítě.
- c) Asynchronní - jsou připojené k síti. Nevyžadují složitý připojovací systém, ten pouze sleduje otáčky a rozhoduje o okamžiku připojení k síti.

Věž bývá konstruována jako ocelový trubkový stožár nebo ocelový tubus a dosahují výšek až 100 m, kde bývá umístěna otáčivá gondola. Tubus - stožár se skládá ze segmentů komolých kuželů a cylindrických segmentů, která jsou na místě postavení smontovány pomocí přírubových spojů.

Standardní větrné elektrárny využívají k přenosu energie rotoru převodovky, která přes mechanickou spojkou otáčí generátorem.

Velké moderní větrné elektrárny (Enercon) jsou vybaveny asynchronním kroužkovým generátorem, který pracuje při proměnných otáčkách v závislosti na intenzitě větru. Třífázový proud z generátoru o proměnné frekvenci a napětí je usměrňován a dodáván do stejnosměrného meziobvodu. Odtud je napájen elektronický měnič, který vytváří třífázový proud o konstantním napětí a požadované frekvenci.



Výběr lokality pro VE

Je nutné získat informace o majetkových vztazích v prostoru lokality pro stavbu elektrárny i pro zajištění přístupu k elektrárně a vyvedení jejího výkonu.

Pro stavbu větší větrné elektrárny je nutné zjistit geologické podmínky na dané lokalitě. Ke stavbě větrné elektrárny je nutné získat stavební povolení podle Stavebního zákona č. 50/76 Sb., novelizace č. 103/90 Sb.

Větrná elektrárna musí být vybavena atestem, dokumentem, který potvrzuje, že zařízení splňuje příslušné předpisy a je možné ho provozovat na území ČR.

Podmínkou musí být respektování ekologických zákonů a souhlas obce, stejně jako u každé velké stavby.

Díky novým technologiím nejsou moderní větrné elektrárny hlučné. Les vzdálený 200 metrů vydává při větru o rychlosti 6-7 metrů za sekundu stejný hluk jako stejně daleko umístěná větrná turbína. Zkušenosti ze zahraničí také ukázaly, že obavy obyvatel v okolních obcích se rozplynuly krátce po zahájení provozu elektráren.

Základní podmínky úspěšné instalace větrné elektrárny

- Správná volba lokality (topografické, morfologické, geologické poměry),
- dostatečná síla větru 3 - 26m/s,
- pravidelnost větrného proudění,
- správná volba dispozičního řešení větrné elektrárny,
- správná volba typu zařízení,
- vlastní spotřeba vyrobené elektrické energie nebo její dodávka do veřejné sítě,
- zpracování důkladné ekonomické rozvahy, která vychází ze zjištění reálné potřeby a spotřeby elektrické energie pro daný objekt, investičních a provozních nákladů, návratnosti vložených finančních prostředků,
- v případě prodeje elektrické energie je nutné zažádat Energetický regulační úřad o udělení licence na výrobu a prodej elektrické energie. Uzávřít smlouvu o odběru elektrické energie s distribuční společností např. JME, a.s. (SME, a.s., STE, a.s., JČE, a.s., atd.).

Výhody využití větrných elektráren

- Větrná energie je obnovitelným nevyčerpatelným zdrojem energie,
- při vlastní spotřebě elektrické energie se vyhneme přenosovým ztrátám,
- při výrobě nejsou produkovány žádné škodlivé emise (SO₂, CO₂, NO_x, popel),
- přebytky vyrobené elektrické energie může výrobce prodávat do veřejné rozvodné sítě na základě smluvního vztahu s distribuční společností (majitelem rozvodné sítě elektřiny) a tím může výrazně ovlivnit návratnost vložených finančních prostředků.

Nevýhody využití větrných elektráren

- Poměrně vysoká hlučnost (nutné snížit hlučnost na úroveň, která je požadována hygienickými předpisy, pod 45 dB),
- nestabilní zdroj,
- poměrně časově a finančně náročná předrealizační fáze,
- při stavbě větrné elektrárny o vyšších výkonech je nutné vynaložit poměrně vysoké investiční náklady,
- návratnost vložených finančních prostředků je závislá na využití vyrobené elektrické energie.

3.5 Energetické využití biomasy

3.5.1. Biomasa

Biomasa je definována jako substance organického původu (pěstování rostlin v půdě nebo vodě, chov živočichů, produkce organického původu, organické odpady). Biomasa je buď záměrně získávána jako výsledek výrobní činnosti, nebo se jedná o využití odpadů ze zemědělské, potravinářské a lesní výroby, z péče a údržby o krajinu apod.

Vzhledem k tomu, že biomasa představuje obnovitelný zdroj energie je této problematice věnována celosvětová pozornost. Uvedený směr je proto plně v souladu s Energetickou politikou ČR i Evropské unie.

V podmínkách České republiky přichází především v úvahu energetické využití následujících druhů biomasy:

- 1) dřevní odpady
- 2) sláma ze zemědělské produkce
- 3) kejda a chlévská mrva pro produkci a využití bioplynu
- 4) využití bioplynu z řízených skládek odpadů (skládkový plyn)
- 5) rychle rostoucí energetické plodiny.

Energetické využití uvedených druhů biomasy může nahradit ostatní druhy paliv, která nepředstavují obnovitelný energetický zdroj. Základní zdroje a roční produkce energeticky využitelné biomasy v ČR jsou uvedeny v následující tabulce.

biopalivo	roční produkce / mil.t /
odpadní a palivové dřevo	2,6
obilní a řepková sláma	2,7
rychlerostoucí dřeviny a plodiny	1,0
Celkem	6,3

K bilanci biopaliv uvedených v tabulce je nutno připočít bionaftu v roční produkci cca 120 tisíc tun za rok a roční produkci bioplynu ve výši cca 22 milionů m³.

Nejvíce se využívá biomasa pro energetické účely v Dánsku a ve Švédsku. Zde představuje cca 10 % z celkové spotřeby energie v palivu. V ČR představuje současné využití biomasy cca 2,5 %, kdy se jedná především o energetické využití dřevních odpadů a slámy. Energetická politika ČR proto předpokládá v průběhu asi 10 let zvýšit podíl energetického využití biomasy na cca 8 %.

Energetické využití biomasy přispívá jak k náhradě ostatních druhů paliv, tak ke snížení ekologické zátěže ovzduší, jak vyplývá z dalšího textu.

Vzhledem k tomu, že nejvíce využívanou biomasou pro energetické účely jsou dřevní odpady, je pro tento druh paliva provedena i bilance CO₂, který představuje plynnou emisi při průběhu spalování. Mimo skutečnost, že se jedná o obnovitelný zdroj energie je nutno dále upřednostnit i to, že energetické využití dřevní hmoty představuje palivo, které je bilančně neutrální s ohledem na emisi CO₂. Z vyvážené bilance vyplývá závěr, že využití biomasy pro energetické účely se nepříznivě nepodílí na vytváření skleníkového efektu.

Při spálení 1 tuny dřevní hmoty je spotřeba kyslíku 1,2 t a emise CO₂ 1,6 tuny.

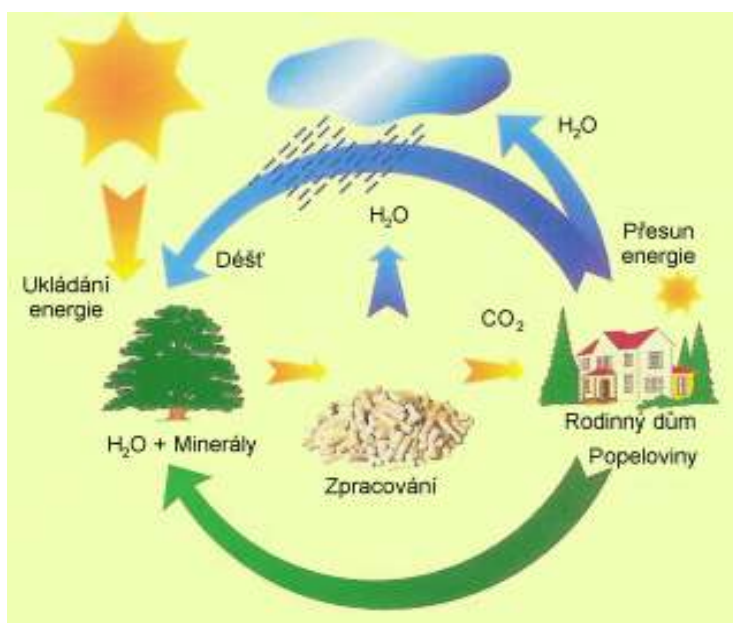
Pro vzrůst 1 tuny dřevní hmoty na ploše cca 0,2 ha se rovněž spotřebuje 1,6 tuny CO₂ a tak se stává jeho bilance vůči spalování neutrální a vyrovnaná.

V závislosti na obsahu vody v dřevní hmotě / W % / je emise CO₂ při spálení 1 tuny této hmoty následující dle tabulky.

Produkce CO₂ z 1 t dřevních odpadů

W / % /	CO ₂ (kg/t)
10	1654
20	1562
30	1286

Koloběh CO₂ v regeneračním cyklu v přírodě je patrný z následujícího obrázku.



Vyjádřování obsahu vody v dřevní hmotě

V dřevozpracujícím průmyslu se obsah vody vztahuje k suchému vzorku. To znamená, že při hmotnosti vody 0,5 kg v 1 kg původního vzorku je v tomto případě vlhkost (dřevařská W_d) při hmotnosti vysušeného vzorku 0,5 kg :

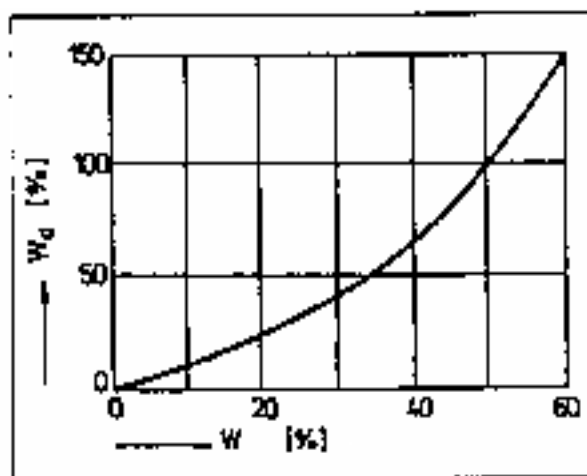
$$W_d = \frac{0,5}{0,5} \cdot 100 = 100 \%.$$

V energetické praxi se však vztahuje obsah vody k původnímu vzorku. Při hmotnosti vody 0,5 kg v 1 kg původního vzorku bude energetická vlhkost:

$$W = \frac{0,5}{1,0} \cdot 100 = 50 \% .$$

Tato rozdílnost ve vyjadřování vlhkosti paliva může vést při zpracování energetického záměru k velkým nesrovnalostem ve výhřevnosti paliva, měrné hmotnosti atd. Z tohoto důvodu na tuto skutečnost upozorňujeme hned v úvodu.

Vzájemné porovnání obou uváděných vlhkostí paliva je možno provést dle obrázku.



V dalším textu budeme používat energetický způsob vyjadřování vlhkosti paliva W , pokud nebude výslovně uvedeno, že se jedná o jiný způsob.

Obsah vody se v dřevní hmotě a biomase všeobecně, pohybuje v širokém rozsahu. Konkrétně u dřevní hmoty se jedná o $W = 8 \%$ až 60% . Nízká vlhkost se vyskytuje u dřevní hmoty, která prošla procesem umělého sušení řeziva. Hodnota 60% pak odpovídá čerstvé vlhké kůře a čerstvé lesní štěpce.

V závislosti na vlhkosti se pak mění i výhřevnost paliva a další související hodnoty tepelné a hmotnostní bilance. Obdobně jako u běžných druhů paliv jsou u dřevních odpadů a biomasy ukazatelem kvality paliva následující hodnoty:

- vlhkost paliva
- chemické složení hořlaviny paliva
- obsah popelovin v palivu
- obsah prchavé hořlaviny
- výhřevnost paliva .

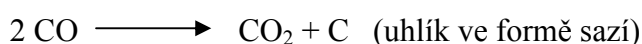
V porovnání například s hnědým energetickým uhlím je u dřevních odpadů podstatně větší rozsah vlhkosti paliva. U hnědého uhlí se jedná např. o vlhkost v rozmezí $25 - 30 \%$. Zvýšený obsah vody v dřevní hmotě bude klást zvýšené nároky na vhodnou konstrukci spalovacího zařízení a kotle. Se sníženou výhřevností paliva se zvýší potřebná hmotnost spalovaného paliva pro daný výkon kotle, tím se zvýší nároky na dopravu paliva do kotle, poklesne teplota nechlazeného plamene atd.

S ohledem na uvedené skutečnosti se proto spalovací zařízení na dřevní odpad dělí na dvě základní skupiny a to:

- spalovací zařízení na suchý dřevní odpad do $W = 30 \%$
- spalovací zařízení na vlhký dřevní odpad do $W = 55 \%$.

Konstrukce spalovacího zařízení se liší především v tom, že při spalování vlhkého paliva je nutno použít ohniště s keramickou vyzdívkou, která zajistí lepší podmínky pro dokonalé spalování paliva s ohledem na teplotu plamene a tím i koncentraci emisí škodlivých látek ve spalinách za kotlem.

Maximální vlhkost spalované dřevní hmoty je limitována požadavkem, aby teplota nechlazeného plamene ve spalovací komoře byla min. $900\text{ }^{\circ}\text{C}$ s ohledem na zachování směru průběhu chemických reakcí. Tento požadavek je z toho důvodu, že při podkročení teploty $900\text{ }^{\circ}\text{C}$ dochází při nevyhořené plynné složce paliva k reakci:



Tato skutečnost však představuje nežádoucí jev, kterému chceme vhodnou konstrukcí a provozních podmínek zabránit.

Pro hodnotu součinitele přebytku spalovacího vzduchu $\alpha = 1,5$ a teplotu spalovacího vzduchu $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ pak vychází teplota nechlazeného plamene právě $900\text{ }^{\circ}\text{C}$ při vlhkosti paliva $W = 55 \%$.

Pokud by byla překročena uvedená limitní vlhkost paliva, bylo by nutno z provozního hlediska přikročit ke stabilizaci spalovacího procesu pomocí přídavného paliva, aby se eliminoval uvedený nepříznivý vliv.

3.5.2 Chemické složení hořlaviny paliva

Chemické složení hořlaviny různých druhů dřevní hmoty je uvedeno v tabulce 1.3. Pro možnost porovnání je v tabulce uvedeno i složení běžného hnědého uhlí a obsah popelovin v sušině A_s . Jak je z této tabulky patrné, je prvkové složení různých druhů dřevní hmoty a kůry prakticky shodné. Vzhledem k tomu bude i výhřevnost různých druhů dřevní hmoty, pro danou vlhkost W , prakticky shodná. Z tohoto důvodu je nutno odstranit i běžný názor, že tvrdé dřevo má vyšší výhřevnost než dřevo měkké. Tato domněnka je založena pouze na tom, že tvrdé dřevo má vyšší měrnou hmotnost než dřevo měkké, což v podstatě znamená, že při použití stejného objemu paliva jsme dodali např. do kotle rozdílnou energii ve vstupním palivu v poměru měrných hmotností porovnávaných paliv.

Chemické složení hořlaviny dřevní hmoty

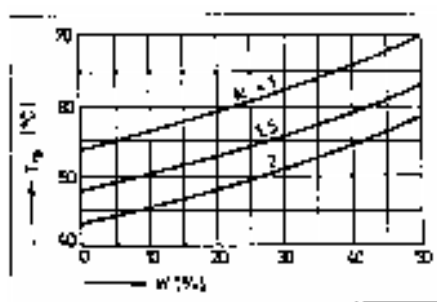
složka %	dřevo			kůra	hnědé energetické uhlí
	jehličnaté	listnaté	smíšené		
C	51,0	50,0	50,5	51,4	69,5
H	6,2	6,15	6,2	6,1	5,5
O	42,2	43,25	42,7	42,2	23,0
S	--	--	--	--	1,0
N	0,6	0,6	0,6	0,3	1,0
A_s	1,0	1,0	1,0	2,3 – 5,0	25,0

Z uvedené tabulky je patrné, že při spalování dřevní hmoty prakticky nevzniká žádná emise SO_2 a obsah popelovin a dusíku je velmi nízký např. v porovnání s hnědým uhlím. Z tohoto důvodu jsou i emise NO_x při spalování dřevní hmoty na příznivě nízké koncentraci.

Pokud při spalování paliva nevzniká plynná emise SO_2 je teplota rosného bodu spalin pouze funkcí vlhkosti spalovaného paliva a hodnoty součinitele přebytku spalovacího vzduchu α . Výše teploty rosného bodu spalin pak ovlivňuje tepelnou účinnost kotle a to v důsledku tzv. *komínové ztráty*. Při spalování dřevní hmoty je teplota rosného bodu spalin poměrně nízká a to cca 60°C , což pro porovnání s hnědým uhlím představuje snížení teploty rosného bodu minimálně o 50 %.

Průběh teploty rosného bodu spalin pro spalování dřevní hmoty, v závislosti na vlhkosti W a součiniteli přebytku spalovacího vzduchu α , je uveden na následujícím obrázku.

Teplota rosného bodu spalin při spalování dřevní hmoty



Z obrázku je patrné, že teplota rosného bodu spalin leží v oblasti poměrně nízkých teplot, které odpovídají cca spalování zemního plynu. Při dostatečném ochlazení spalin vystupujících z kotle je možno docílit i vyšší tepelnou účinnost kotle.

Složení další nejpoužívanější biomasy a to slámy je uvedeno v tabulce - základní chemické složení slámy.

Výhledově se uvažuje o využívání celé obilní hmoty a to jak slámy, tak slámy se zrnem, jejíž přebytky v zemědělské výrobě se projevují v nabídkách i na palivovém trhu. Především se jedná jak o slámu obilovin tak i olejnin (řepka). Dále je k nim možno zařadit i produkty označované jako nežádoucí plevy a to křídlatku, ale i nově zaváděné seté konopí.

Obsah vody se v době růstu pohybuje na hodnotě $W = 80\%$, která postupně klesá. V době zrání se již jedná o vlhkost 50% a v době sklizně cca 20% . Při dalším skladování poklesne vlhkost až na hodnotu cca 5% .

Sláma je pro další využití lisována do balíků, nebo kvádrů. V závislosti na hodnotě použitého lisovacího tlaku se jedná o měrnou hmotnost v rozmezí 60 až 150 kg/m^3 . Obří balíky slámy dosahují hmotnosti až 500 kg/ks . Ze slámy se rovněž lisují brikety a peletky obdobně jako z dřevních odpadů (pilin a drcené kůry). Toto komerční provedení pak umožňuje použití tohoto druhu paliva i v domácnostech.

Základní chemické složení slámy

složka	jednotka	sláma obilní	sláma řepková
C	%	47,0	46,0
	%	38,0	40,0
O ₂	%	5,6	5,0
H	%	0,4	0,2
A	%	0,1	0,2
S	%	0,1	0,1
Cl	%	3,8	3,7
popel	%	5,0	4,8
voda			
výhřevnost	MJ/kg	14,0	14,6
prchavá hořlavina	%	80	78

Jak je patrné z chemického složení nejpoužívanějších biopaliv, to je dřevní hmoty a slámy, mají tato paliva vysoký obsah prchavé hořlaviny. Tato prchavá hořlavina se z paliva uvolňuje ve formě plynů při jeho zahřátí na teplotu cca 160 °C.

Pro dokonalé vyhoření prchavé hořlaviny je nutno zajistit její optimální mísení se spalovacím vzduchem. Proto se celkový spalovací vzduch dělí na primární (přiváděný pod rošt) a sekundární vzduch (přiváděný nad roštem do prostoru ohniště kotle). Někdy se používá ještě terciární spalovací vzduch.

Pro dobré podmínky mísení sekundárního spalovacího vzduchu s prchavou hořlavinou a plynnými složkami spalin je přiváděn spalovací vzduch do zúženého průřezu ohniště.

3.5.3 Druhy zařízení a jednotlivé komponenty

Spalování kusové dřevní hmoty

Kusovou dřevní hmotou máme na mysli polena, odřezky atd. Pro tento druh paliva se používají teplovodní kotle, jejichž konstrukce má tři základní části a to:

- Zásobník paliva, který je umístěn v horní části kotle. Do zásobníku se ručně přiloží palivo, které se zde zplyňuje za částečného přívodu vzduchu.
- Vyrobený dřevoplyn pak prochází v dolní části zásobníku paliva štěrbinou, která je opatřena tryskami pro přívod sekundárního spalovacího vzduchu. Vyrobený dřevoplyn je pak za štěrbinou spalován jako plynné palivo v další části kotle.
- Dohořivací spalovací komora je pod štěrbinou v dolní části kotle.

Kotel je celý chlazen vodním obsahem a teplosměnných ploch. Přívod spalovacího vzduchu zajišťují malé vzduchové ventilátory, které jsou řízeny od regulačního systému kotle.

Tyto teplovodní kotle jsou dodávány do maximálního tepelného výkonu 100 kW.

Spalování drobné dřevní hmoty

Pod pojmem drobná dřevní hmota máme na mysli piliny, lesní štěpku, drcenou kůru apod.

Vzhledem k tomu, že tento druh paliva se používá převážně v průmyslové sféře, pohybuje se tepelný výkon těchto zařízení až do cca 10 MW. Kotle jsou dodávány dle přání zákazníka v teplovodním, horkovodním a parním provedení.

Základní dva směry použitého způsobu spalování jsou:

- Kotle se spodním (podsuvným) přívodem paliva na pevný rošt.
- Kotle se šikmým mechanickým roštěm, který je v některých případech chlazen vodou.

Vodou chlazený rošt má tu přednost, že je možno (dle požadovaného tepelného výkonu kotle) snížit na minimum přívod spalovacího vzduchu pod rošt. V případě vodou nechlazeného roštu musí být roštěm zachován určitý průtok vzduchu, který odpovídá potřebnému chlazení použitého materiálu roštnic.

Kotle jsou vybaveny zásobníkem paliva s vyhrnováním, aby bylo palivo automaticky dopravováno ze zásobníku do kotle. Větší kotelní jednotky jsou vybaveny i automatickým odpopelňováním a řízení přívodu spalovacího vzduchu je provedeno od kyslíkové sondy, která měří obsah O_2 ve spalínách za kotlem.

Spalování slámy

V současné době je upřednostňována technologie spalování slámy, která používá přívod paliva do kotle po menších částech a ne v celých balících. Balík slámy je nejdříve rozduřován (nebo odřezáván) a toto palivo pak pokračuje do kotle.

Především se jedná o roštové kotle, které jsou dodávány v teplovodním, horkovodním i parním provedení. Tepelný výkon kotlů se opět běžně pohybuje cca do 10 MW.

Zplyňování dřevní hmoty

Využití dřevoplynu ze zplyňované dřevní hmoty dává reálnou možnost použití dřevních odpadů pro plynové kogenerační jednotky s plynovým motorem. Jako palivo lze použít drobné kusové odřezky ale i proschlou štěpku do maximálního obsahu vody $W = 30 \%$. Výhřevnost dřevoplynu se pohybuje v rozmezí $5 - 6 \text{ MJ/m}^3$.

Na plynový generátor navazuje chlazení plynu, hrubé a jemné čištění plynu. Od dokonalosti uvedené úpravy vyrobeného dřevoplynu je odvislá i provozní spolehlivost použité plynové kogenerační jednotky. Proto se plyn ochlazuje pod jeho rosný bod, aby se z plynu odstranila vodní pára a dehet. V souvislosti s touto úpravou dřevoplynu je nutno řešit i způsob likvidace vznikajících odpadních vod.

Zadehtování plynového motoru může způsobit, při jeho startu ze studeného stavu, vážná mechanická poškození.

Výfukové plyny z kogenerační jednotky je možno použít k předsoušení paliva určeného ke zplyňování.

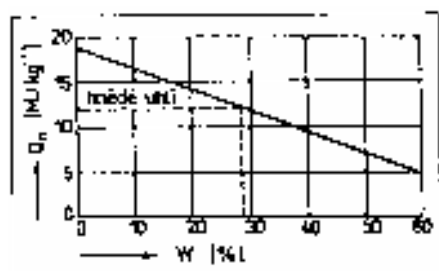
Vyrobený a upravený dřevoplyn je možno použít i pro plynové kotle (po nutné úpravě hořáku), nebo pro plynové sálavé zářiče.

3.5.4 Základní energetická bilance

Pro bilanční stanovení vstupující ve spalovaném palivu je nutno vycházet z hmotnosti spotřeby paliva energetického zdroje za sledovaný časový úsek a z jeho výhřevnosti, která odpovídá vlhkosti spalovaného paliva.

Výhřevnost dřevní hmoty v závislosti na energetickém obsahu vody W je uvedena na následujícím obrázku. Pro možnost porovnání je zde vynesena i výhřevnost energetického hnědého uhlí. Pro běžné výpočty je možno uvažovat s tím, že výhřevnost sušiny ($W = 0\%$) dřevní hmoty $Q_n = 18 \text{ MJ/kg} = 5 \text{ kWh/kg}$.

Pro praktické výpočty je možno použít hodnoty výhřevnosti:



Pokud není známa hmotnost paliva spáleného za časový úsek v tepelném zdroji je možno použít objemovou spotřebu paliva, nebo vycházet z měření množství vyrobeného tepla na výstupu z tepelného zdroje při jeho uvažované průměrné tepelné účinnosti za sledovaný časový interval.

Obdobně jako výhřevnost paliva tak i jeho měrná hmotnost je funkcí obsahu vody v palivu. Pro praktické použití jsou proto dále uváděny tyto hodnoty v tabulkové podobě.

Při bilančních výpočtech, navrhování skládek a objemové spotřeby paliva je nutno znát tyto potřebné údaje.

V praxi se používají následující označení - význam jednotlivých označení objemů

objemové označení dřeva	popis
1 plm	plnometr dřeva, 1 m^3 skutečné dřevní hmoty
1 prm	prostorový metr dřeva 1 m^3 složeného štípaného nebo neštípaného dřeva
1 prm _s	prostorový metr dřeva volně sypaného (nezhutněného), drobného, nebo drceného dřeva

Vzájemné objemové přepočtové poměry

dřevo	plm	prm	prm _s
1 plm	1	1,54	2,5 – 2,86
1 prm	0,65	1	1,61 – 1,86
1 prm _s	0,35 – 0,4	0,54 – 0,62	1

Vzhledem k tomu, že drobný dřevní odpad může mít rovněž různou formu, je možno v praxi použít hodnot z následující tabulky

Smrk a jedle, hmotnost sušiny 430 kg/plm

vlhkost W / % /	15	20	25	30	35	40	45	50	55
	1 plm								
měrná hmotnost kg/plm	470	485	512	548	590	640	698	768	853
výhřevnost kWh/plm	2034	1957	1914	1888	1859	1828	1788	1741	1683
	1 prm								
měrná hmotnost kg/prm	306	315	333	356	384	416	454	499	554
výhřevnost kWh/prm	1325	1271	1245	1227	1210	1188	1163	1131	1093
	1 prm_s								
měrná hmotnost kg/prm _s	165	170	180	192	207	224	244	269	299
výhřevnost kWh/prm _s	714	686	673	662	652	640	625	610	590

Smrková kůra drcená, faktor drcení 1 plm = 3 prm_s

Vlhkost W / % /	15	20	25	30	35	40	45	50	55
Měrná hmotnost kg/prm _s	155	162	171	183	197	213	233	256	284
Výhřevnost kWh/prm _s	666	649	635	626	616	604	592	575	555

Borovice, hmotnost sušiny 510 kg/plm

Vlhkost W %	15	20	25	30	35	40	45	50	55
	1 plm								
Měrná hmotnost kg/plm	550	565	595	638	686	744	811	893	991
Výhřevnost kWh/plm	2781	2280	2225	2198	2161	2125	2078	2024	1957
	1 prm								
Měrná hmotnost kg/prm	358	367	387	415	446	484	527	580	645
Výhřevnost kWh/prm	1550	1481	1447	1430	1405	1382	1350	1315	1272
	1 prm_s								
Měrná hmotnost kg/prm _s	193	198	208	223	240	260	284	313	347
Výhřevnost kWh/prm _s	835	799	778	768	756	743	728	710	685

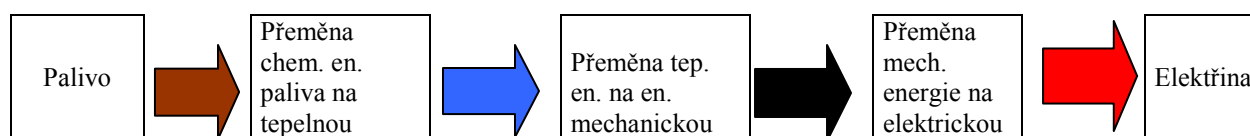
Dub a buk, hmotnost sušiny 680 kg/plm

Vlhkost W %	15	20	25	30	35	40	45	50	55
	1 plm								
Měrná hmotnost kg/plm	714	726	765	820	883	953	1043	1148	1275
Výhřevnost kWh/plm	2897	2743	2677	2642	2599	2547	2488	2419	2332
	1 prm								
Měrná hmotnost kg/prm	464	472	497	533	574	621	678	746	829
Výhřevnost kWh/prm	1882	1784	1739	1717	1689	1654	1618	1572	1516
	1 prm_s								
Měrná hmotnost kg/prm _s	250	254	268	287	309	335	365	402	446
Výhřevnost kWh/prm _s	1014	960	938	925	909	892	871	847	816

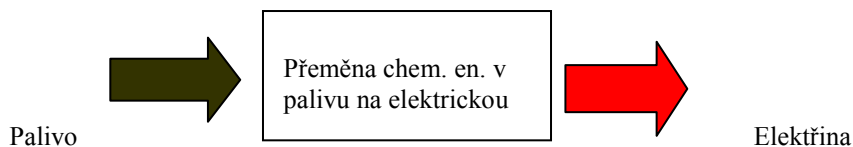
3.6. Palivové články

Palivový článek je technické zařízení sloužící k přeměně chemické energie paliva na energii elektrickou se současným uvolňováním energie tepelné. Jde o kvalitativně zcela odlišný způsob výroby elektrické energie. Při porovnání s dosud používanými způsoby, které představují řetězce, kdy je třeba chemickou energii přeměnit na energii tepelnou, která se dále mění v tepelném cyklu na energii mechanickou a následně na energii elektrickou. Účinnost přeměny energie paliva na energii elektrickou v palivovém článku je vyšší oproti konvenčním zařízením, protože není limitována účinností Carnotova tepelného cyklu.

Konvenční výroba el. energie



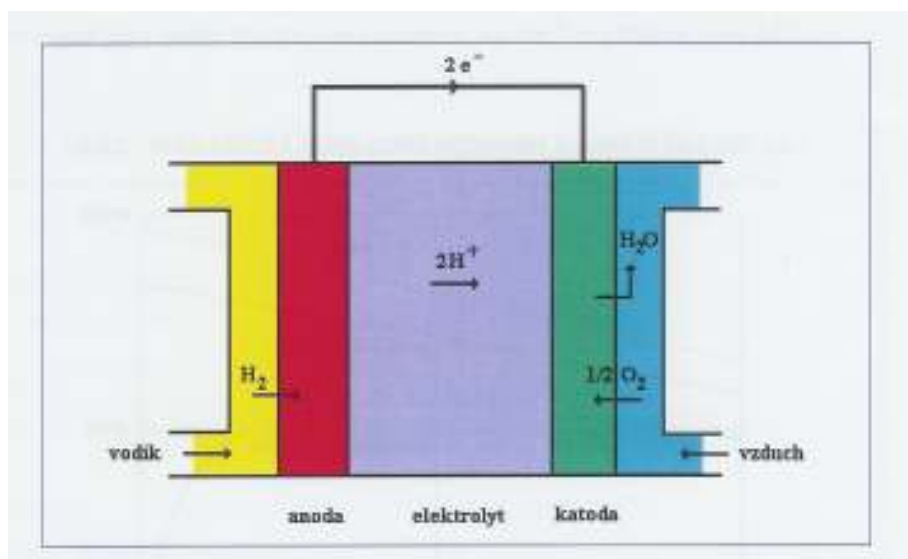
Palivový článek



Palivový článek je elektrochemický generátor pracující na bázi oxidačně-redukční reakce paliva a okysličovadla. Jedná se prakticky o proces inverzní k elektrolýze. Skládá se z porézních elektrod (anoda, katoda), elektrolytu a systému přívodu plynného paliva (obvykle je jím vodík) a okysličovadla (kyslík, vzduch). Hlavní funkcí elektrod je oddělení prostupu elektrolytu od paliva a vzduchu a vytvoření tzv. třífázového rozhraní – elektroda, elektrolyt a reagenty vzniklé oxidací paliva a redukcí okysličovadla. Materiál a provedení porézních elektrod musí zajistit velkou reakční plochu, povrch elektrod je pokryt katalyzátorem podporujícím intenzitu reakce. Elektrody musí zajistit průchod plynu do elektrolytu, ale současně musí být nesmáčivé, aby zabránily přechodu elektrolytu do paliva a okysličovadla.

Elektrolyt zajišťuje transport reaktantů a odvod produktů reakce, kterými jsou voda a oxid uhličitý.

Princip funkce palivového článku je znázorněn na následujícím obrázku vodíkového palivového článku.

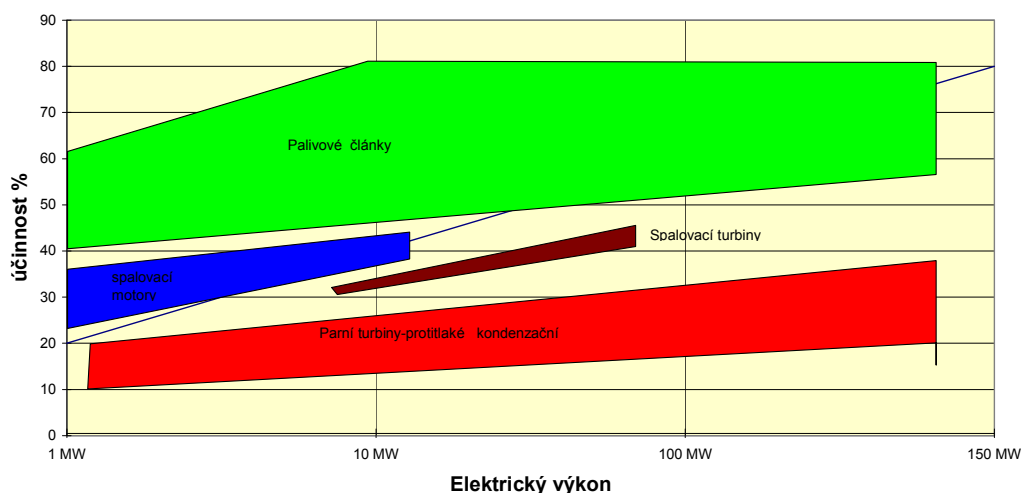


Palivem nemusí být pouze vodík. V tomto případě se jedná o tomu odpovídající složitější elektro-chemické reakce na anodě i katodě. Palivový článek je zdrojem stejnosměrného proudu, teoretické maximální napětí článku se pohybuje podle typu článku v rozmezí 0,9-1,2 V a teoretická elektrická účinnost je cca 80%. Teoretických hodnot však nemůže být dosaženo v důsledku nevratných ztrát, které jsou však měněny na využitelné teplo. Palivové články dosahují dle použitého elektrolytu a paliva za provozu elektrické účinnosti v rozsahu 40 – 70% a napětí na jeden článek 0,6 – 0,7 V.

Pro získání vyššího využitelného napětí se proto palivové články řadí do baterií o stovkách až tisíci článků. Stejnosměrný proud je následně v měničích přeměněn na proud střídavý.

Druhy palivových článků

Porovnání účinnosti palivových článků a konvenčních zdrojů



Konstrukční provedení, materiál a způsob provozu palivového článku jsou určeny především druhem elektrolytu a tomu odpovídající provozní teplotou, jejíž výše je pro využití palivového článku jako kogeneračního zdroje elektrické energie a tepla určujícím hlediskem.

Dělení palivových článků dle druhu elektrolytu:

a) *S alkalickým elektrolytem – AFC – alkaline Fuel Cell*

Elektrolytem je KOH. Tento typ článku byl vyvíjen od roku 1960, zpočátku pro kosmické aplikace a v současné době je vývoj zaměřen na pohon automobilů a lodí.

Podle koncentrace elektrolytu KOH jsou tyto články provozovány při teplotě:

85% KOH provozní teplota cca 250°C.

35-50% KOH provozní teplota 80-120 °C.

Teoretické napětí článku je 1,18 V.

Prakticky dosažitelná elektrická účinnost je cca 60 %.

Palivem je vodík, okysličovadlem vzduch, katalyzátorem obvykle nikl, stříbro nebo jiné drahé kovy.

b) *S polymerickým elektrolytem – PEM – Polymer Elektrolyte Membrane*

Jedná se o článek s pevným elektrolytem provozovaným při nízké teplotě cca 80 – 120°C.

Maximální teoretické napětí článku je 1,17 V při teplotě 80°C.

Prakticky dosažitelná elektrická účinnost je cca 60 %.

Palivem je vodík, okysličovadlem vzduch. Jako katalyzátor na anodě i katodě je použita platina. V důsledku tohoto katalyzátoru musí koncentrace CO v přiváděném vzduchu dosahovat maximálně jednotek p.p.m.

c) *S kyselinou fosforečnou – PAFC – Phosphoric Acid Fuel Cell*

Elektrolytem je 100% H₃PO₄.

Provozní teplota těchto článků je vyšší cca 150 – 220 °C, což umožňuje využití článků v kogeneračních zdrojích s dodávkou tepla v teplé vodě nebo nízkotlaké páře.

Maximální teoretické napětí článků je 1,14 V při teplotě 205 °C.

Prakticky dosažitelná elektrická účinnost je cca 45 %.

d) *S taveninou alkalických uhličitů – MCFC – Molten Carbonate Fuel Cell*

Elektrolytem je keramika z LiAlO₂ nasycená alkalickými uhličitany.

Provozní teplota těchto článků dosahuje až cca 600 – 700 °C, což umožňuje využití článků v kogeneračních zdrojích s dodávkou tepla ve vysokotlaké páře, nebo lze zařadit za článek soustrojí s parní turbinou pro výrobu elektrické energie. Maximální teoretické napětí článku je 1,03 V při teplotě 650 °C.

Prakticky dosažitelná elektrická účinnost je cca 65 %.

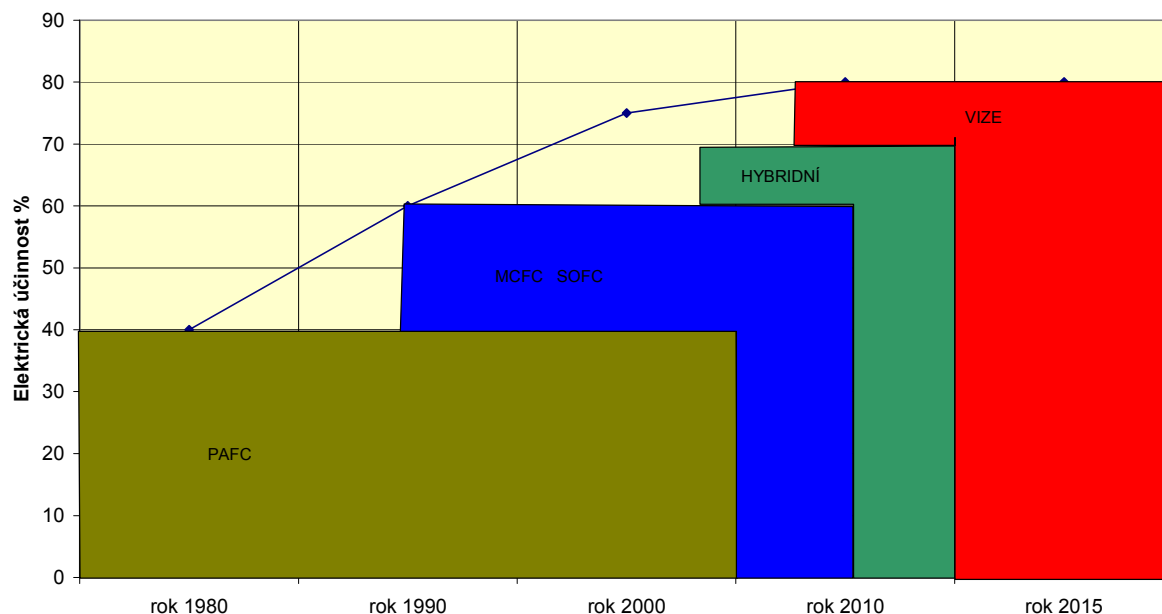
Palivem je kromě vodíku též oxid uhelnatý okysličovadlem je vzduch. Katalyzátorem na anodě je nikl na katodě oxid niklu. U těchto článků působí elektrolyt velmi korozivně, což vyžaduje konstrukci článků z nerezových materiálů.

e) *S pevným elektrolytem SOFC – Solid Oxide Fuel Cell*

Elektrolytem je kysličník kovu, obvykle Y₂O₃ nebo ZrO₂. tyto články mají nejvyšší provozní teplotu dosahující až 1100 °C, což umožňuje využití článku v kogeneračních zdrojích s dodávkou tepla ve vysokotlaké páře, nebo s výrobou el. energie pomocí parní turbíny. Maximální teoretické napětí článku je 0,91 V při teplotě 1100 °C prakticky dosažitelná elektrická účinnost je cca 70 %.

Palivem je také kromě vodíku též oxid uhelnatý a metan, oksyličovadlem je vzduch. Katalyzátorem na anodě i katodě je tzv. perovskit (metatitanát vápenatý).

Vývoj a elektrická účinnost zařízení s palivovými články.



Paliva pro palivové články

Palivem může být látka plynná nebo kapalná, oksyličovadlem téměř vždy plyn. Základním palivem je vodík. Palivový článek je obvykle jednou z částí energetického systému. Ten dále tvoří jednotka na zpracování paliva, energetický kondicionér a případně další jednotka schopná zužítkovat uvolněné teplo. Návrh celého systému zahrnuje optimalizaci samotného článku i dalších součástí. Možnosti návrhu jsou omezeny danou aplikací, typem paliva, hladinou emisí, využitím odpadního tepla, požadovanou hladinou výkonu a objemovými a hmotnostními kritérii (m^3 , kW, kg/ kW).

Zpracování paliva závisí jak na typu paliva, tak na technologii samotného článku. Technologie článku vymezuje, které složky jsou v palivu žádoucí a které nikoli. Například u článků PAFC se vyžaduje vysoký obsah vodíku v palivu a obsah CO nesmí přesáhnout 5%. Články MCFC, SOFC naopak mohou CO vznikající během reakce v článku dále využívat. Navíc jsou oba tyto články schopny využívat i metan (CH_4). Znečištění paliva jinými přísadami je rovněž limitováno, a proto ovlivňuje způsob čistícího procesu. Pokud je palivem čistý vodík nemusí být jednotka pro zpracování paliva v systému vůbec přítomna.

Ve většině energetických aplikací je však nutné vodík vyrábět z jiných paliv a potřebným způsobem ho čistit (reformovat). Používá-li se například zemní plyn, který se v parním reaktoru rozkládá na vodík a oxid uhelnatý, musí být dodávané palivo oxidací zbaveno CO (zejména v případě PAFC ho smí být v palivu nanejvýš 1-2 %, aby nedošlo k degradaci katalyzátorů). Pokud se palivo získává z kapalných látek jako je nafta, oleje a podobně, užívají se většinou oxidační reaktory založené na nekatalitické dílčí oxidaci látky proudem kyslíku v prostředí obsahujícím vodní páru při teplotách 1300 až 1500 °C. Vodík lze získávat také z uhlí prostřednictvím vodní páry a kyslíku. Teploty při nichž se tento proces realizuje se pohybují v rozmezí od 400 °C až do 14 000 °C. Potřebné teplo se získává dílčí

oxidací uhlí (spalováním). Kondicionér zajišťuje stabilitu dodávané elektřiny, řízení proudu a konverzi stejnosměrného proudu na střídavý. Účinnost kondicionéru bývá 94 – 97%. Posledním požadavkem na energetický systém s palivovými články je možnost využití vznikajícího tepla. Toto teplo je schopno produkovat páru, ohřívat vodu nebo může být pomocí plynové turbíny či v parním cyklu přeměněno na elektřinu.

Palivové články nacházejí a hlavně budou nacházet uplatnění ve třech oblastech:

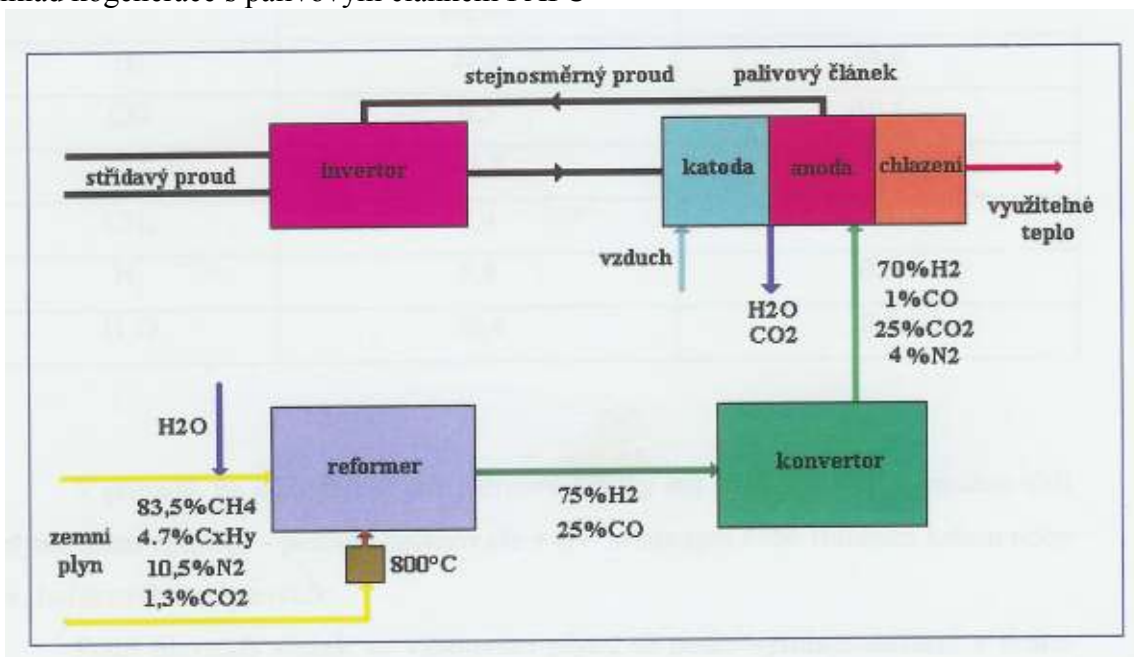
- výroba elektrické a tepelné energie
- pohon motorových vozidel
- energetický zdroj pro zásobování mobilních zařízení

Zařízení na výrobu el. energie a tepla ve stálých zařízeních mají díky využití odpadního tepla účinnost až 85%. Mohou být instalovány přímo v místě spotřeby vyráběných energií. Decentralizace výroby elektřiny má své výhody – klesají náklady na výstavbu a údržbu vysokonapěťových sítí, odběratelé jsou nezávislí na poruchách v těchto sítích.

Druhou významnou oblastí kde mohou palivové články hrát důležitou úlohu je pohon motorových vozidel. Hlavním nedostatkem motorových vozidel poháněných spalovacími motory je jejich nízká účinnost (cca 70% - 50%). Vzhledem k ztrátám v provozech se celková účinnost sníží při využití k vlastnímu pohonu na 25 – 35%. Vozidla poháněná elektromotory s palivovými články díky vyšší účinnosti přeměny paliva na elektrickou energii dosahují účinnosti až dvojnásobně. O perspektivě tohoto způsobu pohonu svědčí program zemí EU, kdy by do roku 2020 měly činit dopravní výkony vozidla na bázi palivových článků 3% celkových dopravních výkonů.

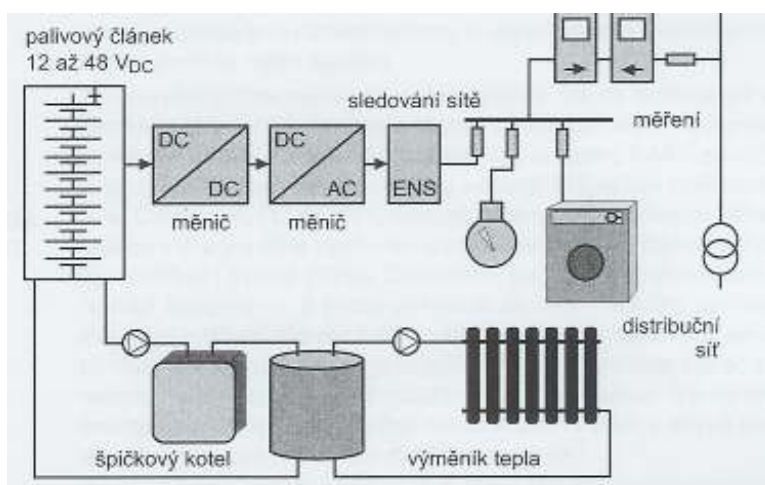
Další oblastí palivových článků je jejich využití jako energetického zdroje pro zásobování přenosných zařízení. Jejich uplatnění je možné všude tam, kde jsou v současné době používány akumulátory nebo baterie. Zde je požadavek hlavně na energetickou kapacitu. V současné době se dosahuje hodnoty 400 kW/ kg a lze předpokládat nárůst kapacity až na 1 kWh/ kg.

Příklad kogenerace s palivovým článkem PAFC

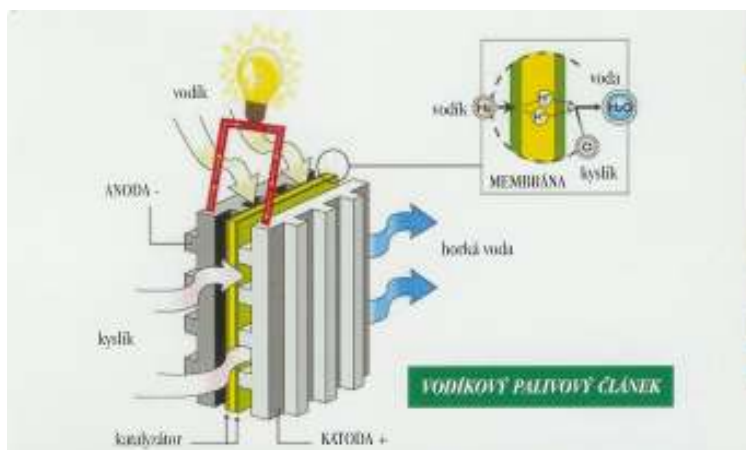


Pro poměrně vysokou efektivitu a nízké emise je palivový článek vhodný pro použití v elektromagnetice pro výrobu elektřiny a tepla. V současné době se nejvzrálejší technologie s palivovými články používají pro stacionární zdroje a decentralizovanou výrobu elektřiny. Tyto jednotky se mohou využívat jako záložní zdroje, jako zdroje pro odlehlé lokality, nebo pro osamělé sídelní útvary, nebo kogenerační jednotky pro dodávku elektřiny a tepla do objektů.

Příklad decentrovalizovaného zdroje



V roce 2005 byly v areálu ČVUT – fakulty elektrotechnické uvedeny v laboratoři do provozu 2 palivové vodíkové články. Cílem tohoto pilotního projektu je představení moderního alternativního zdroje kombinované výroby elektřiny a tepla v ČR. Jedná se o palivové články firmy Region (USA) typu PEMFC. Elektrický výkon článků je 2x1 kWe a 2x1 kWt tepelný. Palivem je plynný vodík s tlakem 20 MPa a čistotou 99,95%.



Perspektiva palivových článků

V současné době jsou nejčastěji využívány články typu PAFC. V budoucnu jejich místo zaujmou články PEFC. Pro výrobu el. energie budou využívány zejména články vysokoteplotní. Ty mohou využívat mimo vodíku další paliva jako oxid uhelnatý, směsi oxidu uhelnatého a vodíku nebo metan. Dalším směrem ve vývoji nových typů článků bude snaha spojit v nich výhody jednotlivých typů. Příkladem je článek s označením PCFC. Vývoj palivových článků se bude zaměřovat i na jejich využití společně s obnovitelnými zdroji (OZE). Nevýhodou OZE je, že vždy mohou pokrýt aktuální poptávku po elektrické energii (slunce, vítr). Řešením je spojení těchto zdrojů s palivovými články. Například spojení fotovoltaické elektrárny s palivovými články. Elektřina vyrobená se využívá pro elektrolýzu vody – vodík a kyslík se využijí pro výrobu elektřiny v palivovém článku. Výhodou je nejen to, že elektřina se v palivovém článku může vyrábět dle poptávky bez ohledu na intenzitu slunečního svitu a dále skutečnost, že tento způsob výroby elektřiny je bezodpadový.

Komerční využití palivových článků

V USA byly poprvé obchodně využity středně teplotní palivové články PAFC v roce 1994. Jednalo se o dvě zařízení o elektrickém výkonu pro 200 kW a tepelném výkonu à 225 kW – typové označení PC 25. Elektrická účinnost těchto provozních zařízení byla ještě těsně pod 40%, ale později byly vyráběny typy PC 25C s elektrickou účinností 42% a tepelnou účinností 46%. Cena prvních kusů byla vysoká cca 800 tis. USD, ale již další typy byly cenově výhodnější (600 tis. USD). Úspory na provozních nákladech však byly vysoké (bylo dosaženo snížení provozních nákladů o 25 až 40% oproti odběru ze sítí. Doba návratnosti činila 40 tis. provozních hodin. Průměrné využití výkonu těchto zdrojů je 8350 hodin za rok.

Palivové články nacházejí a hlavně budou nacházet uplatnění ve třech oblastech:

1) *Výroba elektrické a tepelné energie ve statických zařízeních.*

Tato zařízení dosahují účinnost díky využívání odpadního tepla až 85%. Mohou být instalovány přímo v místě spotřeby vyráběných energií.

Podle palivových článků středních a vysokých výkonů (stovek kW_e až desítek MW_e), které jsou využitelné pro zásobování velkých budov obytných celků, nebo výrobních závodů jsou vyvíjeny i články s výkonem 10 kW_e, které mohou být využity pro zásobování rodinných domků. Výhodou palivových článků oproti kogeneračním jednotkám s plynovými motory je, že produkují na každou kWh el. energie 1 kWh energie tepelné.

2) *Pohon motorových vozidel*

Hlavním nedostatkem motorových vozidel poháněných spalovacími motory je jejich nízká účinnost. Ta se pohybuje kolem 30%, maximálně 40% u motorů vznětových. Nebo plynových. Díky ztrátám v převodech se celková účinnost dále sníží zhruba o čtvrtinu. Vozidla se spalovacím motorem tak využívají pro vlastní pohon pouze 25 - 35% energie dodává v palivu.

Vozidla poháněná elektromotory s palivovými články díky vyšší účinnosti přeměny paliva na elektrickou energii. Vozidla poháněná elektromotory s palivovými články díky vyšší účinnosti přeměny paliva na elektrickou energii v porovnání s přeměnou paliva na mechanickou energii ve spalovacích motorech a menší ztrátovosti v převodech dosahují zhruba dvojnásobné účinnosti využití paliva, než vozidla poháněná spalovacími motory. O perspektivách tohoto způsobu pohonu svědčí i

skutečnost, že v rámci zemí EU by do roku 2020 měly být 3% dopravních výkonů realizovány vozidly s vodíkovým pohonem.

- 3) *Elektrické zdroje pro zásobování přenosných zařízení jako jsou mobilní telefony, notebooky, kamery* prakticky všude tam, kde jsou dnes využívány akumulátory nebo baterie. U těchto článků není hlavním požadavkem účinnost nebo výkon, ale energetická kapacita. Dnes se dosahuje u špičkových článků hodnoty 400 Wh/ kg, což je dvojnásobek hodnoty oproti nejvýkonnějším akumulátorům. Lze předpokládat její nárůst až k hodnotám kolem 1 kWh/ kg. Obměna zásobníku s palivem je otázka několika vteřin.

4. Výroba tepla a elektrické energie a její vliv na životní prostředí

Při výrobě tepla a elektrické energie z klasických paliv se jedná o spalování konkrétního použitého paliva. Emise škodlivých látek, které se uvolňují během spalovacího procesu závisí na:

- druhu paliva (pevná, kapalná, plynná)
- chemickém složení daného paliva (prvkový rozbor paliva a jeho výhřevnost)

Vzhledem k tomu, že emise škodlivin závisí na chemickém prvkovém složení daného paliva je nutno pro možnost jejich porovnání brát v úvahu další základní následující dělení:

pevná paliva	kapalná paliva	plynná paliva
hnědé tříděné uhlí	nafta	zemní plyn
černé tříděné uhlí	lehký topný olej (LTO)	kapalný propan – butan.
koks	polenové dřevo	

Pro vzájemné porovnání výše uvedených paliv z environmentálního hlediska je nejlépe použít konkrétní případ. Použijeme pro názornost rodinný dům s celkovou roční spotřebou tepla ve výši 100 GJ/rok. Ve vstupním palivu se bude dodávat větší množství tepla s ohledem na tepelnou účinnost použitého zdroje η .

Pro další výpočty jsou použity vstupní hodnoty z výše uvedené tabulky, kde značí:

- η - tepelná účinnost zdroje
 Q_{pal} - energie ve vstupním palivu
 Q_n - výhřevnost paliva
 M_{pal} - roční spotřeba paliva

PALIVO	η %	Q_{pal} GJ/r	Q_n MJ/ kg	M_{pal} kg/ r
<i>Pevná paliva</i>				
Hnědé uhlí	66	151,51	17,6	8610
Černé uhlí	68	147,06	23,07	6370
Koks	69	144,93	26,78	5410
Palivové dřevo	81	123,46	17,0	7260
<i>Kapalná paliva</i>				
Nafta	80	125,0	41,0	3049
LTO	80	125,0	39,8	3141
<i>Plynná paliva</i>				
Zemní plyn	85	117,65	34,05 MJ/m ³	3455,12 m ³ /r
Propan-butan	85	117,65	46,0	2557,5

4.1 Vliv jednotlivých druhů paliv na životní prostředí

Pro naše další úvahy budeme uvažovat s tepelnými zdroji do jmenovitého výkonu 200 kW. Pro tento rozsah výkonu se bude u pevných paliv jednat především o kotle s pevným roštem. Konstrukční provedení kotle má při dalších úvahách vliv při výpočtu emisí škodlivých látek. U větších energetických zdrojů se jedná o následné čištění spalin, které snižuje emise jako odsiřování spalin, denitrifikace atd. Z těchto důvodů je nutno velké zdroje posuzovat zcela samostatně.

Emise škodlivých látek vznikajících při spalování paliv uvedených v tabulce 4.1 jsou stanoveny na základě emisních faktorů dle zákona č. 352/ 2002 Sb. Konkrétně se jedná o hodnoty emisních faktorů pro stanovení množství emisí výpočtem při spalování paliv výpočtu se vychází ze složení paliva a to:

- A_p - obsah popela v původním vzorku tuhých paliv (% hm.)
- S_p - obsah síry v původním vzorku tuhých paliv (% hm.)
- S - obsah síry v původním vzorku pro paliva kapalná (% hm.)
- propan-butan (g / kg)
- plynná paliva (mg/m³)

Pro další výpočty jsou použity následující údaje:

PALIVO	A_p %	S_p %
<i>Pevná paliva</i>		
Hnědé uhlí	9,8	0,77
Černé uhlí	13,5	0,6
Koks	9,5	0,6
Palivové dřevo	1,0	0,05
<i>Kapalná paliva</i>		
Nafta topná	0,25	0,05
LTO	0,1	0,2
<i>Plynná paliva</i>	mg/ m ³	mg/ m ³
Zemní plyn	19,97	4,775
Propan-butan	900,0	3,91

Pro roční spotřebu paliv a kvalitativní znaky paliva pak vychází výpočtem následující emise škodlivých látek v kg/ r.

Emise škodlivých látek z pevných paliv dle druhu v (kg/ r)

škodlivina	hnědé uhlí	černé uhlí	koks	palivové dřevo
TL	160,32	85,99	51,39	90,75
SO ₂	125,96	72,62	61,67	7,26
NO _x	25,83	9,55	8,12	21,78
CO	387,45	286,65	243,45	7,26
C _x Hy	11,11	56,69	48,15	6,24
VOC	1,555	7,939	6,741	0,874
CO ₂	15302,51	17206,02	17536,53	0,0

TL - tuhé znečišťující látky

VOC - těkavé organické sloučeniny

U palivového dřeva je bilance CO₂ neutrální. Při jeho spalování vznikne stejné množství CO₂, které se spotřebuje v koloběhu přírody při jeho růstu.

Emise škodlivých látek z plyných paliv v (kg/ r)

škodlivina	zemní plyn	kap.propan-butan
TL	0,069	1,151
SO ₂	0,033	0,010
NO _x	5,528	6,138
CO	1,105	1,176
C _x Hy	0,221	0,230
VOC	0,110	0,115
CO ₂	6823,7	8848,95

Emise škodlivých látek z kapalných paliv v (kg/ r)

škodlivina	nafta	LTO
TL	4,329	6,690
SO ₂	3,049	12,564
NO _x	15,245	31,41
CO	2,165	1,853
C _x Hy	1,037	1,068
VOC	0,207	0,214
CO ₂	9100,4	9375

Na základě vypočtených hodnot je možno sestavit grafické porovnání jednotlivých emisí a tak porovnávat vliv jednotlivých paliv s ohledem na šetrnost k životnímu prostředí.

Další možností je provést přepočet uvedených škodlivin na CO a tím získat tak zvanou „jednotkovou emisi“, v (kg/ r). Přepočet na jednotkovou emisi vychází z přepočtového koeficientu, který je pro jednotlivé škodliviny následující – viz následující tabulka.

Koeficienty pro přepočet na jednotkovou emisi

škodlivina	TL	SO ₂	NO _x	CO	C _x H _y
Koeficient	5,0	1,67	1,33	1,0	3,33

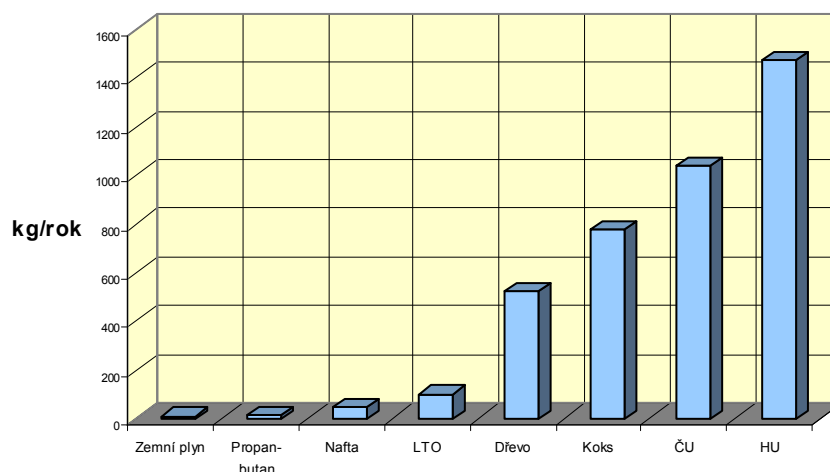
Pro uvedené hodnocení pomocí jednotkové emise pak vychází pro námi uvažovaná paliva hodnoty dle tabulky 4.7. V rámci jednotkové emise není zahrnuta emise CO₂ pro dané palivo. Z tohoto důvodu uvádíme pro možnost porovnání tuto emisi samostatně s ohledem na to, že CO₂ je plyn ovlivňující skleníkový jev.

Porovnání emisí dle jednotkové emise a emise CO₂ v (kg/ r)

PALIVO	jed.emise kg/ r	emise CO ₂ kg/ r
<i>Pevná paliva</i>		
Hnědé uhlí	1470,75	15302,51
Černé uhlí	1039,35	17206,02
Koks	774,53	17536,53
Palivové dřevo	522,88	0,0
<i>Kapalná paliva</i>		
Nafta	49,631	9100,4
LTO	101,616	9375,0
<i>Plynná paliva</i>		
Zemní plyn	12,226	6823,7
Propan-butan	15,876	8848,95

Porovnání jednotkových emisí v kg/ rok pro porovnávaná paliva.

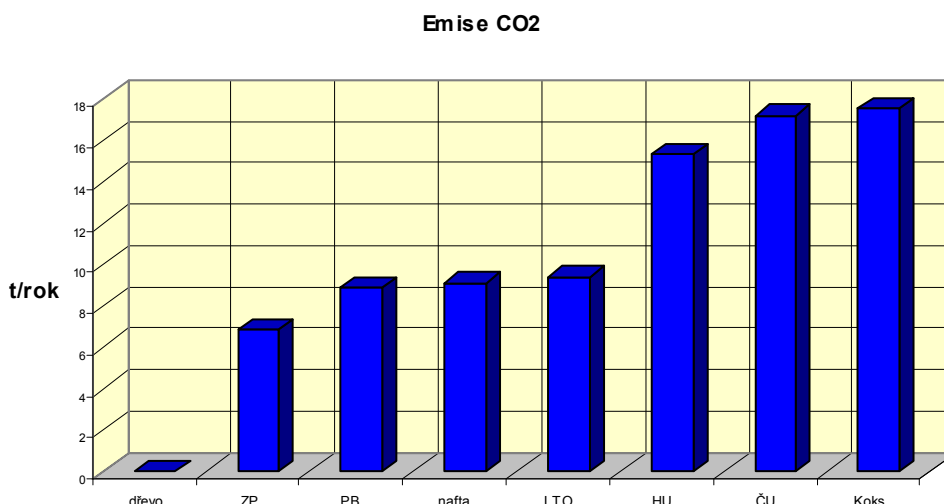
Jednotkové emise při spalování různých druhů paliv.



Z uvedeného grafu vyplývá, že při hodnocení vlivu paliv na životní prostředí dle jednotkové emise vychází z porovnávaných paliv nejšetrnější k životnímu prostředí paliva v následujícím pořadí:

- Plynná paliva*** – zemní plyn
- Kapalná paliva*** – topná nafta
- Pevná paliva*** – palivové dřevo

Porovnání paliv dle emise CO₂.



Palivové dřevo (obecně biomasa) je tuzemský obnovitelný zdroj energie, který současně umožňuje výrazné snížení emise skleníkového plynu CO₂. Z tohoto důvodu je preferováno energetické využití biomasy (dřevo, sláma, rychle rostoucí a energetické plodiny) jak v ČR, tak i celosvětově.

4.2 Technické možnosti snižování emisí

V předcházející části jsme se seznámili s produkcí emisí a jejich rozsahem s ohledem na použité palivo při roční konstantní spotřebě tepla objektu. Pro porovnávané emise jsou dále ve stručnosti uvedeny technické možnosti vedoucí k jejich snižování.

4.2.1 Tuhé znečišťující látky (TL)

Velikost TL je definována převážně „průměrem částice“, která je uvedena v μm . Koncentrace TL je pak definována v mg/m^3 . Tuhé částice jsou při spalovacím procesu obsaženy ve spalinách, které odchází z tepelného zdroje a průměr částic se pohybuje v širokém rozmezí od nejmenších částic po částice až několika mm. S ohledem na tuto skutečnost je vždy nutno zvažovat, který typ odlučovače použijeme aby zachytil co nejširší rozsah částic s ohledem na jejich „průměr“. Částice, které odlučovač nezachytí odcházejí z odlučovače do „úletu“ a jsou zdrojem znečištění. Pro porovnání kvality, nebo vhodnosti odlučovače se uvádí odlupčivost :

Celková odlupčivost – udává hmotnostní poměr částic odloučených odlučovačem k hmotnosti částic vstupujících do odlučovače. Tuto odlupčivost je možno vyjádřit vztahem:

$$O_c = \frac{G_o}{G_p} \cdot 100 = \frac{G_p - G_v}{G_p} \cdot 100 = \left(1 - \frac{G_v}{G_p} \right) \cdot 100 \quad / \% /$$

kde značí G_o - hmotnost odloučených částic , G_p – hmotnost částic vstupujících do odlučovače , G_v – hmotnost částic vystupujících z odlučovače (částice odcházející do úletu).

Frakční odlučivost - udává hmotnostní poměr zachycených částic o daném rozměru (a) k celkové hmotnosti částic daného rozměru (a), které byly přivedeny do odlučovače.

$$O_f = \frac{G_{o(a)}}{G_{p(a)}} 100 \quad / \% / .$$

Frakční odlučivost podává přehled o tom, které částice co do velikosti budou odlučovány dokonaleji a které hůře.

V souvislosti s odlučovači TL se dále používá pojem „mez odlučivosti“. Tato hodnota je definována pro určité objemové průtoky spalin a hodnotu frakční odlučivosti 50 %. Při poklesu pod tuto hodnotu je uvedený typ odlučovače nevhodný.

Pro možnost porovnání koncentrace TL ve vzduchu „dle místa pobytu“, jsou hodnoty uvedeny v níže uvedené tabulce.

Koncentrace TL ve vzduchu v mg/m³

m í s t o	koncentrace TL (prachu) v mg/m ³
vzduch na venkově	0,02
vzduch ve městě	0,1 – 0,4
městská ulice	1 - 3
prům. velkoměsta střední hodnota za rok	0,2
špičkové hodnoty	5
obchodní místnosti	5
školy	18
hutě	nad 15
slévárny	20 - 60
papírny	25
cementárny	100 - 400

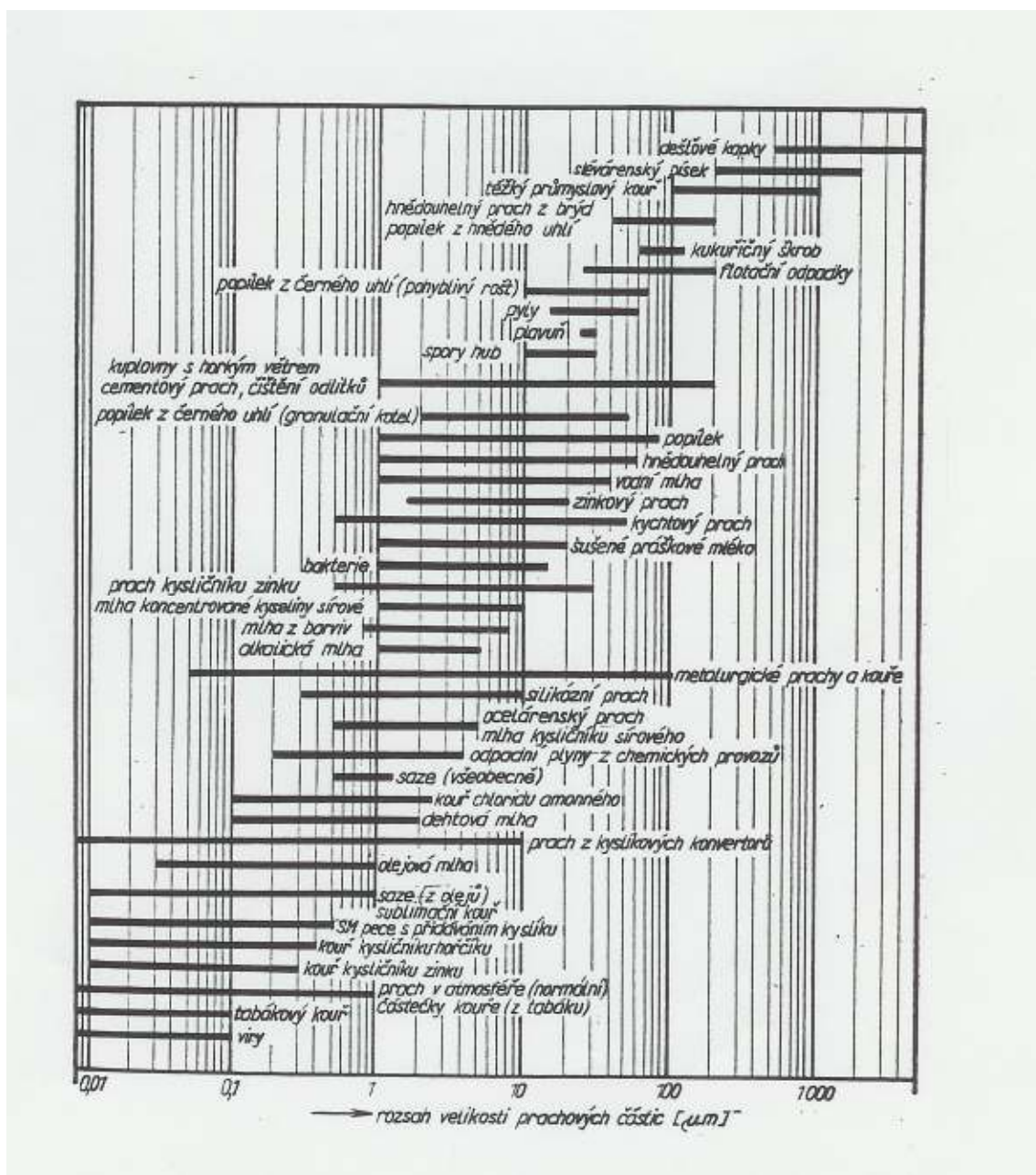
V další tabulce jsou uvedeny koncentrace TL ve spalinách v g/m³. Z této tabulky je rovněž patrné, jaký vliv na emise TL má použitá konstrukce kotle.

Koncentrace TL ve spalinách v g/m³

použitý typ kotle a paliva	koncentrace TL v g/m ³
Kotle na černé uhlí	
- mechanický rošt se spodním dmýcháním	0,5 - 10
výjimečně až	30
- granulační kotle	až 70
obvykle do	25
- tavicí kotle	až 70
obvykle do	25 – 30
Kotle na hnědé uhlí	
- roštové kotle se spodním dmýcháním	2 - 10
- granulační kotle	2 - 30
- tavicí kotle	1,5 - 3,5

S ohledem na velikost částic, koncentraci TL ve spalínách a frakční odlučivost je pak nutno volit vhodný typ odlučovače. Velikost částic pro různé znečišťující látky je uvedena v tabulce.

Velikost částic



Pro odlučování tuhých částic se používají převážně následující typy odlučovačů:

a) Mechanické suché odlučovače

- *Usazovací komory*
nejjednodušší typ odlučovače, který využívá gravitační sílu pro odloučení částice.
- *Prašníky*
mají funkci zdokonalené usazovací komory. K odlučování částic je ještě použita síla setrvačná.

- *Žaluziové odlučovače*
používají k odlučování částic setrvačné síly. Při dobrých provozních podmínkách dosahují odlupčivost 60 – 80 %.
- *Cyklonové odlučovače*
název pochází z řeckého slova ... kroužiti, točiti se dokola. Zvětšování průměru cyklonu vede ke zmenšování odstředivých sil a tím ke snížení odlupčivosti. Z tohoto důvodu je výhodnější použít větší počet menších cyklonů – multicyklonů.
- *Tkaninové odlučovače*
využívají k odloučení částic průchodu znečištěného plynu tkaninovým materiálem. Většinou se používají tkaninové *hadice*, které zachycují částice na stěně. Jejich odprašování je buď prováděno tlakovým vzduchem, nebo mechanickým oklepem. Tyto odlučovače vykazují dobrou odlupčivost. Při jejich použití je nutno brát v úvahu jejich maximální provozní teplotu dle druhu použité textilie, možnost nalepování částic a možnost *zahoření* odlučovače žhavou částicí a to především při jeho profuku vzduchem při jeho odprašování.

b) Mokrý odlučovač

využívají k odstraňování tuhých částic kontaktu čištěného plynu s vodní hladinou. Podle druhu konstrukce se jedná o následující uvedené základní typy.

- *Hladinový odlučovač*
má tu výhodu, že je konstrukčně jednoduchý a vykazuje malou spotřebu vody. Vykazuje velmi dobrou odlupčivost a to cca 95 %.
- *Odstředivý skrubr*
je ve své podstatě cyklonový odlučovač jehož boční stěny jsou na straně spalín vlhčeny vodou.
- *Mokrý vírňkový odlučovač*
je odlučovač v provedení multicyklonu, jehož stěny jsou vlhčeny vodou obdobně jako u odstředivého skrubru

c) Elektrické odlučovače.

U těchto odlučovačů jsou tuhé částice z nosného plynu odstraňovány pomocí elektrických sil. Aby mohlo dojít k elektrickému odlučování, musí být splněny některé základní podmínky a to :

- Částice tuhých příměsí se musí lišit některými svými vlastnostmi od těchž vlastností nosného plynu. Touto specifickou vlastností je dielektrická konstanta látky tvořící prach.
- Účinnost odlučování zvyšuje to, jsou-li převážně všechny částice prachu nositelem elektrických nábojů stejné polarity, to je, že prach musí být nabit monopolárně. Náboj prachu musí být opačné polarity, než je polarita sběracích ploch.
- Aby byly částice odlučovány z proudícího media, to je převáděny na sběrné elektrody, musí na ně působit vnější síly orientované směrem ke sběrací elektrodě.
- Aby síly působící na částice prachu mohly být trvale orientovány jedním směrem a to ke sběrné elektrodě, musí být elektrický odlučovač napájen stejnosměrným, nebo usměrněným napětím.

- Náboje získávají svůj náboj z monopolárního prostorového náboje iontů, jehož zdrojem je elektrický výboj v silně nehomogenním poli označovaný jako korona. Bez koronového výboje je elektrické odlučování nemožné.
- Při určitém geometrickém uspořádání elektrod musí být elektrické napětí tak velké, aby mohlo dojít ke koronovému výboji. Při napětí nižším nemůže trvale proud korony protékat.
- Aby nedocházelo ke strhávání již usazeného prachu zpět do proudícího plynu, musí částice ulpívat na sběrné elektrodě.
- Aby prach, který ulpěl na sběrné elektrodě, se dostal do výsyvky, musí být se sběracích ploch ve vhodných časových intervalech odváděn (oklepáváním nebo omýváním) do výsyvky.
- Aby nedocházelo k rušivým jevům musí se zabránit tomu, aby nebyly takové provozní podmínky , že by došlo ke zpětné koruně.
- Aby se částice mohla usadit na sběrací elektrodě, nesmí být náboj odváděn příliš rychle.

Celkovou odlučivost elektrického odlučovače lze vyjádřit výpočtovým vztahem :

$$O_c = 1 - e^{-\frac{L \cdot w}{R \cdot v}}, \text{ kde } L \text{ je pracovní délka odlučovače (m)}$$

R – vzdálenost vysokonapěťové elektrody od sběrací (m), v – rychlost proudění plynu odlučovačem (m/s), w – střední (efektivní) odlučovací rychlost (m/s) .

Pro orientační výpočty je možno uvažovat s hodnotami, které jsou uvedeny v následující tabulce.

Orientační hodnoty celkové odlupčivosti

druh odlučovače	prašník	cyklóny	tkaninové odlučovače	mokrý odlučovače	elektrické odlučovače
celková odlučivost %	50 až 80	60 až 80	99	80 až 95	99

4.2.2 Snižování emise SO₂

Odsiřování spalin patří po snižování emise tuhých látek do výčtu důležitých opatření pro zlepšení čistoty ovzduší. Snižování emisí SO₂ do ovzduší je možno docílit následujícími způsoby :

- předpravou paliva před jeho spalováním (snižování obsahu síry v palivu)
- přidávání aditiva ke spalovanému palivu
- sorpce SO₂ vodnými roztoky.

Při výběru metody vedoucí ke snižování emise SO₂ je nutno zvažovat :

- snadná dostupnost , cena
- vzniklý produkt po odsiřování
- co dále s produktem po odsiřování, aby byl řetězec uzavřený.

Použití pevného aditiva představuje mísení paliva s :

- pálené vápno CaO
- vápenec CaCO₃
- dolomit CaCO₃ + MgCO₃ .

Například při použití páleného vápna dochází k následující chemické reakci:

SO₂ + CaO + 0,5 O₂ = CaSO₄ . Výsledným produktem je síran vápenatý, který je chemicky stabilní do teploty 980 °C a v praxi lze použít jako chudá maltovina.

Dosažitelný stupeň odsiřování je pro uvedená aditiva uveden v tabulce.

použité aditivum	pálené vápno	dolomit	vápenec
účinnost odsiřování %	90	80	85

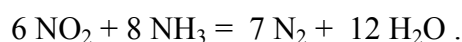
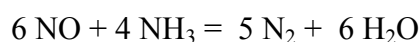
Použití polosuché a mokré odsiřovací metody představuje pochody na bázi vápence. Spaliny na výstupu z odlučovače TL jsou vedeny do odsiřovacího zařízení, kde dochází k odsiřování a k odvodu produktů po odsiřování. Při použití magnezitové odsiřovací metody je možno docílit regeneraci odsiřovacího pracovního media (při přívodu tepla) oproti metodám předcházejícím.

4.2.3 Snižování emise NO_x

Kyslíčníky dusíku vznikají během spalovacího procesu z dusíku, který je obsažen v palivu a dále pak z dusíku, který obsahuje spalovací vzduch. Plyný exhalát NO_x je stejně nebezpečný jako SO₂. Na rozdíl od SO₂ , jehož koncentrace je jednoznačně určena obsahem síry v palivu , je tvorba NO_x závislá ještě na průběhu spalovacího procesu a dalších faktorech, které jeho tvorbu ovlivňují (součinitel přebytku spalovacího vzduchu, recirkulace spalin, teplota plamene atd.).

Z uvedeného výčtu je patrné, že emise NO_x může již v počátku snížit vhodná konstrukce spalovacího zařízení a způsob jeho provozu. Další metodou ke snižování NO_x jsou tak zvané denitrifikační metody, které jsou suché nebo mokré. Suché procesy pracují v oblasti teplot nad 100 °C a procesy mokré pracují po ochlazení spalin a k denitrifikaci se používají roztoky různých chemikálií.

Většina suchých procesů je založena na katalytické redukci NO_x na elementární dusík .Jako katalyzátory se používají především kyslíčníky Fe, Cu, V, Cr na nosiči Al₂O₃ . Tyto katalyzátory však lze použít pro čisté plyny bez obsahu SO₂ a popílku.Katalyzátory s nosičem TiO₂ odstraňují uvedený nedostatek a používají se v optimální oblasti katalytických teplot 300 – 400 °C. Dále existují mokré denitrifikační metody založené na absorpci.Jako redukční činidlo se převážně používá NH₃. Proces denitrifikace NO a NO₂ probíhá následovně:



Účinnost denitrifikace dosahuje hodnotu 60-70 % .

4.2.4 Legislativní požadavky na snižování emisí

Přípustné emise škodlivých látek do ovzduší jsou obsaženy v Nařízení vlády č.352/2002 Sb., kterým se stanoví emisní limity a další podmínky provozování spalovacích stacionárních zdrojů znečišťování ovzduší. Uvedené nařízení vlády ukládá dodržení *stupně odsíření*. Tam, kde není možno dodržet emisní limity pro oxid siřičitý vzhledem k vlastnostem paliva, musí zdroje plnit následující stupně odsíření dle následujících tabulek.

Požadovaný stupeň odsíření spalín pro nové zvláště velké zdroje, k nimž bylo vydáno původní stavební povolení k 1.7.1987 nebo později.

jmenovitý tepelný příkon (MW)	stupeň odsíření (%)
≤ 100	60
nad 100 až do 300 včetně	75
nad 300 až do 500 včetně	90
nad 500	94

Požadovaný stupeň odsíření spalín pro budoucí zvláště velké zdroje, se stavebním povolením po 1.1. 2004 nebo později .

jmenovitý tepelný příkon (MW)	stupeň odsíření (%)
≤ 300	92
nad 300	95

4.3 Vliv použitého způsobu výroby tepla a elektrické energie

Jak vyplynulo z předcházejících kapitol je možno realizovat dodávky tepla a elektrické energie následujícími způsoby:

- samostatná výroba tepla v lokální kotelně nebo výtopně
- samostatná výroba elektrické energie v kondenzační elektrárně
- kombinovaná výroba tepla a elektrické energie dle zdroje, a to v :
 - teplárně
 - kogeneračním plynovém zařízení.

Z pohledu ochrany životního prostředí je nutno brát zřetel na hodnoty emisí znečišťujících látek, které odpovídají danému způsobu výroby a použitému stupni zařízení pro čištění spalín. Je celkem logické, že zdroje malého výkonu budou zcela bez technologického zařízení pro čištění spalín. Naopak zdroje většího výkonu se bez tohoto zařízení neobejdou.

Pro provoz tepelných zařízení je nutno dodržet platné legislativní požadavky. Tím je pak stanoven i požadavek na kvalitu čištění spalín. V současné době platí v ČR následující základní sbírka zákonů č.:

350.

Nařízení vlády, kterým se stanoví imisní limity a podmínky a způsob sledování, posuzování, hodnocení a řízení kvality ovzduší.

351.

Nařízení vlády, kterým se stanoví závazné emisní stropy pro některé látky znečišťující ovzduší a způsob přípravy a provádění emisních inventur a emisních projekcí.

352.

Nařízení vlády, kterým se stanoví emisní limity a další podmínky provozování spalovacích stacionárních zdrojů znečišťování ovzduší.

353.

Nařízení vlády, kterým se stanoví emisní limity a další podmínky provozování ostatních stacionárních zdrojů znečišťování ovzduší.

354.

Nařízení vlády, kterým se stanoví emisní limity a další podmínky pro spalování odpadu.

355.

Vyhláška Ministerstva životního prostředí, kterou se stanoví emisní limity a další podmínky provozování ostatních zdrojů znečišťování ovzduší emitujících těkavé organické látky z procesů aplikujících organická rozpouštědla a ze skladování a distribuce benzinu.

356.

Vyhláška Ministerstva životního prostředí, kterou se stanoví seznam znečišťujících látek, obecné emisní limity, způsob předávání zpráv a informací, zjišťování množství vypouštěných znečišťujících látek, tmavosti kouře, přípustné míry obtěžování zápachem a intenzity pachů, podmínky autorizace osob, požadavky na vedení provozní evidence zdrojů znečišťování ovzduší a podmínky jejich uplatňování.

357.

Vyhláška Ministerstva životního prostředí, kterou se stanoví požadavky na kvalitu paliv z hlediska ochrany ovzduší.

358.

Vyhláška Ministerstva životního prostředí, kterou se stanoví podmínky ochrany ozonové vrstvy Země.

Základním materiálem je z uvedeného výčtu nařízení vlády č.352/2002 Sb., kterým se stanoví emisní limity a další podmínky provozování spalovacích stacionárních zdrojů znečišťování ovzduší. K těmto zdrojům náleží i spalovací motory a plynové turbíny, které nejsou součástí mobilních zdrojů znečišťování ovzduší.

Tepelné zdroje jsou rozděleny dle jmenovitého tepelného výkonu následovně – viz tabulka.

označení zdroje znečišťování	jmenovitý tepelný výkon MW
malý zdroj	do 0,2
střední zdroj	0,2 až 5
velký zdroj	5 až 50
zvlášť velký zdroj	nad 50

Podle instalovaného jmenovitého tepelného výkonu zdroje a použitého druhu paliva jsou legislativně stanoveny přípustné emisní limity, které je nutno dodržovat.

Pro všechny uvedené zdroje znečišťování ovzduší však platí následující závěry:

- Používat tepelné zdroje s maximální možnou tepelnou účinností. Lepší účinnost zdroje znamená snížení spotřeby paliva na vstupu do zdroje, čímž se snižuje objem vzniklých spalin a tím i emise znečišťujících látek.
- Zvyšovat podíl kombinované výroby elektrické energie a tepla v tzv. kogeneračních jednotkách. Tato cesta opět vede ke snížení spotřeby paliva a snížení emisí. Je to dáno tím, že při samostatné výrobě elektrické energie v kondenzační elektrárně je tepelná

účinnost cyklu cca 33%. Zbývajících 67 % představuje tepelnou ztrátu ve formě nízkoteplotní chladicí vody pro docílení opětovné kondenzace vodní páry, která vychází z parní turbíny.

- Docílit vyššího využití obnovitelných a netradičních zdrojů energie a jaderné energetiky.
- V oblasti spotřeby energie důsledně realizovat opatření na úsporu paliv a energie.

4.4 Snižování emisí skleníkových plynů

Skleníkové plyny způsobují tak zvaný skleníkový efekt na Zemi. Jedná se o jev, který má za následek postupné oteplování Země. Sluneční záření, které dopadá na zemský povrch se částečně povrchem pohltí a cca 30 % tohoto záření se od povrchu odráží zpět do vesmírného prostoru. Sluneční záření pohlcené povrchem Země se mění v teplo. Naakumulovaná tepelná energie je ze zemského povrchu vyzařována ve formě tepelného záření. Tepelné záření má oproti světelnému záření větší vlnovou délku a proto prochází zemskou atmosférou pomaleji.

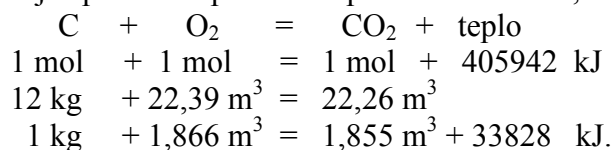
Rychlost průchodu každého záření zemskou atmosférou dále klesá se zvyšujícím se obsahem některých plynů v atmosféře. Tyto dvě příčiny pak mají za následek pozvolné zvyšování průměrné teploty na Zemi. Zvyšování teploty Země představuje velké nebezpečí, které vede ke klimatickým změnám. Klimatické změny pak způsobí tání ledovců, úbytek obdělávané půdy, nedostatek potravin a různé přírodní katastrofy.

Mezi skleníkovými plyny zaujímá první místo oxid uhličitý CO_2 dále pak následují metan, vodní pára a ozón, fluorované a chlorované uhlovodíky, oxid dusný.

Dominantní postavení má mezi skleníkovými plyny CO_2 , který je velmi významný pro růst rostlin a dále představuje rozhodující faktor tepelného hospodářství Země. Nárůst jeho koncentrace v ovzduší způsobují z 80 % především spalovací procesy z fosilních energetických paliv. S ohledem na tuto skutečnost je další pozornost zaměřena na možnosti snižování koncentrace CO_2 v ovzduší.

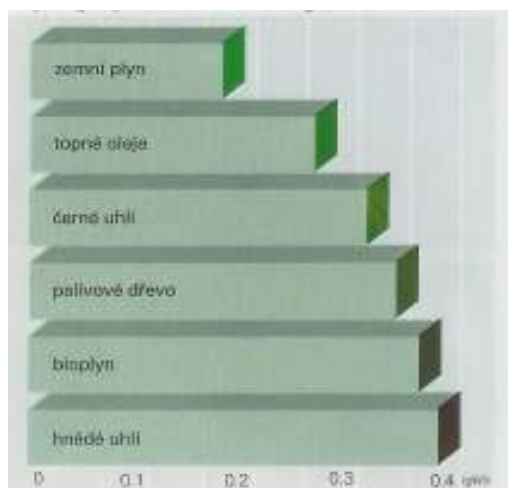
4.4.1 Možnosti snižování emise CO_2 .

Emise CO_2 do ovzduší je způsobena převážně spalováním uhlíku, který je obsažen v palivu.



S ohledem na použitý druh paliva, který je charakterizován jeho chemickým složením, je rozdílná i emise CO_2 vztahovaná na kWh uvolněné energie jak je patrné z následujícího obrázku.

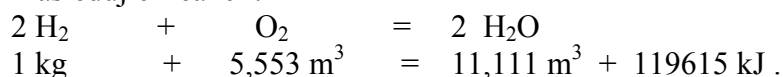
Emise oxidu uhličitého v kg/ kWh uvolněné energie při spalování různých druhů paliv.



← Z uvedeného obrázku je patrné, že emise CO₂ vyjádřená v kg/kWh závisí na druhu použitého paliva a jeho chemickém složení. Zemní plyn vykazuje z uvedených paliv nejnižší emisi CO₂. Plynofikace obcí, která proběhla na území ČR významně přispěla ke snížení emise CO₂, SO₂, tuhých částic a dále přispěla ke snížení spotřeby tepla ve vstupujícím palivu s ohledem na vyšší tepelnou účinnost plynových kotlů oproti kotlům na tuhá paliva.

4.4.2 Hlavní opatření vedoucí ke snižování emise CO₂ jsou následující:

- 1) Snížení spotřeby energie a tím i paliv. Jedná se o využití úsporných opatření docílených při zateplování objektů, použití tepelných zdrojů s vyšší tepelnou účinností, využití regulační techniky atd.
- 2) Energetické využití energie větru, slunce a vody, kdy během jejich provozu nevznikají emise znečišťujících látek.
- 3) Energetické využití biomasy, kdy se jedná o vyrovnanou hmotnostní bilanci CO₂ (viz kapitola energetické využití biomasy), čímž je emise CO₂ = 0.
- 4) Využití jaderné energetiky.
- 5) Využití tepelných čerpadel, kogeneračních jednotek a dalších nových technologií, kdy budou zcela nebo částečně odstraněny emise CO₂. Konkrétně se jedná o využití palivových článků k výrobě elektrické energie, nebo spalování vodíku. Při spalování vodíku dojde k následující reakci :



Spalováním vodíku je možno získat tepelnou energii a zcela odstranit emisi oxidu uhličitého. Produktem vlastního spalovacího procesu je pouze vodní pára. Spalování vodíku se proto jeví jako jedna z perspektivních cest. Energie získaná spálením 1 kg vodíku představuje 3,5 krát vyšší energii než při spálení 1 kg uhlíku.

S ohledem na závažnost vlivu skleníkových plynů byl přijat. Kjótský protokol (1997), jehož hlavním cílem je zajistit a vytvořit právní základ pro postupné snižování emisí skleníkových plynů na takovou úroveň, která by z hlediska interakce s klimatickým systémem omezila riziko jeho změny v budoucnosti. Dohodnutá redukce se týká snížení emisí CH₄, N₂O, fluorovaných uhlovodíků a fluoridu sírového, vyjádřených ve formě agregovaných emisí oxidu uhličitého. Protokol stanovuje jednotlivým státům konkrétní redukční cíle. V případě ČR se jedná o snížení emisí o 8 %.

Vláda ČR svým usnesením schválila dokument Strategie ochrany klimatického systému Země v České republice, který ochranu klimatu zařazuje mezi prioritní problémy životního prostředí v ČR. Zároveň byly vytyčeny hlavní úkoly , které musí splnit dotčené resorty v rámci dosažení kvantitativních cílů Kjótského protokolu. Hlavní potenciál je v realizaci opatření na úsporu energie, zvýšení podílu využití obnovitelných energetických zdrojů, které jsou v souladu se Státní politikou životního prostředí, Státním programem úspor energie a s programy České energetické agentury.

5. Základní směry snižování spotřeby tepla pro vytápění

Problematicke zmenšování spotřeby energie na vytápění budov se věnuje mimořádná pozornost nejen u nás, ale i také v zahraničí. Spotřeba energie na vytápění tvoří podstatnou položku jednak v energetické bilanci státu a jednak v rozpočtu na bydlení.

S rostoucími náklady za vytápění, podpořenými požadavky na snížení spotřeb energií a snížení ekologické zátěže vlivem výroby těchto energií vznikl požadavek na omezení tepelných ztrát vytápěných objektů.

Tepelná ztráta vytápěného objektu

Základní tepelná ztráta prostupem tepla se rovná součtu tepelných toků prostupem tepla v ustáleném stavu jednotlivými konstrukcemi.

Tepelná ztráta konstrukcí je v podstatě určena následujícími veličinami:

- součinitelem prostupu tepla konstrukcí U ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$), ohraničujících vytápěný prostor od okolního prostředí, součinitel prostupu tepla U je převrácenou hodnotou tepelného odporu R ($\text{K} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{W}^{-1}$),
- plochou této konstrukce A (m^2)
- rozdílem teploty na vnitřní a vnější straně konstrukce Δt (K)

Požadavek na snížení spotřeby tepla na vytápění přináší požadavek na ovlivnění těchto veličin.

Technickými opatřeními můžeme ovlivnit součinitel prostupu tepla konstrukcí U a to zateplením dané konstrukce. Technickými a organizačními opatřeními můžeme ovlivnit teplotu na straně konstrukce směrem do interiéru (vnitřní vytápěcí teplotu t_i).

Teplota na vnější straně konstrukce je zpravidla určena povětrnostními podmínkami, plochu jednotlivých konstrukcí lze ovlivnit při vytváření projektu budoucí stavby.

5.1. Zateplování objektů

Náklady na vytápění objektů jsou významnou provozní položkou. Při všeobecně předpokládaném růstu cen energií je stále aktuálnější nedostatečně zateplené objekty dodatečně tepelně izolovat, nové objekty pak opatřit dostatečnou termoizolací již v průběhu stavby.

Všechny vytápěné objekty, ať se jedná o byty, rodinné domky nebo větší obytné budovy, jsou zdrojem tepelných ztrát. Při vytápění musíme nahradit tyto ztráty dodávkou odpovídajícího množství tepla do vytápěného prostoru.

Dobré tepelně izolační vlastnosti obvodové konstrukce vytápěných budov jsou základní podmínkou k dosažení jejich hospodárného vytápění.

Vytápěnou obálku budov tvoří jejich obvodové konstrukce, strop nad nejvyšším vytápěným podlažím resp. střecha, podlaha nejnižšího vytápěného podlaží, okna a vnější dveře.

Na obrázku níže jsou znázorněny úniky tepla do okolí obvodovými konstrukcemi rodinného domu.



- | | |
|--|---------------------|
| 1... obvodové stěny | 3... střecha/stropy |
| 2... okna a dveře – průstup tepla
okna a dveře – ztráta netěsnostmi | 4... podlaha/sklepy |

Při vytápění dochází k průstupu tepla z vytápěných prostor přes výše uvedené konstrukce do vnějšího prostředí s nižší teplotou vzduchu.

Obecný vztah pro tento přestup tepla je:

$$Q_z = U \times A \times \Delta t \times \tau \quad (\text{J}),$$

- kde
- Q_z ... ztracené teplo průstupem do vnějšího prostředí (J)
 - U součinitel průstupu tepla ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$)
 - A plocha konstrukce (m^2)
 - Δt rozdíl mezi vnitřní teplotou ve vytápěné místnosti a teplotou vnějšího prostředí (K)
 - τ doba trvání ztráty (hod)

Jedinou veličinou z tohoto výpočtového vzorce, kterou je možno u již realizované stavby změnit, je součinitel průstupu tepla U ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$), a to provedením jejich dodatečné tepelné izolace.

Ekonomické důvody zateplování objektů

- Jednorázovým zateplením se sníží energetická náročnost domu a tím se trvale sníží každoroční výdaj na vytápění, který tvoří jednu z nejvýraznějších položek provozních nákladů na chod domácnosti,
- snížená spotřeba energie na vytápění umožní instalovat menší a tudíž levnější zdroj tepla (kotel, zásobník paliva, výměník, aj.),
- topnou sezónu lze zahájit později a ukončit dříve,
- peníze investované do zateplení jsou lépe zhodnocené než při uložení v bance, nelze přitom pominout i vyšší jistotu při uložení peněz do domku,

- při zateplení dochází k lepšímu využití draze placených prostorů domů a bytů – jak v důsledku vyšší povrchové teploty (prostor bytů lze plně využít), tak v důsledku menších prostorových nároků na kotelnu, sklad paliva či výměník,
- jednorázovou investici při zateplení můžeme provést v produktivním věku, snížené náklady na vytápění se nám budou hodit v době menších příjmů v pokročilejším věku.

Technické důvody

- Zateplením se odstraní jedna z nejčastějších příčin vzniku a bujení plísní, kterou je kondenzace vodní páry na vnitřním povrchu obvodových konstrukcí, ke které dochází při změně způsobu vytápění a větrání (zejména při přechodu z klasických kamen na jiný zdroj tepla a při dokonalém utěsnění oken),
- zlepší se tepelná pohoda v bytech, zvýší se kvalita bydlení, vyšší a vyrovnanější povrchová teplota stěn sníží riziko poruch jejich povrchových úprav (týká se zejména tapet a obkladů), lze lépe využít pasivní tepelné zisky vzniklé působením dopadající sluneční energie při využití akumulčních vlastností domu (při vnějším zateplení),
- je splněna podmínka pro účinné aktivní využití ekologických tzv. „netradičních“ zdrojů tepla (solární systémy, tepelné čerpadlo apod.),
- sníží se poruchovost otopného systému (je méně zatěžován),
- otopný systém lze provozovat při menším teplotním spádu, tedy hospodárněji ve vztahu ke spotřebě a citlivěji, ve vztahu k životnosti se sníží teplotní dilatace původní konstrukce, tedy i namáhání a poruchy touto cestou vznikající,
- zajistí se ochrana původního povrchu před agresivitou ovzduší (prakticky se zastaví karbonatace betonu, koroze výztuže),
- zajistí se nové barevné řešení domu,
- zlepší se životní prostředí v okolí domu při menším spalování (v případě elektrické energie to platí také, avšak s tím, že ke zlepšení dojde v oblastech s poškozeným životním prostředím).

Požadavky legislativy na tepelně-technické vlastnosti konstrukcí objektů

Pro zajištění tepelné pohody (tepelný stav prostředí) zjednodušeně platí, že součet teploty vzduchu a účinné teploty obklopujících ploch je pro určitý druh činnosti člověka konstantní. Aritmetický průměr teploty vzduchu uvnitř místnosti a střední teploty stěn ohraničujících vytápěnou místnost je výpočtovou teplotou (výslednou) pro výpočet tepelných ztrát (t_i).

Tabulka požadovaných a doporučených hodnot součinitele prostupu tepla U_N pro budovy s převažující návrhovou vnitřní teplotou $\Theta_{im} = 20\text{ °C}$.

Popis konstrukce	Typ konstrukce	Požadované hodnoty U_N	Doporučené hodnoty U_N
		$W.m^{-2}.K^{-1}$	$W.m^{-2}.K^{-1}$
Střecha plochá a šikmá do 45°	lehká	0,24	0,16
Podlaha nad venkovním prostorem	těžká	0,30	0,20
Strop pod nevytápěnou půdou se střechou bez tepelné izolace			
Podlaha a stěna s vytápěním			
Stěna venkovní	lehká	0,30	0,20
Střecha strmá se sklonem nad 45°	těžká	0,38	0,25
Podlaha přilehlá k zemině		0,60	0,40
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k nevytápěnému prostoru			
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k částečně vytápěnému prostoru		0,75	0,50
Stěna mezi sousedními budovami		1,05	0,70
Strop mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně			
Strop mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně		1,30	0,90
Strop vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně		2,20	1,45
Stěna vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně		2,70	1,80
Okno a jiná výplň otvoru z vytápěného prostoru	nová	1,80	1,20
	upravená	2,00	1,35
Dveře, vrata a jiná výplň otvoru z částečně vytápěného nebo nevytápěného prostoru vytápěné budovy (včetně rámu)		3,50	2,30

Tepelně technické vlastnosti obvodových konstrukcí musejí odpovídat požadavkům ČSN 73 0540.

„Konstrukce vytápěných nebo klimatizovaných budov musí mít v prostorech s relativní vlhkostí vnitřního vzduchu $\varphi_i \leq 60\%$ součinitel prostupu tepla U , ve $W.m^{-2}.K^{-1}$ takový, aby splňoval podmínku $U \leq U_N$, kde U_N je požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla, ve $W.m^{-2}.K^{-1}$. Splnění této podmínky pro doporučenou hodnotu U_N je vhodné pro energeticky úsporné budovy.“

„Jestliže při změnách dokončených budov nebo při jejich opravách výměnou a/nebo doplněním dosavadních konstrukcí nedojde ke změně tvaru budov, ani zde není možné změnit velikost jednotlivých konstrukcí, pak je možné ve výjimečném případě prokázat, že splnění požadavku není technicky možné nebo ekonomicky vhodné s ohledem na životnost budovy a její provozní účely. V tomto případě lze překročit jednotlivou požadovanou hodnotu součinitele prostupu tepla U_N podle tabulky.“

Obecné požadavky na vlastnosti stavebních materiálů

- **Tepelný odpor resp. součinitel prostupu tepla konstrukcí** – minimální hodnota součinitele prostupu tepla konstrukcí je stanovena normou. Tato hodnota se promítá do tepelné ztráty objektu a tím do spotřeby energie na vytápění objektu. Moderní konstrukce obvodového zdiva umožňují splnit minimálně požadavek normy provedením jednovrstvé konstrukce (cca 44 cm zdiva určeného pro obvodové konstrukce). Tepelný odpor se dá samozřejmě zvýšit použitím vícevrstvé konstrukce, přidáním vrstvy tepelné izolace z izolačních desek (pásů).

Akumulace tepla – vlastnost konstrukce, která zajišťuje rovnoměrné a přirozené klima ve vnitřním prostoru jak v teplém letním, tak i v chladném zimním období. Chování obvodových stěn stavby v zimním období je charakterizováno dobou chladnutí, v letním období dobou zahřívání. Čím je doba chladnutí nebo ohřívání delší, tím více bývají obytné místnosti subjektivně posuzovány jako příjemné pro bydlení.

Difuzní schopnost – Nadměrný obsah vodních par (vlhkosti) může být za určitých okolností příčinou poruch stavby, jako například vzniku plísní a hnilob. Stavební prvky z různých stavebních materiálů umožňují více či méně úspěšně odvádět nadbytečnou vlhkost z místnosti ven, a naopak v případě příliš suchého vzduchu částečně dodat vlhkost zvenčí. Tato difuze (pronikání) vodních par zabezpečuje stálé, přirozené klima uvnitř místnosti.

Podmínkou ovšem zůstává, že vodním parám nevložíme do cesty překážku v podobě parozábrany nebo zateplení zdiva (např. izolací z pěnového polystyrenu), která má vysoký odpor vůči pronikání vodních par, a tudíž tento tok zastaví nebo alespoň významně omezí.

Zvuková izolace – Vzduchová neprůzvučnost u jednovrstvého zdiva závisí především na objemové hmotnosti zdiva a případné jednostranné nebo oboustranné omítky, neboť s rostoucí objemovou hmotností se zvyšuje i vzduchová neprůzvučnost. Výborné hodnoty vzduchové neprůzvučnosti dosáhneme například se stěnou z plných pálených cihel nebo z monolitického betonu.

Další důležitou vlastností je schopnost pohlcení zvuku při šíření vzduchem, např. chceme-li snížit hladinu hluku uvnitř místnosti. K tomuto účelu se vyrábějí speciální děrované tvarovky, které se osazují s děrami směřujícími do prostoru a za ně se zpravidla ještě přidává vrstva izolace z minerální vlny.

Ostatní – mezi ostatní patří dostatečná pevnost v tlaku a objemová stálost, mrazuvzdornost a nízká nasákavost, požární odolnost atd.

Tepelné ztráty samostatného domu		
Rozložení tepelných ztrát		
Část konstrukce	Rodinný dům	Bytový vícepodlažní dům
Okna a venk. dveře	30 - 40%	40 - 50%
Stěny	20 - 25%	30 - 40%
Střecha	15 - 20%	5 - 8%
Podlaha (strop sklepa)	5 - 10%	4 - 6%

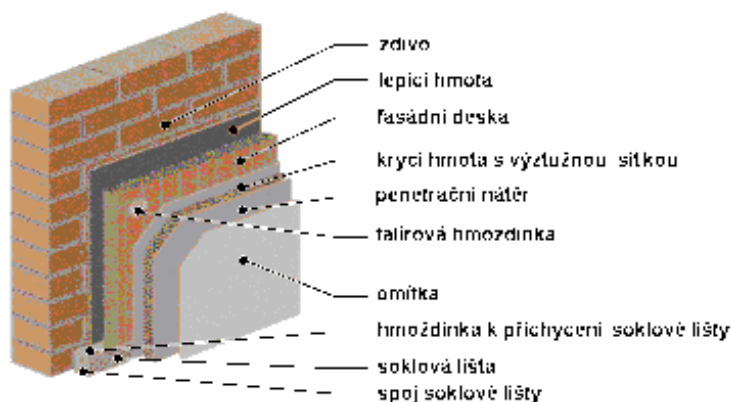
Zateplování jednotlivých konstrukcí

ZATEPLENÍ FASÁDY

- jedná se o poměrně masovou záležitost a tak se objevila celá řada odborných firem, které nabízejí dodatečné zateplení fasád.

Kontaktní fasádní systémy

se provádějí nalepením izolačních desek přímo na omítku či zdivo fasády buďto z izolačních desek polystyrenových nebo desek z minerálních vláken.



Desky z polystyrenu jsou variantou, kdy se při jejich použití díky jejich značnému difuznímu odporu z velké části připravíme o využití difuzní schopnosti zdiva – tedy propustnosti vodních par přes obvodovou konstrukci. Přebytná vzdušná vlhkost tak zůstává v interiéru uzavřena a je pouze částečně pohlcena vnitřní konstrukcí stěny (míra závisí na druhu použitého materiálu). Bohužel firmy provádějící kontaktní zateplení právě řešení s polystyrenovými deskami nejvíce nabízejí. Důvodem zde bývají nižší náklady než při použití minerálních desek a snadnější provádění. Mimo popsany velký difuzní odpor navíc poslední studie ukazují, že polystyrenové desky nalepené na omítku či zdivu paradoxně snižují i celkovou vzduchovou neprůzvučnost obvodové stěny.

Při současném použití moderních typů oken a dveří s velmi nízkou infiltrací (s velkým utěsněním spár) pak může lehce dojít při nahromadění vzdušné vlhkosti ke vzniku plísní a celkově nezdravého vnitřního prostředí.

Minerální desky jsou lepší variantou kontaktního systému z hlediska difuzní schopnosti, neboť jejich vnitřní struktura neuzavírá obvodový plášť tak významně jako polystyren. Minerální desky mají totiž malý difuzní odpor.

U minerálních izolací jsou možné dvě základní varianty, a to desky s podélným vláknem nebo vláknem kolmým na jejich povrch (tzv. lamely). Lamely mají vyšší pevnost v tlaku, lépe se tvarují podle podkladu a mají možnost zabroušení po nalepení. Jsou tedy pro dodatečné zateplení objektů kontaktním způsobem vhodnější.

• Odvětrávaný fasádní systém

představuje z hlediska funkce nejlepší řešení zateplení fasády přídatnou izolací. Tepelné izolaci z minerálních desek je předložena samostatná vnější vrstva tvořící pohledovou plochu fasády. Může jí být obklad z různých lamel či desek (plech, plast, dřevo, sklocement a jiné). Na desky můžeme také natáhnout tenkovrstvou omítku nebo provést vnější vrstvu z přízdívky z lícových cihel.

Z hlediska stavební fyziky funguje tato skladba vnějšího pláště velice dobře. Odvětrávaná vzduchová mezera odvádí bezpečně a rychle přebytečnou vlhkost ze zdiva, resp. Z interiéru zvláště v zimním období, kdy má venkovní vzduch nižší relativní



- 1 - ZDIVO S OMÍTKOU
- 2 - FASÁDNÍ DESKA ZPEVNĚNÁ
- 3 - TEPelná IZOLACE NALEPENÁ
- 4 - SOKLOVÁ LIŠTVA
- 5 - VZDUCHOVÁ MEZERA
- 6 - OBKLAD Z LAMEL

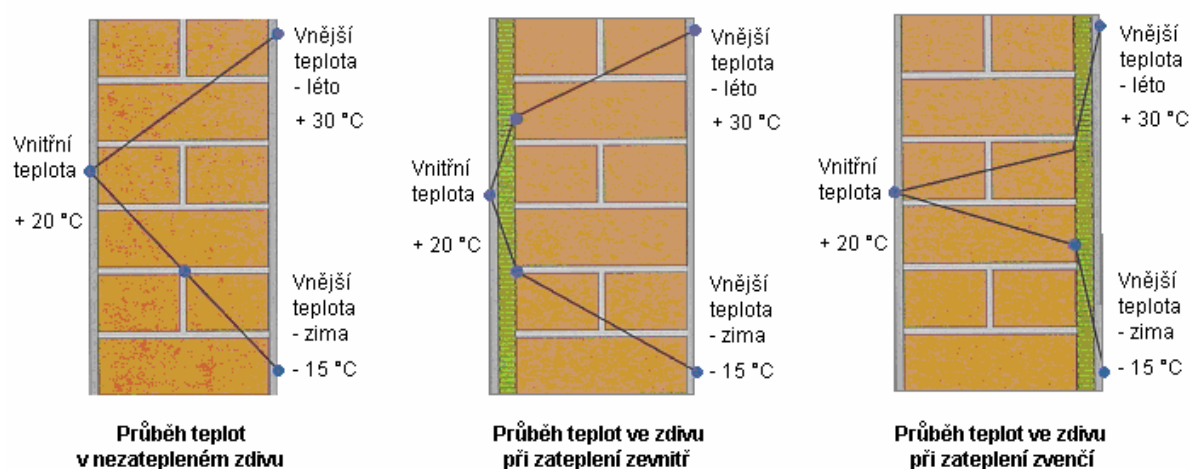
vlhkost a v letním období snižuje přehřívání fasády od slunečních paprsků.

V případě **novostavby** se často řeší zajištění dostatečného tepelného odporu stejným způsobem jako při dodatečném zateplení. Přitom při použití moderních zdicích prvků jednovrstvé stěny jsme schopni docílit tepelného odporu v souladu s normou a to při využití všech výše uvedených dobrých stavebně-fyzikálních vlastností. Navíc nám odpadají náklady na provedení přídavné vrstvy tepelné izolace (materiál, montáž).

Rozhodne-li se stavebník přesto provést konstrukci obvodové stěny složenou z nosné části a tepelné izolace, měla by být na prvním místě varianta s provětrávanou vnější vrstvou (například lícové zdivo nebo obklad se vzduchovou mezerou).

Přídavnou tepelnou izolaci z desek můžeme umístit buď na vnější povrch obvodové stěny nebo na povrch vnitřní.

znázornění průběhu tepla vnější obvodovou konstrukcí



V našich zemích převládá řešení přídavné izolace z vnější strany, kterým při dostatečné tloušťce tepelné izolace (10 a více cm) zajistíme dostatečný tepelný odpor konstrukce a vyloučíme na stěně místa s výrazně nižší povrchovou teplotou v interiéru (tzv. tepelné mosty). Na nich by jinak mohla za spolupůsobení vyšší relativní vlhkosti a nižší teploty nastat kondenzace vodních par.

Takto lze také využít zmíněné akumulační schopnosti zdicího materiálu obvodové stěny, tedy vlastnosti, která se příznivě podílí na subjektivně příjemném vjemu vnitřního prostředí a při jejím poklesu ji opět vydat zpět.

Praktickým důsledkem této vlastnosti je fakt, že teplota v interiéru má určitou setrvačnost a je tak více vyrovnaná – v létě brání silnému přehřátí místností a v zimě nebo přechodném období rychlému vychladnutí.

Na protichůdném názoru na význam akumulace tepla je založeno řešení obvodových stěn praktikované v některých zemích západní Evropy, které používá betonových tvarovek na vnější straně zdi a tepelné izolace zevnitř. Tento typ konstrukce užívaný ve velké míře například v určitých oblastech Francie má výhodu rychlého vyhřátí místnosti po zapnutí topení.

Protikladné přístupy k řešení vnitřního klimatu budovy vycházejí ze subjektivního hodnocení pocitů při pobytu v místnosti, ale jsou hlavně určeny způsobem života a denním režimem pobytu osob v budově.

Materiály pro tepelnou izolaci fasády

Tepelné izolace pro zateplovací systémy jsou vysoce účinné materiály se součinitelem tepelné vodivosti λ nižším než 0,05 W.m-2.K-1. Nejběžnější jsou desky z fasádního pěnového (expandovaného) polystyrénu EPS-F, desky z pojených minerálních vláken MW-F nebo MW-FL (lamelové) a desky z extrudovaného (vytlačovaného) polystyrenu XPS-F.

V současné době pro tepelné izolace v zateplovacím systému při běžných aplikacích vycházejí optimální tloušťky 80 až 120 mm. S nárůstem cen energií bude vhodné navrhovat tyto tloušťky v rozmezí 100 až 160 mm, pro nízkoenergetické domy ještě větší.

Při volbě tepelné izolace se zvažuje její vlhkostní odolnost, tuhost, paropropustnost (ve vazbě na propustnost podkladu i vnějšího souvrství zateplovacího systému), požární odolnost, samozřejmě tepelná vodivost, ale i technologická jednoduchost a cena.

Provedení zateplení fasády

Vnější kontaktní zateplovací systém je na stavební konstrukci vystaven různému zatížení, proto je nezbytné jej připevnit ke stavebnímu podkladu tak, aby v průběhu životnosti byla zajištěna bezpečnost a mechanická stabilita a vyloučily se poruchy. Ve většině případů se k podkladu připevňuje pouze tepelná izolace.

Mez hlavních druhů zatížení zateplovacího systému lze zařadit zatížení vlastní hmotností (vzniká smykové napětí, jehož velikost je závislá na hmotnosti tepelné izolace a dalších vrstev na jeho povrchu), zatížení účinky větru (síly vzniklé působením větru způsobují tahová a tlaková namáhání, přičemž jejich velikost je závislá na výšce, tvaru, poloze stavebního objektu a jeho umístění v zástavbě), zatížení v důsledku dilatačních pohybů složek systému (změny teploty a vlhkosti způsobují pohyby většiny složek systému, a tím i napětí).

Připevnění kontaktního zateplovacího systému se provádí lepením, lepením a hmoždinkami, kotvícími lištami zároveň s bodovým lepením nebo kotvícími lištami zároveň s bodovým lepením a hmoždinkami. Použití jednotlivých způsobů připevnění je dáno především stavem podkladu pro zateplovací systém, výškou a polohou budovy.

Lepicí hmoty slouží k připevnění tepelné izolace k podkladu a k zajištění její polohy. Podle materiálu pojiva se rozlišují nejčastěji používané druhy lepicích hmot:

- Disperzní lepicí hmota k přímému použití s pojivem na bázi vodních disperzí makromolekulárních látek – dodává se v nádobách, připravená k použití,
- Suchá lepicí hmota v práškové formě s pojivem na bázi cementu, která se před zpracováním rozmíchá s předepsaným množstvím vody – dodává se v papírových pytlích.

Kotvící hmoždinky slouží k mechanickému připevnění tepelné izolace nebo této izolace spolu s výztužnou vrstvou ke stavebnímu podkladu. Druh rozpěrného prvku dělí základní druhy hmoždinek na hmoždinky talířové s rozpěrným plastovým trnem, hmoždinky talířové s kovovým rozpěrným trnem a talířové hmoždinky s kovovým šroubem (pro podklady na bázi dřeva).

Výztužná vrstva má zásadní vliv na zajištění mechanických vlastností, stability a životnosti kontaktního zateplovacího systému. Nanáší se přímo na vnější povrch tepelné izolace. Tvoří ji jedna vrstva nebo více vrstev sěrkové hmoty, z nichž nejméně jedna obsahuje vyztužení. Vyztužení musí být provedeno v celé ploše zateplení a v místech zvýšeného namáhání se zesiluje.

Vyztužení zlepšuje mechanické vlastnosti vnějšího souvrství zateplovacího systému.

Omítky a obklady plní především funkci ochrannou (dlouhodobě chrání ostatní složky zateplovacího systému, a tím i obvodový plášť budovy proti působení povětrnostních vlivů) a dekorativní (podílí se na architektonickém ztvárnění vnějšího vzhledu obvodového pláště budovy - barevnost, struktura).

Náklady na zateplení obvodových konstrukcí se odvíjejí od použité technologie zateplení, členitosti ploch k zateplení, výšky budovy aj.

Obecně lze uvést náklady na zateplení kontaktním systémem s fasádním polystyrénem cca 800 až 1200 Kč/m². Do této plochy jsou započítány i otvorové výplně, které kryjí náklady za vícepráce v oblasti těchto otvorů.

Při použití kontaktního systému s minerálními deskami lze předpokládat náklady ve výši cca 1 200 až 1600 Kč/m².

ZATEPLENÍ STŘECHY, STROPŮ

Jedná se o konstrukce nad nejvyšším vytápěným podlažím.

Plocha stropu nad nejvyšším podlažím respektive plocha střechy je z hlediska tepelných ztrát významná zvláště u přízemních domů. U stropu/střechy jsou také požadavky normy na tepelný odpor největší. Naštěstí se tato část obálky domu dá tepelně izolovat poměrně dobře, a proto při dodržení normou doporučených hodnot nebývají technické potíže. Narozdíl od stěn jsou stropy/střechy často provedeny jako sendvič, tj. část je nosná a část plní tepelněizolační funkci.

V zásadě rozeznáváme střechy ploché a střechy šikmé, s větším či menším půdním prostorem. Prostor pod šikmou střechou s dostatečným sklonem může být využit pro podkrovní místnosti.

Zateplení stropu - vložením tepelné izolace nad sádkartónové desky se zlepší tepelné mikroklima v letním období, avšak hrozí zde problémy s kondenzací vodní páry v období zimním. Pro realizaci zateplení stropu je nutné znát stávající skladbu střechy, navrhnout odpovídající a pro provoz bezpečnou tloušťku tepelné izolace a samozřejmě důkladné provedení parozábrany, která musí být ve spojích přelepena speciální oboustrannou páskou. Utěsnění parozábrany se musí provést také na všech prostupech (např. světla) a v napojení na okolní stěny.

Zateplení podlahy půdy - jedním z míst, kudy uniká kolem pěti až dvaceti procent tepla, je střecha. Svůj podíl na tom má u starších domů i nezateplená podlaha půdy (strop mezi obytnými místnostmi a neobývaným podkrovím). Lze například vyplnit mezery mezi stropními trámy tepelnou izolací (třeba kuličky pěnového polystyrenu nebo celulókové

izolace typu Climatizér a Ekovlna), kterou lze nafoukat malými montážními otvory. Tak se nezamezí provozu na půdě.

Úplně nejjednodušší je položit tepelnou izolaci volně na podlahu. Ideální jsou desky z minerální vlny, protože ty pak můžete použít v případě půdní vestavby jako tepelnou izolaci mezi krokve. Optimum je zpravidla deset až patnáct centimetrů tepelné izolace. Pro obsluhu, např. televizní antény nebo k čistícím otvorům komínů, se vybudují pochozí lávky z fošen nad izolací.

Pokud chceme umožnit volný pohyb po takto zaizolované podlaze půdy, lze na polystyren či desky z minerální vlny umístit dřevěný rošt nebo kompletní podlahu.

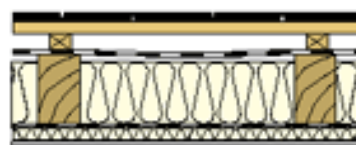
Návratnost této investice patří mezi nejrychlejší a závisí na ceně používaného paliva na vytápění.

V dnešní době je moderní, účelné a také esteticky hodnotné budovat z podkrovních prostorů kanceláře nebo byty. Pokud má být podkrovní prostor obyvatelný, je zapotřebí zateplit celou střechu.

MOŽNOSTI ZATEPLENÍ ŠIKMÝCH STŘECH:

mezi krokve - jde se o klasickou metodu zateplení střechy, kdy se tepelná izolace vloží mezi krokve a zakryje se pohledovým sádkartonem nebo dřevěnými palubkami. Problém je však v tom, že výška krokví není dostatečná (kolem 15 cm) a navíc dřevo má 4× větší tepelnou vodivost než kamenná vlna a tvoří tedy výrazné tepelné mosty. Pro střešní krokve o velikosti 120 × 160 mm a osově vzdálenosti 900 mm je minimální tloušťka izolace 220 mm.

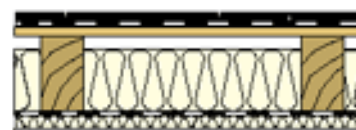
Obr.: Střecha tříplášťová s větráním nad a pod hydroizolační vrstvou volně napnutou



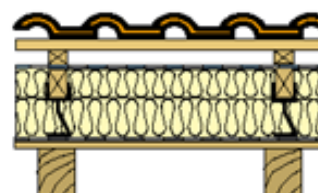
Obr.: Střecha dvouplášťová s větráním nad hydroizolační vrstvou na tepelné izolaci



Obr.: Střecha dvouplášťová s větráním pod hydroizolační vrstvou na bednění



nad krokviemi - na krovy se z venkovní strany přibíjí obkladové palubky, na ně se položí parozábrana a tepelná izolace, která se dá mezi speciální kovové držáky na které se připevní pomocné krokve a na ně už se montuje jakákoli krytina. Výhodou je to, že zde nevznikají tepelné mosty a také to, že celá konstrukce krovy je uvnitř



izolační obálky a není tedy namáhána změnami teploty a vlhkosti v průběhu roku. Staré krovy se zachovávají v interiéru, kde vytvoří velice příjemnou a esteticky hodnotnou atmosféru. Existují i speciální polystyrenové šablony Thermodach, které se kladou na střešní latě místo tašek a na ně se pak pokládá tašková krytina

Technické aspekty zateplování šikmé střechy

Tepelněizolační vrstvy v šikmé střeše je nutné chránit proti zatečení dešťovou vodou a kondenzační vlhkosti vznikající při pronikání teplého vzduchu z interiéru. Na straně interiéru vždy používáme parozábranu, která je celoplošně napnuta pod krokvy a ve spojích a u stěn slepena páskou k tomu určenou. Na straně exteriéru je nad krokvy položena hydroizolační fólie (obvykle difuzní), která umožňuje prostup kondenzační vlhkosti z tepelné izolace do větrací mezery a zabráňuje případnému zatečení do tepelné izolace při poruše střechy. Hydroizolační vrstva se volně pokládá s určeným přesahem nebo se ve spojích slepuje. Střecha by měla být odvětrána. V případě neodvětrané střechy může docházet ke kondenzaci par, následnému navlhání tepelné izolace a pak už je jen kousek ke tvorbě plísní.

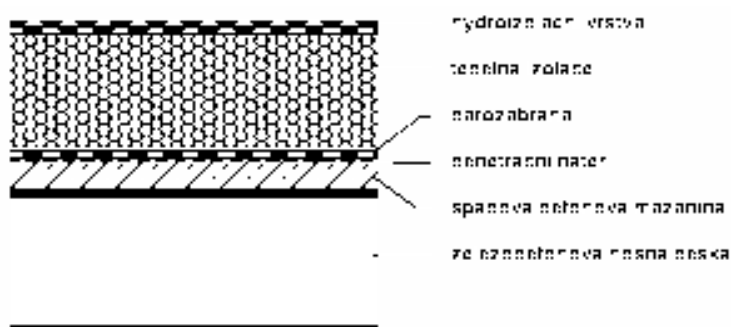
PLOCHÉ STŘECHY

Podle počtu vrstev ploché střechy rozdělujeme na jednoplášťové, dvouplášťové (resp. několikaplášťové), střechy s klasickým pořadím vrstev a střechy „obrácené“.

Jednoplášťová nevětraná střecha s klasickým pořadím vrstev

Princip tohoto typu patří v současné době k nejpoužívanějším principům ve skladbách plochých střech. Díky kvalitám současných tepelně izolačních materiálů nahrazují tyto skladby dřívější skladby s betonovými mazaninami nebo se systémy větracích kanálků.

Podle pořadí vrstev rozeznáváme střechy s klasickým uspořádáním vrstev :



Výhody těchto skladeb jsou vzhledem k omezení počtu vrstev následující :

- snížení hmotnosti
- snížení ceny
- snížení technologické a časové náročnosti
- omezení mokrých procesů při konstrukci střechy

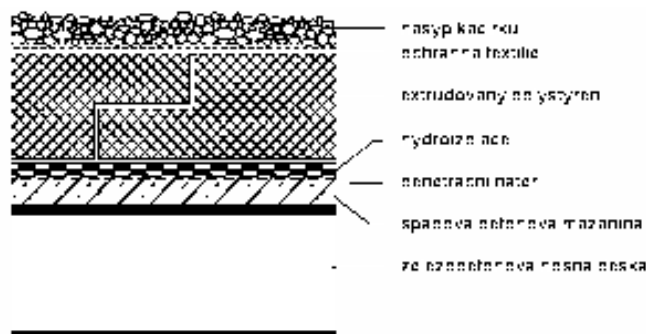
Jako tepelný izolant se u nás nejčastěji používají :

- tužené minerální desky - vyšší požární odolnost konstrukce
- expandovaný polystyren s nakaširovaným ochranným pásem - práce za méně vhodných klimatických podmínek a nižší hmotnost
- jiné tepelněizolační materiály
- pěnové sklo, které má vynikající pevnost a při správném použití je nenasákavé,

- polyuretanové desky, které mají velmi dobré tepelně izolační vlastnosti a jsou ve výrobě opatřeny nakaširovanou ochranou asfaltovou vrstvou. Tento materiál poskytuje nadprůměrné tepelně izolační vlastnosti a za poněkud vyšší cenu.

Obrácená (inverzní) střecha

U obrácené střechy, jak již sám název napovídá, je proti obvyklé skladbě vrstev jejich pořadí obrácené, to znamená, že tepelná izolace leží nad citlivou hydroizolační vrstvou. Tímto způsobem se životnost střešního pláště prokazatelně výrazně prodlouží. U střechy s obráceným pořadím vrstev lze jako tepelnou izolaci používat jen vysoce kvalitní materiály z extrudované polystyrénové pěny.



Přednosti střechy s obráceným pořadím vrstev:

- výborná ochrana hydroizolace před teplotními výkyvy
- spolehlivá ochrana před mechanickým poškozením
- radikální omezení možnosti vzniku kondenzace ve střešním plášti

umožňují podstatné prodloužení očekávané životnosti ploché střechy.

Uplatnění skladby

- obytné budovy
- administrativní budovy
- průmyslové haly s běžným prostředím
- bazény
- průmyslové prostory s náročnějšími tepelně technickými parametry

Tepelná izolace bývá tvořena tuhou deskou z extrudovaného polystyrenu který vyniká:

- dobrými termoizolačními vlastnostmi - součinitel tepelné vodivosti λ co nejnižší
- dostatečnou pevností v tlaku - min. 0,040 MPa při 10% stlačení
- nehořlavostí a samozhášivostí
- objemovou stabilitou
- nenasákavostí

Tak jako u běžné střechy s obráceným pořadím vrstev, zatěžuje se také u obrácené střechy vrstva tepelné izolace vrstvou kameniva či betonovými dlaždicemi.

Rovné střechy jsou méně praktické a méně esteticky hodnotné než střechy šikmé, ale jejich cena je výrazně nižší. Proto se hojně používají na skladových a výrobních halách. Jako zateplovací materiál se používá tvrzená vata nebo polystyrén s přilepenou lepenkou, na který se nataví nové pásy.

MATERIÁLY PRO TEPELNÉ IZOLACE

Ekonomické i ekologické analýzy ukazují na neodvratný trend zvyšování cen energií. Vytápění domů představuje největší položku ve spotřebě energie domácností a většiny firem. Důležitá je volba termoizolačního materiálu. Pomineme-li materiály vyšších cenových hladin (například pěnový polyuretan, pěnové sklo, extrudovaný polystyren), je na střechy většinou používán pěnový polystyren, popř. tvrzená minerální vlna. Pěnový polystyren používáme střešní samozhášivý, stabilizovaný, o objemové hmotnosti nejméně 20kg/m^3 , doporučuje se však 25 kg/m^3 . Je-li požadováno, aby byla termoizolace odolná požáru či měla akustickou pohltivost, používá se minerální vlna o objemové hmotnosti min. 150kg/m^3 .

Přichází-li tepelná izolace do styku s vodou (inverzní skladba střešních plášťů, tepelná izolace spodních částí staveb realizovaná na straně terénu), je nutné použít nenasákavý extrudovaný polystyren.

Je-li tepelná izolace vystavena zvýšenému tlaku, je nutné použít tepelnou izolaci odolávající předpokládanému tlakovému zatížení - tedy pěnový polystyren objemové hmotnosti nejméně 30 kg/m^3 , extrudovaný polystyren, nebo pěnové sklo. Tímto způsobem je možné izolovat například i střešní parkoviště.

ZATEPLENÍ PODLAHY

Dodatečné zateplení podlahy u již realizovaného objektu je z hlediska technického i ekonomického méně využívanou alternativou zlepšení tepelně-technických vlastností objektu.

Důvodem jsou buďto rozsáhlé bourací práce na vybourání stávající podlahové konstrukce nebo bourací práce na vybourání stávajících dveří.

Tyto práce s provedením tepelné izolace a podlahové konstrukce včetně nášlapné vrstvy jsou velmi nákladné.

Vzhledem ke skutečnosti, že rozdíl teplot mezi vnitřním vytápěným prostorem a teplotou pod podlahovou konstrukcí je v naprosté většině případů poloviční oproti svislým obvodovým konstrukcím, je z energetického hlediska dodatečné zateplování podlah neefektivní.

Vylepšení tepelně-technických vlastností lze dosáhnout vhodnou volbou podlahových krytin, např. korku, dřevěných podlah či koberců.

Jiná situace je ovšem u novostaveb, kdy konstrukce podlahy musí odpovídat požadavku ČSN 73 0540. Podlahy již jsou projektovány jako tepelně izolované. Často používaným materiálem je např. polystyren s požadovanou únosností.

ZLEPŠOVÁNÍ TEPELNĚ-IZOLAČNÍCH VLASTNOSTÍ OKEN A DVEŘÍ

Snížení tepelných ztrát prostupem tepla okny lze dosáhnout následujícími způsoby:

- **Instalací profilového těsnění do oken**

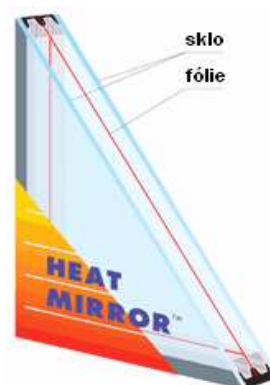
Klasickým místem, kudy uniká nejvíce tepla (uvádí se třicet až čtyřicet procent) jsou okna. Jedním z opatření je instalace takzvaného profilového těsnění mezi rám a křídlo okna. Po instalaci těsnění však nesmíme zapomenout na dostatečné větrání místností, aby se nezvýšila relativní vlhkost vzduchu. Vodní pára by se pak mohla začít kondenzovat na studených zdech a začaly by vznikat plísně. Vlhko mizí s větráním, proto by se v zimě mělo větrat jen krátce a intenzivně. Otevírání oken na delší dobu ochlazuje stěny, které se pak musí znovu zahřát.

- **Utěsněním spár mezi zdí a rámem okna**

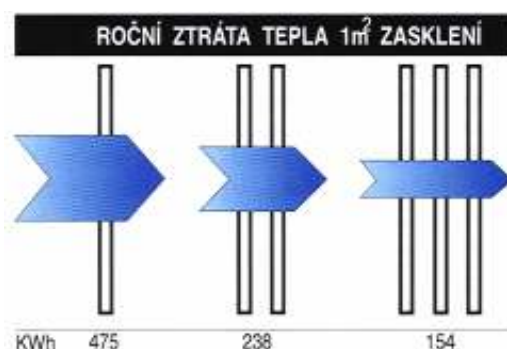
Ve starší zástavbě se občas objeví vydrolená omítka mezi zdí a rámem okna. Dříve se totiž tyto spáry vyplňovaly provazcem, a pokud se k tomu připojila ještě nekvalitní práce, docházelo časem k porušení omítky. K vyplnění spáry lze použít montážní pěny.

- **Výměna oken**

Nejúčinnější, avšak i nejdražší variantou, jak zabránit úniku tepla, je výměna oken za nová s izolačními dvojskly. Nové okno kolem jednoho metru čtverečního přijde asi na sedm tisíc korun včetně montáže, záleží však na typu okna a výrobci. S výměnou oken je lépe počkat na teplejší období. Volit lze okna dřevěná, plastová či kovová s přerušným tepelným mostem. Okno lze pak osadit izolačním dvojsklem, trojsklem či tzv. sklem HEAT MIRROR (mezi dvěma skly izolačního dvojskla naplněného inertním plynem je umístěna průhledná fólie, která odráží tepelné záření zpět do vytápěné místnosti).



Vliv počtu zasklení na velikost tepelné ztráty 1m^2 okna za rok je znázorněn na následujícím obrázku.



- **Závěsy a žaluzie**

Další možností, jak omezit únik tepla oknem, mohou být závěsy či žaluzie. Závěsy by však neměly překrývat otopná tělesa (jakékoliv ozdobné mřížky snižují jejich výkonnost), ale být pouze na výšku oken. Na trhu jsou materiály, které mají na jedné straně takzvaný zátěr bránící pronikání nejen světla, ale i hluku a chladu. Běžný metr stojí asi od sto osmdesáti do tří sta padesáti korun.

Teplo v bytě lze udržet i instalací žaluzií, které jsou při nepřítomnosti osob v objektu či v noci zatahovány. Vhodnější jsou venkovní žaluzie či okenice, které se na noc zavírají. Díky vzduchové kapse, která se vytvoří, totiž vznikne další izolační vrstva. Současně se sníží ochlazování vnějšího skla prouděním vzduchu.

- **Fólie**

Tepelně izolační vlastnosti skla se mohou zlepšit i instalací reflexní fólie, která zvyšuje součinitel přestupu tepla. Instalovaná fólie odráží teplo zpět do místnosti. Instaluje se na sklo okna z interiéru. Za metr čtvereční zaplatíte asi od tří set korun (záleží na tloušťce a zabarvenosti). Lze si vybrat i fólie, které plní více funkcí - například bezpečnostní či protisluneční.

- **Speciální izolační sklo**

Jednoduché sklo ve starších typech oken lze také vyměnit za nové izolační dvojsklo, dovoluje-li tuto výměnu stávající rám okna. Výměna jednoho metru čtverečního izolačního skla přijde cca na 1500 korun.

Mimo použití žaluzií jsou uvedené způsoby značně finančně náročné, a proto vyžadují při jejich uplatnění provést potřebné technicko-ekonomické posouzení.

V případě prosklených vnějších dveří (balkónové dveře apod.) se uplatní obdobné způsoby zateplení jako u oken.

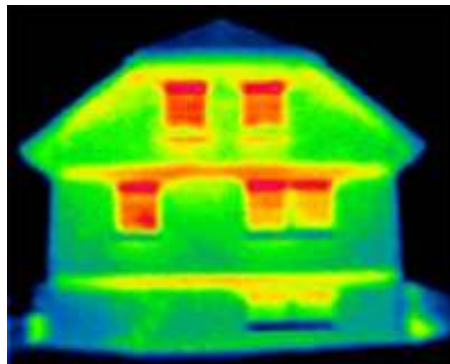
V případě neprůsvitných dveří se uplatňují dodatečné izolace zpravidla na vnitřní straně, které plní současně i funkci izolace proti hluku. Tepelná izolace je nutná zejména v případě použití kovových dveří.

Zlepšením tepelně-izolačních vlastností oken a dveří lze omezit jejich tepelné ztráty až na polovinu výchozí hodnoty a dosáhnout tak úspor tepla na vytápění ve výši 10-15 %.

Nadměrné odvětrávání ohřátého vzduchu z vytápěných místností netěsností oken a dveří může být zdrojem značných tepelných ztrát nejen u starých a dožívajících oken a dveří (ztrouchnivělé a zdeformované rámy), ale často i u nových zařízení, pokud nebyla zajištěna jejich výroba z kvalitního materiálu (suché dřevo apod.) a kvalitní montáž.

Tepelné mosty – Jako tepelný most označujeme část obvodové konstrukce, která má výrazně nižší tepelný odpor než její okolí.

Například při použití obvodového zdiva z pálených cihel a železobetonového nadokenního překladu bez přídavné tepelné izolace vzniká tepelný most právě v místě nadokenního překladu, který má v tomto případě asi poloviční hodnotu tepelného odporu než zdivo stejné tloušťky.



Na snímku z infračervené kamery jsou žlutou, oranžovou a červenou barvou znázorněna místa s největšími úniky tepla, zatímco nejchladnější konstrukce na snímku jsou modře zabarveny.

Častým místem tepelných mostů bývají nadokenní či nadedvevní překlady, kouty stěn a stropů, okolí stěn kolem ostění oken a dveří, různé výklenky v obvodovém zdivu apod.

Tepelný most se tak projeví nižší povrchovou teplotou na vnitřní straně konstrukce, na které pak mohou kondenzovat vodní páry obsažené v ovzduší. Praktickým důsledkem může být v počátku ušpinění omítky (na zkondenzovaných parách se usazuje prach) a v konečném důsledku vznik plísní.

Zajištění dostatečného tepelného odporu zdiva

U dnešních moderních zdicích materiálů nepředstavuje zajištění dostatečného tepelného odporu zdivo větší problém. Minimální požadavky jsou dány ČSN, stavebník by však měl stavět s výhledem do budoucna – tudíž tepelný odpor obvodové konstrukce by měl splňovat spíše hodnoty doporučené (vyšší) než pouze požadované (základní).

Dodatečné zateplování se v zásadě může provádět jak z vnější, tak i z vnitřní strany obvodové zdi vytápěného objektu. Dodatečná tepelná izolace z vnější strany je dražší (náklady cca 800 až 1200 Kč/m² a obtížněji proveditelná (nutnost stavby lešení a důkladnějšího připevnění izolace). Tento druh tepelné izolace je však technicky vhodnější (zvýší se tepelná akumulace budovy, zlepši se trvanlivost fasády a estetický vzhled obvodového pláště apod.).

Dodatečné tepelné izolace v současné době zajišťuje řada odborných firem nejrozličnějšími metodami:

- tepelně-izolační přízdívky z porobetonu
- tepelně-izolační obklady z pěnového polystyrenu, minerálních vláken, sádkart. aj.
- tepelně-izolační nástřiky pěnovým polyuretanem apod.
- tepelně-izolační výplně prostorů (drcený papír, drť z minerální vlny).

Dodatečné tepelné izolace z vnitřní strany jsou investičně levnější (300 až 600 Kč/m²) a snadněji proveditelné. Uplatňují se především při provádění úprav jen u některých místností či vybraných bytů. Rozsah používaných materiálů je ještě širší než u vnějších izolací, poněvadž uvnitř budovy jsou tyto izolace chráněny před povětrnostními podmínkami.

Při provádění dodatečných tepelných izolací musí být dodržen požadavek, aby difuzní odpor (propustnost vlhkosti) obvodové konstrukce stavby klesal směrem k vnějšímu obvodu, jinak by se v obvodovém zdivu hromadila vlhkost s možností tvorby plísní na vnitřním povrchu.

Úspory dosažitelné uplatněním dodatečných tepelných izolací obvodových stěn obytných objektů jsou zcela závislé na jejich výchozím stavu a mohou dosáhnout hodnot 10 až 20 i více % ze spotřeby tepla na vytápění.

Hlavní opatření důležitá pro dosažení úspor při omezení ztrát tepla obvodovou konstrukcí budov:

V případě, že se uskuteční rozsáhlejší zateplení obvodové konstrukce, je třeba po jeho ukončení realizovat dále uvedená opatření.

Zateplením vytápěného objektu se sice omezí tepelné ztráty, které vznikají prostupem tepla jeho vnější konstrukcí, ale nevzniká automaticky úspora paliva, a tím i nákladů vynaložených v kotelně nebo jiném zdroji tepla. V případě rozsáhlejšího zateplení může představovat omezení tepelných ztrát vytápěného domu až kolem 40 %. Takováto změna topného příkonu vyžaduje provést za účelem dosažení odpovídajících úspor nákladů další zcela nezbytná opatření, která však nejsou zdaleka tak finančně náročná jako vlastní zateplení.

Jde o následující opatření:

- vyregulování topného systému v celém domě, poněvadž zateplením se snížili tepelné ztráty jednotlivých místností odlišným způsobem,
- v případě výraznějšího snížení tepelných ztrát zateplením objektu je třeba po realizaci zateplení zajistit nový tepelný a hydraulický přepoččet celého topného systému v domě a podle zjištěných výsledků provést nezbytné konstrukční změny v tomto topném systému, včetně případného omezení instalované radiátorové plochy v některých vytápěných místnostech,
- v takovém případě jsou nezbytné i patřičné technické změny ve zdroji tepla včetně případné redukce jeho instalovaného výkonu,
- v každém případě je nutno přizpůsobit nové situaci celý provozní režim vytápění (dobře zateplený dům umožňuje pozdější zahájení vytápění a jeho dřívější ukončení, umožňuje prodloužit noční přestávky při přerušovaném vytápění, snížit stupnici teplot topné vody, odpovídajících příslušným venkovním teplotám apod.),
- naprosto nezbytné je zprovoznit armatury na všech radiátorech a v těch objektech, kde je to technicky uskutečnitelné, instalovat termoregulační ventily. (V domech vytápěných z násypných kotlů na pevná paliva není instalace termoregulačních ventilů možná, poněvadž je zde nebezpečí přetopení kotle v případě náhlého venkovního oteplení),
- na úsporném vytápění je třeba zainteresovat obsluhu v kotelně (její odměna nesmí záviset na množství spotřebovaného tepla, ale naopak),
- komplexní zateplení vytápěného objektu je velmi nákladným racionalizačním opatřením v oblasti vytápění. Vyžaduje proto vždy již předem připravit způsob podrobného vyhodnocení jeho přínosu, aby se ověřilo, zda je únosná návratnost vynaložených prostředků. V případě, že náklady na zateplení jsou z určité části dotovány, je takovéto vyhodnocení přínosu zpravidla podmínkou poskytnutí dotace,

Musíme se spíš zamyslet nad stavbou jako celkem a nad vyvážeností jednotlivých vlastností prvků a konstrukcí, z nichž je stavba složena.

Například u RD o jednom podlaží a půdorysném rozměru 10 x 10 m tvoří plocha zdiva běžně asi 1/3 z celkové plochy povrchu stavby. Zbylé dvě třetiny připadnou na konstrukci podlahy a střechy. Hlavním zdrojem úniku tepla však zcela jistě zůstávají okna a dveře. U zmíněného domu by celková plocha venkovních dveří a oken mohla tvořit 10 až 20 % plochy fasády. Součinitele prostupu tepla oken se pohybují v cca 4 až 6 násobcích součinitele prostupu tepla obvodovým zdivem. U dveří bývá situace lepší a hodnota tepelného odporu je cca 1/2 odporu zdiva. Velmi však záleží na konstrukci výplně otvorů – materiálu, těsnění se zárubní, výplňové tepelné izolaci a velikosti a kvalitě prosklení. Není třeba zdůrazňovat, že se zvýšením tepelného odporu prvku konstrukce roste jeho cena, a to mnohdy výrazně strměji než samotná užitná hodnota.

Trend zvyšování cen energií nutí uživatele budov k dodatečnému zateplování těch budov, jejichž provoz se stává stále méně hospodárným.

Z uvedených výčtů je zřejmé, že pouhý propočet ceny uspořené energie nevystihuje plně příznivé efekty, které v důsledku zateplení vzniknou. Přesto je to způsob, jak získat základní představu o ekonomické úspěšnosti této akce. Orientačně lze roční úsporu tepla na 1 m² plochy obvodové konstrukce vyčíslit ve vztahu (v GJ/rok)

$$\Delta E_r = (U_1 - U_2) / 3,25$$

kde U_1 ... je součinitel prostupu tepla původní konstrukce (dříve značen k), ve W/(m².K),
 U_2 ... je součinitel prostupu tepla zateplené konstrukce, ve W/(m².K),
 3,25...konstanta obsahující vztah mezi Wh a GJ, mezi průměrnou venkovní teplotou a vnitřní vytápěcí teplotou a dobu vytápění.

Známe-li cenu 1 GJ, pak můžeme vynásobením této ceny a vyčíslené spotřeby energie zjistit finanční hodnotu úspory energie na vytápění 1 m².

5. 2 Využití regulační techniky

Regulace v oblasti zdrojů vytápění je vědomé řízení a optimalizace procesů toků tepelné, ale i elektrické energie do objektů, soustavy objektů apod. Cílem regulace je ovlivnit výši tepelných ztrát regulací vytápěcí teploty (tepelné ztráty prostupem do okolí) a regulací teploty teplonosného média (ztráty rozvody).

Při řešení úspor energií však musíme dosáhnout takového stavu prostředí, ve kterém žijeme nebo pracujeme, abychom se cítili spokojeně. Podstatnými vnějšími vlivy na fyziologickou pohodu člověka jsou zejména klimatické složky prostředí – teplota okolního vzduchu, jeho vlhkost, vlivy akustické, světelné a další.

Tepelná pohoda – spokojenost s tepelným stavem prostředí. Tepelný stav prostředí ovlivňují následující čtyři faktory :

- teplota okolního vzduchu,
- povrchová teplota okolních ploch (které na člověka sálají),
- rychlost proudění vzduchu v místnosti,
- vlhkost vzduchu.

Tyto hlavní složky působí současně a musí být v odpovídající rovnováze s oblečením člověka a jeho vykonávanou činností.

Zásadně nejjednodušší úsporou je nepřetápět. Jeden stupeň Celsia nad obvyklou teplotu, v normě uváděných 20 °C, způsobí během celého topného období zvýšení spotřeby paliva o 5-6%.

Pokud jsme schopni takto regulovat vnitřní teplotu vzduchu, můžeme uvažovat o dalších úsporách a ty můžeme ovlivnit tepelnými izolacemi, kvalitními a těsnými okny a celkovým dispozičním řešením domu.

Regulace vytápěcích soustav má udržovat zvolenou teplotu ve vytápěném prostoru na konstantní výši. Podle veličiny, která dává regulační impuls, se regulační schémata vytápěcích soustav dělí na skupiny:

- regulace podle teploty vody vystupující ze zdroje tepla,
- regulace podle vnitřní teploty
 - **přímá** (reguluje se zdroj tepla),
 - **nepřímá** (reguluje se teplota otopné vody vstupující do soustavy),
 - **místní** (reguluje se tepelný výkon jednotlivých otopných těles),
- regulace podle venkovní teploty (venkovních klimatických podmínek)
 - **přímá**
 - **nepřímá**

Dodávky tepla lze regulovat

- změnou průtoku teplotonosné látky (kvantitativní regulace) – škrcením nebo rozdělením,
- změnou teploty teplotonosné látky otopné soustavy (kvalitativní regulace, je možné ji dosáhnout i mísením teplotonosné látky otopné soustavy z primárního okruhu s vratnou vodou z otopné soustavy (směšovací regulace).

K tomu, abychom mohli regulovat, potřebujeme určité nástroje. To jsou převážně elektronické mikroprocesorové regulátory nebo vyšší řídicí inteligentní systémy s vlastním softwarem. Regulační nástroje slouží k vědomému nastavení různých druhů regulačních prvků v systému (např. hořáku, čerpadla, trojcestného ventilu, apod.).

Jaké jsou výhody regulace ?

- Možnost nastavení požadované teploty, časového i prostorového režimu vytápění objektu,
- funkční regulace uspoří cca 15 – 35 % tepla,
- využití měření a regulace je motivujícím stimulem, který pozitivně ovlivňuje osobní spotřebu tepla a teplé vody,
- volba správné regulace umožňuje i využití ostatních tepelných zisků a tím i snížení potřeby vyráběného tepla.

Abychom mohli naplno využívat výhod, které bezesporu měření a regulace (MaR) poskytuje, je potřeba splnit některé základní podmínky:

1. regulace je nejúčinnější, provede-li se na celé otopné soustavě,
2. nutnost hydraulického vyrovnání otopné soustavy. Sladění je nutným předpokladem pro zdárnou funkci otopné soustavy,
3. je nutné provést regulace tlakové difference otopné soustavy (při instalaci termostatických radiátorových ventilů se přechází na systém s proměnným průtokem topné vody, tím se podstatně mění hydraulické poměry v otopné soustavě),
4. termostatické ventily a otopné soustavy vyžadují vodu se sníženým obsahem vzduchu a bez mechanických nečistot,
5. instalace přesného a spolehlivého systému rozúčtování topných nákladů je možná jen v dokonale vyvážených a plynule regulovaných topných systémech,
6. přesnost měření spotřeby tepla je závislá na správné skladbě měřicího okruhu, na pečlivém dodržení montážních postupů a na důsledném respektování pravidel pro uvedení do provozu,
7. izolace potrubí v nevytápěných prostorách.

Rozdělení regulačních soustav pro jednotlivé vytápěcí systémy

Je samozřejmé, že použitelné metody a nástroje regulace závisejí na použitém zdroji a tepelné soustavě. K podrobnějšímu popisu byly vybrány jen některé systémy a metody.

Začneme s regulací topné vody v systému:

- Ekvitermní regulace topné vody kaskádovým spínáním kotlů
- Ekvitermní regulace topné vody
- Individuální regulace termostatickými ventily

Regulací topné vody míníme regulaci její teploty, resp. průtoku v různých částech systému. Z pohledu částí lze regulovat soustavu jako celek. Její části (zónová regulace) nebo jednotlivé vytápěné místnosti či dokonce jednotlivá otopná tělesa.

Pro omezení spotřeby tepla na vytápění lokální nebo ústřední je třeba dodržovat dále uvedené zásady:

- Vytápět na doporučené hospodárné teploty,
- k regulaci ústředního vytápění využívat automatickou regulaci topné vody v závislosti na venkovní teplotě.
- k regulaci teploty uvnitř vytápěných místností využívat individuální regulaci vytápění na radiátorech pomocí regulačních ventilů s regulovatelnými termostatickými hlavicemi,
- při vytápění uplatňovat v jednotlivých místnostech noční útlum,
- dodržovat zásady hospodárného větrání (krátce a intenzivně),
- dbát na to aby otopná tělesa byla čistá a aby byla volná vůči proudícímu vzduchu a nebyla zastíněna vůči sálání tepla,
- dbát na to, aby soustava byla správně vyregulovaná, aby vytápění bylo rovnoměrné,
- zajistit útlum vytápění v době nepřítomnosti v bytě (vnitřní teplota nesmí poklesnout pod 16 °C z důvodu nebezpečí tvorby plísní),
- využívat pro vytápění místností tepelné zisky (např. sluneční záření) a v závislosti na jejich výskytu omezovat příkon tepla do radiátorů.

Ekvitermní regulace

Při ekvitermní regulaci se řídí teplota topné vody (nebo průměrná teplota topné a vratné vody) v závislosti na venkovní teplotě. Reguluje se podle ekvitermních křivek, které udávají závislost mezi venkovní teplotou a teplotou topné vody potřebnou pro dosažení požadované teploty v místnosti. Ekvitermní křivka je nastavena podle projektovaných, vypočtených nebo změřených tepelných ztrát objektu.

Pro venkovní vytápění je možno doporučit následující závislost mezi venkovní teplotou (t_e), teplotou topné vody (t_1) a teplotou zpětné vody (t_2).

Oblast s nejnižší venkovní teplotou – 12 °C – pro teplovodní vytápění a soustavu s teplotním spádem 90/70 °C.

venkovní teplota	t_e (°C)	-12	-9	-6	-3	0	3	6	9	12
teplota topné vody	t_1 (°C)	90	85	79	72	65	58	51	43	35
teplota zpátečky	t_2 (°C)	70	67	62	58	54	48	43	38	32

Čidlo venkovní teploty musí být vně budovy umístěno tak, aby jej neovlivňovaly negativní vlivy (otevřené okno, sluneční záření, odtahový vzduch vzduchotechniky apod.)

Nejvhodnějším způsobem regulace teploty topné vody je automatické mísení ohřáté vody vystupující z kotle (např. o teplotě 90 °C) s potřebným množstvím ochlazené vratné vody pomocí mísící armatury (trojcestný směšovací ventil). Tento způsob regulace umožňuje provozovat kotel na vyšší teplotu i při zvýšených venkovních teplotách. Mísící armatura je řízena buď venkovním teplotním čidlem nebo pokojovým termostatem umístěným ve zvolené referenční vytápěné místnosti (pokojový termostat může být doplněn i časovým programátorem).

Systém ekvitermní regulace je obecně tvořen jedním nebo více elektronickými regulátory, které přizpůsobují vstupní teplotu topné vody do soustavy podle momentální venkovní teploty. Typický příklad zapojení je na následujícím obr., kde je regulován jeden okruh vytápění směšovací armaturou v závislosti na okamžité venkovní teplotě.

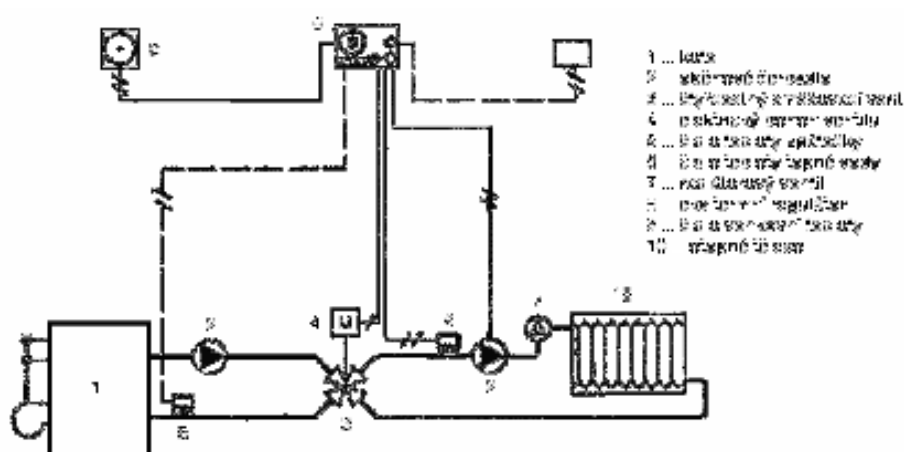


Schéma zapojení otopného systému pro ekvitermní regulaci prostřednictvím směšovací armatury

Tento typ regulace nemá zpětnou vazbu a neumí reagovat na okamžitou potřebu teplotních změn nebo trvale rozdílných teplot v jednotlivých místnostech nebo zónách. Proto může docházet k nežádoucímu přetápění nebo naopak k nedotápění některých prostor. Ekvitermní regulace je však optimální řešení pro vytápění velkých objektů, kde je potřeba určit jednotnou teplotu topné vody pro celý objekt.

Ekvitermní regulace s korekcí

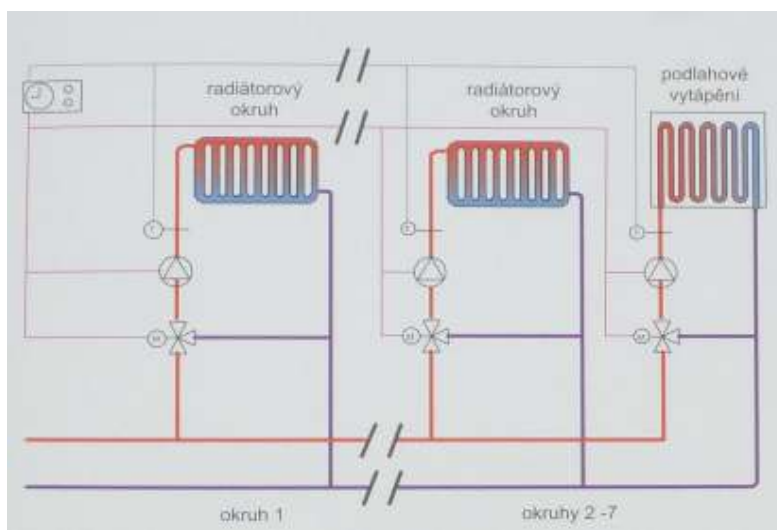
Měří se venkovní teplota jako v prvním případě, a navíc teplota ve vybrané místnosti. Změřená korekční teplota se porovnává se zadanou a v případě rozdílu jsou opravovány ekvitermní křivky. Tento typ regulace je přesnější, ale z principu nemůže odstranit rozpor mezi potřebou tepla v různých částech objektu.

Regulace podle referenční místnosti

Tato metoda se často používá u rodinných domů. Měří se pouze teplota ve vybrané místnosti a podle ní se reguluje celý byt. Ostatní místnosti s rozdílnými tepelnými ztrátami budou stejně jako v předchozích případech vytápěny odlišně. U této metody je výhoda ve větší pružnosti regulace. Na dobu nepřítomnosti je možné podstatně snížit teplotu v objektu a při návratu lze pro rychlé ohřátí objektu využít plný výkon kotle.

Zónová regulace

Využívá se v případech, kdy je vytápěný objekt postaven tak, že různé jeho části jsou vystaveny výrazně odlišným klimatickým vlivům, provádí se samostatná regulace topné vody pro jednotlivé stoupačky topné vody, které zásobují radiátory na příslušné straně domu. Stejný princip se využívá v polyfunkčních objektech, kde jednotlivé části mají různou potřebu množství tepla nebo odlišný časový průběh vytápění.



Na obrázku jsou znázorněny samostatně regulované topné okruhy, které představují zónovou regulaci.

Úloha termostatických ventilů při regulaci

Všechny výše uvedené regulace mají z principu omezenou přesnost. Aby i místa s největšími tepelnými ztrátami byla vytápěna dostatečně, musí v ostatních částech objektu nutně dojít k přetápění. Omezit přetápění lze jen pomocí dodatečné regulace přímo v jednotlivých vytápěných místnostech. K této regulaci jsou určeny termostatické ventily.

Při ekvitermní regulaci lze termostatickými ventily omezit teplotu v libovolné místnosti v objektu, pro vyhřátí místnosti na vyšší teplotu je však k dispozici pouze omezená výkonová rezerva a ohřev trvá dlouho.

Termostatické ventily jsou použitelné i při regulaci podle referenční místnosti. V místnosti, kde je umístěn prostorový termostat, nesmí být použit termostatický ventil a průtok topné vody musí být nastaven tak, aby ostatní místnosti, kde termostatické ventily jsou, topily o něco více. Příslušný rozdíl ventily zregulují. Při tomto systému regulace není možno omezit teplotu v referenční místnosti při současném vytápění ostatních místností. Tento problém je možné řešit buď přepínáním prostorových termostatů v různých místnostech, nebo přechodem regulace do ekvitermního režimu s měřením venkovní teploty.

Termostatické ventily

Termostatické ventily by měly, tam kde je to technicky možné, tvořit nedílnou součást každé otopné soustavy. Jejich použití představuje nejlepší poměr (zvláště u rodinných domů) úspor k pořizovací ceně (úspory 10 - 20 % energie).

Běžně používané radiátorové uzavírací armatury (ventily, kohouty) bývají v provedení jako tzv. dvojité regulační.

Takovéto provedení má dvojí funkci:

- Nastavuje průtok (to obstarává vnitřní funkce, která není uživateli bytu běžně přístupná a nastavuje ji topenář při montáži dle projektu),
- uzavírá průtok (to zajišťuje vnější funkce ovládaná přímo uživatelem bytu).

Pomocí běžných radiátorových armatur tedy uživatel bytu ovládá úroveň vytápění jen jejich otevíráním a zavíráním, a to jen v době své přítomnosti v bytě. Takovýmto způsobem nelze zajistit ani rovnoměrné ani hospodárné vytápění. Naproti tomu termostatické ventily udržují teplotu vzduchu v místnosti na zvolené hodnotě, nastavené na hlavici uživatelem bytu bez ohledu na jeho přítomnost v bytě.

Termostatické ventily fungují na principu tepelné dilatace kapaliny, plynu nebo pevné látky. Ta se roztahuje vlivem zvyšující se teploty prostředí okolo termostatické hlavice. Dochází k uzavírání či otevírání průtoku. Tím je zabezpečována individuální regulace.



Termostatické ventily udržují teplotu vzduchu v místnosti na zvolené hodnotě, která je nastavena na hlavici ventilů (stupnice). Toto nastavení může být prováděno uživatelem bytu automaticky bez ohledu na jeho přítomnost v bytě.



Nastavení		Prostorová teplota
Signalizační číslice	0	Úplné uzavření
Značka protimrazové ochrany		Ochrana při cca 7 °C
Signalizační číslice	1	Cca 12 °C
Signalizační číslice	2	Cca 16 °C
Signalizační číslice	3	Cca 20 °C *)
Signalizační číslice	4	Cca 22 °C *)
Signalizační číslice	5	Cca 24 °C *)

Termostatický ventil reaguje nejen na změnu venkovních podmínek (např. sluneční svit), ale i na případné tepelné zisky ve vytápěné místnosti (např. teplo produkované dalšími spotřebiči atd.). Podle potřeby přivírá nebo otevírá přívod tepla do radiátoru. Příslušné řídicí čidlo je zabudované v termostatické hlavici, proto nesmí být tato hlavice osluněna a musí být umožněno volné proudění vzduchu. Přesněji pracují TSV, které mají čidlo mimo hlavici, které je umístěno na optimálním místě vytápěné místnosti.



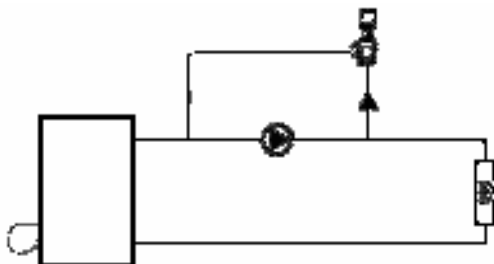
Největší oblast nasazení je u dvoutrubkových soustav s nuceným oběhem a u jednotrubkových soustav používajících směšovací armatury. Pro samotížné soustavy a pro horizontální jednotrubkové soustavy v jezdeckém připojení je nutno užít tzv. velkokapacitních termostatických ventilů (s minimální tlakovou ztrátou) nebo obyčejných radiátorových kohoutů a regulaci vyřešit jiným způsobem.

V zásadě je pro rodinné domky výhodnější užití dvojregulačních termostatických ventilů s tím, že v tomto případě (malý počet) by ventily měly být vzhledem k míře úspor, kterou nabízejí, co nejvyšší.

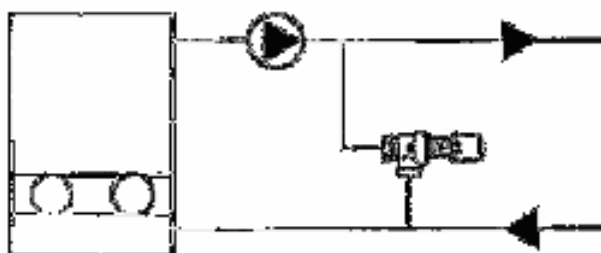
Vedle přímočinných termostatických hlavice jsou na trhu hlavice elektronické, napájené ze sítě nebo z baterie. Teoreticky se jedná o nejdokonalejší způsob individuální regulace teploty v místnosti podle času, protože umožňují programovat režim provozu otopného tělesa v reálném čase (chovají se podobným způsobem jako programovatelné pokojové termostaty, ale regulují navíc individuálně každé těleso). Mezi další zajímavosti patří, že tyto hlavice např. „poznají“, kdy se v místnosti větrá a i když teplota klesne, uzavřou přívod vody do radiátoru apod. V letním období mohou v pravidelných intervalech chránit ventil před působením úsad jeho několikerým postupným zavřením a otevřením. Tato dokonalost je však vykoupena vysokou pořizovací cenou.

U rodinných domků se nabízí ještě jedna zajímavá možnost, a to regulace podlahového vytápění rovněž termostatickým ventilem. V minulosti používaly takto regulované vytápěné plochy různých, i originálních konstrukcí, z poslední doby pocházejí rovněž termostatické ventily speciálně přizpůsobené pro regulaci podlahového vytápění, viz obr. 1. Tato konstrukce zahrnuje mechanismus dvojregulačního ventilu s integrovaným odvzdušněním, vše v provedení pro montáž pod omítku.

U všech termostatických ventilů by se nemělo zapomínat na ochranu ventilu před nárůstem tlakového rozdílu při jeho uzavírání. U rodinných domků připadá v úvahu zejména přepouštění, buď obtokem čerpadla (viz obr. 2) nebo přepouštěním z přívodu do zpátečky (obráz. 3). Zapojení podle obr. 3 se používá tam, kde je potřeba dodržet výrobcem požadovaný minimální průtok vody kotlem.



Obr. Přepouštění obtokem čerpadla



Obr. Přepouštění z přívodu do zpátečky pokojové termostaty

Pokojové termostaty představují často u rodinných domků jediný regulační prvek. Na našem území jsou velmi známé i oblíbené pro svou nízkou cenu. V této souvislosti je rovněž třeba uvést, že pokojových termostatů se s úspěchem používá pro regulaci vytápění v kombinaci s termostatickými ventily, kdy je využíváno rovněž tepelné setrvačnosti objektu. Na trhu je dnes množství elektronických programovatelných termostatů, jejichž pomocí můžeme docílit i realizaci nočních poklesů a minimálními náklady tak dosáhneme poměrně kvalitní regulace podle teploty i času.

Doporučení pro instalaci termostatických hlavice



správně

Termostatická hlavice musí být volně obtékána vzduchem cirkulujícím v prostoru



správně

Oddělené čidlo umožňuje nerušené sledování teploty vzduchu v prostoru



špatně

Termostatická hlavice s vestavěným čidlem nesmí být zakryta závěsem nebo záclonou

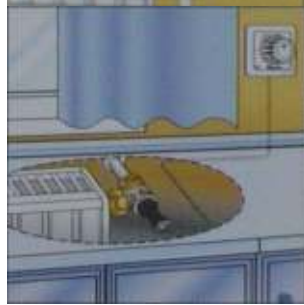


špatně

Termostatická hlavice s vestavěným čidlem nesmí být osazena do svislé polohy



Konvektor podlahového vytápění



Kryt otopného tělesa

Programovatelné termostaty slouží k automatické regulaci otopných nebo chladicích systémů. Existují typy zařízení od celé řady výrobců.

Termostaty se nesmí umístit v blízkosti zdrojů tepla, v blízkosti spotřebičů (např. osvětlovacích těles, televize, lednice, atd.), nesmí být vystaveny přímému slunečnímu záření či průvanu v blízkosti dveří, oken. Doporučuje se instalace v místě s dobrou cirkulací vzduchu, s průměrnou teplotou v místnosti, na vnitřní stěně ve výši cca 1,5 m nad podlahou.

Časové spínače - U přímotopného elektrického vytápění, byť jsou konvektory vybaveny integrovaným termostatem, není vyřešena otázka nočních poklesů, ev. rozdílného režimu ve všedních dnech a o víkendech. I když tedy nejsou časové spínače regulátory v pravém smyslu slova, představují vynikající a levný doplněk pro zkvalitnění regulace elektrického vytápění. Často rovněž není třeba pomocných stykačů, protože disponují vyššími spínacími proudy už v základním vybavení.

Některé zdroje např. TČ mají většinou speciálně vyvinutý vlastní ekvitermní regulátor. Ekvitermní řízení probíhá dle venkovní teploty. TČ ohřívá vodu v topném systému na co nejnížší nutnou teplotu tak, aby vždy pracovalo s co nejlepším topným faktorem při zajištění tepelné pohody v objektu.

Regulátor dále zajišťuje ekvitermní řízení druhého topného okruhu, použití vnitřního čidla pro přesnější řízení teploty v objektu, kaskádní spínání zabudovaného elektrokotle, možnost ohřátí TUV elektrokotlem na 65 °C pro okrytí špičkových odběrů nebo pro sanitaci bojleru.

Solární systémy jsou řízeny speciálním elektronickým regulátorem tak, aby dosahovaly co nejvyššího výkonu. Regulátor řídí chod OČ v závislosti na porovnání teplot na kolektoru a v solárním zásobníku.

Malé kotelny na pevná paliva s ručním přikládáním paliva se mohou regulovat pouze v rozsahu několika procent. Regulace se děje změnou poměru palivo – vzduch, ovládáním dvířek nebo klapek vstupního vzduchu.

Regulátory tahu - nazývané také regulátory výkonu, jsou jednoduché přímočinné regulátory (na podobném principu jako např. termostatické ventily), které umožňují v určitém rozsahu regulovat výkon kotlů na tuhá paliva, kdy se v závislosti na teplotě kotle přenáší ovládací síla na páku, ovládající dále dusivku kotle. Při stoupající teplotě tedy bude dusivka zavírána a naopak. Tato zařízení představují, kromě lidského zásahu, prakticky jedinou možnost regulace vlastního kotle na tuhá paliva.

U takto regulovaných kotlů je v praxi důležité zajistit, aby i při úplném zavření dusivky byla ve dvířkách alespoň minimální škvíra, aby kotel nemohl uhasnout. Obecně jsou tyto typy přístrojů schopny uspořit asi 10 % paliva.

U modernějších kotlů je možná regulace tam, kde lze regulovat přísun paliva a množství spalovacího vzduchu do topeniště. Běžně je využíváno těchto systémů:

- Elektricky ovládaný šnekový dopravník dopravující palivo ze zásobníku do prostoru spalování a automaticky ovládaný elektrický ventilátor,
- elektricky ovládaný posun roštu, na který je přiváděno palivo ze zásobníku.

Přísun paliva je řízen v závislosti od potřeby tepla, čili teplotním čidlem ve vytápěné místnosti a teplotou kotlové vody.

5. 3 Organizační opatření

Nastavení teploty vzduchu

V obytné místnosti by se měla ve svém průměru pohybovat v rozmezí cca 20 – 22 °C. Průměrná teplota v místnosti se měří uprostřed místnosti ve výši asi 1,1 m nad podlahou, přičemž jako denní průměr se používá jedna čtvrtina ze součtu teplot naměřených v 8,00, 12,00, 16,00 a 21,00 hodin nebo je průměrem teploty registrované po celou dobu provozu.

Pro měření průměrné teploty ve vytápěných prostorách se mají používat tzv. kulové výsledné teploměry, které mají čidlo obalené kulovou černou plochou, která zachycuje i vliv tepelného sálání. Při použití běžného rtuťového teploměru se jeho naměřená hodnota koriguje odečtením:

- a) 1 °C v místnostech s jednou venkovní stěnou,
- b) 1,5 °C v místnostech se dvěma venkovními stěnami,
- c) 2 °C v místnostech se třemi a více venkovními stěnami či s nadměrným zasklením.

Přetápění o každý 1 °C představuje zvýšení spotřeby tepla na vytápění přibližně o 5 %. Pokud se například sníží teplota přetápěné místnosti o 3 až 4 °C, znamená to úsporu tepla a tím i nákladů na vytápění o 15 až 20 %.

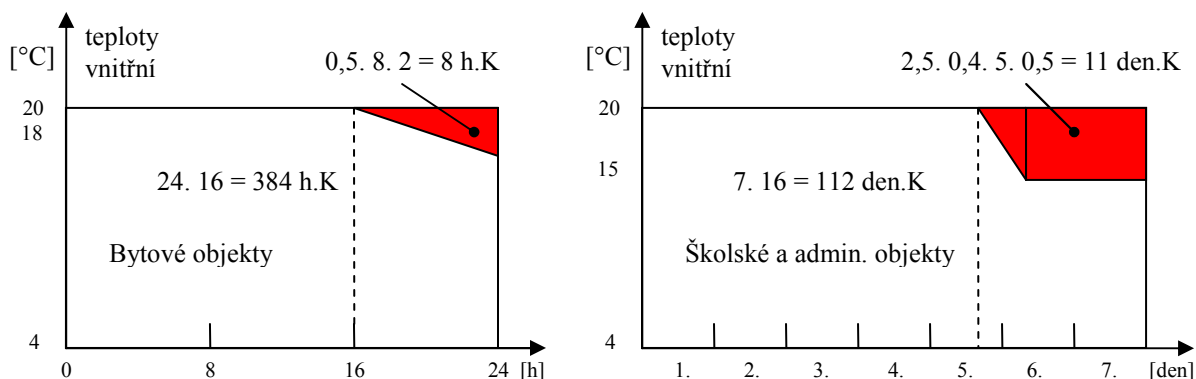
TEPLoty PRO DOSAŽENÍ TEPELNÉ POHODY	
Pro dosažení tepelné pohody jsou podle účelu místnosti vhodné různé teploty. Niže uvedené hodnoty vycházejí z lékařských studií vlivu teploty vnějšího prostředí na lidské zdraví.	
Místnost	„Pohodová“ teplota – příklady
Obývací	20 °C – 22 °C
Ložnice	17 °C – 18 °C
Dětský pokoj	18 °C – 20 °C
Kuchyně	17 °C – 18 °C
Koupelna	24 °C
Dílna	16 °C – 17 °C
Hala	15 °C – 16 °C
Sklep	10 °C

Nastavení teplotních útlumů ve vytápění

Vypínání, regulace a teplotní režim vytápění budov se provádí mimo jiné i na základě vyhlášky č. 152/2001 Sb., kde v §3 (9) V době od 22.00 do 6.00 hod. se vytápění obytných místností a v neprovozní době ostatních vytápěných prostor podle potřeby omezí nebo krátkodobě přeruší do té míry, aby byly dodrženy požadavky jejich teplotního útlumu zajišťujícího tepelnou stabilitu místností.

§3 (13) Společné vytápěné prostory v obytných domech a nebytové prostory v bytových i nebytových budovách jsou v průběhu otopného období v době jejich provozu vytápěny tak,

aby v nich byla zabezpečena výpočtová teplota vnitřního vzduchu stanovená projektem. §3 (14) Vytápění nebytových prostor v bytových i nebytových budovách se ve dnech, kdy nejsou provozovány, omezí nebo přeruší tak, aby byly dodrženy požadavky jejich teplotního útlumu zajišťujícího jejich tepelnou stabilitu.



Z výše uvedených grafů vyplývá, že u objektů, kde lze realizovat teplotní útlum v mimopracovní dny činí **úspora tepla cca 10%** ($11/112 = 0,098$), zatímco u bytových objektů při využití pouze nočních útlumů lze **uspořit cca 2%** ($8 / 384 = 0,02$).

Větrání

Zajišťuje rychlou výměnu vnitřního znehodnoceného vzduchu za čerstvý vzduch venkovní. Intenzita větrání je stanovena hygienickým předpisem dle využívaného prostoru.

K větrání lze využít vzduchotechnických zařízení, vybavených nejlépe zařízením ke zpětnému získávání tepla (rekuperací), nebo přirozené větrání okny.

Větrání má být intenzivní a krátkodobé, interval mezi jednotlivými větráními se řídí podle potřeby.

Dlouhodobé větrání je neekonomické, neboť dochází ke ztrátě tepla odvětrávaným ohřívaným vzduchem a navíc vede dlouhodobé větrání ke snížení povrchové teploty stěn, což je nutné vyrovnat zvýšenou vnitřní teplotou vzduchu tak, aby se kompenzoval vliv „studeného sálání“ ochlazených stěn.

Vyhodnocování spotřeby

Jedná se o pravidelné odečítání a vyhodnocování spotřeby tepla na vytápění v porovnání s klimatickými podmínkami. Následné řešení případných výkyvů umožní včas odhalit příčiny nárůstů spotřeby tepla na vytápění.

Volba barvy povrchů vytápěných prostor

Už výběr barev snižuje či zvyšuje u člověka pocit tepla v místnosti až o 7 stupňů Celsia. Právě proto je vhodné mít v zimním období interiér laděný v teplých barvách - hnědých, žlutých a oranžových s akcenty červené.

6. Využití finanční podpory při realizaci projektů

PROJEKTY ÚEK	TITUL program, akce	KDO může žádat	PODÍL kolik % dotace	KDE podávat žádost	KDY podávat žádost	AKTUALIZACE údajů, kontakt
Vzdělávání a informovanost	Fond životního prostředí Středočeského kraje – Tématické zadání č. 6: Zajištění činností dle Koncepce EVVO StK	právnícké a fyzické osoby	až 20 %, max. 50 000 Kč	KÚ Středočeského kraje	Dle rozhodnutí Rady kraje, termín na jaře a na podzim	www.kr-stredocesky.cz Středočeský kraj Krajský úřad Zborovská 11, 150 21 Praha 5 tel: 257 280 100 fax: 257 280 203 e-mail: podatelna@kr-s.cz Zásady pro poskytování dotací z Fondu životního prostředí Středočeského kraje
Vzdělávání a informovanost	1.B Podpora vzdělávání, propagace, osvěty a poradenství v rámci celostátní strategické kampaně na podporu využívání obnovitelných zdrojů energie	právnícké osoby, které jsou založeny k nepodnikatelským účelům	80 %, max. 150 000,-Kč	SFŽP	Dle termínů jednání Rady SFŽP, zpravidla na jaře a na podzim	www.sfzp.cz SFŽP Kaplanova 1931/1 148 00 Praha 11-Chodov tel: 267 994 300 fax: 272 936 597 Směrnice Ministerstva životního prostředí o poskytování finančních prostředků ze Státního fondu životního prostředí České republiky
Vzdělávání a informovanost	2.B Podpora vydávání knižních publikací	právnícké osoby, které jsou založeny k nepodnikatelským účelům, podnikatelské subjekty, bytová družstva, státní podniky	50 %, 250 000,-Kč	SFŽP	Dle termínů jednání Rady SFŽP, zpravidla na jaře a na podzim	www.sfzp.cz SFŽP Kaplanova 1931/1 148 00 Praha 11-Chodov tel: 267 994 300 fax: 272 936 597 Směrnice Ministerstva životního prostředí o poskytování finančních prostředků ze Státního fondu životního prostředí České republiky
Vzdělávání a informovanost	Státní program na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie IV. Poradenství, vzdělávání a propagace k hospodárnému užití energie s vlivem na zlepšení životního prostředí	právnícké a fyzické osoby	na EKIS ČEA – max. 120 000,-Kč, na KEA – 600 000,-Kč, max. 40 %, na vzdělávací akce až 60 %, max. 50 000 Kč/den regionální akce, max. 100 000 Kč/den	ČEA	zpravidla konec ledna daného roku	Česká energetická agentura Vinohradská 8 120 00 Praha 2 e-mail: cea@ceacr.cz, www.ceacr.cz Státní program na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie

PROJEKTY ÚEK	TITUL program, akce	KDO může žádat	PODÍL kolik % dotace	KDE podávat žádost	KDY podávat žádost	AKTUALIZACE údajů, kontakt
			mezinárodní akce; zpracování produktů k podpoře poradenství a vzdělávání až 100% max. 300 000,-Kč na 1 produkt.			
Tepelná ochrana budov	III.4 Projekty zvyšování energetické účinnosti vedoucí ke snižování emisí skleníkových plynů		až 30 % nákladů, max. 3 miliony na jednu akci	ČEA	zpravidla konec ledna daného roku	Česká energetická agentura Vinohradská 8 120 00 Praha 2 e-mail: cea@ceacr.cz, www.ceacr.cz Státní program na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie
Tepelná ochrana budov	III.1.2 Komplexní opatření ke snížení energetické náročnosti energetického hospodářství a budov veřejného sektoru	právnícké a fyzické osoby	max. 3 miliony na jednu akci	ČEA	zpravidla konec ledna daného roku	Česká energetická agentura Vinohradská 8 120 00 Praha 2 e-mail: cea@ceacr.cz, www.ceacr.cz Státní program na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie
Tepelná ochrana budov	Program PANEL	právnícké a fyzické osoby	podpora se poskytuje ve výši rozdílu splátek úvěru odpovídající snížení úroku z úvěru o 3 procentní body; u úvěrů poskytnutých na opravu, modernizaci nebo regeneraci panelových domů v okresech uvedených v příloze č. 3 k nařízení vlády 299/2001 Sb. se podpora poskytuje ve výši odpovídající snížení úroku z úvěru o 4 nebo 5 procentních	Českomoravská záruční a rozvojová banka www.cmzrb.cz 110 00 Praha 1, Jeruzalémská 964/4 tel.: 255 721 111 fax: 255 721 110 e-mail: info@cmzrb.cz	Průběžně	Státní fond rozvoje bydlení ul. Dlouhá 13 110 00 Praha 1 tel: 221 771 611 fax: 221 771 636

PROJEKTY ÚEK	TITUL program, akce	KDO může žádat	PODÍL kolik % dotace	KDE podávat žádost	KDY podávat žádost	AKTUALIZACE údajů, kontakt
Pasivní a nízkoenergetické domy	III.1.4 Podpora a výstavba nízkoenergetického bytového domu a pasivního byt. domu	právnícké a fyzické osoby	bodů až 15 % investičních nákladů, max. 3 mil. Kč na jednu akci	ČEA	zpravidla konec ledna daného roku	Česká energetická agentura Vinohradská 8 120 00 Praha 2 e-mail: cea@ceacr.cz, www.ceacr.cz Státní program na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie
Pasivní a nízkoenergetické domy	III.1.4 Výstavba zařízení pro potřeby školství, zdravotnictví, sociálních služeb a veřejné správy v oblastech postižených živelnou pohromou, s výslednou měrnou spotřebou tepelné energie pro vytápění minimálně o 20 % nižší než stanovuje vyhláška č.291/2001 Sb.	právnícké a fyzické osoby	až 15% investičních nákladů, max. 3 mil. Kč na jednu akci	ČEA	zpravidla konec ledna daného roku	Česká energetická agentura Vinohradská 8 120 00 Praha 2 e-mail: cea@ceacr.cz, www.ceacr.cz Státní program na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie
Pasivní a nízkoenergetické domy	Intelligent Energy for Europe	právnícké a fyzické osoby	až 50 %	European Commision	Dle vyhlášenýc h výběrových řízení	Technologické centrum AV ČR (Národní kontaktní organizace pro 6.RP), www.tc.cz European Commision Directorate-General for Energy and Transport B-1049 Brussels http://www.europa.eu.int/comm/energy/intelligent/index_en.html , www.managenergy.eu
Pasivní a nízkoenergetické domy	CONCERTO, 6. rámcový program	města, obce, kraj	až 35 % investičních nákladů, 5- 15 mil.€	European Commision	17.12.2003 – uzávěrka poslední výzvy	Technologické centrum AV ČR (Národní kontaktní organizace pro 6.RP), www.tc.cz European Commision Directorate-General for Energy and Transport B-1049 Brussels Fax: (30–2) 2966016/(30–2) 266261 E-mail: tren-concerto@cec.eu.int www: http://europa.eu.int/comm/dgs/energy_transport/rtd/6/index_en.htm
Teplo sluncem	1.A.b Solární systémy na	fyzické osoby,	30 %, max.	SFŽP	Dle termínů	www.sfzp.cz

PROJEKTY ÚEK	TITUL program, akce	KDO může žádat	PODÍL kolik % dotace	KDE podávat žádost	KDY podávat žádost	AKTUALIZACE údajů, kontakt
	celoroční ohřev vody	včetně fyzických osob podnikajících, pokud předmět podpory nevyužívají při podnikatelské činnosti	100 000,-Kč		jednání Rady SFŽP, zpravidla na jaře a na podzim	SFŽP Kaplanova 1931/1 148 00 Praha 11- Chodov tel: 267 994 300 fax: 272 936 597 Směrnice Ministerstva životního prostředí o poskytování finančních prostředků ze Státního fondu životního prostředí České republiky
Teplo sluncem	1.A.c Solární systémy na přitápění a na celoroční ohřev vody	fyzické osoby, včetně fyzických osob podnikajících, pokud předmět podpory nevyužívají při podnikatelské činnosti	30 %, max. 100 000 Kč	dtto	dtto	dtto
Teplo sluncem	2.A. Investiční podpora environmen. šetrných způsobů zásobování energií v obcích a částech obcí	podnikatelské subjekty, bytová družstva, státní podniky, fyzické osoby, včetně fyzických osob podnikajících, pokud předmět podpory nevyužívají při podnikatelské činnosti, nepodnikající bytová družstva a sdružení vlastníků	80 %, max. 100 000,- Kč	dtto	dtto	dtto
Teplo sluncem	3.A. Investiční podpora environmentálně šetrných způsobů vytápění a přípravy teplé vody ve školství, zdravotnictví, v objektech sociální péče a v účelových zařízeních neziskového sektoru	právnícké osoby, které jsou založeny k nepodnikatelským účelům; podnikatelské subjekty, bytová družstva, státní podniky	až 90%, u demonstračníc h projektů 100%	dtto	dtto	dtto
Teplo sluncem	8.A. Investiční podpora environ. šetrných způsobů vytápění a přípravy teplé vody v účelových zařízeních	právnícké osoby, které jsou založeny k nepodnikatelským účelům, podnikatelské subjekty, bytová družstva, státní podniky	80 %	dtto	dtto	dtto
Teplo sluncem	9.A. Investiční podpora environmentálně šetrné výroby elektrické energie ze sluneční energie	právnícké osoby, které jsou založeny k nepodnikatelským účelům, podnikatelské subjekty, bytová družstva, státní podniky, fyzické osoby, včetně fyzických osob	30 %	dtto	dtto	dtto

PROJEKTY ÚEK	TITUL program, akce	KDO může žádat	PODÍL kolik % dotace	KDE podávat žádost	KDY podávat žádost	AKTUALIZACE údajů, kontakt
		podnikajících, pokud předmět podpory nevyužívají při podnikatelské činnosti				
Teplo sluncem	10.A. Slunce do škol	právnícké osoby, které jsou založeny k nepodnikatelským účelům	90 %, max. 105 000,- Kč	dtto	dtto	dtto
Teplo sluncem	III.1.2 Komplexní opatření ke snížení energetické náročnosti energetického hospodářství a budov veřejného sektoru. Dle bodů b) lze energetickou náročnost snížit také pomocí obnov. a druhých zdrojů energie. Podpora je udělována projektům s konečnou roční spotřebou energie sníženou minimálně o 45 % s podmínkou, že výsledná měrná potřeba tepelné energie pro vytápění na otopné období bude minimálně o 35 % menší než stanovuje vyhláška č. 291/2001 Sb.	právnícké a fyzické osoby	až 15% investičních nákladů, max. 3 mil. Kč na jednu akci	ČEA	zpravidla konec ledna daného roku	Česká energetická agentura Vinohradská 8 120 00 Praha 2 e-mail: cea@ceacr.cz, www.ceacr.cz Státní program na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie
Teplo biomasou	1.A Investiční podpora environmentálně šetrných způsobů vytápění a ohřevu vody pro byty a rodinné domy pro fyzické osoby – a) Kotle na biomasu	fyzické osoby, včetně fyzických osob podnikajících, pokud předmět podpory nevyužívají při podnikatelské činnosti	30 %, max. 100 000,-Kč	SFŽP	Dle termínů jednání Rady SFŽP, zpravidla na jaře a na podzim	www.sfzp.cz SFŽP Kaplanova 1931/1 148 00 Praha 11- Chodov tel: 267 994 300 fax: 272 936 597 Směrnice Ministerstva životního prostředí o poskytování finančních prostředků ze Státního fondu životního prostředí České republiky
Teplo biomasou	2.A. Investiční podpora environmentálně šetrných způsobů zásobování energií v obcích a částech obcí	podnikatelské subjekty, bytová družstva, státní podniky, fyzické osoby, včetně fyzických osob podnikajících, pokud předmět podpory nevyužívají při podnikatelské činnosti, nepodnikající bytová družstva a sdružení vlastníků	80 %, max. 100 000,- Kč	dtto	dtto	dtto
Teplo biomasou	3.A. Investiční podpora environmentálně	právnícké osoby, které jsou založeny	až 90 %, u demonstračních	dtto	dtto	dtto

PROJEKTY ÚEK	TITUL program, akce	KDO může žádat	PODÍL kolik % dotace	KDE podávat žádost	KDY podávat žádost	AKTUALIZACE údajů, kontakt
	šetrných způsobů vytápění a přípravy teplé vody ve školství, zdravotnictví, v objektech sociální péče a v účelových zařízeních neziskového sektoru	k nepodnikatelským účelům; podnikatelské subjekty, bytová družstva, státní podniky	h projektů 100 %			
Teplo biomasou	7.A. Investiční podpora výstavby zařízení pro společnou výrobu elektrické energie a tepla z biomasy a z bioplynu	právnícké osoby, které jsou založeny k nepodnikatelským účelům, podnikatelské subjekty, bytová družstva, státní podniky, fyzické osoby, včetně fyzických osob podnikajících, pokud předmět podpory nevyužívají při podnikatelské činnosti	až 70 %	dtto	dtto	dtto
Teplo biomasou	8.A. Investiční podpora environmentálně šetrných způsobů vytápění a přípravy teplé vody v účelových zařízeních	právnícké osoby, které jsou založeny k nepodnikatelským účelům, podnikatelské subjekty, bytová družstva, státní podniky	až 80 %	dtto	dtto	dtto
Teplo biomasou	II.2.1 Kombinovaná výroba tepla a elektřiny v zařízení na využití biomasy	právnícké a fyzické osoby	až 15 % investičních nákladů, max. 3 mil. Kč na jednu akci	ČEA	zpravidla konec ledna daného roku	Česká energetická agentura Vinohradská 8 120 00 Praha 2 e-mail: cea@ceacr.cz, www.ceacr.cz Státní program na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie
Teplo biomasou	II.3.1 Instalace souboru zařízení pro využití obnovitelných a druhotných zdrojů energie	právnícké a fyzické osoby	až 15 % investičních nákladů, max. 3 mil. Kč na jednu akci	dtto	dtto	dtto
Teplo biomasou	II.4 Projekty vedoucí ke snižování emisí skleníkových plynů	právnícké a fyzické osoby	až 15 % investičních nákladů, max. 3 mil. Kč na jednu akci	dtto	dtto	dtto
Bioplynové stanice	Kraje, obce, svazky obcí, podnikatelské subjekty	OP Infrastruktura-C. Využívání obnovitelných zdrojů energie (OZE)	75 % pokud nevytváří zisk, 50 % pokud generuje podstatný čistý výnos 35 % investice do firem	SFŽP	do 30.7.2004, dále dle termínů vyhlášených SFŽP	www.sfzp.cz SFŽP Kaplanova 1931/1 148 00 Praha 11- Chodov tel: 267 994 300 fax: 272 936 597 SMĚRNICE MŽP č. 8 /2004 o poskytování finančních prostředků

PROJEKTY ÚEK	TITUL program, akce	KDO může žádat	PODÍL kolik % dotace	KDE podávat žádost	KDY podávat žádost	AKTUALIZACE údajů, kontakt
						z Operačního programu Infrastruktura – Priorita 3, včetně spolufinancování ze Státního fondu životního prostředí České republiky
Bioplynové stanice	7.A. Investiční podpora výstavby zařízení pro společnou výrobu elektrické energie a tepla z biomasy a z bioplynu	právnícké osoby, které jsou založeny k nepodnikatelským účelům, podnikatelské subjekty, bytová družstva, státní podniky, fyzické osoby, včetně fyzických osob podnikajících, pokud předmět podpory nevyužívají při podnikatelské činnosti	až 70 %	dtto	dtto	dtto
Bioplynové stanice	II.2.1 Kombinovaná výroba tepla a elektřiny v zařízení na využití biomasy	právnícké a fyzické osoby	až 15 % investičních nákladů, max. 3 mil. Kč na jednu akci	ČEA	zpravidla konec ledna daného roku	Česká energetická agentura Vínohradská 8 120 00 Praha 2 e-mail: cea@ceacr.cz, www.ceacr.cz Státní program na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie
Bioplynové stanice	II.4 Projekty vedoucí ke snížování emisí skleníkových plynů	právnícké a fyzické osoby	až 15 % investičních nákladů, max. 3 mil. Kč na jednu akci	dtto	dtto	dtto
Kogenerace	2.A. Investiční podpora environmentálně šetrných způsobů zásobování energií v obcích a částech obcí	podnikatelské subjekty, bytová družstva, státní podniky, fyzické osoby, včetně fyzických osob podnikajících, pokud předmět podpory nevyužívají při podnikatelské činnosti, nepodnikající bytová družstva a sdružení vlastníků	80 %, max. 100 000,- Kč	SFŽP	do 30.7.2004, dále dle termínů vyhlášených h SFŽP	www.sfzp.cz SFŽP Kaplanova 1931/1 148 00 Praha 11- Chodov tel: 267 994 300, fax: 272 936 597 SMĚRNICE MŽP č. 8 /2004 o poskytování finančních prostředků z Operačního programu Infrastruktura – Priorita 3, včetně spolufinancování ze Státního fondu životního prostředí České republiky
Kogenerace	7.A. Investiční podpora výstavby zařízení pro společnou výrobu elektrické energie a tepla	právnícké osoby, které jsou založeny k nepodnikatelským účelům,	až 70 %	dtto	dtto	dtto

PROJEKTY ÚEK	TITUL program, akce	KDO může žádat	PODÍL kolik % dotace	KDE podávat žádost	KDY podávat žádost	AKTUALIZACE údajů, kontakt
	z biomasy a z bioplynu	podnikatelské subjekty, bytová družstva, státní podniky, fyzické osoby, včetně fyzických osob podnikajících, pokud předmět podpory nevyužívají při podnikatelské činnosti				
Kogenerace	II.2 Kombinovaná výroba tepla a elektřiny	právnícké a fyzické osoby	až 15 % investičních nákladů, max. 3 mil. Kč na jednu akci	ČEA	zpravidla konec ledna daného roku	Česká energetická agentura Vinohradská 8 120 00 Praha 2 e-mail: cea@ceacr.cz, www.ceacr.cz Státní program na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie
Rekuperace	III.1.2 Komplexní opatření ke snížení energetické náročnosti energetického hospodářství a budov veřejného sektoru a) využití odpadního tepla	veřejný sektor	až 15 % investičních nákladů, max. 3 mil. Kč na jednu akci	dtto	dtto	dtto
Zplyňování odpadů	kraje, obce, svazky obcí, podnikatelské subjekty	OP Infrastruktura, využívání šetrných technologií při spalování	75 % pokud nevytváří zisk, 50 % pokud generuje podstatný čistý výnos 35 % investice do firem	SFŽP	do 30.7.2004, dále dle termínů vyhlášených SFŽP	www.sfzp.cz SFŽP Kaplanova 1931/1 148 00 Praha 11-Chodov tel: 267 994 300 fax: 272 936 597 SMĚRNICE MŽP č. 8 /2004 o poskytování finančních prostředků z Operačního programu Infrastruktura – Priorita 3, včetně spolufinancování ze Státního fondu životního prostředí České republiky

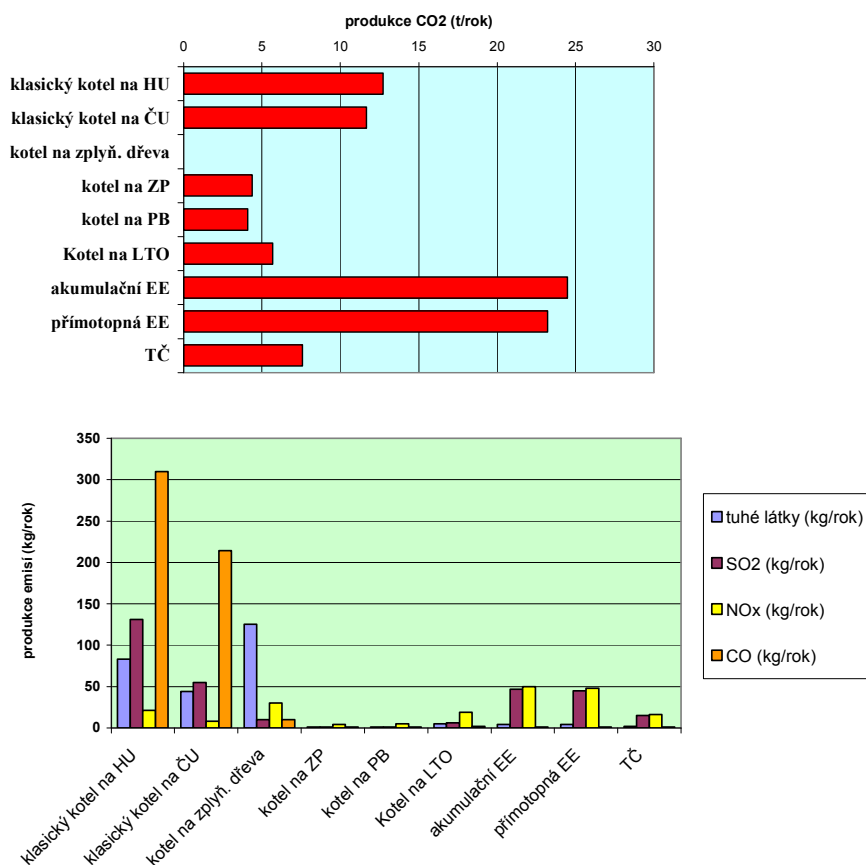
7. Závěr

Naše společnost se zabývá problematikou snižování energetické náročnosti a využíváním OZE. Naším motem je: "Nejlevnější energií je energie uspořena".

Předložená publikace si klade za cíl orientaci širokého okruhu obyvatelstva a poskytnout rady při hledání a řešení vhodných způsobů úspor energií, zejména při přímé spotřebě paliv a energie u obyvatelstva. Není správný názor, že současná vysoká spotřeba paliv a energie (pro vytápění) je způsobena především ne hospodárným chováním samotných uživatelů bytů. Z dlouhodobých poznatků vyplývá, že v případech kdy je obytný objekt dobře stavebně proveden z hlediska tepelně technických vlastností obvodového pláště (zdivo, okna, dveře) a kdy je správným způsobem zvolen zdroj tepla a otopná soustava a tato je řádně vyregulována, topný režim je optimálně technickými prostředky řízen, takže prostory nejsou ani přetápěny ani nedotápěny, chovají se uživatelé bytů z hlediska hospodárné spotřeby energie ukázněně. Nastíněná uvedená situace totiž ani nevytváří prostor k ne hospodárnému chování. Z uvedených poznatků tedy vyplývá optimální pořadí a důležitost postupu k hospodárnému užívání paliv a energie:

- tepelně technické vlastnosti objektu
- správná volba nositele energie pro vytápění
- volba tepelného zařízení (zdroje)
- řešení vytápěcího systému včetně vyvážení
- využití regulační techniky pro optimální řízení provozu

Vzhledem k tomu, že se energetické procesy rozhodujícím způsobem podílejí na tvorbě emisí, tedy na životním prostředí je nutné samozřejmě zdůraznit, že každá uspořena jednotka energie snižuje zátěž životního prostředí a přispívá k podpoře udržitelného rozvoje. Jako příklad jsou dále uvedeny hodnoty (viz grafy).



8. Použitá literatura

- 1) Jiří Šála, Milan Machatka – Zateplování v praxi, Grada 2002
- 2) Jaroslav Řehánek, Antonín Janouš, Petr Kučera, Jaroslav Šafránek - Tepelně-technické a energetické vlastnosti budov, Grada 2002
- 3) Othmar Humm – Nízkoenergetické domy, Grada 1999
- 4) Jaroslav Řehánek, Antonín Janouš, Petr Kučera, Jaroslav Šafránek, Vladimír Václavík – 4 x o tepelné izolaci budov, ČKAIT 2004
- 5) Anton Puškár a kolektiv – Obvodové pláště budov – fasády, Jaga group 2002
- 6) Vladimír Jelínek, Karel Kabele – Technická zařízení budov 20, vytápění, ČVUT Praha 2001
- 7) Jan Kaňka, Zbyněk Svoboda – Stavební fyzika 31, ČVUT Praha 2004
- 8) ČSN 73 0540-2:2002 Tepelná ochrana budov – část 2 – požadavky, ČSN 2002
- 9) Vyhl. PO č. 291/2001 Sb., kterou se stanoví podrobnosti účinnosti užití energie při spotřebě tepla v budovách
- 10) Jaroslav Dufka – Vytápění netradičními zdroji tepla, BEN 2003
- 11) Tepelná čerpadla, projektování a instalace, Stiebel Eltron 2004
- 12) Heinz Schulz - Teplo ze slunce a země, HEL 1999
- 13) Václav Mužík a kolektiv – Zdroje tepla kotelny, STP 1999
- 14) Vladimír Valenta, Miroslav Vybíral, Karel Mrázek – Teorie, projektování, Modernizace tepelných soustav v bytových objektech, CTI 1999
- 15) Vladimír Valenta – Teorie, projektování – Seřizování a řízení hyd.poměrů tepelných soustav, 2003
- 16) Ing. Pavel Čech - Úspory tepla a vytápění
- 17) Josef Vlach a kolektiv - Čísla pro energetiky, ČSZE 2003
- 18) Rychetník V., Pavelka J., Janoušek J. – Větrné motory a elektrárny, ČVUT Praha 1997
- 19) Technická dokumentace ENERCON E70
- 20) Technická dokumentace VESTAS V90
- 21) Alternativní energie, časopis Avicennum, vychází 6 x ročně.
- 22) Energetika, časopis ČSZE, vychází 12 x ročně.
- 23) Větrná energie, časopis ČSVE, vychází 2 x ročně

- 24) Zásobování teplem a teplárenství SNTL 1989, J. Vlach a kolektiv
- 25) Technický průvodce Parní kotle SNTL 1983, Černý, Janeba, Teyssler
- 26) Čištění průmyslových plynů a exhalací odlučovače SNTL 1974, Otakar Štorch a kolektiv
- 27) Využití a likvidace odpadů, skripta ČVUT fakulta strojní Praha 1990, Trnobranský, Dvořák
- 28) ÚEK Středočeského kraje , REA Kladno, s.r.o., CityPlan spol. s r.o., ViP s.r.o. 2003
- 29) Státní energetická koncepce, MPO 2005
- 30) Palivové články, materiál ČEA 2002, Poradenská knihnice ČEA
- 31) Solární zařízení Ladener, Grada 2003
- 32) Nové zdroje elektrické energie Celinski SNTL 1990
- 33) Solární energie pro váš dům Murtinger Truxa ERA 2005-10-26
- 34) Katalog firem – obnovitelné zdroje energie EkoWatt Praha 2002
- 35) Reálné podmínky a využití obnovitelných a netradičních zdrojů energie v ČR SRC Internat. CS
- 36) Solární zařízení – projektování a instalace Stiebel Eltron 1998
- 37) Elektřina ze slunce HEL Ostrava 2003
- 38) Elektroenergetika a obnovitelné zdroje energie ZČU Plzeň 2002
- 39) Kombinované energetické systémy s využitím OZE, Poradenská knihnice ČEA
- 40) Prospekty nabídky firem Stiebel Eltron, Viesmann, Regulus
- 41) Materiály SFŽP, Materiály ČEA – Státní program úspor energií
- 42) Operační program – průmysl a podnikání MPO 2004
- 43) Možnosti rozvoje teplárenství a využití kogeneračních jednotek, Poradenská knihnice ČEA
- 44) Zdroje tepla, V. Mužík – Společnost pro techniku prostředí 1999
- 45) Snižování emisí skleníkových plynů energet. efektivností – sborník ze semináře ČEA 2003
- 46) Znečišťování ovzduší v datech ČR ČHMÚ, ročenky 2001-2004
- 47) Rámcová úmluva OSN o změně klimatu MŽP, ČHMÚ 2001
- 48) Výsledky energetických auditů zpracovaných REA Kladno, s.r.o. 2002-2005
- 49) Studie a technické zprávy z vyhodnocení přínosu OZE zpracovaných REA Kladno, s.r.o.

9. Vybrané realizované projekty – seznam a kontakty

Přehled vybraných podpořených akcí v letech 2002 až 2004 ČEA prostřednictvím „Státního programu na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie“.

rok 2004

- Tepelné čerpadlo v ZOO Ústí nad Labem
- Malá vodní elektrárna Tábořský mlýn
- Tepelné čerpadlo v Mateřské škole Mimoň
- Malá vodní elektrárna Oleška- Slaná
- Centrální plynová kogenerační kotelna, Nové Město pod Smrkem
- Fotovoltaický ostrovní solární systém, Lednice na Moravě
- Malá vodní elektrárna, Benešov nad Ploučnicí

rok 2003

- Malá vodní elektrárna Kroměříž – Strž
- Malá vodní elektrárna Mlýn Čelákovice
- Malá vodní elektrárna Čermná, Čermná
- Tepelné čerpadlo ZS Nový Jičín
- Tepelné čerpadlo Praha
- Malá vodní elektrárna Šindelová
- Malá vodní elektrárna Martínkovice
- Solární zařízení Soběslav
- Malá vodní elektrárna Děčín – Staré Město
- Malá vodní elektrárna Libocovice
- Malá vodní elektrárna Svrčovec
- Malá vodní elektrárna Třinec
- Malá vodní elektrárna Smržovka
- Malá vodní elektrárna Chřenovice
- Malá vodní elektrárna Josefův Důl
- Malá vodní elektrárna Špindlerův Mlýn
- Malá vodní elektrárna Lánov
- Malá vodní elektrárna Jarolímův Mlýn

rok 2002

- Malá vodní elektrárna Týnec n. Sázavou
- Malá vodní elektrárna Velké Hamry
- Malá vodní elektrárna Švihov
- Malá vodní elektrárna Olešná I
- Malá vodní elektrárna Františkov
- Malá vodní elektrárna Koštice n. Ohří
- Malá vodní elektrárna Pernštejn n. Ohří
- Malá vodní elektrárna Horky n. Jizerou

- Malá vodní elektrárna Čermná n. Orlicí
- Malá vodní elektrárna Trutnov – Poříčí
- Malá vodní elektrárna Děčín
- Malá vodní elektrárna Benátky n. Jizerou
- Malá vodní elektrárna Kláštec n. Orlicí
- Tepelné čerpadlo Světlá n. Sázavou
- Malá vodní elektrárna Jesenný (okr. Semily)
- Malá vodní elektrárna Kružberk
- Malá vodní elektrárna Prostřední Bečva
- Solární kolektory Orlová
- Malá vodní elektrárna Bedřichov (okr. Jičín)
- Malá vodní elektrárna Újezd u Chocně
- Malá vodní elektrárna Pátek n. Ohří
- Výstavba automatizované kotelny na biomasu, Štíná n. Vlčí

V případě Vašeho zájmu o další a podrobnější údaje kontaktujte přímo pracovníky ČEA, nebo infolinku tel.: 800155211.