

B. PROIZVODNJA PELET

V glavnem lahko proces proizvodnje pelet razdelimo v tri dele; (I) dobava in priprava surovine, (II) obdelava ter (III) distribucija. Obdelavo oz. proizvodnjo pelet lahko razdelim na več podfaz, katerih število je odvisno predvsem od uporabljene surovine (npr. lesni, žaganje oz. sekanci ali hlodovina).

- Dobava in priprava surovine
- Obdelava:
 - a. Mletje,
 - b. Sušenje,
 - c. Kondicioniranje
 - d. Peletiranje
 - e. Hlajenje
 - f. Sejanje
 - g. Embaliranje
- Distribucija

V vsak del procesa je mogoče vključiti merila za kontrolo in zagotavljanje kakovosti.



Slika 1: Shema proizvodnega procesa pelet (Vir: EnergieAgentur.NRW)

3. Vrsta surovine

Teoretično je za izdelavo pelet mogoče uporabiti katerikoli material iz lesne biomase. Surovina, ki se v Sloveniji največkrat uporablja za izdelavo pelet je žagovina iz žagarskih obratov ali ostružki in lesni prah iz drugih lesno-predelovalnih obratov. Ponekod v Evropi pa se zaradi pomanjkanja tovrstnih lesnih ostankov vedno več uporabljajo tudi sekanci in manj kakovostna hlodovina.

Oblika in lastnosti uporabljene surovine ima znaten vpliv na stroške proizvodnega procesa ter lastnosti končnega proizvoda:

Hlodovina slabe kakovosti – v procesu izdelave pelet predstavlja največje stroške, saj je potrebno surovino najprej mehansko obdelati (zmleti) in nato še posušiti na ustrezno vlažnost.

Industrijski lesni sekanci - so mehansko zdrobljeni ostanki ali stranski proizvodi iz lesnopredelovalne in žagarske industrije. Industrijski sekanci iz žagarskih obratov so lahko zaradi pogojev skladiščenja kontaminirani z minerali, pri industrijskih sekancih iz lesnopredelovalnih obratov pa je možnost kontaminacij običajno manjša, saj se večinoma uporablja že žagan les. V procesu proizvodnje jih je potrebno še dodatno zdrobiti/zmleti v t. im. kladivarjih. Ker običajno vsebujejo manjši delež vode so stroški sušenja (v primerjavi s hlodovino slabše kakovosti) nižji.

Gozdni sekanci - prihajajo neposredno iz gozda in se jih uporablja predvsem za pridobivanje toplote v industrijskih pečeh. Za izdelavo pelet so zaradi velikega deleža nečistoč in skorje manj primerni.

Lesni prah in žaganje – nastane v procesu razžagovanja in obdelave lesa v lesnopredelovalni industriji in je zato možnost kontaminacij z nečistočami zelo majhna. Žaganje in lesni prah sta kot surovina najbolj primerna za izdelavo pelet saj nadaljnja predelava takšne oblike lesa predstavlja najmanjše stroške nadaljnje predelave. Žagovina, lesni prah in skobljanje iz lesnopredelovalne industrije so po velikosti primerni za peletiranje brez dodatne predelave, vendar se surovino običajno še dodatno melje (v kladivarju) saj se tako zagotovi večjo homogenost delcev. Medtem, ko je industrijske in gozdne sekance ter žagovino potrebno pred peletiranjem ustrezno posušiti v primeru lesnega prahu iz lesnopredelovalne industrije to ni potrebno.

Lesna vrsta - neto kalorična vrednost se med posameznimi lesnimi vrstami ne razlikuje signifikantno. Za les listavcev je v primerjavi z iglavci značilen nekoliko višja delež pepela. Zato obstaja možnost, da peleti proizvedeni le iz lesa listavcev prekorajo mejno vrednost pepela, ki jo navaja standard SIST EN ISO 17225-2. Z ustreznim razmerjem med lesom iglavcev in lesom listavcev se je povišanemu deležu pepela mogoče izogniti. Z uporabo lesa iglavcev se zmanjša možnost povečanega deleža dušika in klora, lahko pa se poveča možnost prekoračitve mejne vrednosti žvepla. Če so peleti izdelani le iz bukovega lesa je možnost, da je presežena mejna vrednosti dušika večja. Na splošno so listavci nekoliko manj primerni za izdelavo pelet kot iglavci. Eden od razlogov je nižja vsebnost/delež lignina v lesu listavcev, ki v fazi peletiranja deluje kot adheziv (lepilo) in posledično vpliva na obstojnost in odpornost pelet.





Slika 2: Najpogosteje uporabljena surovina za izdelavo pelet (vir: www.german-pellets.de)

4. Mletje

Ciljna velikosti delcev za izdelavo pelet (premera 6 mm) je 4 mm, vendar so nihanja sprejemljiva, če to dopuščajo peletirna naprava in lastnosti surovine; za izdelavo pelet večjih premerov pa so dopustni tudi sorazmerno večji delci. Velja, da z manjšanjem velikosti delcev narašča pretvorbena učinkovitost (za manjše delce je namreč značilno hitrejše in učinkovitejše izgorevanje). Na drugi strani proizvajalci pelet strmiijo k čim manjši porabi energije v fazi mletja, ki se ustrezno veča z manjšanjem velikosti delcev (manjša kot je želena velikost delcev, večja je poraba energije).

Surovina se običajno melje v napravah za mletje ali kladivarjih (ang. hammer mills), saj je z njimi mogoče doseči primerno velikost in homogenost delcev. Osnovni sestavni del kladivarja so, kladiva s karbidno kovinsko prevleko vpeta v rotor. Kladiva material potiskajo ob stene tako imenovanega mlelnega mostu, ki je nameščen na ohišju naprave, kjer se vrši mletje. Velikost delcev je odvisna od sita, skozi katerega potujejo delci. Manjša kot je želena končna velikost delcev, večja je poraba energije in posledično večji stroški.

Preveč vlažna surovina se težje mletje, saj material zabije sita. Material z nekoliko večjo vsebnostjo vode pa na drugi strani zmanjša možnost požarov ali eksplozij. Poleg tega je sušenje hitrejše če so delci manjši.

5. Sušenje

Proces denzifikacije (zgostitve) v peletirni napravi je odvisen od trenja med kanali matrice in surovino, ki je med drugim odvisno tudi od vlage surovine. Zato je potrebno zagotoviti optimalno vlago surovine, ki bo v skladu z uporabljeno tehnologijo peletiranja. Surovine z ustrežno vlago ni potrebno sušiti; npr. skobljanja ali lesnega prahu iz lesnopedelovalne industrije ali žagarskih obratov.

Če se pred peletiranjem izvaja kondicioniranje surovine, je potrebno režim sušenja prilagoditi tako, da bo po sušenju vlažnost surovine nekoliko pod optimalno vrednostjo za peletiranje. Kondicioniranje namreč do določene mere vsebnost vode še poveča.

Čas od 10 do 24 ur v (vmesnem) skladiščnem prostoru z zmernimi pogoji omogoča izravnavo vlage v že posušeni surovini. To je pomembno posebej v primeru lesnih sekancev saj je neposredno po sušenju vsebnost vlage (zaradi velikosti delcev) v sredini delca večja kot v zunanjih predelih. Nekateri proizvajalci sušilnikov zato priporočajo mletje sekancev pred sušenjem. Takšen pojav je veliko manj izrazit v primeru žaganja in lesnega prahu. Učinkovita je uporaba vmesnih skladišč (v silosih), s čimer se loči fazo sušenja in peletiranja, zaradi česar je celoten proces proizvodnje bolj fleksibilen.

Osnove sušenja – Les vsebuje prosto (nevezano) vodo, ki se nahaja v celičnih lumnih ter vodo, ki je vezana v celične sete lesnih vlaken. Delež proste vode je večji od deleža vezane vode za odstranitev pa je potrebno relativno malo energije. Točka ko les vsebuje vso vezano vodo in nič proste vode se imenuje točka nasičenja celičnih sten; takrat ima les približno 30% vlažnost (odvisno od lesne vrste). Za odstranitev vezane vode je potrebna večja ostrina sušenja zato je poraba energije večja.

Sušenje na prostem

Najenostavnejši način sušenja je naravno sušenje na prostem ali pokritih skladiščih. Kup surovine/materiala je v tem primeru potrebno redno obracati, saj tako pospešimo izhlapevanje vode. Lesno surovino je na takšen način mogoče posušiti le do določene vlažnosti, pred procesom peletiranja pa je nujno še prisilno sušenje do zelene/optimalne vlažnosti.

Prisilno sušenje

Sušenje surovine do vlažnosti približno 10% je ključno za številne tehnologije peletiranja. Prisilno sušenje se izvaja z vrsto naprav, ki se razlikujejo bodisi po načinu transporta surovine, bodisi po smeri vpihovanja sušilnega medija, temperaturi medija ipd. Najpogostejši sistemi sušenja so opisani spodaj:

Cevni sušilniki

Za sušenje surovine v postopku peletiranja se najpogosteje uporabljajo bobenski ali cevni sušilniki. V cevni sušilnikih se material ogreva posredno, kar pomeni, da ni kontakta med medijem in sušečim materialom. Tako je material mogoče posušiti pod manj ostrimi pogoji pri 90 °C. Poleg tega nižje temperature zmanjšajo emisije organskih in drugih substanc. Kot grelni medij se najbolj pogosto uporablja para, termično olje ali voda. Vhodna temperatura je odvisna od vrste sušilnika in grelnega medija ter se giblje med 150 in 210 °C.

Cevni sušilniki običajno delujejo po principu nasprotnega toka, kar pomeni, da se vhod grelnega medija v napravo nahaja na nasprotni strani kot vhod surovine. Porabljena količina toplote je približno 1000 kWh na tono izparjene vode.

Osrednji del cevnega sušilnika je skupek cevi, ki se vrti okoli horizontalne osi. Grelna površina je sestavljena iz niza cevi, ki so zvezdasto razporejene okoli osrednje gredi. Grelni medij teče skozi cevi, surovina pa obdaja cevi iz vseh strani. Na zunanjih delih cevi so transportne lopate, ki transportirajo material horizontalno vzdolž osi in povzročajo konstanten kontakt surovine z grelno površino, kar omogoča zelo dober prenos toplote. Vpihavanje toplega zraka še izboljša prenos toplote in hkrati omogoča krajši čas sušenja. Cevni sušilniki so običajno opremljeni s sistemom sesanja izpušne pare ter sistemom za zmanjšanje emisij praha.

Cevni sušilniki so primerni za sušenje sekancev in žagovine ter predstavljajo naj sodobnejši način sušenja na področju peletiranja.



Slika 3: Cevni sušilnik (Vir: www.buettner-energy-dryer.com in www.vettertec.de)

Bobenski sušilnik

Bobenski sušilniki predstavljajo najnovejši način sušenja v proizvodnji pelet. Pri bobenskem načinu sušenja se lahko koristi posreden ali neposreden način segrevanja surovine. V sušilnikih z neposrednim načinom segrevanja se grelni medij (npr. zrak primerne temperature) dovaja direktno v sušilnik. V sušilnikih z posrednim gretjem sušilni medij (vroč zrak) ustvarja izmenjevalec, ki ga lahko poganjajo topel zrak, para, termično olje ali vroča voda.

Material se v bobne dovaja preko rotirajočega polža. Boben se vrti le z nekaj obrati na minuto, medtem ko se material transportira s pomočjo toka grelnega medija / plina. Proces sušenja spodbujajo še lopatice nameščene na notranjo steno cilindra, ki material še dodatno mešajo. Na koncu se posušen material izprazni pnevmatično.

Vhodna temperatura bobenskega sušilnika je med 300 in 600 °C odvisno od izvedbe. Pri tako veliki temperaturi pa pride tudi do emisij topnih organskih snovi, ki v stiku z dušikovimi oksidi in sončno

svetlobo lahko tvorijo ozon in škodljive foto-oksidante. Zaradi tega so potrebni kompleksni izpušni sistemi, npr. sistemov za zmanjšanje prahu in sistemov naknadnega izgorevanja. Poleg tega lahko pri neposrednem sušenju pride do nastanka pepela v sušečem se materialu, kar pomeni tudi večji delež pepela v peletih.

Porabljena količina toplote je približno 1000 kWh na tono izparjene vode.



Slika 4: Bobenski sušilnik (Vir: www.buettner-energy-dryer.com)

Tračni sušilniki

Tračni sušilniki se med številnimi aplikacijami lahko uporabijo za sušenje žagovine. Odvisno od izvedbe naprave, vhodna temperatura grelnega medija variira med 90 in 110 °C in izhodna temperatura med 60 in 70 °C. Tako nizke temperature predstavljajo manjšo ostrino sušenja in preprečuje emisijo snovi s specifičnim vonjem.

Tračni sušilniki lahko delujejo tako na način neposrednega gretja s toplim zrakom kot tudi na način posrednega gretja z izmenjevalnikom toplote v kombinaciji s paro, termičnim oljem ali vročo vodo. Trak se kontinuirano polni preko rotirajočega polža. Izpušni ventilator piha sušilni medij na trak in surovino. Nenehno čiščenje traku zagotavlja rotirajoča ščetka ter visokotlačni tračni čistilni sistem.

Poraba toplote je okoli 1200 kWh na tono izparjene vode, kar je le nekoliko več kot v primeru cevne in bobenskega sušilnika.

Tračni sušilniki so lahko vodeni popolnoma avtomatizirano s primernim kontrolnim sistemom. Vsebnost vlage materiala se meri ob izhodu, glede na meritve pa se nato prilagaja hitrost traku.

Potrebno je omeniti, da je zaradi mirovanja surovine možno nastajanje skupkov surovine, kar lahko povzroči neenakomerno porazdelitev vlage pri izhodu. Slednje lahko predstavlja težave v procesu peletiranja, saj naj bi se vsebnost vlage pri vstopu v peletirno napravo gibala med 8 in 12 %.

Tračni sušilniki so precej veliki, investicija pa je običajno večja kot v primeru cevnega in bobenskega sušilnika. Pod ustreznimi pogoji pa se investicija izplača, saj tračni sušilniki delujejo pri nižjih temperaturah, kar ne zmanjša le stroškov sušenja, ampak je porabljeno toploto mogoče tudi naknadno porabiti.

6. Kondicioniranje

Kondicioniranje je faza dodajanja pare ali vode pripravljenu (posušenemu) materialu pred fazo peletiranja. Z dodajanjem pare ali vode, na površini delcev nastane vležen sloj. Posledično se izenačijo neravnine, v fazi zgoščevanja pa omogoča boljšo vezavo delcev.

Kaliyan in Morey (2006) sta namreč ugotovila, da je za **aktivacijo inherentnih vezi** (npr. lignina, proteinov in škroba v lesnem tkivu) med delci nujno dovajati toploto in paro. Posledično pride do mehanizma aglomeracije delcev in nastanka trdnih povezav. Poleg tega, toplota in vlaga povečata plastično deformacijo delcev, s čemer se poveča kontaktna površina med delci. Plastične defromacije torej pripomorejo k večji kakovosti pelet, saj omogočajo večji stik med delci, hkrati pa se poveča število intermokularnih vezi.

Kondicioniranje naj bi trajalo približno 10 do 20 min (odvisno od izkušenj proizvajalca), tako da voda ali para enakomerno navlaži delce. Faza kondicioniranja služi tudi uravnavanju vsebnosti vlage.

Če se v procesu priprave surovine izvaja kondicioniranje je potrebno (predhodno) fazo sušenja prilagoditi tako, da je končna vlažnost materiala nekoliko pod optimalno vrednostjo, saj vsebnost vlage po kondicioniranju zopet naraste (po podatkih proizvajalcev pelet za približno 2%). Natančno kondicioniranje z učinkovitim kontrolnim sistemom je zato ključno za ustrezno kakovost končnega proizvoda.

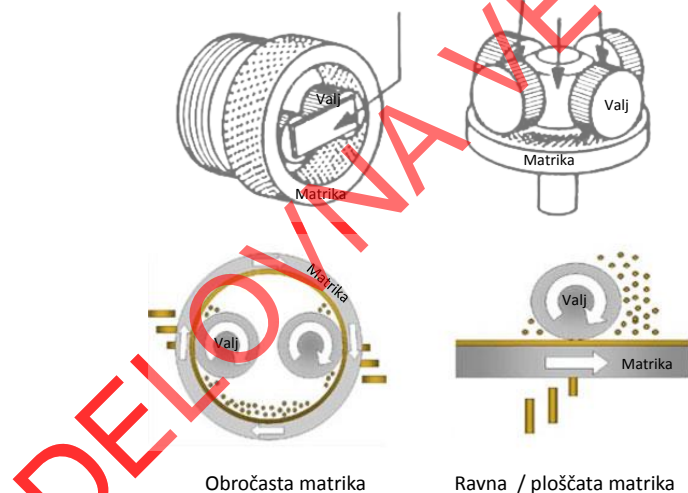
7. Peletiranje

V procesu peletiranja, se lesna biomasa potiska skozi cilindrične luknje matrice, ki ima običajno obliko obroča ali diska. Valji nameščeni na notranji strani obroča, potiskajo lesno biomaso skozi luknje iz notranje proti zunanji strani. Zaradi trenja med delci biomase in stenami lukenj matrice, pride do upočasnitve pretoka skozi odprtino, ter stiskanja delcev znotraj luknje matrice in nastanka peleta. Eden ali dva nastavljiva noža, nameščena na zunanji strani matrice nato odrežeta pelete na željeno dolžino.



Slika 3: Mehanizem nastanka pelet.

Glavna sestavna dela peletirne naprave sta torej, matrika in valji. Glede na obliko matrike ločimo dva tipa peletirnih naprav; obročaste ali ravne matrike, ki so posebej zasnovane za izdelavo lesnih pelet. Matrika v obliki obroča (ang. ring die) je najbolj pogosto uporabljena pri peletiranju lesne biomase. Matrika se v tem primeru vrti okoli fiksnih valjev, pri čemer se surovina dodaja iz strani in se potiska skozi luknje matrike iz notranjosti proti zunanosti obroča. Valji pri ravni matriki (ang. flat die) krožijo po ravni, horizontalo postavljene matriki. Surovina se dodaja iz vrha in pada na matriko, kjer jo valji potisnejo skozi luknje navzdol. Na spodnji strani, se nastali peleti zaradi lastne teže odtrgajo ali pa so s pomočjo nožev, ki krožijo pod matriko odrezani na določeno dolžino.



Slika 4: Način proizvodnje pelet z obročasto ali ploščato matriko

Pomembni parametri peletiranja so:

- Stiskalno razmerje,
- število lukenj/kanalov v matriki ter
- površina lukenj.

Stiskalno razmerje je razmerje med premerom in dolžino kanalov. Od vhodne surovine ter stiskalnega razmerja je odvisna stopnja trenja, ki nastane v kanalu. Da je dosežena ustrezna kakovost pelet ter zagotovljena kontinuiteta mora biti stiskalno razmerje prilagojeno vrsti uporabljenega materiala. Stiskalno razmerje pri peletiranju lesne biomase (žaganja in skobljanja) je običajno med 1:3 in 1:5. Sprememba razmerja je možna samo s spreminjanjem dolžine kanalov (oz. debelino matrike), saj je premer pelet določen s premerom kanalov. Zato se za materiale, ki nimajo dobrih vezivnih lastnosti, priporoča uporabo daljših kanalov v matriki (debelejša matrika). Temperatura v kanalih namreč zaradi trenja raste skupaj z dolžino kanala, zato trdota pelet ravno tako narašča z dolžino kanalov.

Peletirne naprave, ki so prilagojene za en tip vhodne surovine, ne morejo enostavno ustrezati drugim vrstam vhodne surovine. Proizvodni parametri, ki jih je potrebno prilagoditi uporabljeni surovini/materialu so:

- debelina matrike;
- dolžina kanalov (brez vhodne ugreznine);
- število, oblika in premer kanalov v matriki;
- število, premer in širina valjev;
- oblika valjev (cilindrični ali konični) pri ravni matriki.

Število kanalov in skupna površina odprtin imajo skupaj s pogonsko močjo različen vpliv na pretok surovine. Kontinuirano dovajanje surovine in homogeno zmlat material s konstantno vsebnostjo vode med 8 in 13% so pogoj za proces peletiranja brez napak.

8. Hlajenje

Material je zaradi kondicioniranja z paro ali vroče vode že pred peletiranjem segret na določeno temperaturo. Dodatno se nastajajoči peleti segrejejo tudi v fazi peletiranja zaradi trenja med delci surovine in steno kanalov matrike. Glede na vrsto peletirne naprave ter nastavitev proizvodne linije, lahko temperatura pelet takoj po izstopu iz matrike variira med 80 in 130 °C. Zato jih je pred skladiščenjem potrebno ohladiti. Hlajenje poleg tega še dodatno izboljša mehansko obstojnost pelet, vlaga pa se zmanjša za približno 2%.

Običajno se za to fazo uporabljajo hladilniki z nasprotnim vpihovanjem, kjer suh hladen zrak vstopi v hladilnik v nasprotni smeri kot material.

9. Sejanje

V vseh fazah procesa proizvodnje pelet, kjer nastaja prah, je potrebno zrak filtrirati. To so običajno področja (I) mletja, (II) sušenja, (III) po ohlajanju ter (IV) pred pakiranjem in tovorjenjem

Prah se običajno vrne nazaj v proizvodni proces. Sejanje pred pakiranjem in transportom pa zagotavlja majhen delež finih delcev v embalaži.

Peleti so običajno pakirani v 15 kg vreče, Big Bag vreče s kapaciteto 1000 kg, ali pa so skladiščeni v silosih oz. skladiščnih halah. Peleti so običajno takoj po ohlajanju transportirani v skladiščne prostore ali pa embalirani v vreče. **Potrebno je zagotoviti, da med skladiščenjem peleti ne pridejo v stik z vodo/vlago**, kar vodi do zmanjšanja kakovosti.

DELOVNA VERZIJA



GOZDARSKI INŠTITUT SLOVENIJE
SLOVENIAN FORESTRY INSTITUTE