

*Dražen Harasin
Mladen Puljić*

RAZLIČITI OBRASCI LOŽENJA VATRE U PREŽIVLJAVANJU U PRIRODI

1. UVOD

Otvoreno ložište najrudimentarniji je oblik čovjekove eksploatacije vatre. Također, ono predstavlja važan element čovjekovog preživljavanja u prirodi. Sve potrebne sastavnice takvog ložišta mogu se pronaći ili proizvesti u prirodi. To podrazumijeva pronalazak prikladnog goriva u prirodi, njegovu eventualnu prilagodbu za korištenje te metodu paljenja vatre koja može biti pomoću suvremenih pomagala, koristeći neku od primitivnih tehnika pomoću materijala iz prirode, ili kombinacijom jednog i drugog. Takav tip ložišta odnosi se na gorenje određene vrste goriva na otvorenom prostoru, s potpuno slobodnim pristupom zraka do goriva koje izgara. Dvije najvažnije koristi otvorenog plamena u preživljavanju čovjeka u prirodi su očuvanje tjelesne temperature u uvjetima niske temperature okoline i termička obrada hrane. Iako za zadovoljenje ove dvije ljudske potrebe može biti potrebna ista ukupna količinu oslobođene topline, one podrazumijevaju različitu potrebnu temperaturu i različit potreban vremenski interval izgaranja drveta. Termička obrada hrane zahtijeva višu temperaturu vatre kroz kraći vremenski period, a grijanje, ovisno o temperaturi okoline, najčešće podrazumijeva nešto nižu temperaturu kroz dulji vremenski period gorenja. Postoje pretpostavke, da je na ova dva različita potrebna izlaza otvorenog vatrišta, uz jednaku i možebitnu ograničenu količinu goriva, moguće utjecati različitim načinima dodavanja goriva na ložište. U razmatranjima koja slijede pokušat će se pronaći argumenti za postavljanje ovakve istraživačke hipoteze.

2. OTVORENO LOŽIŠTE U PREŽIVLJAVANJU U PRIRODI

Karakteristike drva kao goriva

Za primitivna plemena, vatra je predstavljala kontrolirani način oslobađanja pohranjene energije u obliku topline iz goriva, putem procesa izgaranja, odnosno vatre. Goriva koja su korištena u tu svrhu morala su biti ugljikom bogate organske tvari, a potjecala su od vegetacije (npr. drvo), životinjskih nusproizvoda (npr. osušeni izmet, životinjska mast) ili fosilnih goriva (npr. treset). U eksperimentu prokuhavanja vode s gorivom različitog porijekla (tablica 1), koji su proveli Braadbaart i suradnici (2012), vrlo se jasno vide razlike između navedena tri tipa goriva.

Tablica 1. Rezultati eksperimenta prokuhavanja vode (Braadbaart i suradnici, 2012)

	Drvo (Hrast, 9,2% H ₂ O)	Treset (12,4% H ₂ O)	Kravlji izmet (7,9% H ₂ O)
Maksimalna postignuta temperatura vatrišta (°C)	800	800	800
Vrijeme potrebno za prokuhavanje 3 litre vode (min)	20	35	35
Potrebna količina goriva za prokuhavanje 3 litre vode (g)	740	915	1100
Potrebna količina goriva za kuhanje vode 60 minuta (g)	1550	1300	1300
Potrebna količina goriva za održavanje vatre 60 minuta (g)	660	300	520

Arheološki nalazi upućuju na dvije metode prikupljanja goriva kroz povijest. Prvi način odnosi se na sakupljanje najdostupnijeg goriva, po principu najmanjeg energetskeg ulaganja u sakupljanje. Drugi način podrazumijeva primjenu određenog kriterija, koji se primjerice odnose na kvalitetu sagorijevanja, fizikalna svojstva, simbolične ili ritualne vrijednosti i funkciju vatre (Out, 2009). Znanje pravilnog odabira te prilagodbe drveta kao goriva, od iznimne je važnosti u situacijama preživljavanja u prirodi. Za čovjeka koji se nađe u takvoj situaciji te mu je vatra nužna potreba zbog niza okolnosti, prvo će biti potrebno odabrati drvo koje će se daljnje procesirati. U uvjetima vlažnog okoliša i niskih temperatura, najčešće neće biti moguće koristiti drvo koje leži na tlu, nego će biti potrebno koristiti suho i zdravo drvo koje stoji u zraku, s uzdužnom osi u okomitom položaju u odnosu na tlo. U zimsko doba kada u krošnji nema lišća, često nije jednostavno procijeniti koje je drvo „mrtvo“ i suho, a koje „živo“ i vlažno. Indikatori poput kore koja se počela odvajati ili pucanja grančica mogu biti dobri pokazatelji suhoće drveta. Također, drvo prislonjeno uz obraz koje nije hladno, trebalo bi značiti odsustvo vlage u drvetu. Daljnje procesiranje odabranog drveta, ovisit će o mnogočemu. Prije svega, o dostupnim alatima, vremenskim uvjetima, funkciji vatre, dostupnosti okolne vegetacije kao goriva za inicijalno paljenje vatre itd. Da bi drvo gorjelo, potrebno je osigurati izvor topline i dovoljnu količinu zraka. Gorenje drveta bi se moglo opisati kroz tri faze. U prvoj fazi događa se zagrijavanje i isparavanje. Nakon što se drvo izloži izvoru topline uz prisutnost zraka, temperatura drveta počinje rasti. Kako se temperatura približava 100°C, voda u drvetu počinje klučati i isparavati. Dokle god se voda nalazi unutar drveta, njezino klučanje i isparavanje uzimaju dio toplinske energije s izvora topline te se na taj način stanice drveta sprječava da upijaju toplinu i podižu temperaturu. Vлага mora biti izbačena iz drveta prije nego nastupi izgaranje. Zbog toga je drvo s visokim postotkom vlage vrlo teško zapaliti. Nord-Larsen i suradnici (2011) preporučuju količinu vlage od 180 grama vode po

kilogramu drveta za ogrjevno drvo. Tek nakon što je voda isparila, a temperatura drveta porasla iznad 280°C, nastupa druga faza. To je faza u kojoj se proizvodi toplina, a nastaje na dvije temperaturne razine, odnosno, primarnim i sekundarnim sagorijevanjem. Proces kojim se zapaljivi plinovi oslobađaju iz drveta te izgaraju, naziva se primarno sagorijevanje. Ono započinje na oko 280°C te nastavlja dalje prema 480°C. Fizikalna struktura drveta počinje se rapidno raspadati iznad 300°C, a očituje se pocrnjivanjem drveta te nizom malih pukotina na drvetu, okomitih na smjer vlakana (Drysdale, 2011). Pukotine omogućavaju plinovima da lakše napuste drvo. Nastavkom gorenja te pukotine postaju sve veće. Primarno izgaranje oslobađa i velike količine neizgorelih plinova, uključujući metan, metanol kao i neke kiseline, vodenu paru te ugljični dioksid. Ti neizgoreni plinovi, nazivaju se sekundarni plinovi te ne izgaraju blizu drveta, zbog nedostatka kisika (koji se dominantno iskorištava za primarno sagorijevanje) ili nedovoljno visoke temperature. Uvjeti potrebni za gorenje sekundarnih plinova su dovoljna količina kisika i temperatura od minimalno 590°C. Količina dostupnog zraka je kritična jer premalo zraka neće podržati gorenje, dok će previše zraka sniziti temperaturu do točke kada se izgaranje plinova zaustavlja. Također, ukoliko je drvo vrlo vlažno, velika količina toplinske energije će se trošiti na isparavanje vode, dok će vodena para zauzeti prostor u kojem bi trebao biti dostupan zrak. To rezultira neekonomičnim gorenjem, popraćenim povećanom produkcijom štetnih plinova po okoliš i zdravlje ljudi (Nord-Larsen i suradnici, 2011). U trećoj fazi, nakon što su oslobođeni svi plinovi iz drveta, ugljikovi lanci celuloze i lignina ostaju u njemu. Ugljik (ugljen) gori dugo vremena s niskom razinom stvaranja topline. Gorenje ugljena bitno je zbog oslobađanja dodatne energije te samim time i ukupni postotak sagorijevanja. Također, ugljen gori vrlo dugo te se po potrebi na njega može dodati novo drvo te tako ponovno započeti proces gorenja drveta.

Paralelno i poprečno dodavanje drveta na ložište

Za dobro sagorijevanje drveta, vatra treba opskrbu zrakom na dvije razine. Prvu razinu čini zrak kojeg vatra dobiva ili u visini drveta koje gori ili ispod njega, a naziva se primarni dovod zraka. On se miješa s plinovima koji su tek oslobođeni iz drveta te omogućava inicijalno paljenje plinova. Sekundarni dovod zraka dolazi uvijek iznad razine drveta te se miješa i podržava gorenje nesagorelih plinova i čestica nošenih zračnom strujom, (Soderstrom, 1982). Za razliku od suvremenih peći kojima je moguće regulirati dovod zraka te samim time i regulirati brzinu izgaranja, kod otvorenog ložišta dotok zraka je uvijek slobodan pa su zbog toga otvorena ložišta vrlo neekonomična. U prilog toj tvrdnji ide činjenica koju iznosi Soderstrom (1982), kako otvorena ložišta u kućama imaju efikasnost oko 15-25%, što zapravo znači da se iskorištava samo 15-25% ukupnog toplinskog potencijala drveta koje se loži. Treba uzeti u obzir da su otvorena ložišta u kućama svakako ekonomičnija od onih

u prirodi jer zidovi i dimnjak apsorbiraju te isijavaju oko 5-15% ukupnog toplinskog potencijala, (Soderstrom, 1982). Ipak, moguće je postići modularnost u smislu trenda oslobađanja topline na otvorenim ložištima, i to na dva načina. Prvi je dodavanjem drveta na određene načine, čime je moguće povećati ili smanjiti primarni dotok zraka u vatrište, a drugi način je povećanje izložene površine drveta, čime se olakšava oslobađanje zapaljivih plinova iz drveta i samim time ubrzava gorenje i povećava temperatura. Postoje brojni načini slaganja drveta prije samog paljenja vatre te svaki od njih podrazumijeva određeni oblik tj. konstrukciju od komada drveta koja doprinosi željenoj funkciji vatre. Međutim, ubrzo nakon razgorijevanja vatre, bilo kakva konstrukcija koja je postojala pretvorit će se u sloj žari na koju je potrebno dodati nove komade drveta da bi se gorenje nastavilo. Dva su osnovna obrasca dodavanja drveta u ložište, paralelno i poprečno dodavanje. Kod paralelnog dodavanja, drva se slažu jedno do drugoga, na način da su im uzdužne osi približno paralelne. Ovakvo ložište gori sporije te na nižim temperaturama, što je naročito pogodno u situacijama ograničene količine goriva i potrebe za dugotrajnom vatrom. Prvi razlog zašto ovaj tip ložišta sporije gori je zbog njegove konstrukcije koja otežava primarni dotok zraka, što rezultira otežanim i usporenim izgaranjem, što se pak očituje kao povećano stvaranje dima. Drugi mogući razlog je činjenica da je termalna konduktivnost oko dva puta veća u smjeru paralelno s vlaknima nego okomito na njih (Hoadley, 2000), a još je izraženija razlika u propusnosti plinova koji se oslobađaju iz drveta. Plinovi nastali tik ispod površine drveta, puno će lakše izaći van uzduž vlakana negoli u smjeru okomito na vlakna. Očigledni je primjer pojava „mlazova“ isparavanja ili plamena iz krajeva komada drveta ili čvorova na drvetu (Drysdale, 2011). Zbog činjenice da je topli zrak manje gustoće te samim time i lakši od hladnog, smjer stvorene topline i plamena, izuzevši radijaciju, prema gore je, što se ilustrativno može opisati kao „stup“ topline iznad vatre. Kako su drva kod ovog ložišta položena okomito na taj smjer topline i plamena, mehanizam usporene konduktivnosti okomito na vlakna ovdje dolazi do izražaja jer će se toplina unutar drveta sporo širiti, čime se ukupno gorenje sporije odvija. Kod poprečnog načina slaganja, drva se postavljaju jedno na drugo poprečno i u krug, na način da se jedan kraj drveta nalazi na sredini kruga, odnosno u središtu vatre, dok su nasuprotni krajevi na obodu kruga oko ložišta. Pošto krajevi drveta u središtu ložišta naliježu jedan na drugi, ovo je ložište više u odnosu na paralelno te ima oblik stošca s vrhom pod tupim kutom. Takva konfiguracija omogućava bolji primarni dovod zraka ispod složenih drva dok krajevi drveta koji su koncentrirani u sredini omogućuju brzo oslobađanje zapaljivih plinova. Također, pošto su drva postavljena pod određenim kutom u odnosu na smjer topline i plamena, olakšana toplinska konduktivnost paralelno s vlaknima sada omogućava brže širenje topline kroz drvo. Sve skupa rezultira visokim plamenom, velikom temperaturom ložišta i velikom količinom svjetlosti te malom količinom dima. Ovakav tip ložišta pogodan

je za termičku obradu hrane, prokuhavanje vode, osvjetljavanje područja u blizini vatre i signalizaciju.

3. ZAKLJUČAK

Iz svega do sada navedenog može se pretpostaviti da dodavanjem drveta uz drvo „paralelno“ smanjuje se za izgaranje količina dostupnog kisika pa će gorenje biti sporije i temperatura vatre niža, dok se dodavanjem drveta na drvo „poprečno“ povećava količina za izgaranje dostupnog kisika pa će izgaranje biti brže i temperaturni izlaz vatrišta veći. Paralelnim dodavanjem goriva gorivo će izgarati sporije u duljem vremenskom periodu, dok će poprečnim gorjeti većom temperaturom, brže, u kraćem vremenskom periodu. Kako je minimalna temperatura okoline da se u njoj boravi kroz dulji vremenski period 16°C (Guyton, 2005) osobi koja je u situaciji preživljavanja bilo bi korisno znati kolikom temperaturom će koje vatrište grijati na različitim udaljenostima od vatre jer jedan način dodavanja goriva, bez obzira na dulji period izgaranja, možda neće pružiti dovoljnu količinu topline u cijelom periodu izgaranja. Također, osobi koja je u situaciji da u prirodi preživljava bit će interesantno znati koje su razlike u ukupnom vremenu izgaranja goriva u spomenutim obrascima slaganja drveta jer će u slučaju ograničene količine goriva, radi očuvanja tjelesne temperature, gorivo jednim od ova dva obrasca moći prištedjeti, odnosno vatru će, uvjetno rečeno, biti moguće ostaviti bez nadzora kroz dulji vremenski period u slučaju spavanja ili potrebe napuštanja tabora. Glavno pitanje koje bi si osoba koja je u situaciju da regulira jednu od ovih svojih potreba u prirodi trebala postaviti: Koju je temperaturu ovisno o vremenskom intervalu izgaranja moguće postići „paralelnim“ obrascem dodavanja drveta, a koju je temperaturu ovisno o vremenskom intervalu izgaranja moguće postići „poprečnim“ obrascem dodavanja drveta na vatrište? U tom smislu, čini se potpuno opravdanim, postavljanje ovakve istraživačke hipoteze u nekima od sljedećih istraživanja.

4. LITERATURA

1. Braadbaart i suradnici (2012) Fuel, Fire and Heat: an experimental approach to highlight the potential of studying ash and char remains from archaeological contexts. *Journal of Archaeological Science*, 39(4), 836-847.
2. Drysdale, D. (2011) *An Introduction to Fire Dynamics 2nd Edition*. New York: John Wiley & Sons.
3. Guyton, A.C. (2005) *Textbook of Medical Physiology*, 11th Eleventh Edition. Philadelphia: Saunders Co.
4. Hoadley, R.B. (2000) *Understanding Wood: A Craftman's Guide to Wood Technology*. Newtown: The Taunton Press.

5. Nord-Larsen, T. i suradnici (2011) Drying of firewood – the effect of harvesting time, tree species and shelter of stacked wood. *Biomass and Bioenergy*, 35(7), 2993-2998.
6. Out, W.A. (2009) Firewood collection strategies at Dutch wetland sites in the process of Neolithisation. *The Holocene*, 20(2), 191-204.
7. Soderstrom, N. (1982) *Heating Your Home with Wood*. New York: Harper & Row.