

## PUIT KÜTUSED

Puit koosneb peamiselt: tselluloosist, hemitselluloosist ja side ainest ligniinist. Algselt puidus on hapnikku 43%, süsinikku 50% ja vesinikku 6%, 0,1% lämmastikku ja 0,4% tuhka. Puidukiudude seinad koosnevad peamiselt tselluloosist ja ligniinist. Seega on tselluloos, hemitselluloos ja ligniin peamised osad millest puit koosneb.

- 1) Tselluloos 40-50%
- 2) Hemitselluloos 25-35%
- 3) Ligniin (puitaine) 20-30%
- 4) Ekstraktiivained, tuhk, lämmastik 0,1-7%

**Puus on palju, 80-90% lenduvaid aineid.** Seetõttu energiast kaks kolmandikku on heitgaasides. Puit muutub põlemisel gaasiks. Seepärast oluline kõigepealt puit gaasistada ja seejärel gaasid põletatakse. Eri puuliikide energiasisaldus kilogrammi kohta ei erine palju. Väikseim kütteväärtus on ligikaudu 18,7 MJ / kg. **Energiahinnangute aluseks võib pidada 3,2 kWh / kg, kui põletamise kasuteguri hinnatakse 75%.** Nagu juba eespool öeldud, praktilised mõõtmised annavad väärtuseks 3,0 kWh / kg.

Okaspuudes on veidi rohkem energiat kilogrammi kohta kui lehtpuudes ja kuna nende tihedus on erinev siis saame näiteks männist rohkem soojusenergiat, kui haava puust.

Kõige parem aeg küttepuude lõikamiseks metsas on märtsi kuu. Siis on võimalik sooja suvega puit oktoobriks kuivatada alla 20% niiskussisalduseni. Värskest lõigatud puidus on niiskus 50%. **Kuiva suvega kuivab puit isegi 16% -ni.** Detsembris tõuseb õhuniiskuse tõttu välisõhus puidu niiskus 25% -ni. **Kuiva alla 20% puu puhul on leegi temperatuur 1200°C. Märja puu leegi temperatuur on alla 900°C.** Üheks päevaks väljast sooja ruumi toodud kuivad puud võivad 24h kuivada isegi 7-8% -ti.

**Küttepuud ei tohiks kunagi olla vihma ja päikese käes.** Lihtne moodus on lõhutada puud katta presendiga. Puud peavad olema maast lahti ja katteloori ava lõuna poole.

**Õige kamina ja ahju puu on reeglina 33cm pikk - 1m:3 ja rusika jämedune.**

Üle 20% niiskussisaldusega puit on ideaalne hallituse arenguks, mis on väga ohtlik inimese tervisele. Hallituste mõjul tekkivad mürgised ained tekitavad erinevaid kopsu ja kõrva haiguseid. Puid ei tohiks mitte kunagi riidastada vasta elumaja.

Puidu põletamine on väga keskkonnasõbralik, sest puidu kõdnemisel metsas vabaneb sama kogus CO gaasi kui koldes põletamisel. Kütmiseks sobivad kõik puuliigid. Väga hea küttepuu on pöök, mis on hästi tihe puu. Samas aga peab tihe puit kuivama vähemalt kaks aastat. Soomes näiteks peetakse parimaks küttepuuks mändi. Kask on alles kolmandal kohal. **Mänd on sama hea küttepuu kui pöök.**

Soovitav on endale majas ehitada sooja ruumi alt restiga ja ventilatsiooni korstnaga puudehoiu kapp.

**Põlemise aeg on klaasi temperatuur umbes 200°C. Puud ei tohi põemise ajal olla ega kukkuda klaasile liiga lähedale, sest muidu peened ja niisked osakesed kleepuvad klaasile.**

Puude gaasistamine on väga lihtne protsess aga puugaasi põletamine väga keeruline. Tärpentiini gaasid põlevad ainult kõrgematel temperatuuridel kui 800°C. Jääksöed põlevad minimaalselt 500°C juures.

Tänase päeva oluliseim teema on peenosakesed suitsugaasis.

1) 2,5/1000 loetakse nonnormaalseks-saab põletada

2) 1/1000 saab põletada –

**3) 1/10000mm läheb kopsust otse verre (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> kaaliumsulfiidid ja ZN tsink)**

Madalates kohtades (orgudes asuvates suurlinnades) on reeglina palju rangemad puupõletamise nõuded. Näiteks Londonis on üldse keelatud kaminaid kütta. **Puu nõletamisel on oluline, et suitsugaasid nüisiksid koldes 0.08 sekundit.** Vanasti oli

suitsugaaside liikumiskiirus lõõrides ja korstnas **8m/sec nüüd arvututest tulenevalt parim 3,2m/sec**. Tulevikus on eesmärk saavutada kahjulike ainete hulk suitsugaasides 0,1%. Täna normides lubatud piirmäär 0,2%.

**Puid ei tohiks koldesse püsti laduda, sest nii toimivad puudevahelised kanalid ise korstnana.** Umbse põhjaga kolde puhularvestatakse 1kg puidu põletamiseks vaja=10L kollet (austerlaste arvutused). Restiga kollete puhul suhe (soomlaste arvutused) 1kg=14L. **Esimese koldetäie süütamisel tuleb puud laduda koldesse 1cm vahedega ja nii et nad ei oleks vastu kolde seinasid. Ehk siis mitte vastu taga ja küljeseinasid.** Kaasaegsetes valmiskaminates (Romotop) näiteks selle probleemi vältimiseks kasutatakse lainelist šamotti. **Süüdata tuleb küttepuid alati pealt, et ei tekiks süütamise hetkel liiga palju suitsu.** Põlemise algfaasis on CO gaasi sisaldus suitsus väga kõrge. **Koldes ei tohi põlemine olla mitte kunagi väga raju.** Liigne põlemisõhk jahutab liigselt kollet ja põlemist. **Puugaasi põlemine toimub puudest 15cm kõrgusel. Selles tsoonis põleb 95% puugaasist. 5% põleb mujal.** Ideaalne põlemine toimub alati vee kaasabil. Kõige efektiivsem põlemine oleks siis kui iga 8 minuti järel lisatakse üks puuhalg. Selleks küll peaks puuhalg koldesse saama ilma ust avamata. Sellisel põhimõttel töötavad pelleti katlad ja kaminad. **Sööpinnas on põlemise temperatuur 500-600°C.** Puude lisamisel jahtub süsi 200°C -ni. Seega ei tohiks mitte kunagi puid koldesse lisada varem, kui söed ainult hõõguvad ehk siis süte põlemisel ei näe enam 5-10cm gaasi leeke. Söest eralduvad gaasid põlevad lõppfaasis minimaalselt 300°C juures. Seepärast tuleks puid alati lisada alles siis kui koldes on ainult söed ehk siis süte vahelt ei tule enam siniseid gaasileeke. Ka tuleks puid panna natuke vähem kui esimese koldetäie korral ja hästi tihedalt.

Puukütte puhul on soovitatav lisaks suitsuandurile kasutada ruumis kus asub küttekolle ka vingugaasi detektorit, mis siis paigaldatakse reeglina 30cm kõrgusele põrandast. Vanasti oli kass majapidamise vingugaasi anduriks. Kastepunkt korstnas on 45-65°C. Eesti oludes siis pigem minimaalselt 65°C.

## **PUITBRIKETT**

HN=4,8-4,9kw/kg

2 kg puitbriketis on max 10% vett. Sellest tulenevalt näiteks 11,8kg puitu ühe koldetäie kuhta tarbivasse ahju tuleks panna 9kg puitbriketti. Puitbriketi tihedus on 1,2kg/dm<sup>3</sup> kohta. **Tugeva pressimise tõttu põleb puitbrikett aeglasemalt.** Auk briketi sees suurendab põlemise pindala. Ka on soovitatav selline auguga ümarbriketi halg murda kolmeks. Briketi eelis on optimaalne kasutegur ja see et ta on kütmiseks kohe valmis. **Ka ei teki briketist peaaegu mitte üldse tuhka.** Tuhasus jääb alla 0,2% samas kui küttepuul on see 0,5%. Reeglina kasutatakse briketi valmistamiseks lehtpuu saepuru. Tänu puubriketile kasutatakse ka maksimaalselt puidutööstuse puit (jätmed) ära.

1 ruum puitu sisaldab ca 650 kg puitu ja ülejäänud on vesi. Turbabriketis on 30-40% niiskust ja väga suur väävli sisaldus.

**Suitsugaaside temperatuur korstnas väljumisel ei tohi olla alla 115°C.** Kehtib ka reegel, et mida külmem on ilm seda parem on tõmme. Kuna välisõhk on raskem, siis ta tungib ise ruumi. 20°C juures on ruumis alarõhk keskmiselt 30Pa.

Telistest ahi paisub kütmisel 4,5mm.

**Puit koosneb 85% ulatuses gaasilistest ainetest.** Puidu põlemisel põlevadki need gaasid. NO-lämmastikoksiidi teke on põlemise loomulik osa. Liiga suure kolde puhul salvestub liiga suur kogus soojust koldeseintesse, mispärast ei teki täielikku põlemist. **Liiga väikese kolde puhul ei põle kogu kütus koldes vaid esimestes lõõrides või korstnas.** Põlemine ei tohi olla liiga kiire ega liiga aeglane. **Parim põlemise aeg on 80 minutit.** Okaspuit põledes temperatuuril üle 1000°C ei pigita.

**Kõige tähtsam ahju ja kamina (küttekolde) hooldus on tuhasahtli tühjendamine.**

Tuharest puruneb kui ta ei saa jahutust. **Tuharesti temperatuur ei tohi ületada 650°C.** Malmis sisalduv grafiit soojeneb sissepoole. Üle 650°C temperatuuri juures tekib aga soojuspaisumine väljapoole ja rest deformeerub.

Normaalne ahju kolde kõrgus on 80cm, laius 42cm ja sügavus 51cm. Neel arvestatakse kolde kõrguse sisse. Põhjarestiga kolde maht on 1-14 -le.

Massiga **1750-2200m<sup>3</sup>/kg** loetakse kergeks šamotiks.

**Kivimaja kütteks sobib kamin või kergem ahi, aga puumajale hoopis massiivne ahi.** Reeglina arvestatakse soojavajadus 100w ühele ruutmeetriks. **Päris otse ei tohi suitsugaase koldest üles juhtida. Neel ja leegihajutaja hoiavad koldes**

**temperatuuri kõrgemana.** Põlemisgaaside reaktsioon lõpeb alla 400°C juures.

Pliidis ei tohiks veepudeleid kasutada.

**Õhk koldesse sisenedes paisub neli korda ehk siis 1L õhku paisub 4 liitri ja pärast tagasi.** Mida tihedam on puit seda aeglasemalt ta gaasistub. **Puuküte ei muuda ruumis õhuniiskust. Puugaasi põlemiseks on vaja 60% rohkem põlemisõhku.**

Terase paisumine on 5 korda suurem kui telliskivil.

Ahjude puhul ei tohi klaasiks olla suurem kui 1/6 kolde sisepindalast.

CO emissioon esitab nõudeid lisaks NO<sub>2</sub>-lämmastikoksiidi, orgaaniliselt seotud süsiniku ja tolmu sisaldusele suitsugaasides.

Kolde põhjapindala suuruse arvutus põhineb oletusel, et max kütusekoguse ei tohi ületada 33cm -st kõrgust. Umbse põhjaga kolde puhul arvestatakse 1kg kütusekoguse põletamiseks põhjapindala suuruseks 100cm<sup>2</sup> ehk siis 10L/1kg puitu.. **1kg puid annab (gaasistub) 4,8m<sup>3</sup> gaasi.**

**Kui ahju taga on õhuvahe vähemalt 11cm, siis loetakse ahju küttepinnaks ka tagasein.**

Lahtiste kaminatate puhul on väga oluline, et kolde sügavus ei ületaks 2/3 kolde kõrgusest, sest see langetab niigi ebaefektiivse kütteseadme kasutegurit.

**Tellised ja šamotid koosnevad 100% savist.** Savitellistes saab kasutada mustemat savi. Šamotis peab kasutama puhast savi, miss ei ole liiva ja raua rikas. Telliskivi valmistamisel töödeldakse savi 10-15% ulatuses veega ja saadud mass pressitakse ja põletatakse 900-1000°C juures. Šamoti puhul tehakse savile eelpõletus nii kõrgel temperatuuril, et see isegi klaasistub. Peale seda see mass purustatakse lahjendusmassiks, mis hiljem lisatakse plastilisele massile. Saadud massi põletatakse 1000-1200°C temperatuuril. **Kehtib reegel, et põletada tuleb kindlasti vähemalt sellel temperatuuril millele hiljem šamott peab vastu pidama.** Tänapäeval šamotid jagunevad kergšamotiks ja raskeks šamotiks.

Õhuvahega ahjudes eraldub soojus lainetena ja ahju välispind on 20°C madalam.

**Lõõri pikkus on reeglina 1,5xruutjuur puidukogusest ehk siis 9kg puitu vajava ahjulõõripikkus peab olema 4,5m.** Õhuvahe peab kahhelahjude puhul olema 1-2cm. Oluline on et suitsugaasid liiguksid **kiirusega vahemikus 2-4m/sec.** Lõõristiku läbinud suitsugaasi temperatuur peab olema ca 240°C. **1m korstnat tekitab reeglina survetaset 4Pa.** Seega 4m telliskorstna survetase on 16Pa.

Külma ilmaga või külmades ruumides kaminat-ahju ehitades-ladudes tuleks seguvesi kindlasti eelnevalt soojendada. Ka tuleks šamoti ladumisel vältida šamoti liigset märgumist. Spetsiaalsegud seovad vett keemiliselt. See annab võimaluse peale kolmandat kütmist minna üle täisvõimsusele. Muidu tuleb vähemalt 10 korda sisse kütta.

**Õieti ehitatud või paigaldatud küttekolde suits on helehall.**

Minimaalne salvestusmass peab olema 50 korda max. puidu kogusest ehk siis 10kg puidu puhul 500kg. Tavaliselt aga ehitatakse suhtes 10x80 = 800kg šamotti. Koos välimise ringiga 1750-2200kg.

**1kg puidu põlemiseks on vaja 8-10m<sup>3</sup> õhku.**

Kõik küttekollete arvutused ja testid on tehtud puuga mille niiskussisaldus on vähem kui 20%. **Minimaalne kütuse kogus on alati pool maksimaalsest.** Küttekolde pindala arvutatakse reeglina 800 kuni 1000xmax kütuse kogusega ehk siis kekmiselt 900X. 10kg puude koguse puhul on reeglina küttekolde põhjapindala 1m<sup>2</sup>.

**Iga 90' nurk vähendab survetaset 1,2Pa.** Liiga pika korstna puhul samuti jahtuvad gaasid liigselt. Salvestavate ahjude puhul annab 1m<sup>2</sup> välispinda 800W.

**Rusikareegel on et vihmamüts peab olema 1/2 lõõri mõõdust korstna otsast kõrgemal.**

Tavalise maja puhul arvestatakse et normaalne õhu juurdevool on 4Pa. Kunagi ei muudeta lõõride kõrgust vaid hoopis laiust. Kahhelahjude puhul peab lõõr ühtlaselt eespoolt tahapoole kahanema.

Vermikuliit on magneesiumi, alumiiniumi ja raua looduslikud silikaadid mida on paisutatud kuumutamise teel. Vermikuliit on naturaalne, hästi töödeldav ning lihtsalt käitletav (asbestivaba) mineraalkivi. Need isoleerivate omadustega paneelid taluvad ka väga kõrgeid temperatuure.

**Vermikuliitpaneelid ei ole veekindlad, mistõttu on vajalik "müts" ehk lisakatus korstna tipus.**

## Küttekolde OSAD

**Kolle sisuliselt jaguneb kolmeks. Kus puu gaasistub, siis kus gaasid põlevad ja lõplik põlemine kus põlevad tahkeosakesed ja gaasid.**

## Põlemisetapid.

Põletamisel võib eristada kolm etappi: Nende etappide ajal toimub tule eri osades mitmeid erinevaid keemilisi reaktsioone mille käigus tekib mitmeid erinevaid lõpp-produkte nagu CO<sub>2</sub>, CO ehk süsinikmonooksiid, süsivesinike heitmed, tahked osakesed ja lämmastikoksiidid.

Puidus toimuvaid nähtusi põlemise ajal on niiskuse aurumine, pürolüüs..

## Võimsuse kindlaksmääramine

### Sakslaste (Schmidi) valem m<sup>2</sup>xtoa kõrgusx0,07kw

Sobiva võimsuse väljaarvutamiseks ei ole absoluutset reeglit. See võimsus sõltub ruumist, mida köetakse ja suures osas ka isolatsioonist. Keskmiselt on vajalik soojust tekitav võimsus sobivalt isoleeritud ruumi puhul 40 kcal/h m<sup>3</sup> kohta (0°C välistemperatuuri juures).

Kuna 1 kW vastab 860 kcal/h, on vajalik väärtus 50 W/m<sup>3</sup>.

Oletame, et te soovite kütta 150m<sup>3</sup> suurust ruumi(10x6x2,5m) isoleeritud elamus. Teil on vaja **150m<sup>3</sup> x 50W/m<sup>3</sup>=7500W või 7,5 kW**. Seega piisab üldkütte jaoks vaid 10 kW ahjust täiesti!

INVICTA juhendist väljavõte.

Küttematerjal	Kogus	Põlemise orienteeruv kütteväärtus		Nõutav kogus 1 kilo kuiva puu kohta
		Kcal	kW	
Kuiv puu (15% niiskust)	kg	3600	4.2	1,00 kg
Märg puu (50% niiskust)	kg	1850	2.2	1,95 kg
Puubrikett	kg	4000	5.0	0,84 kg
Draakpüsti küttekivi	kg	1800	5.6	0.75 kg

Normaal antratsiit	kg	7700	8,9	0,47 kg
Koks	m <sup>3</sup>	6780	7.9	0,53 kg
Looduslik gaas	L	7800	9.1	0,43 m <sup>3</sup>
Masuut	kW/h	8.500	9.9	0,42 L
Elekter		860	1.0	4,19 kW/h

### **Mis tüüpi puu valida?**

On tõsi, et mõned puud annavad rohkem sooja kui teised.

### **MÄRG PUU PÕLEB KÕIGE HALVEMINI. MIDA KUIVEM ON PUU, SEDA PAREMINI SEE PÕLEB.**

Mitmed puud nagu pöökpuu, mille erikaal. on suur, põlevad kauem, kui kerged puud nagu paju.

Teatud puud süttivad kergemini kui teised.

Suitsu hulk sõltub puu tüübist ja mõningad eriomadused on samuti huvitavad ära märkida:

näiteks: kergus, millega puu põleb,

kas see lõheneb kergesti,

kas sel on kalduvus puruneda.

### **KÕIGE OLULISEMAKS JÄÄB SIISKI SOOJUSE HULK, MIDA ÜKS PUUTÜKK ON VÕIMELINE TEKITAMA.**

Ühel tihumeetril puudel, mille erikaal on suur, on selgelt suurem soojust tekitav potentsiaal kui ühel tihumeetril puudel, mille erikaal on pigem väike (näiteks pöökpuu võrreldes papluga).

Alltoodud tabel toob ära vahekorra mitmete puude mahu ja kaalu vahel:

Valgepöök	400-500 kg/m <sup>3</sup> kohta
Tamm	380-480 k g/ m <sup>3</sup> kohta
Pöökpuu	350-450 kg/ m <sup>3</sup> kohta
Kask	300-400 kg/ m <sup>3</sup> kohta
Lehis	300-400 kg/ m <sup>3</sup> kohta
Mänd	300-400 kg/ m <sup>3</sup> kohta
Pappel	250-350 kg/ m <sup>3</sup> kohta
Kuusk	250-350 kg/ m <sup>3</sup> kohta
Akaatsia	250-350 kg/ m <sup>3</sup> kohta

### **Erinevate puuliikide kütteväärtused.**

**Kuiv puu põleb puhtamalt.** Kuivas halus on niiskust umbes 15-19%, märjas puus aga 50%. Erinevused on ka selles, kui palju soojust annavad erinevad puuliigid põledes. See tuleb puuliikide erinevast tihedusest ja erikaalust – mida suurem on puu erikaal, seda rohkem see eraldab põledes soojust. Heaks näiteks on raske kasepuu, mida on alati heaks põletuspuuks peetud. Kaminapuudeks saabki soovitada tasaselt ja ühtlaselt põlevat kaska või leppa.

		<b>Ruumimeetri kaal (kg)</b>	<b>Kütteväärtus (kcal/kg)</b>	<b>Kütteväärtus (milj kcal/m<sup>3</sup>)</b>
1	Kask, laotud (25% niiskust)	472	3230	1,525
2	Mänd, laotud (25% niiskust)	383	3320	1,272

	niiskust)			
4	Haab, laotud (25% niiskust)	360	3125	1,125
5	Kuusk, laotud (25% niiskust)	337	3235	1,090

Tabelist nähtud andmete järgi võib pidada parimateks küttepuid liikideks kaske ja leppa just tänu oma heale kütteväärtusele ja tasasele põlemisele nii lahtistes kui ka suletavates küttekolletes.

Okaspuu kahjuks räägib siin see, et nad kipuvad põledes intensiivselt praksuma ja sädemeid pilduma. Ei sobi kaminapuuks.

### SOOMLASED SAMAS PEAVAD PARIMAKS KÜTTEPUUKS MÄNDI. OKASPUU PÕLEDES TEMPERATUURIL ÜLE 1000°C EI PIGITA.

Kütuste põletamisel on muidugi oluline saada võimalikult palju soojust. Erinevate kütuste põletamisel eraldub erinev hulk soojust. Mida rohkem soojust on sama koguse kütuse põletamisel võimalik saada, seda parem ja väärtuslikum on kütus. Kütuse väärtuslikkuse iseloomustamiseks on kasutusele võetud ka eriline mõiste – **kütteväärtus**. Kütteväärtus on hulk soojust ehk teaduslikus keeles *soojushulk*, mis vabaneb 1 kg kütuse põlemisel. Kütteväärtust väljendatakse tahkete kütuste puhul ühikutes **kcal/kg** (kilokalorit kilogrammi kütuse kohta) ning gaasiliste kütuste puhul **kcal/m<sup>3</sup>** (kilokalorit kuupmeetri kütuse kohta).

Kus oled varem kohanud ühikut kcal?

.....

*Vaatame, millised on erinevate kütuste kütteväärtused!*

(erineva kvaliteediga samal kütusel võib olla erinev kütteväärtus)



*puu*  
2500-3600 kcal/kg



*turvas*  
1500-4700 kcal/kg

*põlevkivi* 1500-4400 kcal/kg  
*kivisüsi* 5000-7500 kcal/kg  
*nafta* 10400-11000 kcal/kg  
*maagaas* 7000-9000 kcal/m<sup>3</sup>  
*biogaas* 4800 – 6000 kcal/m<sup>3</sup>