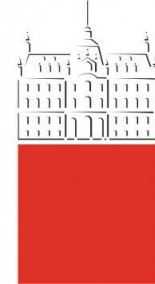




Univerza v Ljubljani

Biotehniška fakulteta



Tehnološke posebnosti najpogostejših sistemov sušenja sena z navezavo na izvedene meritve porabe energije

Janez Benedičič, Rajko Bernik

Sistemi sušenja

Sušenje s sončno streho

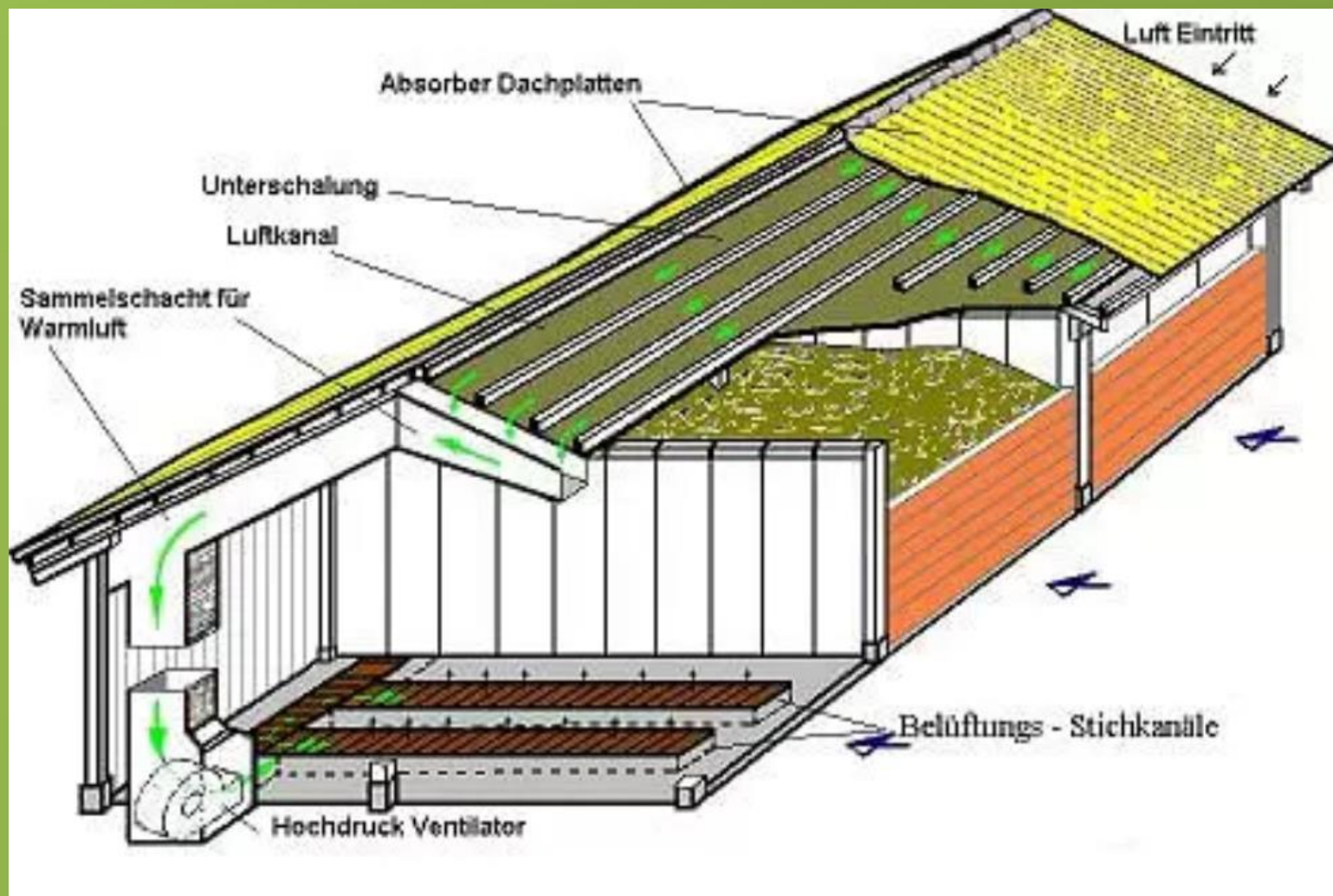
Sušenje z biomaso

Sušenje s kondenzacijsko sušilnico



Sušenje: Topel zrak – sončna streha

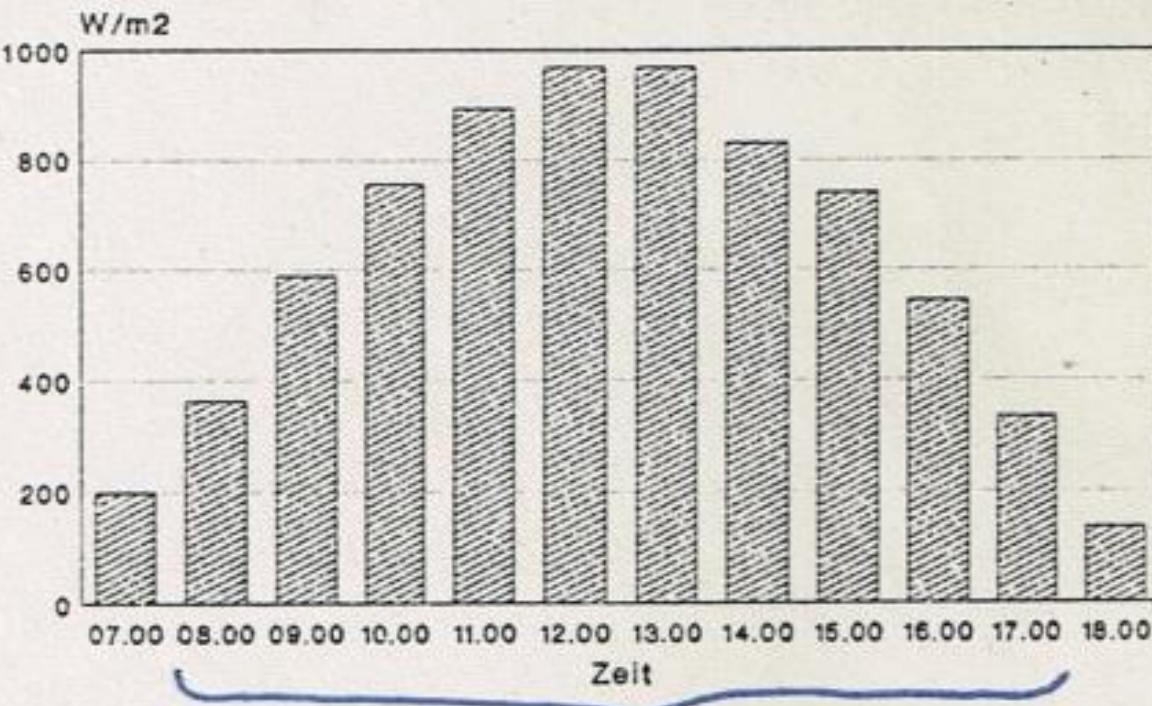
- Kako poteka sušenje s sončno streho



Sušenje: Topel zrak – sončna streha

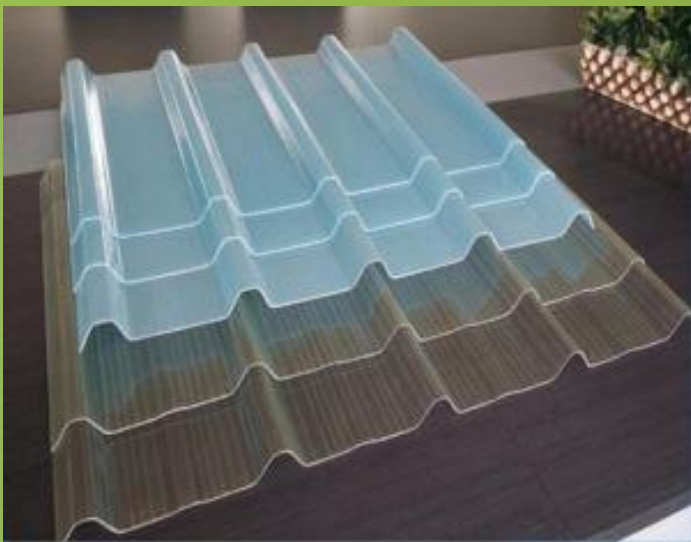
- Nizek strošek energije in investicije
- Neposreden prehod toplote na zrak
- V oblačnem vremenu ne dela

Sončno obsevanje

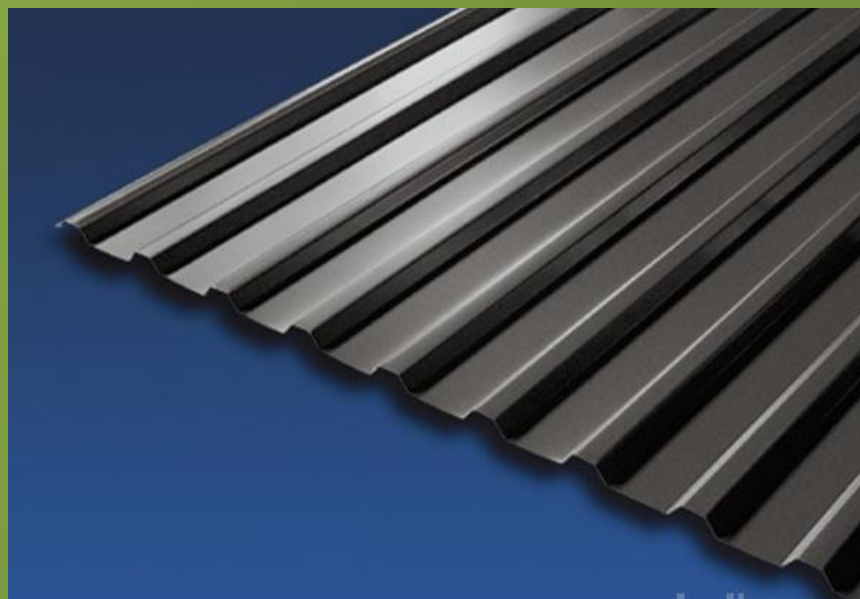


Sušenje: Topel zrak – sončna streha

- Prosojnost?
- Akumulacija toplote



Vrsta kritine	Izkoristek [%]
Prozorna streha	58
Pločevina	52
Eternit	42
Strešniki	37



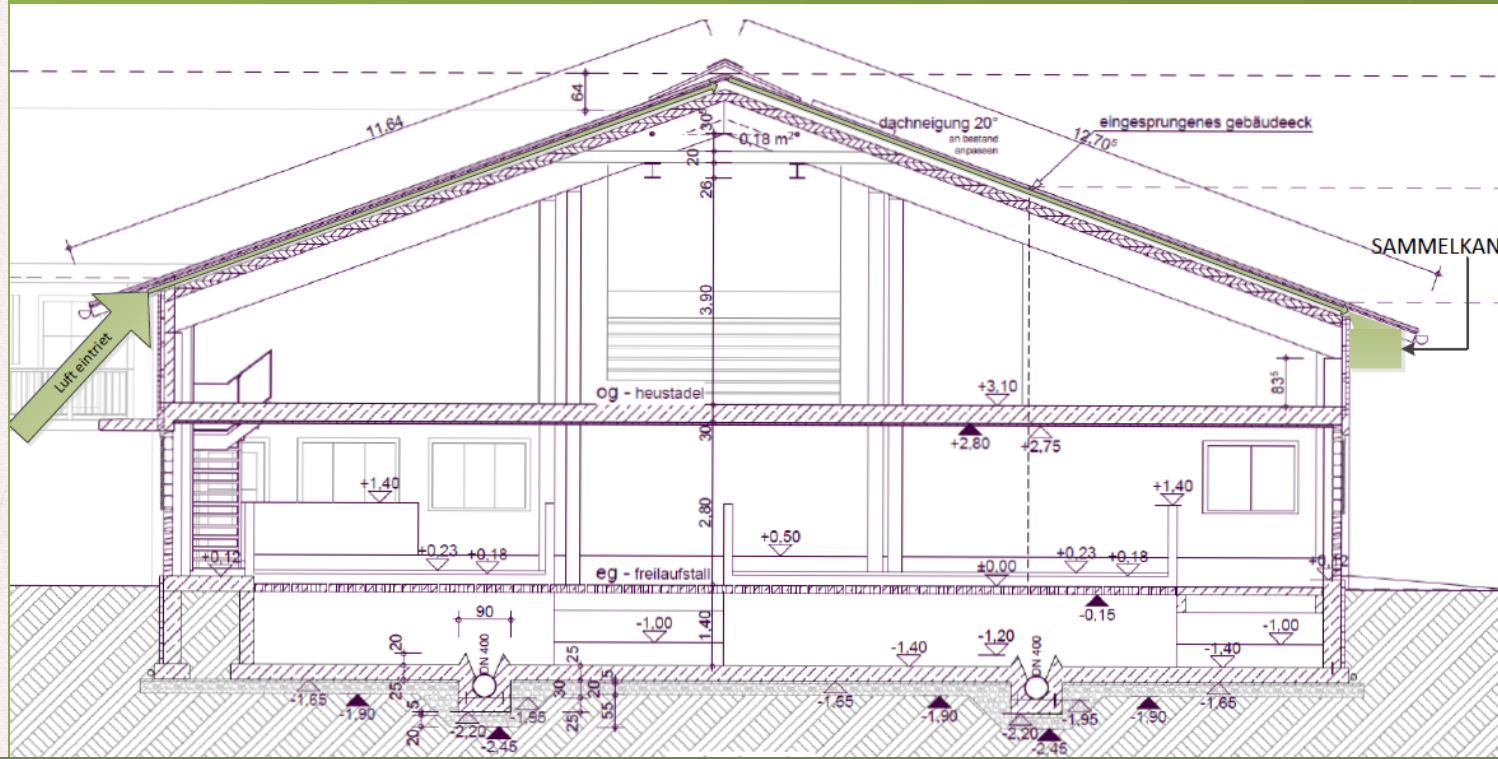
Sušenje: Topel zrak – sončna streha

- Sončno obsevanje - nakloni

ORIENTACIJA STREHE	NAGIB STREHE				
	10° %	20° %	30° %	40° %	50° %
* 0 Süd	98	100	99	96	89
30	97	99	98	94	88
60	95	94	92	89	83
90 West/Ost	91	88	84	79	72
120	88	81	73	65	57
150	86	76	65	52	39
180 Nord	85	74	62	47	32

- Zračni kanali

Hitrost zraka 4 m/s



Sušenje: Topel zrak – sončna streha

- Sončno obsevanje – primer

279 m² cca 90 kW toplote cca 14°C



Stroški sušenja na testih

	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4
Princip sušenja	Sončna streha: tretja	Sončna streha: druga	Sončna streha: druga	Sončna streha: druga
Vlažnost pri spravilu	27 %	45 %	34,9 %	27 %
SS posameznega sušenja	3395 kg	1676 kg	3425 kg	3940 kg
Porabljena energija [kWh/kg SS]	0,15 kWh/kg	0,06 kWh/kg	0,07 kWh/kg	0,028kWh/kg

Sušenje: Sušenje z biomaso - toplozračna sušilnica

- Odprt – toplozračna sušilnica

Zrak v okolico



Zrak iz okolice



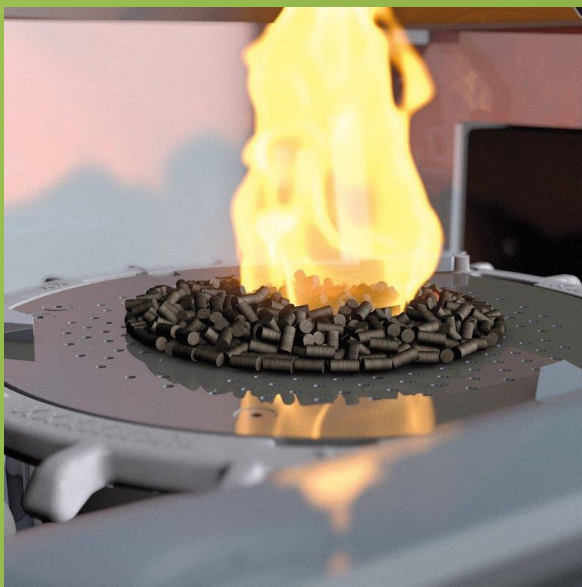
Sušenje: Sušenje z biomaso - toplozračna sušilnica

- Termogen na biomaso
- Termogen na fosilna goriva

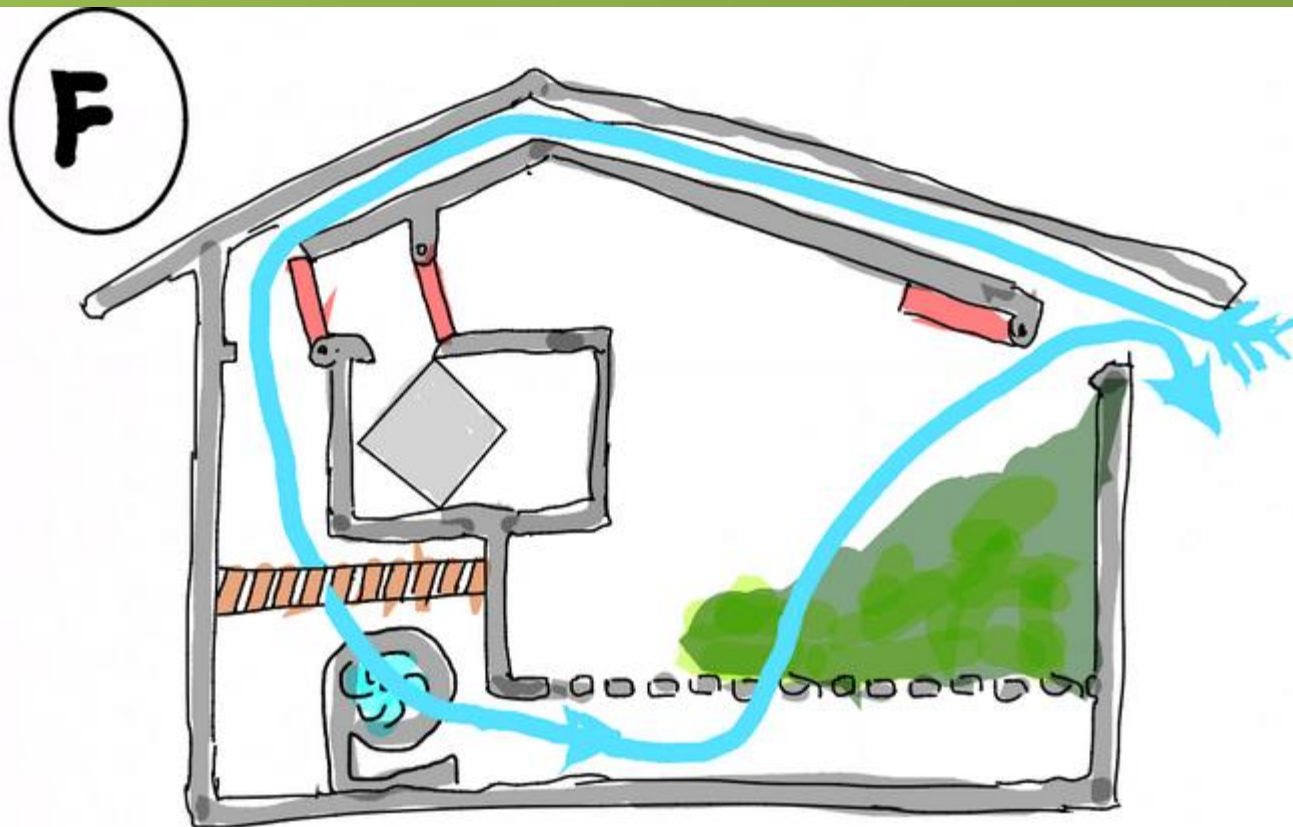


Sušenje: Sušenje z biomaso - toplozračna sušilnica

- Gorilniki na pelete in fosilna goriva
- Klasična peč na sekance ali drva



Sušenje: Sušenje z biomaso - toplozračna sušilnica

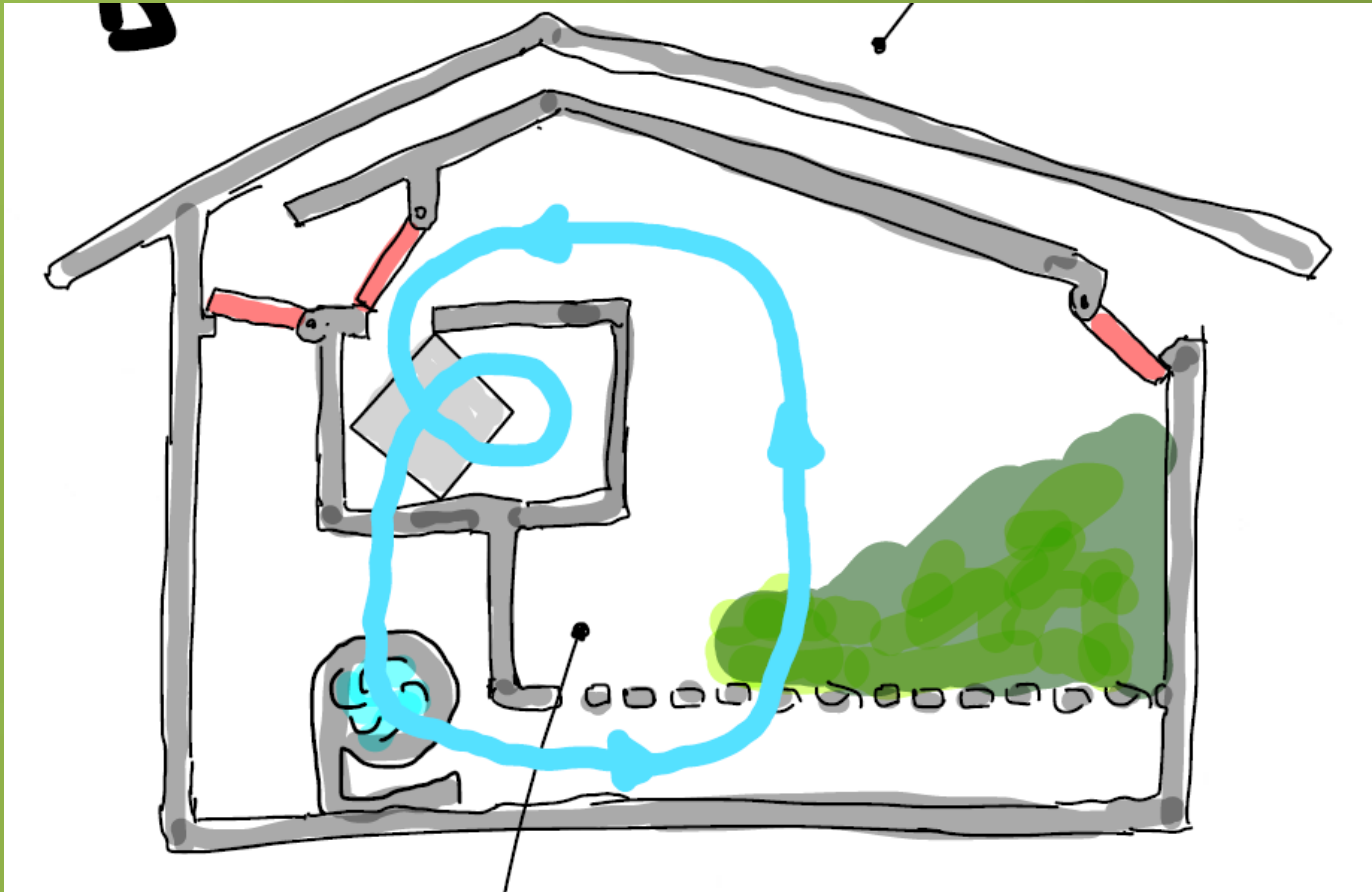


Stroški sušenja na testih

T zraka [°C]	Test 1	Test 2	Test 3
Princip sušenja	Biomasa: druga	Biomasa + sončna streha: druga	Biomasa + sončna streha: tretja
Vlažnost pri spravilu	20 %	46 %	39 %
SS posameznega sušenja	1766 kg	1676 kg	5341 kg
Porabljena energija [kWh/kg SS]	0,085 kWh/kg –el. 1,22 kWh/kg – to.	0,063 kWh/kg –el. 0,66 kWh/kg – to.	0,051 kWh/kg –el. 0,53 kWh/kg – to.

Sušenje: Sušenje s kondenzacijsko sušilnico

- Zaprt - kondenzacija



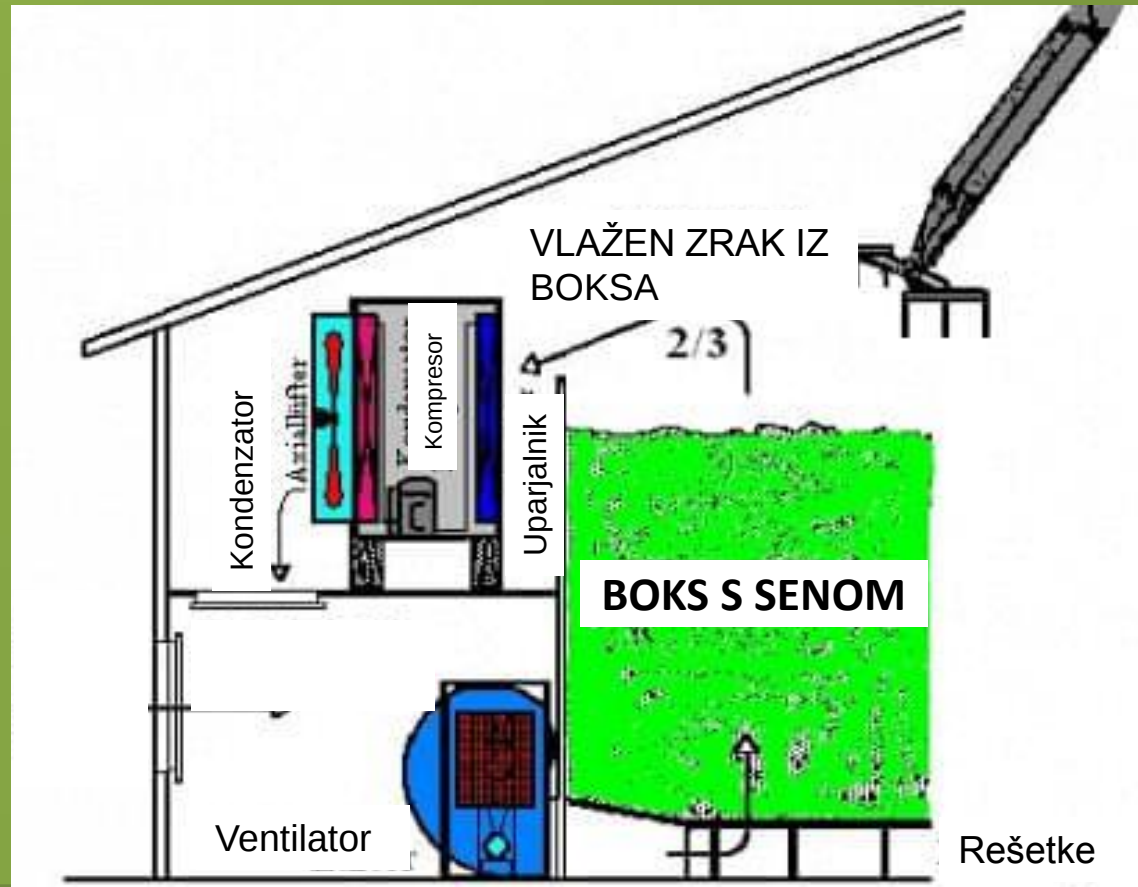
Sušenje: Sušenje s kondenzacijsko sušilnico

- Delno odprt



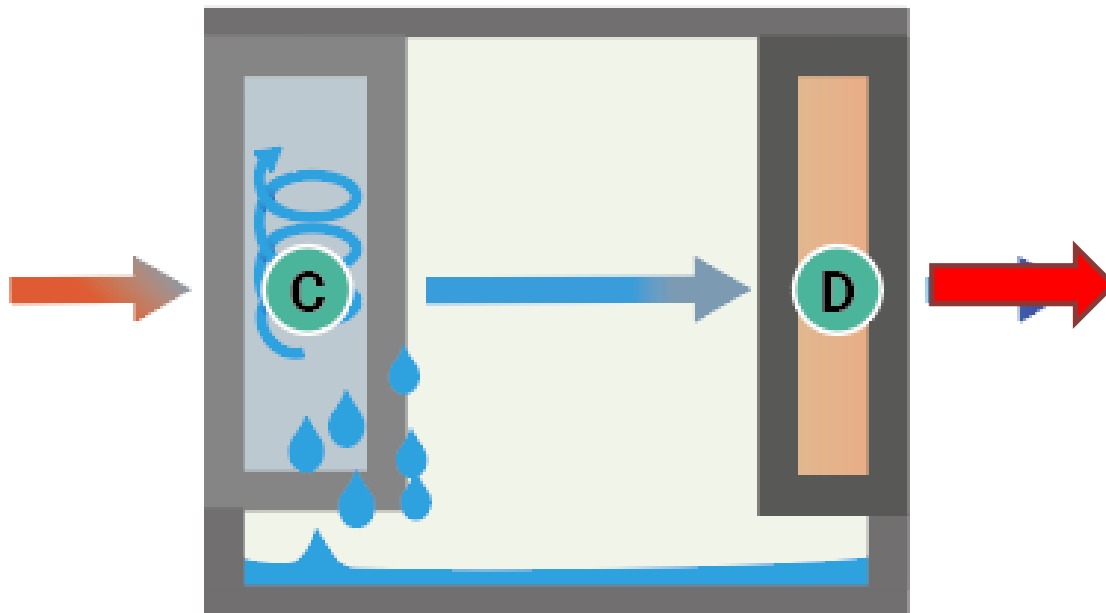
Delovanje kondenzacijske sušilnice

- Izkoriščanje povratne toplote
- Neodvisnost od vremena
- Proces z nizko "vztrajnostjo"



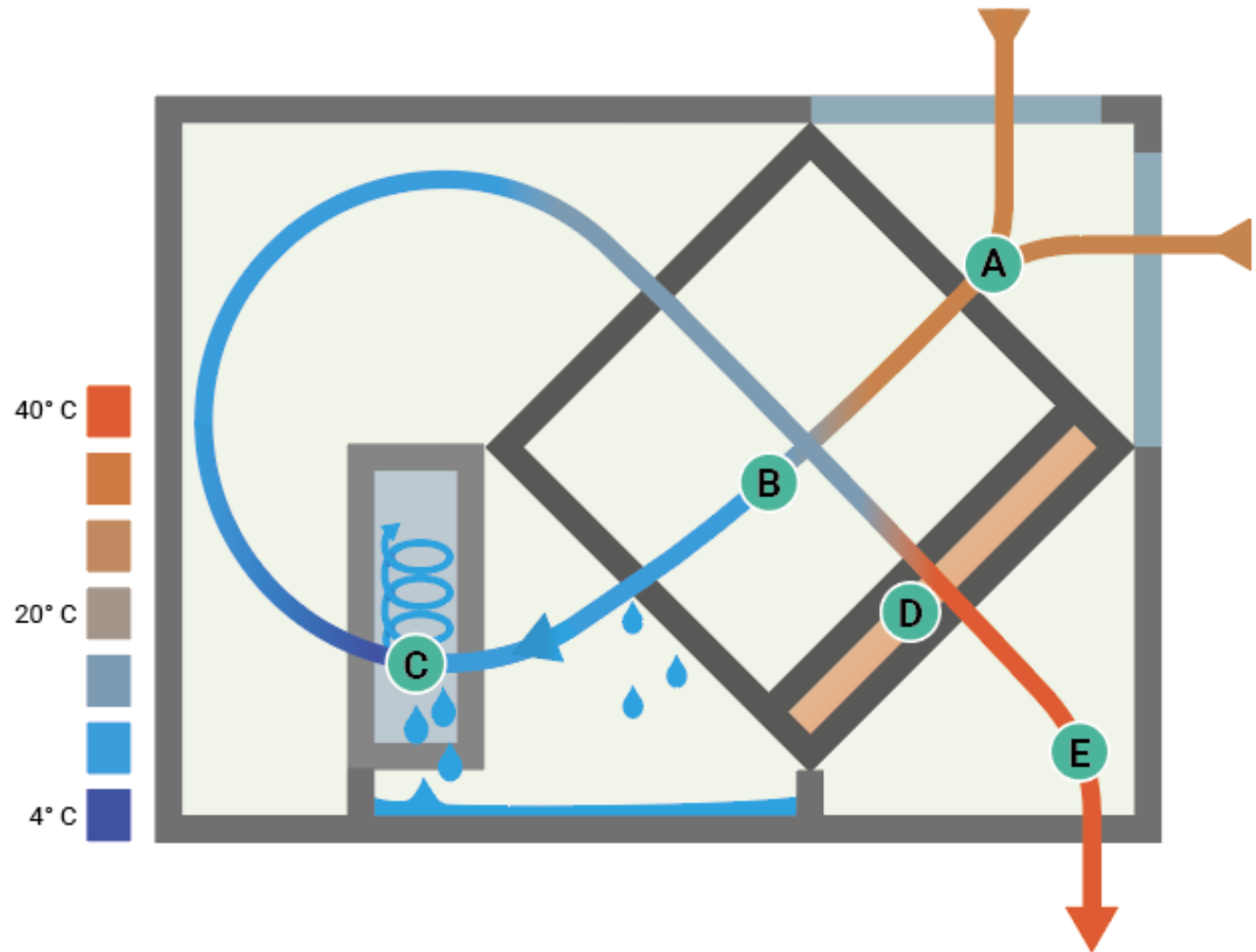
Delovanje kondenzacijske sušilnice

- Star sistem



Delovanje kondenzacijske sušilnice

- Izboljšan sistem



Delovanje kondenzacijske sušilnice

- Kondenzat



KONDENZAT

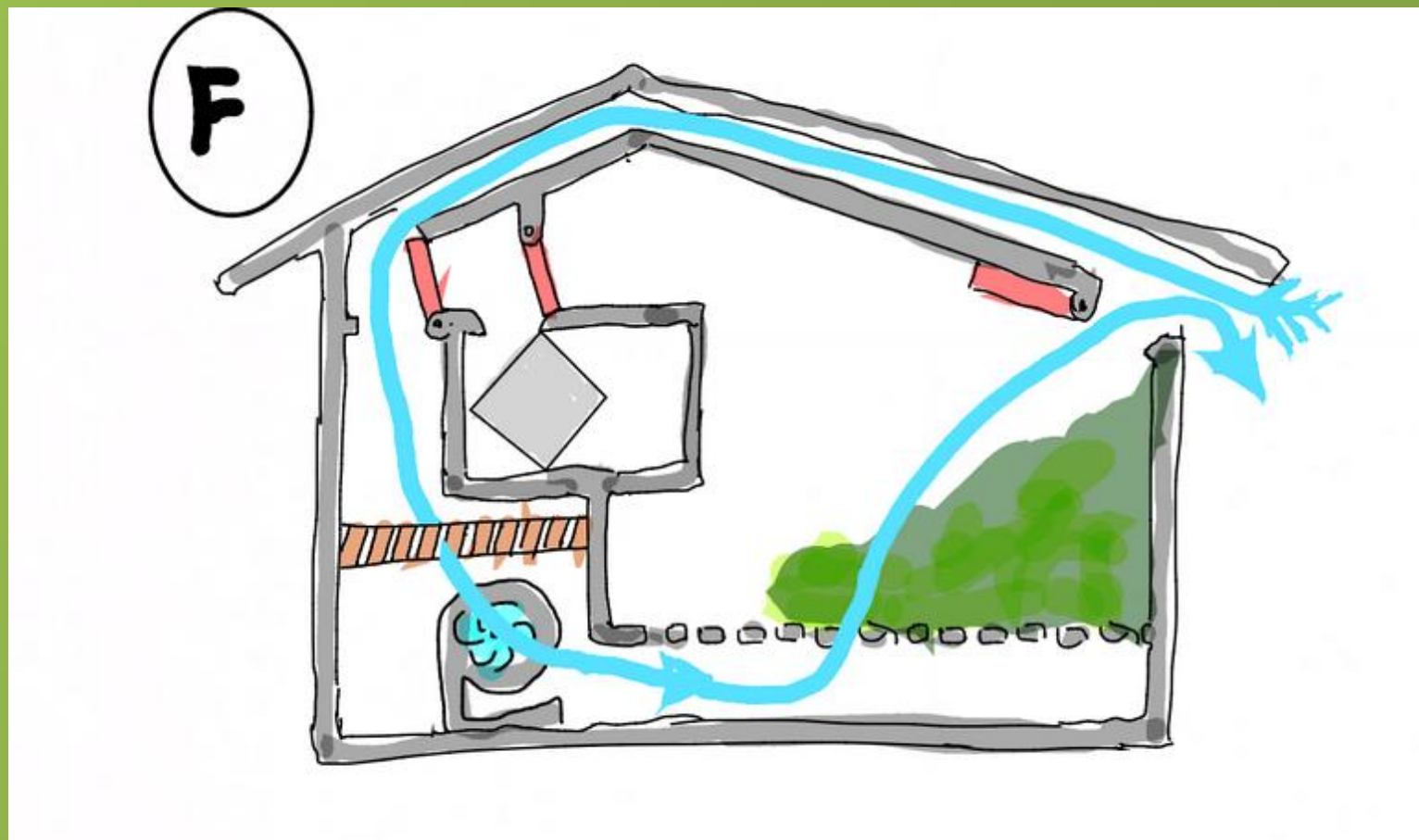


Stroški sušenja na testih

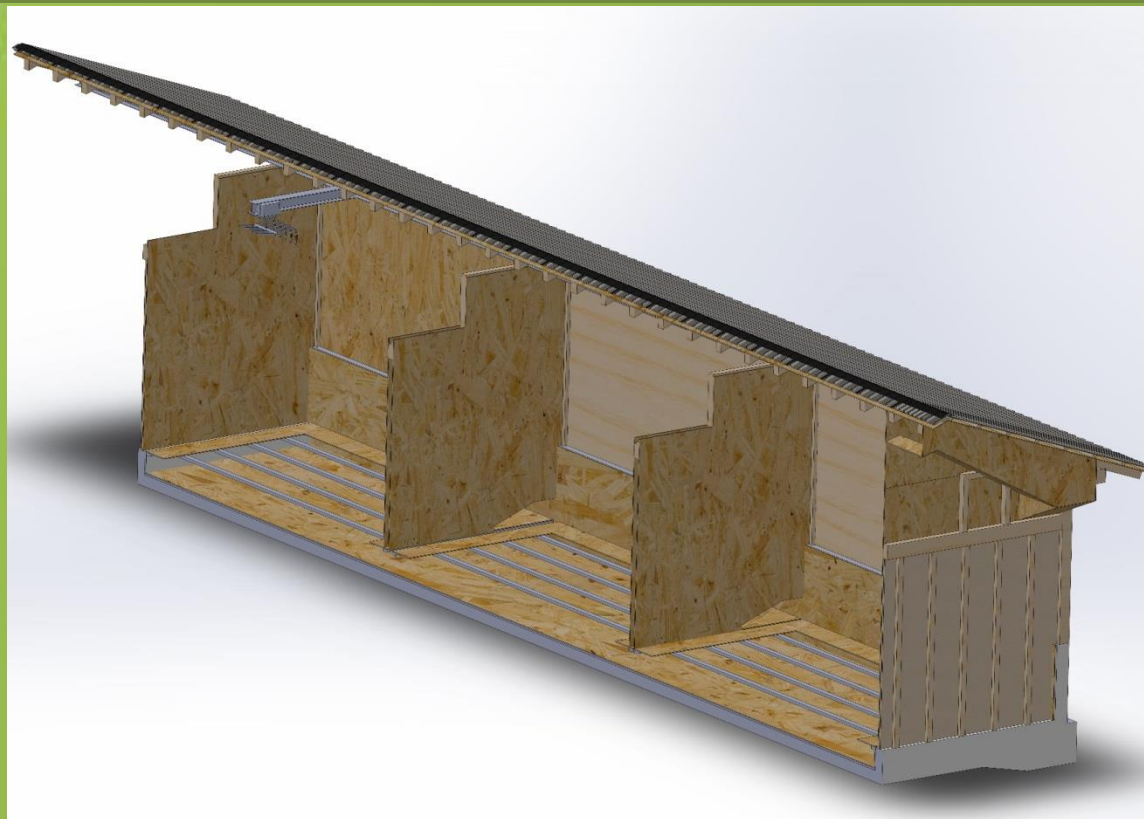
	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4
Princip sušenja	Toplotna črpalka	Toplotna črpalka	Toplotna črpalka	Toplotna črpalka
Vlažnost pri pravilu	44,2 %	42 %	55 %	32,7 %
SS posameznega sušenja	5320 kg	4674 kg	1501 kg	3021 kg
Porabljena energija [kWh/kg SS]	0,21 kWh/kg	0,29 kWh/kg	0,32 kWh/kg	0,153 kWh/kg

	Test 1	Test 2	Test 3
Princip sušenja	Toplotna črpalka + sonča streha	Toplotna črpalka + sonča streha	Toplotna črpalka + sonča streha september
Vlažnost pri pravilu	34,9 %	35,33 %	37 % - 47 %
SS posameznega sušenja	3425 kg	5341 kg	1427 kg
Porabljena energija [kWh/kg SS]	0,07 kWh/kg	0,063 kWh/kg	0,31 kWh/kg

Sušenje sena v razsutem stanju - boks

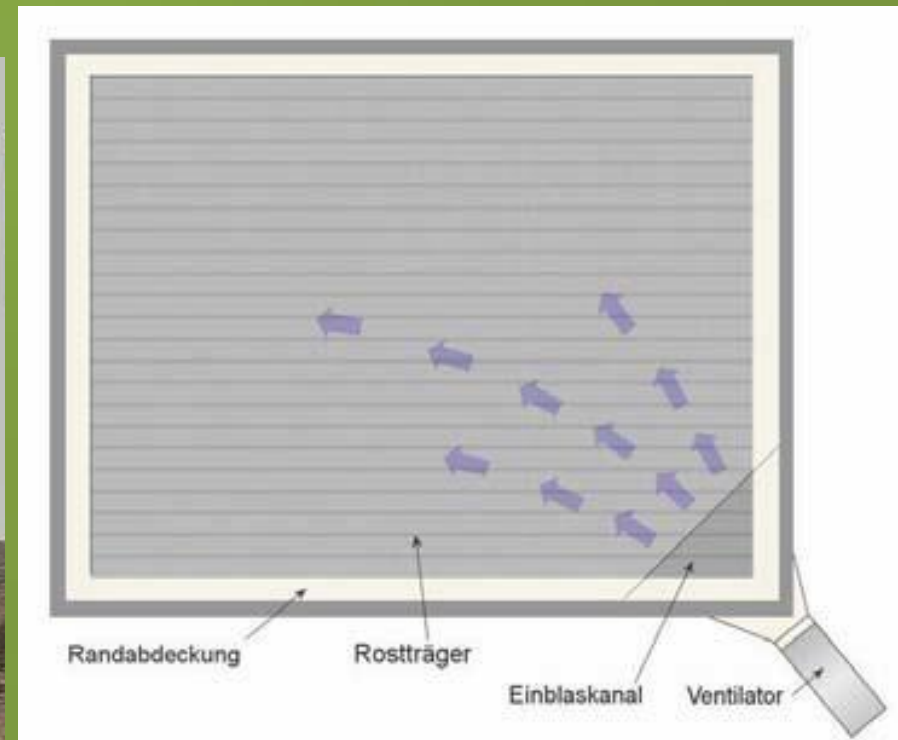


Sušenje sena v razsutem stanju - boks



Sušenje sena v razsutem stanju – kanali, rešetke

- Vstopna odprtina za zrak naj bo v kotu boksa
- Kvadratna oblika
- Rešetke (kovinske, lesene)



Sušenje sena v razsutem stanju – padec tlaka - ventilator

- Hitrost zraka: 0,07 m/s/m² do 0,11 m/s/m²
- Padec tlaka med 80 Pa/m in 240 Pa/m
- Min 1 m, max 8 m
- Maksimalno 70 l vode/m²



Sušenje sena v razsutem stanju – izgube

- Izgube skozi poden, stene in strop
- Izgube skozi poden cca. 8 %

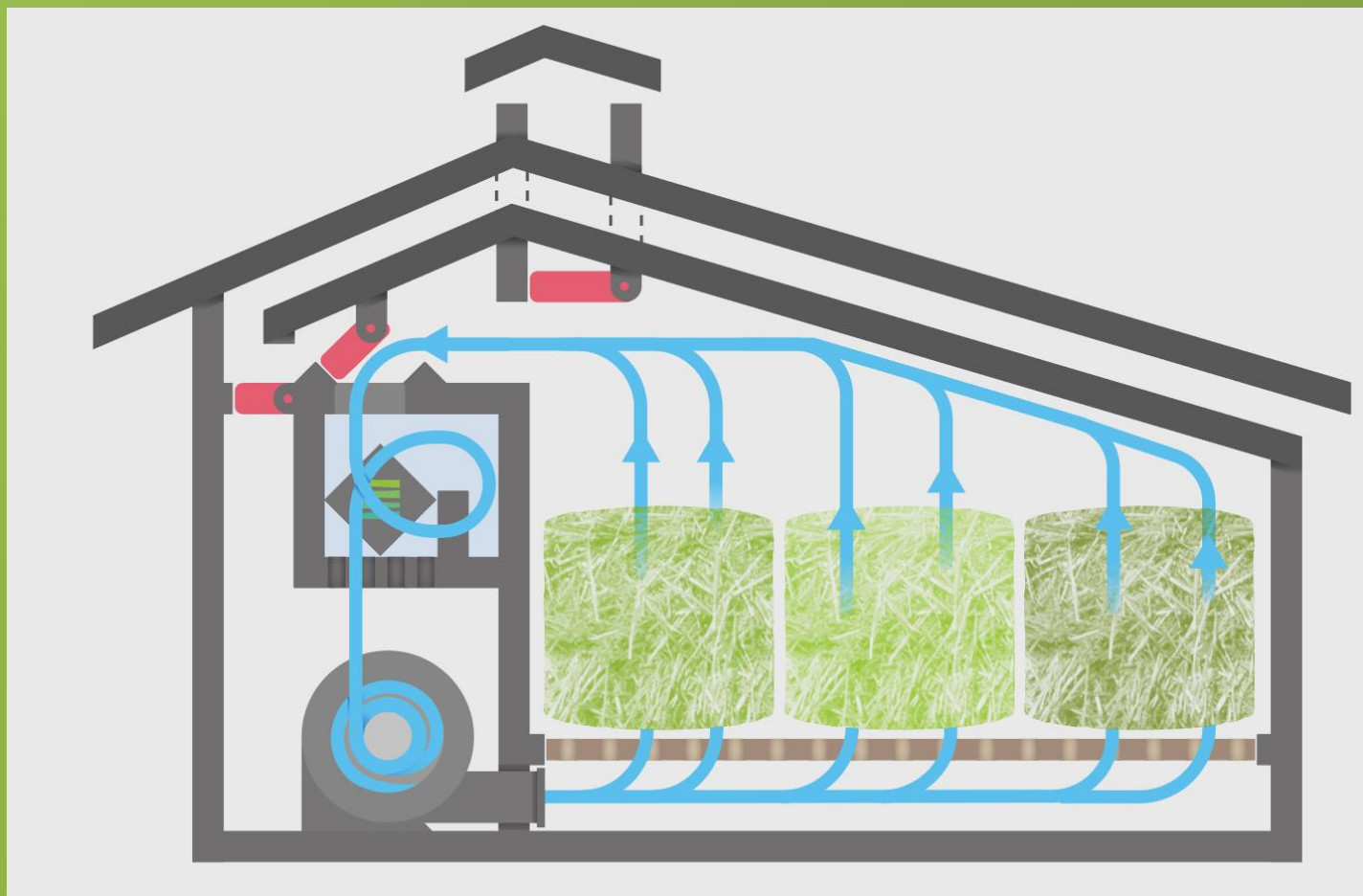


Sušenje sena v razsutem stanju – Težave pri sušenju

- Neenakomerna razporeditev
- Prenizek ali previsok vnos krme
- Brez spremljanja sušenja
- Preveč sveža krma glede zmogljivosti naprave



Sušenje bal



Sušenja bal



- Sušenje s potiskanjem zraka
- Sušenje s sesanjem zraka



Sušenja bal - ventilator

- Pretok od 1100 do 2000 m³/h/balo
- Statičen tlak maksimalno 1700 Pa
- Potreben statični tlak 900 Pa balirka s fiksno komoro, 1400 Pa variabilna komora



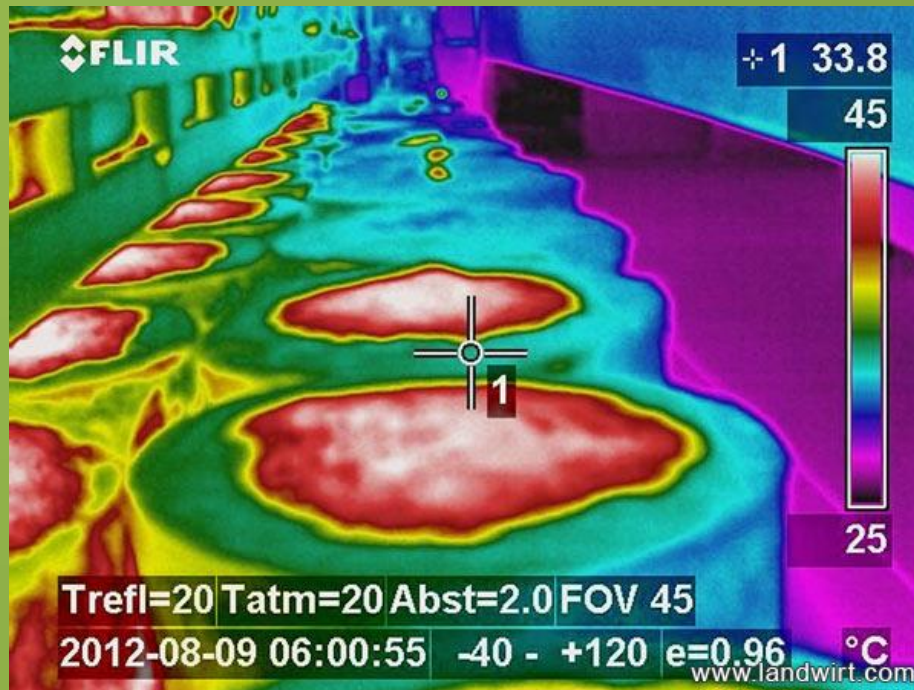
Sušenja bal - kanali

- Luknja 85 % premera bale
- Rob višine do 100 mm
- Širina kanala enaka kot širina bale
- Koničen po dolžini



Sušenja bal - izgube

- Toplotna izolacija kanalov
- Pokrovi



Sušenje bal – priprava na travniku

- Transport bal naj bo vertikal





Hvala za pozornost