

---

# Efektyvus energijos naudojimas kepyklose

---

**Vygandas Gaigalis,  
Romualdas Škėma,  
Feliksas Zinevičius**

*Lietuvos energetikos institutas,  
Efektyvaus energijos naudojimo tyrimų  
ir informacijos centras,  
Breslaujos g. 3. LT-3035 Kaunas*

Straipsnyje aprašoma Vakarų šalių patirtis duonos ir pyrago gaminių pramonėje diegiant naują techniką ir technologijas, atkreipiant pagrindinį dėmesį į efektyvų energijos naudojimą. Aprašytas duonos gamybos procesas, parodytos šilumos bei elektros energijos sąnaudos, pagrindiniai įrenginiai, instaliacijos. Pateiktos energetiškai efektyvios technologijos fermentacijoje bei kepimo krosnyse. Parodyti duonos kepimo krosnių tipai, jų energetinis ir ekonominis įvertinimas. Aprašytos naudotinos garo sistemos, atlikta reikalingų investicijų analizė.

**Raktažodžiai:** energetika, duonos ir pyrago gaminių pramonė, pagrindiniai įrenginiai ir instaliacijos, efektyvus energijos naudojimas, investicijų analizė, ekonomija

---

## 1. ĮVADAS

Lietuvai integruojantis į Europos Sąjungą nepaprastai svarbu diegti pažangias technologijas. 1998 m. Lietuvos energetikos institutas išitraukė į Europos šalių organizacijų, skatinančių naujas, pažangias energetikos technologijas, tinklą įkurdamas padalinį OPET-LIETUVA. Šio tinklo veikloje dalyvauja per 100 organizacijų iš 44 Europos šalių. Vienas pagrindinių tinklo veiklos uždavinių – perteikti įvairių šalių geriausią racionalaus energijos vartojimo patirtį [1].

Straipsnis parengtas, panaudojus Europos Sąjungos Energetikos generalinio direktorato leidinių medžiagą: „Energy Efficiency in the industrial bakery sector“, 1998; „Study on energy efficiency in the bakery sector“, 1998; Maxi brochure „Energy efficiency in the industrial bakery sector“, April 1998; „New technologies in bread making in the European Union“ – THERMIE PROGRAMME Promotion of energy efficiency in the industrial bakery sector, May 1998.

Straipsnio tikslas – supažindinti duonos ir pyrago gaminių pramonės Lietuvoje gamintojus su Vakarų šalių patirtimi diegiant naują techniką ir technologijas, atkreipiant pagrindinį dėmesį į racionalų energijos naudojimą.

Vakarų šalių duonos ir pyrago gaminių pramonė yra labai nevienalytė, susidedanti iš įvairaus dydžio ir paskirties kepyklų. Dauguma šių kepyklų yra šeimyninės bendrovės [2].

Duonos ir pyrago gaminių pramonė Vakarų šalyse turi keletą specifinių bruožų. Tai yra labai išsisklaidęs sektorius su keliomis stambesnėmis ir vidu-

tinėmis įmonėmis bei daug mažų ir labai mažų bendrovių. Diegiant naujus procesus bei atnaujinant gamybos įrangą smulkesnėse įmonėse susiduriama su dideliais sunkumais dėl aukštų kainų, žemo gamybos lygio arba mažo darbo valandų skaičiaus per metus. Atsirado naujų alternatyvių produktų, dėl kurių labai sumažėjo paprastos duonos suvartojimas. Atsiradę vadinamieji „karšti taškai“ labai konkuravo su įprastine duonos ir pyrago gaminių pramone.

Energetiniu požiūriu duonos ir pyrago gaminių pramonė apibūdinama: 1) smarkiai diferencijuotomis įvairaus kuro suvartojimo normomis, gautomis dėl sektoriaus susiskaldymo ir bendrovės restruktūrizacijos, 2) bendru elektros energijos vartojimo padidėjimu per pastaruosius kelerius metus ir efektyvesniu jos naudojimu dėl itin išaugusios mechanizacijos, įrengimų ir procesų automatizacijos, jų kontrolės ir valdymo.

Gamybos įranga duonos ir pyrago gaminių pramonėje dažnai dirbo ne visas darbo valandas ir instaliuoti pajėgumai buvo panaudojami nepakankamai. Taigi, kai kurios galimos energijos efektyvumo didinimo priemonės buvo nevisiškai panaudotos arba pramonininkai pripažino jas nenaudingomis.

Technologinė pažanga šiame sektoriuje buvo pasiekta racialesniu gamybos įrengimų panaudojimu dėl pažangesnės mechanizacijos, gamybos procesų kontrolės ir automatizacijos bei šaldymo technologijų duonos gamybos procese efektyvesniu naudojimu arba šaldymo technikos, leidžiančios sustabdyti įprastinį gamybos procesą, pertraukiant žaliavos apdirbimą arba dalinai iškeptos duonos tolesnį kepimą. Be to, buvo tiriami ir plėtojami fizikiniai cheminiai metodai, gerinantys duonos gamybą, kokybę ir formą.

Duonos ir pyrago gaminių pramonės įmonėse, kurių produkcija yra ne didesnė kaip 4000–5000 kg duonos per dieną, paprastai dėl naudingesnių investicijų, buvo instaliuojamos periodinio veikimo krosnys, daugiausia rotacinės lopšelinės ir termoalyvinės. Esant gamybos apimtims, didesnėms kaip 5000–6000 kg duonos per dieną, rekomenduojamos tunelinės krosnys, nes pradinės investicijos ir aptarnavimo išlaidos yra mažesnės.

Šis gamybos sektorius praktiškai negresia atmosferos taršai, nes tinkamai naudojamų garo generatorių ir kepimo krosnių išskiriamų dujų emisijos lygis labai žemas. Taip pat svarbu pažymėti, kad bet kurie kieti teršalai gali būti sumaišyti su paprastomis miesto atliekomis arba panaudoti pašarams gaminti, gabenant juos į pašarų įmones.

Pastarosios publikacijos paskirtis yra pagerinti vadybą ir skatinti efektyvų energijos panaudojimą bei pažangias technologijas įmonėse.

## 2. DUONOS GAMYBOS PROCESAS

Duonos gamyba dauguma atvejų yra nepertraukiamas procesas, apimantis žaliavų priėmimą ir laikymą, sumaišymą, formavimą, pirminę fermentaciją, fermentaciją, kepimą, atšaldymą ir kt. Duonos gamybos procesas ir energijos sąnaudos parodyti 1 pav.

*Žaliavų priėmimas ir laikymas.* Šis procesas prasideda priimant saugoti tokias žaliavas, kaip miltai, mielės, druska, vanduo ir kiti gamybos procesui reikalingi komponentai. Paimtos iš saugyklos medžia-

gos dozuojamos, sveriamos ir, įpylus reikiamą kiekį vandens, maišomos.

*Maišymas.* Atseikėti komponentai ir vanduo supilami į rezervuarus ir maišomi rankomis arba spiralinėmis maišymo mašinomis. Dažniausiai maišoma mašinomis. Pagrindinės šio proceso charakteristikos – maišymo trukmė ir greitis – priklauso nuo miltų rūšies bei minkymo būdo ir gali trukti nuo 3 iki 40 min.

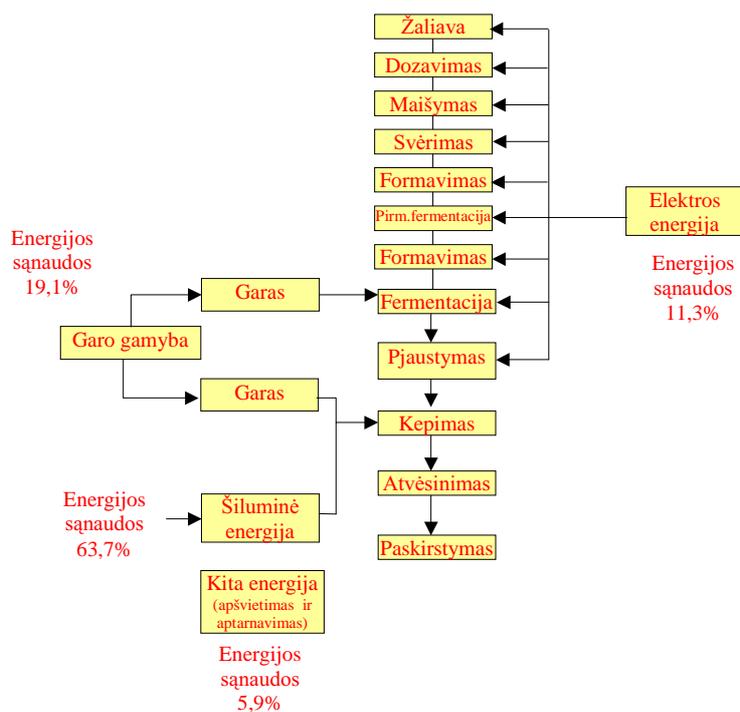
*Formavimas.* Gauta tešla supjaustoma ir suformuojama į rutulį. Tai iki minimumo sumažina oksidacijos paviršių ir atlaisvina nedidelį kiekį anglies dioksido. Sferinis paviršius leidžia tešlai geriau augti, kol susiformuos reikiamo dydžio kepalas.

*Pirminė fermentacija.* Tai yra dalies krakmolo transformacija į cukrų. Proceso trukmė – nuo 2–5 min. iki keleto valandų – priklauso nuo gaminamos duonos rūšies bei geografinės platumos.

*Fermentacija.* Jos metu alkoholis ir anglies dioksidas iškelia tešlą. Tešlos tūris padvigubėja ar net patrigubėja priklausomai nuo panaudotų procedūrų. Aplinkos temperatūra visada aukštesnė negu pirminės fermentacijos metu. Kad procesas pagreitetų, reguliuojama aplinkos santykinė drėgmė. Procesas tęsiasi nuo 30 min. iki kelių valandų.

*Kepimas.* Veikiant šilumai, duona kepama, padidėja jos tūris bei susiformuoja išorinė pluta. Kepimo proceso metu gali būti tiekiamas garas, kad ne tik padidėtų tūris, bet ir būtų gražus blizgantis duonos paviršius. Kepimo metu tešloje esančios dujos plečiasi, išgaruoja lakiosios sudėtinės dalys ir miltuose esantis krakmolas pavirsta į dekstriną, kurio ypač daug duonos plutoje. Kepimo temperatūra – apie 200–250°C, trukmė – nuo 15 iki 45 min.

*Atvėsinimas.* Po kepimo duonai leidžiama apie 30 min. atvėsti. Atvėsinimo metu anglies dioksidas pašalinamas ir pakeičiamas oru. Po to duona iškraunama ant konvejerio ar padėklų, toliau tvarkoma, paskirstoma ir paruošiama vartotojams.



1 pav. Duonos gamybos procesas

## 3. ENERGIJOS SUNAUDOJIMAS

Duonos gamybos procese naudojama šiluminė ir elektros energija. Daugiausia jos sunaudojama fermentacijos ir kepimo procesuose – 80–85%. Šie du procesai smarkiai skiriasi energijos sąnaudų dydžiu, nes kepimui suvartojama penkis kartus daugiau šilumos energijos negu fermentacijai.

Didelėse ir vidutinėse pramonės įmonėse (stambi gamyba) daugiausia naudojamos nuolatinio veikimo krosnys, o smulkesnėse (mažesnė gamyba) – periodinio veikimo krosnys.

**Teoriškai kepinui reikiamas šilumos kiekis**

Iš vieno kilogramo miltų pagaminama 1,64 kg tešlos, arba 1,25/1,15 kg duonos. Taigi 1 kg duonos iškepti reikia  $1,64/1,15 = 1,43$  kg tešlos [2].

Jeigu tešlos temperatūra 28°C ir jos specifinė šiluma 0,6 kcal/kg°C, kepinui reikiamas šilumos kiekis priklausys nuo šių stadijų:

– duonos vidaus temperatūros pakėlimo iki 100°C:  
 $1 \times 0,8 \times (100-28)^\circ\text{C} \times 0,6 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C} = 34,56 \text{ kcal/kg duonos (144,60 kJ/kg duonos)}$ ;

– duonos plutos temperatūros pakėlimo iki 230°C:  
 $1 \times 0,2 \times (230-28)^\circ\text{C} \times 0,6 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C} = 24,24 \text{ kcal/kg duonos (101,34 kJ/kg duonos)}$ ;

– 0,43 kg vandens išgarinimo:  
 $0,43 \times (100-28)^\circ\text{C} + 0,43 \times 539 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C} = 262,7 \text{ kcal/kg duonos (1099,15 kJ/kg duonos)}$ ;

– endoterminių transformacijų, plutos karamelizacijos ir krakmolo hidrolizės:

18,5 kcal/kg duonos (77,41 kJ/kg duonos).

Bendras reikiamas šilumos kiekis: 340 kcal/kg duonos (1422,58 kJ/kg duonos).

Praktiškai kepinio procesas priklausys nuo krosnies temperatūros ir susiformavusios plutos charakteristikų. Kepimo metu kinta plutos, per kurią perduodama šiluma, charakteristikos ir šilumos perdavimo koeficientas.

Duonos kepinas prasideda laipsniškai didėjant jos tūriui iki maksimalaus. Jei šiuo momentu nebus susiformavusi išorinė duonos pluta, jos tūris gali ir sukristi. Krosnies temperatūra turi būti sureguliuota taip, kad, maksimaliai padidėjus tūriui, susiformuotų stabili pluta. Tačiau, kai plutos ir jos aplinkinių sričių plotai išdžiūsta, sumažėja šilumos perdavimo į kepalą vidų koeficientas.

Garų tiekimas krosnies įėjime pristabdo plutos išdžiūvimą, didina šilumos perdavimo koeficientą ir greitina kepiną. Šis garas su kepinamos duonos garais, praturtintais cukrumi ir alkoholiu, kondensuojasi ant kepalų paviršiaus, pagerindamas jo išvaizdą.

**Elektros energijos naudojimas**

Elektros energija naudojama tiesiogiai mechaninėms operacijoms atlikti, t. y. mašinų, maišytuvų, valdymo ir transportavimo įrangos darbui.

Dalis elektros energijos (apie 5–6%) tenka apšvietimui ir kitiems patarnavimams. Kartais elektros energija naudojama kaip šiluminė, daugiausia mažose pramoninėse kepyklose ir nedidelėse periodinio veikimo krosnyse, instaliuotose kaip stambesnių kepyklų pagalbiniai vienetai.

**Kuro naudojimas**

Šiluminei energijai gaminti kepinio krosnyse ir garų generatoriuose naudojamas visų rūšių kuras. Gami-

nant garą mažose įmonėse jis į kepinio krosnis ir brandintuvus paskirstomas žemo slėgimo tinklais. Kai kuriais atvejais kuras perduoda šilumą termoalvyviniam kontūriui.

**Pagrindiniai įrengimai ir instaliacijos**

**Garų generatoriai.** Garų generatoriai paprastai naudojami mažo pajėgumo – 50–2000 kg/val. garo (su tam tikromis išimtimis), esant žemam garo slėgiui ir vidutinei pajėgumo reikšmei – 900 kg/val. garo.

Apie 75% garo sunaudojama brandintuvuose, o likęs – tunelinių krosnių įėjimuose tešlai drėkinti. Pastaruoju metu šios garų generacinės sistemos instaliuotos tiksliai apie 1% naujų duonos ir pyrago gaminių įmonių.

**Kepimo krosnys.** Vykstant šilumos mainams, šiluma tešlai gali būti perduodama tiesiogiai termoalvyviniu kontūru arba kitokio tipo šilumokaičiu, panaudojant tarpinį šilumos nešėją.

Nuolatinio veikimo tunelinėse krosnyse naudojama degimo kameroje sudegusio kuro šiluma, kuri su oru arba tiesiogiai dalyvauja kepinio procese. Periodinio veikimo krosnys turi nuosavas degimo kameras. Kai kuriais atvejais dvi lygiagrečiai sujungtos krosnys gali turėti vieną degimo kamerą.

Pagrindiniai elementai, lemiantys krosnies darbo efektyvumą, yra šildymo sistema ir energijos šaltiniai. Temperatūros reguliavimo sistemos bei panaudota izoliacija taip pat lemia krosnies darbą.

Pastaruoju metu visos krosnys gali būti aprūpintos atitinkama temperatūros reguliavimo įranga, kad kiekvienu momentu būtų gauta norima kepinio kreivė.

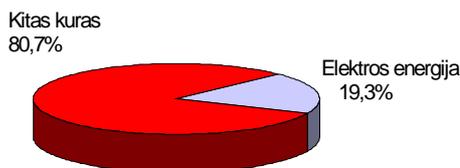
Pavyzdžiui, iki šiol instaliuotose Ispanijos duonos ir pyrago gaminių įmonėse buvo galima optimizuoti temperatūros valdymą tik tokiose, kurios kepinui vartojo elektros energiją, nes instaliuotas galingumas galėjo būti reguliuojamas tiksliai keičiant varžą. Instaliuoti mikroprocesoriai duodavo komandą, leidžiančią reguliuoti kaitinimą. Dėl vidinio nesuderinamumo to negalima pritaikyti kitose šildymo sistemose.

**Bendrieji poreikiai.** Kai kuriose duonos ir pyrago gaminių įmonėse šiek tiek garo gali būti panaudojama darbo patalpoms šildyti ir gaminant sanitariškai svarų karštą vandenį, panaudojant tam tikslui skirtą garo/vandens šilumokaitį. Pastaruoju metu nagrinėjama šilumos siurblių panaudojimo galimybė.

**Energijos sąnaudų pasiskirstymas**

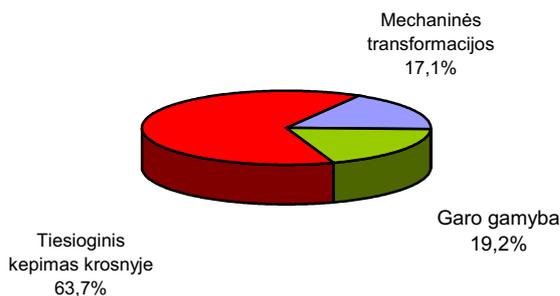
Remiantis duonos ir pyrago gaminių pramonės analize, tipinis galėtų būti šis energijos sąnaudų pasiskirstymas (Ispanijos kepyklų pavyzdys):

– Energijos sąnaudų pasiskirstymas pagal šaltinius: kuras – 80,7%, elektros energija – 19,3% (2 pav.).



2 pav. Energijos šnaudų pasiskirstymas pagal šaltinius

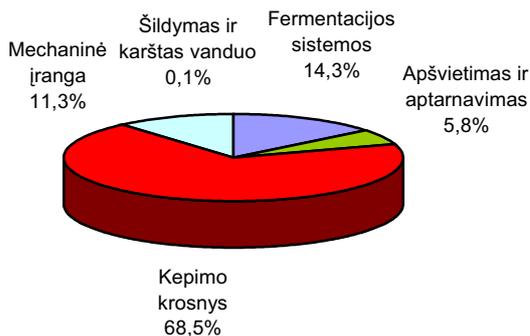
– Energijos šnaudų transformavimas: kepimui krosnyse – 63,7%, garo gamybai – 19,2%, mechaninėms transformacijoms (elektrinis galingumas) – 17,1% (3 pav.).



3 pav. Energijos šnaudų transformavimas

75% generuojamo garo tenka brandintuvams, o likusi dalis – tiesiogiai kepimo krosnims.

– Energiją naudojančių įrengimų energijos šnaudos: kepimo krosnys – 68,5%, fermentacijos sistemos – 14,3%, mechaninė įranga – 11,3%, apšvietimas ir aptarnavimas – 5,8%, šildymas ir karštas vanduo – 0,1% (4 pav.).



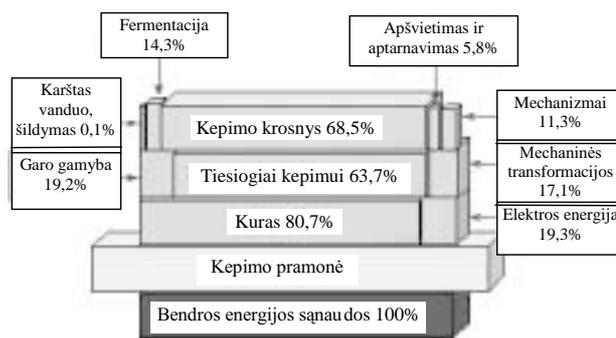
4 pav. Energiją naudojančių įrengimų energijos šnaudos

Sudėję aukščiau pateiktus grafikus, gausime naudojamos energijos pasiskirstymą standartinėje kepykloje (5 pav.).

Efektyvus energijos naudojimas apibūdinamas kaip naudingai išnaudotos ir tiekiamos energijos santykis. Šis santykis priklauso nuo naudojamos krosnies tipo, gamybos organizavimo, krosnies paleidimų

ir sustabdymų, įrengimų tipo bei eksploatacijos trukmės ir kitų veiksnių. Realus energijos suvartojimas, kepatant duoną, gali būti daugiau kaip 2 kartus didesnis už teoriškai nustatytas reikšmes.

Gaminami duonos ir pyrago gaminiai gali būti labai įvairūs, reikalaujantys daugkartinio išjungtos krosnies paleidimo. Pasitaiko, kad gamybos linija dirba tik po keletą valandų per dieną. Todėl gamybiniai pajėgumai panaudojami nevisiškai, o tai ypač nuostolinga, pavyzdžiui, dirbant su tunelinėmis krosnimis.



5 pav. Naudojamos energijos pasiskirstymas standartinėje kepykloje

Energijos šnaudos itin priklauso nuo krosnies tipo ir naudojamos energijos šaltinio. 1 lentelėje pateikta rotacinių, kamerinių ir nuolatinio veikimo tunelinių krosnių energijos šnaudų priklausomybė nuo naudojamos pirminės energijos šaltinio.

1 lentelė. Energijos šnaudų priklausomybė nuo krosnies tipo ir energijos šaltinio

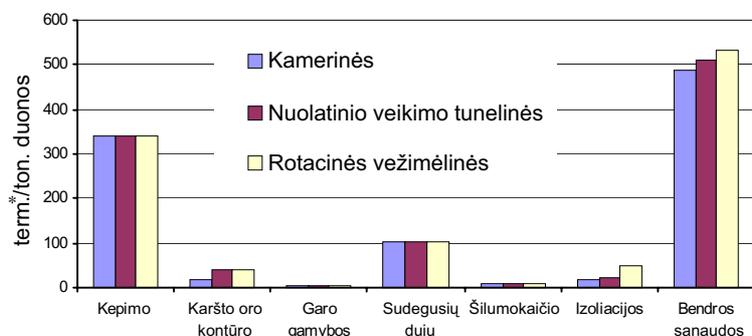
Energijos šaltinis	Krosnių tipas		
	rotacinės	kamerinės	nuolatinio veikimo tunelinės
Gamtinės dujos (m <sup>3</sup> /t)	50,0	46,1	47,5
Propanas (kg/t)	47,1	43,5	45,0
Naftinis kuras (m <sup>3</sup> /t)	61,0	57,7	59,7
Elektrinis šildymas (kWh/t)	484,9	437,4	465,1

1 lentelėje nepateiktos energijos šnaudos šaltai krosniai paleisti, kol ji pasieks reikiamą darbo temperatūrą, o tai gerokai priklauso nuo esamo gamybos pajėgumo.

Duonos kepimo energijos srautas ir instaliuotos elektros įrangos galingumas, tenkantis kepimo paviršiaus kvadratiniam metrui, parodytas 6 pav.



6 pav. Duonos kepimo krosnies energijos srautas


 7 pav. Skirtingo tipo krosnių energijos sąnaudų palyginimas (\*1 term. = 10<sup>3</sup> kcal)

Energijos sąnaudos 1000 kg duonos iškepti, kepanant skirtingo tipo krosnimis, parodytos 7 pav. [3].

Pateiktuose skaičiavimuose neatsižvelgta į energiją, reikalingą krosniai sušildyti nuo paleidimo momento iki tol, kol bus pasiektos darbo sąlygos, atitinkančios produkcijos apimtį.

Priklausomai nuo krosnies apkrovimo, gamybos organizavimo, paleidimų ir stabdymų, krosnies tipo ir amžiaus realios šilumos sąnaudos gali mažiausiai padvigubėti, palyginus su kiekliais, pateiktais 7 pav.

Atlikus panašų apskaičiavimą žiedinių vamzdžių krosniai, šilumos suvartojimai gaunasi 25% didesni, palyginti su kamerinėmis pakopinėmis krosnimis.

#### 4. ENERGETIŠKAI EFEKTYVIOS TECHNOLOGIJOS FERMENTACIJOJE

Fermentacijos procese garo šiluminės energijos suvartojama daugiausia – iki 75%. Šis procesas trunka 1,5–2 valandas ir gali būti reguliuojamas keičiant mielių fermentacijos konstantas – temperatūrą ir drėgmę [4].

Fermentacija vyksta izoliuotose reguliuojamo klimato kameroje. Kepalukai sukraunami į lopšius ir išdėliojami ratu ant vežimėlio, kuris fermentacijos kameroje yra sukamas, lentynų. Kol vyksta fermentacija, tešlos gaminiai būna kameroje. Kameros yra pagamintos iš nerūdijančio plieno ir aprūpintos valdymo prietaisais, palaikančiais reikiamą temperatūrą ir drėgmę.

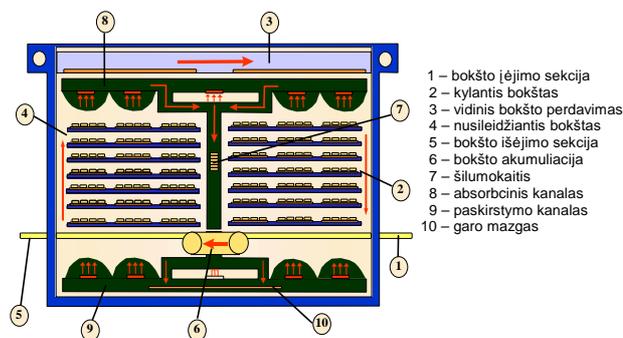
Gaminant specialią duoną dažniausiai naudojamos fermentacijos kameros, kuriose vežimėliai ir lopšiai yra pakraunami fermentacijos metu.

Nuolatinės fermentacijos reguliuojamo klimato kamera parodyta 8 pav. Kameroms, kurių tūris iki 17 m<sup>3</sup>, visiškai pakanka 5–6 kW instaliuoto elektrinio galinumo.

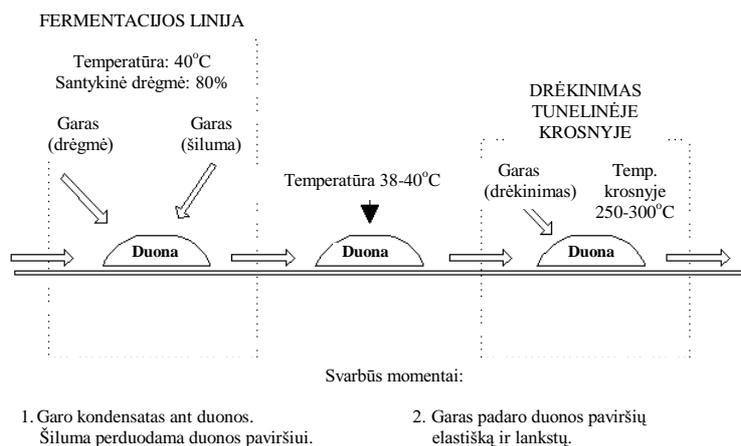
Reguliuojamo klimato nuolatinė fermentacija taikoma bokštinio tipo instaliacijose, kuriose tešlos paruošos juda apskritimu arba zigzagais.

Dėl sureguliuotos fermentacijos proceso gaunama: mažesni produkcijos nuostoliai; aukštesnė produkcijos kokybė, esant mažesnėms energijos sąnaudoms; mažesnė mielių išeiga (10–15%); nejuodos frakcijos pelenai; mažesnė kondensacija fermentacijos linijoje; ilgesnis įrangos tarnavimo laikas; mažesnės energijos sąnaudos.

Fermentavimo kameroje įrengti temperatūros ir drėgmės davikliai sujungti su valdymo prietaisais, reguliuojančiais garo tiekimą. Taip pat yra svarbu turėti kameroje valdomą oro cirkuliaciją su optimaliai subalansuotomis temperatūra ir drėgme, kurie galėtų būti reguliuojami valdymo kontūru, sujungtu su asmeniniu kompiuteriu (AK) kokybei garantuoti.



8 pav. Nuolatinės fermentacijos reguliuojamo klimato kamera



9 pav. Kepamos duonos klimatinių sąlygų optimizavimas

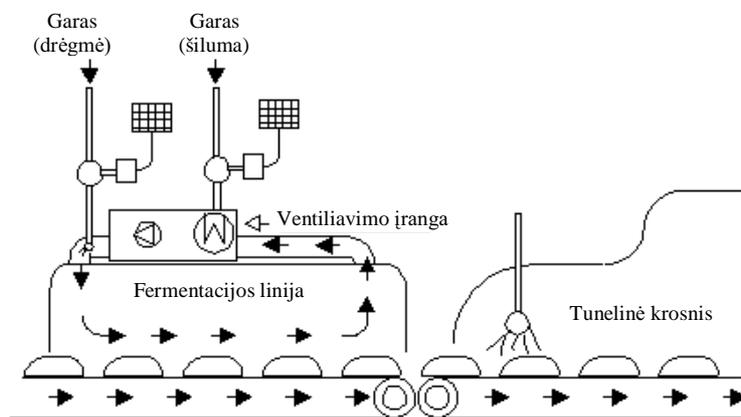
Tokia įranga nesunkiai gali būti instaliuota bet kurioje, turinčioje tunelines krosnis, kepykloje. Kepamos duonos klimatinių sąlygų optimizavimas pa-vaizduotas 9 pav.

#### Fermentacijos sąlygų užtikrinimas

Pagaminus ir suformavus tešlą, fermentacijos procesas turi vykti sparčiai. Šiame etape dujų susidarymas turi būti maksimalus, o tešlos kilimas greitas.

Fermentacijos metu atsirandantis anglies dioksidas formuoja mažus burbuliukus, kurie sparčiai didina tešlos tūrį. Optimaliai dujos gaminasi 38–40°C temperatūroje. Fermentacijos metu, kaip ir kitose cheminėse reakcijose, išsiskiria šiluma. Tešla, prieš patekdamą į fermentacijos liniją, įgauna aukštesnę temperatūrą. Šiam procesui pratęsti yra suprojektuotos efektyvios fermentacijos linijos su šiuolaikinėmis valdymo sistemomis, užtikrinančiomis reikalingą temperatūrą ir drėgmę.

Tinkamai sureguliuoti valdymo prietaisai privalo palaikyti 38–40°C temperatūrą ir 75–80% santykinę



10 pav. Garo regeneracija fermentacijos linijoje

oro drėgnumą. Dėl bet kurių nukrypimų nuo šių reikšmių duonos paviršius gali sušlapti arba išdžiūti. Abiem atvejais produkto kokybė bus blogesnė ir jo tūris nepageidaujamai sumažės. Garo regeneracija fermentacijos linijoje parodyta 10 pav.

Rinkoje yra fermentacijos įrengimų, turinčių visą fermentacijos proceso valdymą su automatiniu tešlos pakrovimu ir iškrovimu. Įrengimai yra izoluoti poliuretano paneline izoliacija. Įrengimų viduje karštas oras recirkuliuoja kanalais taip, kad temperatūra ir drėgmė būtų paskirstomos vienodai po visą jų tūrį. Numatytai temperatūrai palaikyti šie įrengimai yra aprūpinti garintuvais ir šilumokaičiais.

Kaip autonominiai vienetai gali būti instaliuoti vadinamieji fermentacijos konvektoriai, generuojantys fermentacijos kameros reikiamą šilumos ir drėgmės kiekį. Šie prietaisai yra aprūpinti tokiais elementais: termostatine temperatūros kontrole; hidrostatische drėgmės kontrole (iki 90%); ventiliacijos kontrole ir panelių saugumo kontrole; vidine apšvietimo sistema.

## 5. ENERGETIŠKAI EFEKTYVIOS TECHNOLOGIJOS KEPIMO KROSNYSE

### Kepimo krosnių klasifikacija

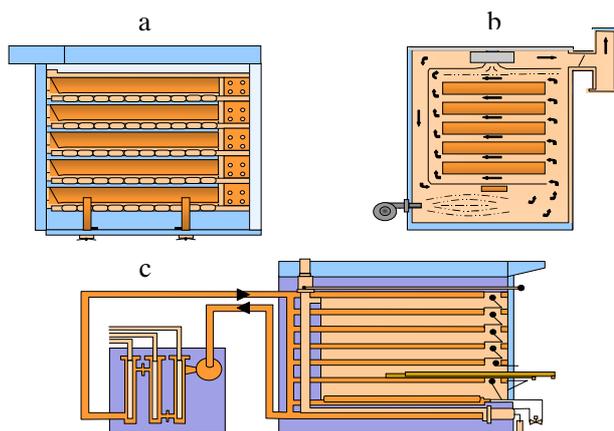
Duonos kepimo krosnių tipai pateikti 2 lentelėje [1].

Nuolatinio veikimo tunelinės juostinės krosnies padas padarytas iš konvejerio juostos arba tinklo, transportuojančio duoną per visą kepimo kamerą arba tunelį, kuris suskirstytas į 4 ar 6 skirtingos temperatūros zonas. Duonai palaikyti naudojamos ugniai atsparios konstrukcijos ir krosnių padai. Kita šių krosnių rūšis – lopšinės krosnys. Lopšiai išdėstyti ant krosnies pado, kuris transportuoja juos per visą krosnį. Šios krosnys specialiai pritaikytos lengvesnei, vienodo dydžio produkcijai. Šių krosnių specifinės energijos sąnaudos būna gana didelės.

Periodinio veikimo krosnių su fiksuotu padu pagrindinis pranašumas yra jų universalumas, t. y. galimybė kepti bet kurios rūšies duoną.

Daugiapadės krosnys gerai kepa tada, kai jos įrengtos su atskiromis kepimo kameromis, kiekvienoje kameroje sumontuota automatinė, nepriklausoma garo tiekimo ir išleidimo sistema. Šios krosnys dažniausiai įrengiamos vidutinio dydžio duonos ir pyrago gaminių įmonėse arba didesnėse pramoninėse kepyklose, kaip papildomos šalia esančių tunelinių krosnių.

2 lentelė. Duonos kepimo krosnių tipai		
Apkrovimas	Krosnies tipas	Modelis/Klasė
Nuolatinis	Tunelinės	Konvejerinės, juostinės arba tinklinės Lopšinės
	Padinės	Fiksuotos Rotacinės
Periodinis	Kamerinės arba padinės	Termociklinės Žiedinių vamzdžių
	Lopšinės	Fiksuotos, termociklinės Fiksuotos, žiedinių vamzdžių Rotacinės



11 pav. Daugiapadės krosnys (a – elektrinė, b – dujinė, c – termoalyvinė)

Rotacinės krosnys pasižymi duonos su lopšiais, išdėliotais ant kepimo paviršiaus, sukimu. Jos aprūpintos vežimėliais su riedmenimis, kurie dėl universalumo, geros konstrukcijos ir lengvo valdymo plačiai naudojami moderniausiose krosnyse.

Šios krosnys šildomos priverstine konvekcija. Šiluma gaminama netiesiogiai generatoriumi ir perduodama į kepimo kameras. Duonos kepalukai sukraunami į vežimėlius, kurie paprastai turi 13–23 pakopas.

Pagrindinis jų pranašumas yra greitas užkrovimas ir didelis našumas, tenkantis paviršiaus ploto vienetui. Skirtingai nuo kitų krosnių, čia visa produkcija įvežama iš karto ir šiluma visai produkcijai suteikiama vienu metu.

Žiedinių vamzdžių krosnys apatinėje dalyje turi pakurą, šildančią vandenį arba alyvą, kuri perduoda šilumą kepimo padams. Šios krosnys gaminamos iš specialių medžiagų, atlaikančių cirkuliaciniame kontūre aukštą slėgį. Dėl naudojamų aukštos kokybės medžiagų ir kruopštaus montažo šių krosnių kaina didelė. Tačiau, nepaisant to, kepimo pramonėje jos plačiai taikomos dėl aukštos kepimo kokybės ir naudojamo ugniai atsparaus žaizdro.

### Daugiapadės krosnys

Šiuo metu naudojamos daugiapadės termociklinės ir termoalyvinės krosnys. Krosnys kūrenamos naftiniu arba dujiniu kuru. Termoalyvinės krosnys gali veikti naudojant ir elektros energiją. 11 pav. parodytos daugiapadės elektrinė, dujomis kūrenama ir termoalyvinė krosnys [5].

Daugiapadės 8 padų krosnys turi apie 20 m<sup>2</sup> maksimalų šildymo paviršiaus plotą. Jos veikia netiesioginiu liepsnos principu. Šildomas tiksliai oras, kuris ventiliatoriais išnešiojamas po visą krosnį. Tešla tiesiogiai nesąveikauja su šildomu oru. Be to, karštu

oru yra šildomas vandens garo generatorius. Kepimo metu reikiamai drėgmei palaikyti į kiekvieną padą tiekiami garai. Susikondensavę garai surenkami ir grąžinami į vandens garo generatorių.

Kiekvienas daugiapadės krosnies padas gali būti šildomas nepriklausomai, atitinkamai pagal krosnies užkrovimą. Krosnies iššildymo trukmė – nuo 30 iki 50 min.

#### Termociklinės elektrinės krosnys

Visuose termociklinių elektrinių krosnių paduose garantuojamas tolygus šilumos paskirstymas, kadangi šiluma gaminama tiesiogiai prie kiekvieno pado, o ne centralizuotai kaip dujinėse ar kitokio tipo krosnyse. Šių krosnių eksploatacijos išlaidos yra mažesnės, nes nėra priežiūros reikalaujančių degiklių, kaminų bei rezervuarų.

Investicijos elektrinėms daugiapadėms krosnims yra 10–15% mažesnės negu krosnims, naudojančioms dujinį ar skystą kurą.

Termociklinių elektrinių krosnių šiluminis efektyvumas – 70–85%.

#### Dujinio ir skysto kuro termociklinės krosnys

Čia šiluma gaunama kūrenant degikliais gamtines dujas, skystą kurą bei suskystintas dujas. Šių krosnių šiluminė apkrova kinta 50–250 kW ribose.

Šiuolaikinėse dujinėse ir skysto kuro krosnyse, kaip ir elektrinėse, šiluma paskirstoma tolygiai į visus krosnies padus. Kaip ir daugiapadėse elektrinėse krosnyse, čia kiekvienas padas gali veikti individualiai ir garo tiekimas gali būti reguliuojamas nepriklausomai. Eksploatacijos išlaidos yra šiek tiek didesnės, palyginti su elektrinių krosnių eksploatacijos išlaidomis, nes sudėtingesnė degiklių, rezervuarų, kaminų ir kitos įrangos priežiūra. Investicijos technologijai taip pat yra didesnės. Turi būti pridėta papildomai reikalingų rezervuarų ir kaminų vertė. Šių krosnių šiluminis efektyvumas – 45–50%.

### *Daugiapadė termoalyvinė krosnis*

Daugiapadėse termoalyvinėse krosnyse kepimui reikalinga šiluma paskirstoma ne karštu oru, kaip įprastinėse krosnyse, bet paskirstomuoju kontūru su cirkuliuojančia termoalyva. Termoalyva naudojama kaip šilumos nešėjas, kad pasiekti krosnies paduose pastovią temperatūrą. Termoalyvos šiluminė talpa yra didesnė negu oro ar vandens. Taigi temperatūra krosnies paduose nusistovės greičiau. Krosnies pradžios ir galo temperatūrų skirtumas yra ne didesnis kaip 2°C. Kitose (netermoalyvinėse) krosnyse temperatūrų skirtumas gali būti net iki 40°C. Šių krosnių naudingumo koeficientas yra apie 87%. Termoalyvinės krosnys reikalauja didesnių investicijų negu įprastinės. Tai – palyginti naujos technologijos krosnys, apie kurių eksploatavimo patirtį bei gaminių kokybę duomenų sukaupta nepakankamai. Gamintojai negarantuoja, kad bus gauti tokie patys kepimo rezultatai.

### *Daugiapadžių krosnių energetinis ir ekonominis įvertinimas*

3 lentelėje palygintos elektrinės, dujinės ir skysto kuro termociklinės daugiapadės krosnys, kurių kepimo paviršiaus plotas 12 m<sup>2</sup> ir metinė miltų išėiga apie 84 t. Krosnies specifinės energijos sąnaudos kWh/100 kg duonos yra tokios: 141 – skysto kuro krosniai, 121 – dujinei krosniai, 77 – elektrinei krosniai.

Nepaisant mažesnių investicijų ir valdymo išlaidų, daugiapadės elektrinės krosnys nėra ekonomiškai priimtinos dėl aukštos elektros energijos kainos.

### *Įkaišinės krosnys (kepimo kameros)*

Įkaišinės krosnys arba kepimo kameros yra užkraunamos vežimėliais su padėklais, ant kurių sudėta paruošta tešla. Šie vežimėliai vadinami įkaišais. Juose galima sukrauti iki 60 kepimo padėklų. Įkaišų privolumas yra tai, kad tešla sudedama ant padėklų, padėklai sukraunami į vežimėlius, o pastarieji gali būti

nuvežami į saugyklą, fermentavimo patalpą ar krosnį, nenukraunant tešlos nuo padėklų.

Įkaišinės krosnys gali būti gana aukštos, o atstumas tarp padėklų nedidelis. Tokių krosnių kepimo paviršiaus ploto ir išnaudotos erdvės santykis yra labai geras.

Kaip ir daugiapadės krosnys, šios krosnys gali būti elektrinės, dujinės arba skysto kuro. Jos taip pat gali turėti vandens išgarinimo įrangą. Šiluma paprastai generuojama viršutinėje arba užpakalinėje krosnies dalyje. Šiltas oras tiekiamas aplink visą vežimėlį ir išleidžiamas viršutinėje krosnies dalyje. Oro cirkuliacijai, taip pat kepimui pagerinti kai kurios krosnys gali turėti sukamuosius mechanizmus, kurie suka krosnyje esančius vežimėlius. Priešingai daugiapadėms krosnims, įkaišinėse krosnyse gali būti naudojama tik tai to paties užmaišymo tešla, kadangi nėra galimybių padalyti krosnies skirtingais temperatūros ruožais.

Įkaišinės krosnys gali būti ir termoalyvinės, turinčios tas pačias charakteristikas kaip ir minėtos daugiapadės krosnys.

Įkaišinės krosnys daugiausia gaminamos iki 25 m<sup>2</sup> kepimo paviršiaus ploto. Jose telpa vienas arba du vežimėliai. Šių krosnių šiluminis galingumas yra 40–200 kW.

### *Nuolatinio veikimo tunelinės krosnys*

Kad nuolatinio veikimo tunelinėse krosnyse kepimo procesas vyktų efektyviai, tešla praeina pro kelias skirtingų temperatūrų zonas. Šiuolaikinės tunelinės krosnys turi keturias ar net šešias tokias temperatūros zonas. Krosnys dažniausiai būna 10–30 m ilgio. Jeigu reikia, keletas krosnių gali būti išdėstytos viena paskui kitą. Krosnių kepimo paviršiaus plotas parenkamas pagal kepyklos poreikius. Paprastai jis būna 50–180 m<sup>2</sup>. Kepami produktai krosnyje keliauja transporteriu. Priklausomai nuo kepimo proceso gali būti naudojamas dviejų ar kelių pakopų transporteris. Pirma krosnies

3 lentelė. **Daugiapadžių krosnių energetinis ir ekonominis įvertinimas**

	Elektrinė krosnis	Skysto kuro krosnis	Gamtinių dujų krosnis
Metinės energijos sąnaudos	664680 kWh	11750 l	112560 kWh
Specifinė energijos kaina	20,5 Pf/kWh *	38 Pf/l	4,5 Pf/kWh
Metinės energijos išlaidos (tarp jų kuras, įranga, apšvietimas)	12063 ECU **	7171 ECU	7476 ECU
Valdymo ir eksploatacijos išlaidos	812 ECU	1406 ECU	1198 ECU
Papildomos kapitalinės išlaidos (palyginti su elektrine krosnimi, pridėjus tinklo prijungimo išlaidas)	291 ECU	1521 ECU	1254 ECU
Bendros metinės išlaidos	13166 ECU	10098 ECU	9928 ECU
*1 Pf ≅ 0,01 DM (Vokietijos markė).			
**1 ECU ≅ 2 DM.			

dalys paprastai būna karščiausia – 200°C. Po šios zonos temperatūra palaipsniui mažėja iki 150–170°C. Zonų temperatūra reguliuojama nepriklausomai, nustatant ją pagal kepamo produkto rūšį. Tunelinės nuolatinio veikimo krosnys dirba tuo pačiu principu kaip ir daugiapadės krosnys. Vietoje cirkuliuojančio oro gali būti panaudota termoalyva. Reguluojant krosnyje drėgmę taip pat galima panaudoti garą. Pagrindiniai šilumos nešėjai dažniausiai yra dujos arba skystas kuras. Tunelinės nuolatinio veikimo krosnys gaminamos 300–1000 kW galingumo. Šių krosnių išskiriamų dujų temperatūra – 230–270°C.

## 6. GARO SISTEMOS

### *Garų recirkuliacija tunelinėse krosnyse*

Kad tunelinėje krosnyje kepama duona nesutrūkinėtų, krosnies įėjime reikia tiekti garą. Jis suteikia duonai gražų blizgantį atspalvį.

Vienai tonai duonos gaminių reikia 150–175 kg garo. Be to, pastoviai reikia stebėti, kad būtų sureguliuotas dūmtraukio dujų išmetimas, o krosnis subalansuota. Sotūs garai garo vamzdžiais tiekiami 0,2–0,3 kg/cm<sup>2</sup> slėgiu. Garas iš krosnies yra ištraukiamas ventiliatoriumi ir šalinamas į atmosferą, kartu su garais, išsiskiriančiais iš kepamos duonos (apytikriai 100 kg garo tonai pagamintos duonos). Šalinamo garo temperatūra – 200–250°C.

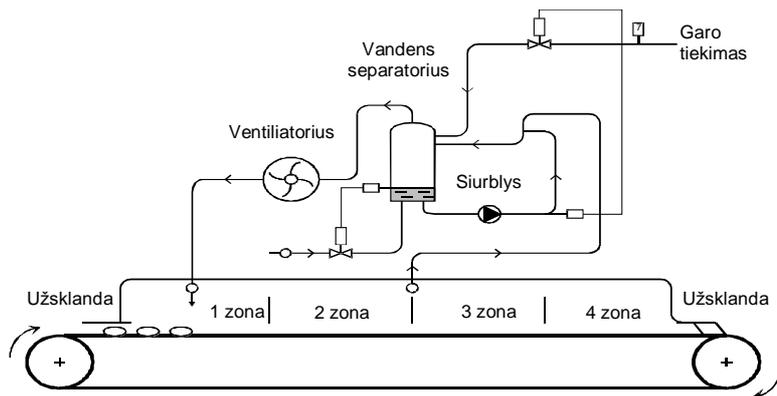
Vidutinis šio proceso garo poreikis yra 200–250 kg/val. Energijos taupymo uždavinys yra regeneruoti išmetamo garo energiją ir tiekti ją, pavyzdžiui, į krosnies įėjimą. Tai leidžia susigrąžinti beveik visą su pirmine energija pagamintą garą. Atsiranda galimybė pagaminti aukštos kokybės produkciją su mažesnėmis energijos sąnaudomis.

Šio uždavinio technologinis sprendimas susideda iš ventiliatoriaus, vandens rezervuaro, cirkuliacinio siurblio ir toliau parodytų reguliavimo prietaisų (12 pav.) [5].

Ventiliatorius traukia iš krosnies vandens ir garo mišinį, kurio temperatūra 200–220°C. Šis mišinys turi būti atšaldomas iki soties temperatūros. Šiam tikslui pasiekti ventiliatoriaus įėjime yra įpurškiamas vanduo (recirkuliacinis ventiliatorius). Vandens perteklius surenkamas į indą ir recirkuliuojamas. Drėgmė regeneruojama ir garo vamzdžiais tiekama į krosnies drėkinimo zoną.

Aušinamojo kontūro davikliai reguliuoja šviežio garo tiekimą automatiškai valdomu vožtuvu. Krosnies drėkinimo reikmė nustatoma fotodavikliais.

Iki šiol nėra analogiškos geresnės garo recirkuliacijos tunelinėse krosnyse sistemos, duodančios di-



12 pav. Garo recirkuliacija tunelinėse krosnyse (sistemos projektas)

desnę ekonominę naudą. Dėl šios priežasties visame pasaulyje tunelinėse krosnyse drėkinamajam garui gaminti naudojama pirminė energija. Tai leidžia apie 70% mažiau tiekti šviežio garo į drėkinimo procesą.

Technologinės naujovės įgalina: akumuliuoti išleidžiamo iš krosnies oro drėgmę; sugrąžinti dalį energijos garui papildomai pašildyti; pakartotinai panaudoti išmetamą su oru garą tunelinėje krosnyje; tiekti į tunelinę krosnį garą; reguliuoti šviežio garo sąnaudas pagal vandens temperatūrą vandens separatoriuje.

Garas reikalingas sudrėkinti pirmos zonos erdvę, o tai ypač svarbu laiduojant gerą duonos kokybę bei apsaugant ją nuo suaižėjimo. Skirtingos rūšies gaminiams reikia skirtingo įpurškiamo garo kiekio. Šis kiekis paprastai reguliuojamas valdymo kontūru, sujungtu su AK.

Anksčiau garo tiekimas buvo reguliuojamas rankiniu būdu, o instaliavus šią įrangą, garo sąnaudos sumažinamos iki 50%.

Be to, energiją galima taupyti: automatiškai įleidžiant garą tuo momentu, kai kepiniai pasiekia krosnį; reguliuojant garo tiekimą skirtingos rūšies produktams; įrengiant signalizaciją, kai sutrinka garo tiekimas.

Minėtos rekomendacijos taikytinos daugumai šiuo metu veikiančių tunelinių krosnių. Šiuo metu automatinio valdymo įranga yra instaliuota daugiau kaip 50% visų Švedijos ir Norvegijos kepyklų.

### *Energijos sutaupymas.*

Kiekvienai tunelinei krosniai, naudojančiai ne mažiau kaip 50 kg/val. garo, energijos sutaupymas pinigine išraiška siekia nuo 6250 iki 12500 ECU per metus.

Šie skaičiai priklauso nuo instaliuotos įrangos darbo valandų skaičiaus. Nafta kūrenama pramoninė kepykla per metus gali sutaupyti nuo 30 iki 50 t naftos, todėl labai sumažinamas aplinkos užteršimas.

Europos Sąjungoje per 5 metus gali būti parduota 100–200 vienetų įrangos. Tikimasi, kad daugiau kaip 50 vienetų gali būti nupirktas Švedijoje ir Norvegijoje.

*Investicijos.*

Apytikriai visas projektas gali kainuoti 25000–30000 ECU. Apskaičiuota, kad galima sutaupyti 12500 ECU per metus, o įrangos atsipirkimo laikas yra 2–3 metai.

*Ekonominis įvertinimas.*

- 1200 kep. duonos (750 g)/val.;
- garo sąnaudos be recirkuliacijos – 150–160 kg/val.;
- garo sąnaudos su recirkuliacija – 50 kg/val.;
- garo sutaupymas – 110 kg/val.;
- garo energija – 2700 kJ/kg (esant 115°C);
- naftinio kuro energijos sąnaudos – 25200 kJ/l, esant katilo naudingumo koeficientui (n.k.) 70%;
- naftinio kuro kaina – 0,25 ECU/l;
- boilerio naudingumo koeficientas 70%;
- energijos kaina (neįskaitant instaliacijos ir komisinių išlaidų) – 22500 ECU;
- bendra įrengimo kaina (įskaitant komisinius) – ne daugiau kaip 25000 ECU;
- **1 atv.** – 2400 darbo valandų per metus;
- **2 atv.** – 3600 darbo valandų per metus.

*Naftinio kuro sutaupymas esant recirkuliacijai.*

110 kg garo × 2700 kJ/kg / 25200 kJ/l = 11,8 l naftos/val.

**1 atv.** – metinis sutaupymas siektų: 11,8 l/val. × 2400 val./met. × 0,25 ECU/l = 7080 ECU/met.

**2 atv.** – metinis sutaupymas siektų: 11,8 l/val. × 3600 val./met. × 0,25 ECU/l = 10620 ECU/met.

Jeigu būtų įmanoma gerai iškepti duoną nevartojant garo (neįskaitant paleidimo stadijos), naftos sąnaudos, nekeičiant kitų sąlygų, būtų (11,8 l/val. × 1,45) 17,1 l/val.

**1 atv.** tai leistų sutaupyti 10260 ECU/met., o **2 atv.** – 15390 ECU/met.

*Investicijų analizė.*

Įrengimo tarnavimo laikas – 10 metų. Nominali nauda – 8%. Reali nauda – 5,9%.

Investicijų analizė pateikta 4 lentelėje.

**Drėkinamojo garo valdymo tunelinės krosnyse sistema**

Ši technologinė sistema skirta kepyklų tunelinės krosnyse sumažinti drėkinimui skirto garo sąnaudas ir pagaminti aukštos kokybės produkciją, suteikiant

4 lentelė. Investicijų analizė			
Atvejis	Paprastas atsipirkimo laikas m.	Išsimo-kėjimo laikas m.	Vidinė įplaukų norma %
1 atv.	3,5	4,1	27,9
2 atv.	2,4	2,6	44,0
1 atv. (100% recirkuliacija)	2,4	2,7	42,4
2 atv. (100% recirkuliacija)	1,6	1,6	64,3

išoriniam paviršiui nesuaižėjusį, blizgantį, gražų atspalvį.

Drėkinamojo garo valdymo įranga buvo instaliuota daugiau kaip 50-yje Švedijos ir Norvegijos kepyklų.

Sukurta garo tiekimo į pirmą kepimo krosnies zoną technologija, leidžianti tiekti garą tokiu kiekiu, kuris reikalingas kiekvienos rūšies gaminamai duonai. Garas turi reikiamai sudrėkinti krosnies pirmos zonos erdvę. Tai ypač svarbu gaminant aukštos kokybės nesuaižėjusius produktus. Reikalingas garo kiekis, skaičiuotas atitinkamai gaminamos produkcijos rūšiai, yra kruopščiai sureguliuojamas valdymo kontūru, kuris valdymo kokybei gauti yra sujungtas su AK.

Ši įranga gali būti instaliuota nestabdant gamybos. Ją lengva valdyti ir nedidelės aptarnavimo išlaidos. Tai labai sumažina ir metines išlaidas.

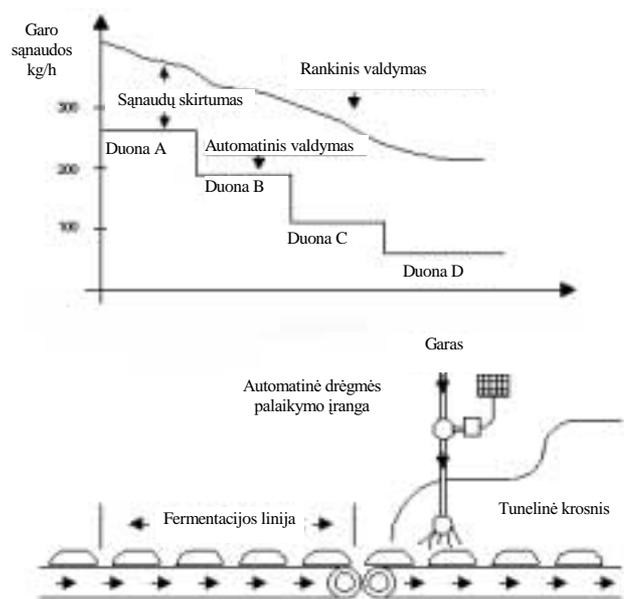
13 pav. parodyta automatinės valdymo sistemos ir rankinio valdymo skirtumai, taip pat pačios automatinės garo valdymo sistemos principinė schema.

Jei garo tiekimas yra reguliuojamas rankiniu būdu, tai šios įrangos instaliavimas leistų sumažinti garo sąnaudas iki 50%.

Pavyzdžiui, Norvegijos kepykloje tunelinės krosnies garo sąnaudos pirmai sekcijai drėkinti siekė 240 kg/val. gaminant 1600 kepalukų duonos per valandą.

Instaliavus garo valdymo sistemą, garo sąnaudos sumažėjo iki 180 kg/val., pagaminant tiek pat duonos. Sutaupyta – 60 kg/val. Nauda įvertinta 9880 ECU/met.

Mažesni energijos nuostoliai gaunami: automatiškai tiekiant garą, tik duonai patekus į krosnį;



13 pav. Tunelinės krosnies drėkinamojo garo valdymo sistema

kruopščiai tiekiant reikalingą perskaičiuotą garo kiekį kiekvienai produkcijos rūšiai; įrengiant apsaugos signalizaciją, jei nutrūktų garo tiekimas.

Ši energijos taupymo technologija gali būti pritaikyta daugumoje tunelinių krosnių.

Siūlomai sistemai įdiegti reikia 100000 NOK (Norvegijos kronų), arba 12500 ECU, neįskaitant instaliacijos ir transportavimo išlaidų.

## 7. IŠVADOS

*Duonos ir pyrago gaminių pramonė Vakarų šalyse turi šiuos ypatingus bruožus:*

– tai yra labai įvairus sektorius su keliomis didelėmis bei vidutinėmis įmonėmis ir su daug mažų, turinčių nedaug darbuotojų, bendrovių;

– diegiant naujas sistemas ir atnaujinant įrengimus susiduriama su bendromis problemomis – aukštomis kainomis, maža gamybos apimtimi, mažu darbo valandų skaičiumi;

– pastaruoju metu pradėta gaminti daug naujų alternatyvių produktų, dėl kurių sumažėjo įprastinis duonos suvartojimas ir atsirado konkurencija tarp vadinamųjų „karštų taškų“ ir įprastinių duonos gamintojų.

*Energetiniu požiūriu duonos ir pyrago gaminių sektorius apibūdinamas:*

– smarkiai besikeičiančia įvairaus kuro vartojimo skale su gausybe skirtumų, atsirandančių dėl sektoriaus susiskaldymo ir jo dydžio kitimo;

– pastarųjų metų elektros energijos sąnaudų didėjimas yra glaudžiai susietas su naujos įrangos instaliavimu, procesų mechanizavimu, taip pat automatizavimo ir valdymo diegimu;

– pradėta naudoti šaldymo technika taip pat sąlygojo instaliuoto elektros galingumo ir elektros sąnaudų didėjimą;

– tradicinis elektros energijos panaudojimas krosnyse šilumos gamybai dažniausiai buvo taikomas mažos apimties pramonės įmonėse ir kai kuriose periodinio veikimo krosnyse;

– kai kuriose duonos ir pyrago gaminių įmonėse įrengimai dirbo tik po keletą valandų per dieną, taigi nevisiškai buvo panaudojami gamybos pajėgumai ir ne visos efektyvaus energijos naudojimo priemonės galėjo būti naudojamos, nes jos buvo nepelningos.

*Technologinė pažanga.*

Technologinis pažanga šiame sektoriuje eina trimis lygiagrečiais keliais:

– įmonių pelningumo didinimas dėl pažangaus mechanizavimo, gamybos operacijų optimizavimo, gamybos procesų reguliavimo ir valdymo;

– šaldymo technologijų efektyvus panaudojimas duonos gamybos procese, arba panaudojimas šaldymo technikos, kuri leistų modifikuoti normalų ga-

mybos procesą ir nepriklausomai nuo įprastinio kepimo gaminti žaliavinę arba dalinai apkeptą duoną;

– fizikinių cheminių metodų, gerinančių duonos produkciją, tyrimas ir plėtra, kokybės ir patikimumo gerinimas.

Norint pagerinti ir standartizuoti miltų įtaką, pradėtos naudoti žaliavinės produkciją komplektuojančios ir gerinančios medžiagos, nuo kurių daugiausia priklauso gaminamos duonos kaina. Šių produktų gerinimas su einamuoju šaldymo technikos panaudojimu įgauna vis svarbesnę reikšmę.

*Poveikis aplinkai.*

• Emisija į atmosferą nėra labai svarbi duonos ir pyrago gaminių įmonių problema, nes tinkamai naudojant garo generatorius ir kepimo krosnis, negaunama didelių nepageidaujamų emisijų.

• Išsiskiriantys kietieji radikalai yra nekenksmingos prigimties, gali infiltruotis į žemę. Jie gali būti tiesiogiai panaudoti gyvulių pašarui arba paimti į pašarų fabrikus.

Gauta  
2001 10 04

## Literatūra

1. Škėma R., Bartkus S. Lietuva – nauja Europos Komisijos OPET tinklo narė // Mokslas ir gyvenimas. 2000. Nr. 4. P. 24–25.
2. Energy Efficiency in the Industrial Bakery Sector // Thermie programme action. IDEA Madrid, 1998.
3. Study on Energy Efficiency in the Bakery Sector in Spain // Thermie programme action. IDEA Madrid, 1998.
4. Maxi brochure: „Energy Efficiency in the Industrial Bakery Sector“ // Promotion of energy efficiency in the industrial bakery sector. IDEA. April 1998.
5. New Technologies in Bread making in the European Union // Thermie programme. Promotion of energy efficiency in the industrial bakery sector. IDEA. May 1998.

**Vygandas Gaigalis, Romualdas Škėma, Feliksas Zinevičius**

## EFFECTIVE ENERGY USE IN BAKERIES

S u m m a r y

Experience of West countries on implementing new techniques and technologies in bread and pastry industry are described, with the emphasis on energy efficiency. Bread manufacture processes are described, the demand and distribution of thermal and electrical energy and main equipments and installations are shown. Energy-efficient fermentation and baking technologies are presented. Types of baking ovens are discussed, their energetic and economical evaluation is done. The main steam systems are described and analysis of necessary investments is done.

**Key words:** energy, bread and pastry industry, main equipment and installations, effective energy use, analysis of investments, economy

**Вигандас Гайгалис, Ромуальдас Шкема,  
Феликсас Зинявичюс**

### **ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ В ХЛЕБОПЕКАРНЯХ**

#### **Р е з ю м е**

В статье показан опыт Западных стран по внедрению новой техники и технологии в хлебобулочной промышленности, уделяя особое внимание эффективному использованию энергии. Описан процесс хлебо-

производства, показаны потребление тепло- и электроэнергии, её самоподразделение, основные устройства и инсталляции. Представлены энергетически эффективные технологии при ферментации и в печах хлебопекарней, дана их энергетическая и экономическая оценка. Описаны используемые паровые системы и дан анализ нужных инвестиций.

**Ключевые слова:** энергетика, хлебобулочная промышленность, основные устройства и инсталляции, эффективное использование энергии, анализ инвестиций, экономия