

# Znižanje stroškov z učinkovito oskrbo s stisnjenim zrakom

Robert HARB, Martin TERBUC, Rok TRELC

## ■ 1 Uvod

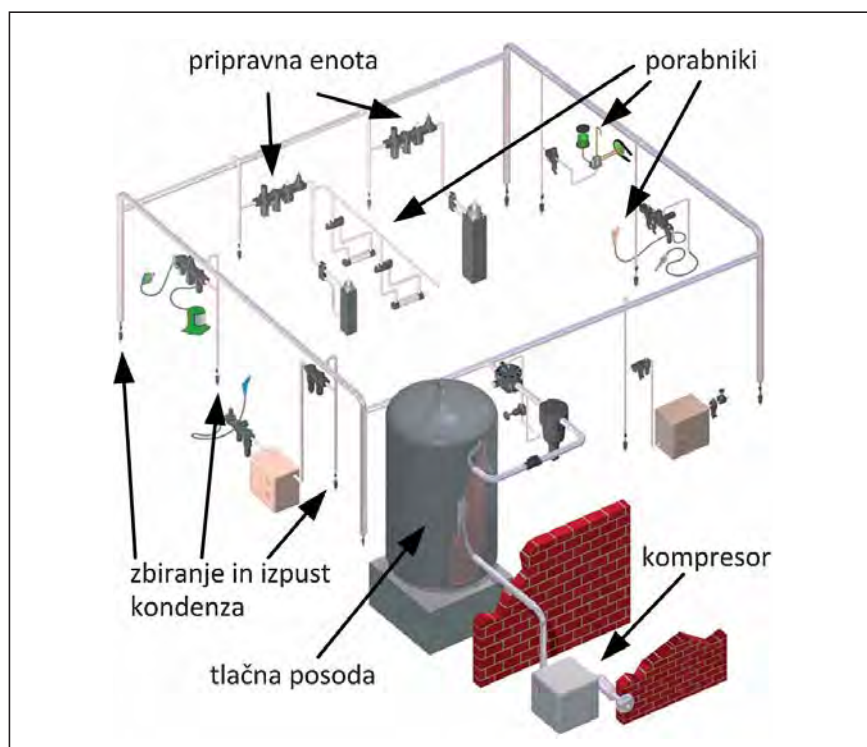
Stisnjen zrak je varna, čista oblika energije in je ob elektriki najpogosteje uporabljan vir energije v industriji. Njegova uporabnost in varnost sta zelo dragi, saj je kot energija ok. 50-krat dražji od zemeljskega plina in olja ter 10-krat od elektrike [6]. V času naraščanja stroškov energije in velike konkurence postaja učinkovita raba stisnjenega zraka vse bolj pomembna. V praksi deluje večina vseh pnevmatičnih sistemov pomanjkljivo. Nema lokrat se zgodi, da se na tvorjenje, dobavo in pripravo zraka kot bistven vir energije za nove ali pa povečane proizvodne zmogljivosti preprosto pozabi. Tako se pozneje iščejo najhitrejše in najcenejše rešitve, ki pa večinoma niso najučinkovitejše in najboljše. Pri tem gre ob sami porabi energije še za njeno kakovost in tudi za ekologijo.

V študiji inštituta Fraunhofer je bila opravljena analiza sistemov zraka za več sto podjetij znotraj EU, ki kaže na splošno slabo stanje pri uporabi zraka kot medija za prenos energije:

- 80 % vseh pnevmatičnih sistemov deluje pomanjkljivo zaradi puščanja,
- v nekaterih primerih bi lahko prihranili 50 % porabljene energije,
- v EU obstaja možnost 33 % prihranka energije.

Vir: Fraunhofer Institut für Systemtechnik, 2001 [7]

Robert Harb, univ. dipl. inž., dr.  
Martin Terbuc, univ. dipl. inž.,  
Šolski center Ptuj; Rok Trelc, dipl.  
inž., HPE, d. o. o., Ljubljana



Slika 1. Razvodno omrežje s pripravnimi enotami in porabniki

## ■ 2 Pridobivanje stisnjenega zraka

Dobava stisnjenega zraka pomeni končnemu uporabniku predvsem

zavedo šele takrat, ko stroj ali naprava, ki potrebuje pnevmatično energijo, ne deluje po pričakovanjih. Sistemi stisnjenega zraka so med najslabše razumljenimi in najbolj zapostavljenimi, kar se jih uporablja v industriji. Zato je treba, poleg učinkovitega vzdrževanja, usmeriti večjo pozornost tudi v celovito načrtovanje pnevmatičnih sistemov – od velikosti in resničnih potreb končnih uporabnikov pnevmatične energije do sistemov za njeno proizvodnjo in pripravo (slika 1).

to, da je nekje na voljo priključek, na katerega lahko priključi novega porabnika. Kaj vse je potrebno, da pride zrak po dovodnih ceveh do priključka, se uporabniki običajno

Za končne uporabnike je dokaj samoumevno, da pnevmatična energija je, da je ustrezne kakovosti in da je medija dovolj. Koliko to stane, pa do

sedaj še ni bilo toliko pomembno. Glede na to, da se stopnja avtomatizacije v industriji nenehno povečuje in da bo energija zmeraj dražja, bo treba pnevmatične sisteme obravnavati celoviteje tudi z vidika porabe energije.

## 2.1 Stroški zraka

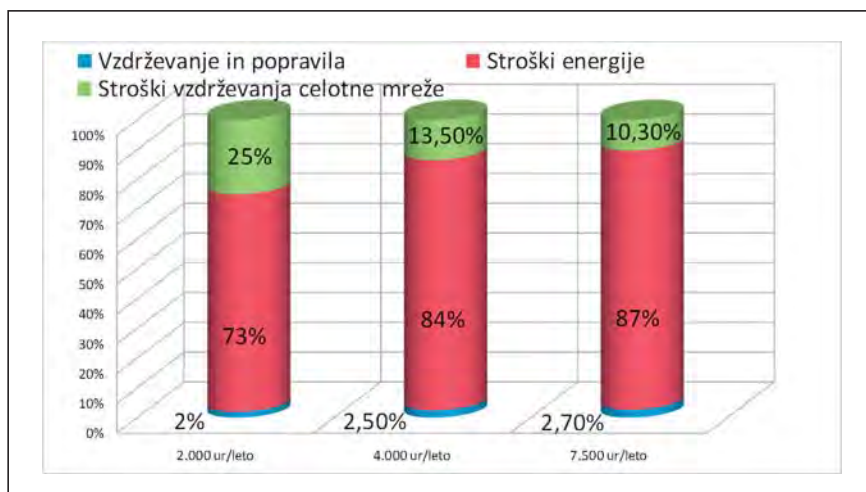
Poraba električne energije za pridobivanje stisnjene zraka je pogosto podcenjena. Proizvajalci kompresorjev so ugotovili, da se več kot 10 % električne energije v evropski industriji porablja za zagotavljanje zraka. Z izboljšavami bi bilo tako mogoče v povprečni tovarni prihraniti do 30 % v te namene porabljene energije.

Stroške oskrbe s stisnjnim zrakom predstavljajo:

- stroški električne energije za pogon kompresorjev,
- stroški vzdrževanja pnevmatičnega razvodnega omrežja,
- vzdrževanje in popravila kompresorjev.

Vpliv posameznih skupin na celotne stroške je odvisen od letnih obratovalnih ur (slika 2). Največji strošek predstavlja električna energija za pogon kompresorjev. Stroški energije se gibljejo od 73 % pri 2000 obratovalnih urah na leto do 87 % pri 7.500 obratovalnih urah na leto [4]. Razlogi za to so: poraba energije kompresorja v prostem teku, če je prevelika razlika med vklopom in izklopom kompresorja, nepravilno dimenzionirano omrežje, netesna mesta, puščanje sistema, izgube na aktuatorjih itd.

Povečano porabo energije povzroča tudi nenadzorovana in neprimer-



Slika 2. Stroški energije [8] % bi bilo treba odmakniti od številke

na nastavitev tlaka. Čezmerni tlak povzroča tudi povečano obrabo opreme, kar vpliva na večje stroške vzdrževanja in krajšo dobo uporabnosti. Empirično velja, da vsako povečanje delovnega tlaka za približno 0,14 bara (0,14 MPa) poveča stroške priprave zraka za približno odstotek [1, 2, 3]. To je sicer izkustvena ocena in ne teoretično izračunana vrednost, a opozarja na možne vzroke izgube oziroma priložnosti za prihrankov energije.

## 2.2 Investicije v izboljšanje učinkovitosti oskrbe s stisnjnim zrakom

Stisnjeni zrak spada zaradi velikega števila komponent za njegovo pripravo in prenos med najdražje medije, zato je pomembna učinkovitost njegove distribucije. Dobava zraka v obratih in tovarnah ne pomeni samo delovanja kompresorja glede na njegovo kapaciteto in potrebe po zraku, ampak je mnogo več. Kompresorji in porabniki so povezani v sistem, ki

je zelo podoben električnemu, kjer kompresorji predstavljajo elektrarne, cevovodi, filtri, sušilniki, odvjalniki itd. pa ožičenje s transformatorji; različna orodja in stroji pa imajo vlogo porabnikov (slika 1). Podobno, kot je pomembna neprekinjena dobava električne energije, sta pomembni tudi zanesljivost in razpoložljivost dobave zraka, ki zagotavljata varno in nemoteno delovanje pnevmatičnih naprav. Zavedati se moramo, da se ustrezni ukrepi za povečanje učinkovitosti oskrbe v glavnem povrnejo v šestih mesecih, torej se jih izplača čim prej izvesti.

Prvi vir prihranka je odprava puščanja. Puščanje v pnevmatičnem sistemu je neizogibno in povzroča več problemov, kot si navadno predstavljamo. Neenakomeren tlak v kompresorskih sistemih je lahko tudi posledica porabnikov, ki niso priključeni za regulatorjem tlaka. Taki porabniki delujejo pri tlaku distribucijskega sistema, ki je lahko bistveno višji, kot je pa potreben



Slika 3. Mesta puščanja

za zanesljivo delovanje določenega porabnika. Zaradi njih je v cevovodu skoraj nemogoče vzdrževati enakomeren tlak. Brez sanacije lahko puščanje vpliva tako na proizvodnjo kot na kakovost izdelkov. Velike možnosti prihranka pri odpravi puščanja so mamljive, vendar nesistematična odprava izvorov puščanja vodi le v še hitrejšo rast novih izvorov. Investicija v tako nesistematično odpravo se ne povrne. Enkratno odkrivanje in odpravljanje puščanja je potrat časa in denarja. Boljše poznavanje potreb končnih porabnikov po zraku in pravilno izbran sistem regulacije tlaka zmanjšata stroške puščanja. Po ugotovitvi lokacij puščanja [5] (slika 3) se je potrebno posvetiti določanju glavnih povzročiteljev in odpravljanju napak.

Meritve oziroma preglede z ultrazvočnim detektorjem je potrebno izvajati pogosto, saj je le tako mogoče zagotoviti ohranjanje zelene stopnje puščanja. Če se pregledi ne izvajajo redno, se bo stopnja puščanja zagotovo poslabšala.

Navadno je za ugotovitev puščanja potrebno:

- izvesti meritve pretoka po posameznih vejah, obdelati rezultate in izdelati poročilo,
- ugotavljati puščanje z ultrazvočnim detektorjem, označiti mesta puščanja in izdelati popis mest puščanja,
- izdelati oceno predvidenih stroškov sanacije,
- izvesti sanacijo sistema in s tem odpraviti puščanje.

Pogosto dosega puščanje v sistemih do 30 % celotne porabe [5]! V tabeli 1 so navedene izgube zaradi puščanja pri različnih velikostih luknjic. Vrednosti v tabeli so izračunane ob predpostavki, da je cena električne energije enaka 0,045 €/kWh.

Pomembno je določiti raven puščanja, ki je za sistem še sprejemljiva. 5 % puščanja je izredno dober uspeh. 10 % puščanja se prav tako upošteva kot dober, če že ne kar izredno dober uspeh [5]. Sprejemljivo raven puščanja izberemo na podlagi

**Tabela 1.** Stroški zaradi puščanja [5]

Premer luknjice [mm]	Puščanje zraka pri 7 bar tlaka [m <sup>3</sup> /min]	Potrebna moč za komprimiranje izgubljenega zraka [kW]	Letni strošek puščanja [€ – 40h/ teden]	Letni strošek puščanja [€ – 120h/ teden]
0,4 (glavica bucike)	0,012	0,1	10,00	25,00
1,6 (glavica vžigalice)	0,1860	1,0	100,00	250,00
3,0	0,66	3,5	350,00	875,00

ekonomskih faktorjev. Cilj je doseči maksimalen učinek z minimalnim vložkom dela in denarja. Tip in število izvorov puščanja določata obseg potrebnega dela. Montažna linija s stotimi ali več odjemnimi mesti bo imela bistveno več puščanja kot procesna linija z več cevovodi in manj odjemnimi mesti. Na trgu obstajajo določeni modeli povezovalnih cevk, priključkov in hitrih spojk, ki so bistveno manj nagnjeni k puščanju. Nabavna cena teh elementov je navadno nekaj višja, vendar sprejemljiva glede na visoke stroške puščanja ter potrebne kasnejše sanacije puščanja. Puščanje je potrebno odpraviti do te mere, da lahko potrebe po zraku pokrivamo z manj kompresorji – izklopimo enega ali več kompresorjev. Manj ambiciozni cilji so samo potrat časa.

Drugi prihranek, približno 6 %, je mogoče doseči z drugačnim delovanjem kompresorjev. Običajna metoda je vklapljanje in izklapljanje kompresorjev v zaporedju. Tlak pri tem lahko niha za 1 bar ali več. Z boljšimi krmilniki je mogoče doseči, da je v uporabi samo ustrezno velik kompresor v določenem trenutku, pri tem pa zadošča razlika v tlaku 0,1–0,2 bar. Za takšen krmilnik so potrebne zanesljive vhodne informacije, te so predvsem izmerjene vrednosti tlaka in pretok zraka.

10 % energije je mogoče prihraniti, če vsak posamezen kompresor deluje optimalno. Za regulator, ki je vgrajen v posamezno enoto, je zelo pomemben podatek o dejanski kapaciteti zraka, ki ga enota daje na izhodu. Zato pa je potreben natančen in zanesljiv merilnik pretoka.

Ustrezna izbira kompresorskih enot lahko pomeni nadaljnjih 5 % prihranka z uporabo visoko učinkovitih motorjev, učinkovitih kompresorskih blokov in modernih krmilnikov.

Ustrezno dimenzionirani filtri, odvajalniki itd. prispevajo dodatnih 5 % zaradi prihranka pri nepotrebnih padcih tlaka.

### ■ 3 Optimizacija porabnikov zraka

Ukrepi za povečanje učinkovitosti izrabe stisnjene zraka so:

- redno vzdrževanje celotnega sistema,
- pregled in optimizacija pnevmatičnih shem,
- zamenjava spojk in cevi,
- ocena učinkovitosti šob in pištol za izpihovanje,
- nadomestitev dvosmernega vpenjalnega valja z enosmernim,
- optimizacija distribucijske mreže v strojih.

Zračno hlajen kompresor je med delovanjem učinkovit vir toplote, kar pomeni, da lahko to energijo porabimo npr. za ogrevanje zraka ali vode.

Razlika v porabi tlaka med kompresorjem in najbolj oddaljenim porabnikom bi morala biti manjša od 1 bara. Pregledati je potrebno sistem, če dovod zraka presega 7 barov. Primerjati moramo realno in optimalno porabo tlaka s pomočjo meritev in beleženj. Če zmanjšamo tlak za 1 bar, pomeni to tudi prihranek do 10 % [1, 2, 3].

S samo temi ukrepi lahko prihranimo skoraj 75 % možnega prihranka energije!



## ■ 4 Sklep

Stroški puščanja predstavljajo večji delež stroškov, ki jih je moč zmanjšati z dobrim vzdrževanjem, z ustreznim razdelilnim omrežjem in z majhnimi finančnimi vlaganji. V praksi se izkaže, da so občasne ali nesistematične sanacije nesmiselne in ne dosežejo pričakovanih prihrankov pri porabi stisnjene zraka. S sistematičnim pristopom in s podporo vodstva podjetja lahko v podjetju vzpostavimo nadzor nad ogromnimi izgubami zaradi puščanja.

Ne puščajte, da vam puščanje odžira vaš zaslužen dobiček. Lotite se odkrivanja in odpravljanja sistematično, predvsem pa postavite vodstvo podjetja na čelo akcije.

## Literatura

- [1] Meixner, H., Sauer, E. : Uvod v elektropneumatiko, Festo Didactic, Esslingen, 1983.
- [2] Meixner, H., Kobler, R.: Uvod v pneumatiko, Radizel: ĩernel & Rogina, 1989.
- [3] Harb, R.: Krmilna tehnika, Ljubljana: Tehniška založba Slovenije, 2008.
- [4] [www.smc.si](http://www.smc.si).
- [5] [www.hpe.si/](http://www.hpe.si/).
- [6] Kožuh, M., Špendal, M. Varčno z energijo pri rabi komprimiranega zraka – Ljubljana: Ministrstvo za gospodarske dejavnosti [1997]:
- [7] <http://www.eu-energystar.org>.
- [8] Radgen, P., Blaustein, E.: Compressed Air Systems in the European Union: Energy, Emissions, Savings Potential and Policy Actions, Stuttgart: LOG\_X Verlag, 2001.



**HPE d.o.o., Ljubljana**

T: 01-5631-352  
E: [info@hpe.si](mailto:info@hpe.si)  
I: [www.HPE.si](http://www.HPE.si)

- Strokovna pomoč pri iskanju celovite rešitve komprimiranega zraka z meritvami in analizo obstoječega stanja.
- Ugotavljanje prihranka energije in izdelava simulacij.
- HPE je servisno orientirano podjetje, ki izvaja servis na vseh tipih kompresorskih postaj.
- Ultrazvočni in SPM pregled vijanih blokov za zagotavljanje nemotene proizvodnje in preventivnega vzdrževanja.
- Lastni razvoj krmilnih in nadzornih sistemov PLC kompresorskih postaj za prihranek energije.
- Izvedba kompresorske postaje na ključ, z izdelavo PZI in PID dokumentacije.
- Uradni zastopnik za prodajo in servis kvalitetne opreme za komprimiran zrak svetovno največjega proizvajalca INGERSOLL-RAND, ter merilne opreme FCI, GEMINI, KTEK.





**HIB, Kranj, d.o.o.**

Savska c. 22, 4000 Kranj, Slovenija, tel.N.C.: 04/280 2300, fax: 04/280 2321  
<http://www.hib.si>, E-mail: [info@hib.si](mailto:info@hib.si)



**PROIZVODNI PROGRAM:**

- Visokotlačne hidravlične cevi
- Industrijske cevi
- Priključki za hidravlične in industrijske cevi
- Hitre spojke za hidravliko in pnevmatiko
- Komponente za hidravliko
- Komponente za pnevmatiko
- Transportni trakovi
- Klinasti jermeni
- Tehnična guma









**Zastopamo: SEMPERIT (Avstrija), HABASIT (Švica)**  
**SALAMI (Italija), DNP (Italija), ZEC (Italija), MERLETT (Italija)**  
**AEROQUIP (Nemčija), NORRES (Nemčija), LUDECKE (Nemčija)**

**Poslovne enote:**

**LJUBLJANA**, Središka ul. 4, 1000 Ljubljana, tel.: 01/542 70 60, fax: 01/542 70 65

**CELJE**, Lava 7a, 3000 Celje, tel.: 03/545 30 59, fax: 03/545 32 00

**PTUJ**, Rajšpova ul. 16, 2250 Ptuj, tel.: 02/776 50 71, fax: 02/776 50 70

**MARIBOR**, HPS d.o.o., Ob nasipu 36, 2342 Ruše, tel.: 02/668 85 36, fax: 02/668 85 37

**SLOVENJ GRADEC**, Kov. galant. ŠTRUC, Pod bregom 4, 2380 Sl. Gradec, tel.: 02/883 86 90, fax: 02/883 86 91

**BREŽICE**, Sečen Ivan s.p., Samova ul. 8, 8250 Brežice, tel.: 07/496 66 50, fax: 07/496 66 52

**KOČEVJE**, Protos d.o.o., Reška cesta 13, 1330 Kočevje, tel./fax: 01/895 49 12

**SEMIČ**, Kovinostrojarstvo Martin Radoš, Cerovec 3, 8333 Semič, tel.: 07/306 33 20