

# prikazi knjiga

Eduard Beer

## Destilacija

723 str. Tvrđi uvez. Izdavač: Hrvatsko društvo kemijskih inženjera i tehnologa/Kemija u industriji, Zagreb 2006. ISBN 953-6894-22-x, cijena: 220,00 kn (studenti dobivaju 50 % posto popusta). Knjiga se može kupiti kod izdavača.

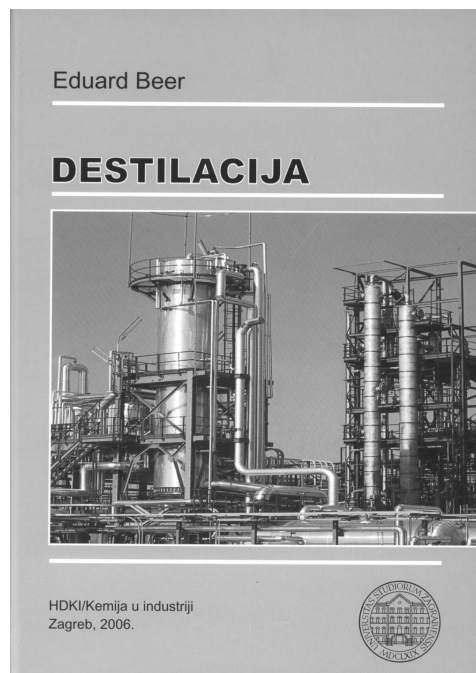
Nakon drugog izdanja "Priručnika za dimenzioniranje procesne opreme", koji sadrži opširan prikaz metoda proračuna destilacijskih kolona, Eduard Beer je ovom knjigom, njemu svojstvenom detaljnošću, zaokružio davno započet posao. Sadržajno, ova je sveobuhvatna knjiga kapitalno djelo kakvog je teško naći i u tehnološki naprednijim sredinama. Stoga čestitke, prije svega autoru, te nakladniku i svima koji su pridonijeli njezinom objavljivanju.

Knjiga se sastoji od deset poglavlja, pisanih uobičajenim redoslijedom, počevši od termodinamičkih osnova i temeljnih koncepata pa preko analitičkih postupaka, osobitosti šaržne destilacije i posebnih postupaka, toplinske efikasnosti ili djelotvornosti, opsežnog prikaza (više od 300 stranica) ključne i pomoćne opreme, do zaključnog poglavlja posvećenog regulaciji i vođenju destilacijskih kolona.

Ovakav je raspored sadržaja uobičajen, ali ova knjiga nema didaktičkih elemenata koji bi opravdali atribut sveučilišnog udžbenika. Po pristupu i načinu prikaza radnog materijala radi se o nadasve dobroj knjizi-priručniku, koja će dobro doći ne samo praktičarima već i studentima, prije svega kemijskog inženjerstva.

Autor je uspio u svojoj namjeri da prikaže na jednom mjestu detalje raznovrsnih destilacijskih proračuna, koji se odavno provode isključivo upotrebom komercijalnih računalnih programa, a koji, primijenjeni nekritički, mogu dati, sebi svojstvenom računalnom preciznošću, krajnje pogrešan rezultat. To se odnosi na obje glavne cjeline, proračun kolone, tj. određivanje i usklađivanje broja potrebnih separacijskih ravnotežnih stupnjeva odnosno teorijskih plitica i optimalnog radnog pretoka te dimenzioniranje kolone, koje obuhvaća određivanja visine i promjera kolone, ovisno o tipu odabranog kontaktnog uređaja, plitica ili punila. Dakako, na temelju vlastitog iskustva, potpuno se slažem sa autorom da je poznavanje dobrih i loših strana, odnosno ograničenja raspoloživih postupaka glavni preduvjet za uspješnu primjenu komercijalno raspoloživih računalnih programa. Jedina primjedba u tom pogledu proizlazi iz dojma da autor nije bio dovoljno kritičan pri izboru i ocjeni, te je uvrstio možda previše raznih postupaka za istu namjenu, tako da je izbor zapravo prepustio u cijelosti čitatelju. To, na koncu i treba biti tako, a poseban značaj ovoj knjizi daje činjenica da su u njoj prikazani detaljno praktički svi postupci destilacijskih proračuna, koje se u tehničkoj literaturi smatra upotrebljivim. Istina, neki su danas možda prevladani, ali povijesni kontekst je jednako tako važan i opravdava uvrštenje.

Prvo poglavlje počinje definiranjem koeficijenta raspodjele faza (konstanta ravnoteže ili  $K$ -vrijednost) te relativne hlapivosti kao izravnog pokazatelja razdvojivosti dviju ili više komponenti neke smjese destilacijom. Na nesreću, definicijski izraz za relativnu hlapivost (1.3) pogrešno je napisan, što valja ispraviti prvom prili-



kom. Inače, kod binarnih smjesa nije potrebno pisati indekse, jer definiranjem lakše hlapive komponente izravno je definirana i teže hlapiva komponenta, kao što je i učinjeno u poglavlju o šaržnoj destilaciji. Postupci za procjenu konstante ravnoteže uključuju samo jednu opće prihvaćenu jednadžbu stanja (SRK), koja, npr., u izvornom obliku ne zadovoljava u pogledu točnosti procjene gustoće kapljevine kod viših tlakova, što je jača strana npr. Peng-Robinsonove jednadžbe stanja, koju je valjalo spomenuti jer je ključni sastojak svih modernih računalnih programa za procjenu termodinamičkih svojstava smjesa. Inače, dobro je da su u ovom poglavlju navedeni i opće prihvaćeni postupci za procjenu koeficijentata difuzije para (plinova) i kapljevina, jer čine osnovu sofisticiranih postupaka za procjenu efikasnosti plitica i punila. Inače, podaci o koeficijentima difuzije su u literaturi znatno manje zastupljeni nego što je slučaj s ostalim fizičkim svojstvima tvari. Potpoglavljju, u kojem se demonstrira utjecaj pogreške u procjeni svojstava na rezultate proračuna, što je potreban sadržaj, primjenjuje bi mjesto bilo u dodatku, na kraju knjige. Sadašnje mjesto nije prikladno jer prejudicira poznavanje postupaka proračuna i dimenzioniranja opreme, koji se obrađuju u sljedećim poglavljima knjige.

Na žalost, u ovom poglavlju pojavljuje se pojam "množinski udjel", koji se učestalo ponavlja kroz cijelu knjigu, osobito napadno u "Oznakama", a što djeluje iritantno jer narušava jezičnu i terminološku konzistentnost koja se očekuje od tehničke publikacije poput ove. Poznavajući raniji autorov opus i jezičnu korektnost, žao mi je što je njegova knjiga poslužila kao objekt za

nametanja jednog, po meni nedorečenog izraza, usvojenog istina zajedno sa SI jedinicama prije dvadesetak godina u posljednjem izdanju Kolbahova "Priručnika za kemičare" (isti nakladnik/izdavač). Riječ "množina" za mene je ostala, nakon svih tih godina, još uvijek vrlo neujeljivi, odnosno sadržajno teško prihvatljivi sinonim za količinu tvari, jer njezine izvedenice, poput "množinskog udjela", "množinskog protoka" i sl. toliko odbojno zvuče, da se čak i u Kolbahovu priručniku ne primjenjuju dosljedno. Tamo se spominju: "molarna masa", "molarni volumen", "molarna energija" te "molarni toplinski kapacitet", ali i "množinska koncentracija". U međuvremenu je pridjev "molarni" postao "molni". Zacijelo je to jezično primjereniji oblik, koji sam i ja osobno, zajedno s pok. dr. F. Šefom prihvatio u našoj knjizi "Projekiranje procesnih postrojenja", izdanoj samo godinu dana nakon spomenutog Kolbahova priručnika (isti nakladnik, tada "izdavač"). Drugo izdanje Beerova priručnika, objavljeno 1995. u Hrvatskoj, dosljedno je u tom pogledu, pa tamo na brojnim mjestima imamo: molni udio, molni protok, molnu entalpiju, molnu gustoću, molnu masu, molnu toplinu isparavanja i sl. Sada je udio postao udjel, što može biti možda prikladniji izraz, ali, pitam se, zašto je onda hlapljivo postalo hlapivo. Isti tako, ali sada stručno gledano, pitam se zašto je volumni protok postao obujamni, kad je volumen pravi tehnički sinonim za lijepu domaću riječ obujam. Najgore u svemu tome, a to ide na dušu nakladnika, jest činjenica da je ova knjiga, objavljena 2006., jezično toliko nedosljedna da to ide do apsurdna, jer množinsko u tekstu, ovisno o poglavlju, postaje molno u listi simbola, udjel se izmjenjuje sa udiom, kao i volumni s obujamnim, i sl. Šteta što se to dogodilo, a još više zabrinjava što se tako nešto uopće moglo dogoditi. Ipak, vratimo se sadržaju ove stručno jako vrijedne knjige, napisane s toliko truda i predanosti, za jednu relativno malu inženjersku zajednicu, a koja po obilju i detaljnosti obuhvaćenog materijala nimalo ne zaostaje za globalno poznatom i prihvaćenom Kisterovom knjigom "Distillation Design", McGraw-Hill, New York, 1992.

U poglavlju o konceptima destilacije naglasak je na vizualnim predodžbama, što znatno olakšava razumijevanje ključnih pojmova i temeljnih postavki proračuna destilacije te upoznavanju s univerzalnim grafičkim McCabe-Thielovim postupkom proračuna, koji već osamdeset godina predstavlja temeljni matematički model destilacije i srodnih ravnotežnih separacijskih procesa. Naravno, McCabe-Thielov postupak omogućava i jasnu ilustraciju pojma djelotvornosti plitica, što je ipak trebalo ostaviti za kasnije, tj. poglavlje o pliticama u kojem se uvodi i obrađuje taj pojam. Ovakvo taj prikaz, u kojem se neočekivano i nepotrebno javlja i mjera djelotvornosti punila (HETP), uzima mjesto nečemu što se izravno odnosi na vizualni prikaz utjecaja promjenjivih protoka kroz kolonu, što je tipično za smjese vode i organskih tvari. U dijelu teksta koji se odnosi isključivo na binarne smjese, šteta je što se pojedini simboli opterećuju indeksom "1" jer, kako je već spomenuto, indeksi u ovom slučaju nisu potrebni, bar kad se radi o molnim ("množinskim") udjelima.

U poglavlju "Analitički postupci" poznata Smokerova jednadžba mogla se prikazati na samom početku jer zaista predstavlja najtočniji analitički oblik x-y dijagrama. Inače, McCabe-Thielov grafički postupak može se potpuno izraziti analitički, samo što odgovarajući izrazi zakazuju numerički kada je potrebno točno računati stupnjeve u krajnjim kutovima dijagrama, s gornje i donje strane, tj. za čistoće proizvoda veće od 0,99 molnih udjela. U potpoglavlju "Strogi postupci", uz konvencionalne postupke, prikazane tako temeljito da čitatelj može vidjeti detalje matematičkog modela prilagođenog zahtjevima djelotvornog numeričkog rješavanja, prvi put se govori o razmjerno novom, neravnotežnom pristupu proračunu kolona. Tzv. "neravnotežni model" destilacije objedinjenjem dviju inače sljednih komponenti, proračun pa dimenzioniranje, omogućuje realniji pristup oponašanju rada jedne destilacijske kolone, koji je, s obzirom na potrebne detalje o izvedbi kontaktnih uređaja, prikladniji za analizu postojećih nego di-

menzioniranje novih kolona. Šteta je što uz poznate komercijalne pakete autor nije spomenuo i računalni program CHEMSEP, koji utjelovljuje spomenuti postupak i djelo je dvojice ključnih autora u razvoju ovog postupka prof. Rossa Taylora (Sveučilište u Potsdamu, država New York, USA) i dr. Harryja Kooijmana (Shell Global Solutions, Amsterdam, the Netherlands), kojeg se lako može upoznati internetom ([www.chemsep.org](http://www.chemsep.org)).

Preporuke koje autor daje za izbor postupaka i/ili programskih paketa vrlo su korisne, kao i praktični savjeti glede specifikacija procesa i izbora radnog tlaka te optimalizacije procesa. Pronalaženje optimalnog omjera pretoka ilustrirano je grafički i podrazumijeva procjenu investicijskih i radnih troškova, što se u preliminarnoj fazi proračuna može izbjeći jednostavno, minimaliziranjem produkta broja teorijskih plitica i radnog pretoka, tj.:  $N(r+1) \rightarrow \min.$ , s podacima o  $N$  i  $r$  koji se dobiju približnim postupcima.

Poglavlje o šaržnoj destilaciji prikazano je sažeto, ali svrsihodno. Za one koji žele dublje upoznati specifičnosti ove malotonažne ali učestale primjene destilacije, dodatne informacije mogu se naći u nedavno objavljenim knjigama dvojice autora citiranih u tekstu, Urmile M. Diwekar ("Batch Distillation: Simulation, Optimal Design and Control", Taylor & Francis Int. Publ., Washington, 1995.) i I. M. Mujtabe ("Batch Distillation: Design and Operation", Imperial College Press, London, 2004.).

Separacija azeotropnih smjesa, koju je zbog termodinamičkih razloga nemoguće obaviti jednostavnom destilacijom, zahtijeva dodatno otapala i naravno njegovu regeneraciju i ponovnu upotrebu, što je dosta složeno, ali i široko primijenjeno u destilacijskoj praksi, kroz dva osnovna, temeljito opisana postupka, azeotropnu i ekstraktivnu destilaciju. Bavljenje trima komponentama zahtijeva i odgovarajući grafički alat, što je dobro obrađeno u uvodnom dijelu teksta, te upotrijebljeno kao adekvatna ilustracija pri prikazu kriterija za izbor otapala i sintezu procesne sheme za oba postupka. Poglavlje završava prikazom destilacije uz dodatak vodene pare, što je davno poznata i dokazana, ali u literaturi uglavnom zanemarena tehnika, koja donosi određene prednosti u primjenama spomenutim u tekstu.

S obzirom na to da je destilacija postupak temeljen na upotrebi topline dovedene izvana kao medija za ostvarenje separacije, te činjenicu da u skladu s razmjerno velikim kapacitetima proizvodnje i znatnim radnim omjerima pretoka (moderna postrojenja za proizvodnju etena i propena), često zahtijeva kontinuirano isparavanje vrlo velikih količina kapljevine (100 do 1000 t/h), potrebna energija odnosno toplinska dužnost rebojlera često je veća od 10, a u nekim slučajevima blizu "nevjerojatnih" 100 MW. Ukratko, zbog svoje učestalosti i količine potrebne energije, destilacija je postala jednom od glavnih meta za ostvarenje ušteda energije u skladu sa sve glasnijim globalnim zahtjevom za usvajanjem i razvojem održivih tehnologija za potrebe procesnih industrija. Zbog toga je važno istaknuti da je sve što je potrebno za razumijevanje odnosa procesa destilacije i energije sadržano u poglavlju "Utrošak energije" i može se, uz nužan oprez, upotrijebiti pri analizi vlastitih slučajeva u praksi. Naime, vrijednosti na ordinatni slike 6.5, sugeriraju, izraženo postocima, nerealno visoku termodinamičku djelotvornost destilacije smjese benzen-toluen, što je posljedica odabranog pristupa izračunavanju neto potrebnog rada (shodno Kingu, Separation Processes, McGraw-Hill, New York, 1980.). Tipične "maksimalne termodinamičke djelotvornosti destilacije" idealnih binarnih smjesa, s "minimalnom potrebnom energijom" u nazivniku definicijskog izraza su, ovisno o relativnoj hlapivosti, između 1 i 8 % (Humphrey and Keller II, Separation Process Technology, McGraw-Hill, New York, 1997; Olujic et al., J. Chem. Technol. Biotechnol. **78** (2003) 241-248). Prikazan je detaljno, za pojedinačne kolone termodinamički vrlo djelotvoran sustav toplinske pumpe, koji je zbog izrazito velikog investicijskog troška (kompresor) i proporcionalnosti troškova energije s omjerom stlačivanja, ekonomski prihvatljiv isključivo za ograničen broj

visokotonažnih primjena (propan/propan je tipičan primjer). Separacija trokomponentnih i višekomponentnih smjesa podrazumijeva traženje najbolje konfiguracije povezivanja kolona, u seriji i/ili paralelno, što je dobro obrađeno i ilustrirano radnim primjerima, s posebnim naglaskom na načine toplinskog povezivanja. Šteta je što nisu obuhvaćene i naprednije sheme toplinske integracije, poznate općenito kao "Petlyuk-konfiguracije", koje su u novije vrijeme dotjerane do savršenstva. Taj razvojni pravac i napor kulminirao je nečim što se opravdano može nazvati pravim tehnološkim probijem na području destilacije u posljednje vrijeme, a to je "destilacijska kolona s raspodjelnom stijenkom", što je ad hoc prijevod anglo-saksonskog naziva "Dividing Wall Column". Osnovna značajka ovog očiglednog primjera uspješne industrijske primjene načela "intenzifikacije procesa" jest u tome da se u jednoj koloni (jednom plaštu) omogućava dobivanje tri, četiri ili čak više čistih proizvoda, što je do nedavno bilo moguće jedino povezivanjem dviju ili više kolona u seriju. Kompaktnom konstrukcijom, uz značajnu uštedu energije i prostora postiže se istodobno i znatna ušteda kapitala, a ovo zadnje jedini je faktor koji zapravo motivira procesnu industriju na prihvaćanje novih tehnologija koje štede energiju.

Za moje oko i stručnu dušu, privrženu opremi za kontaktiranje i separaciju plinova (para) i kapljevine, posebno je zadovoljstvo bilo listati poglavlja o kolonama s pliticama i punilima. Vrlo opširno poglavlje o pliticama (oko 150 stranica) sadrži mnogo detalja koji se mogu naći jedino u starijim izdanjima priručnika proizvođača opreme, a omogućuju najstroži pristup računanju hidrauličkih značajki i djelotvornosti standardnih plitica. Ovo zadnje je, po prirodi stvari, još uvijek krajnje neizvjesno, te je šteta što se autor ograničio isključivo na demonstraciju postupaka a ne i kritički osvrt. Naime, iz primjera 7.4 vidi se da poznate metode mogu dati potpuno različite vrijednosti (faktor dva!) za djelotvornost plitice/kolone, što je gruba stvarnost s kojom se često susreću procesni inženjeri i projektanti destilacijskih kolona, koji u sličnim situacijama ne mogu jednostavno izabrati konzervativnije rješenje, jer to znači dvostruko višu kolonu, što je neprihvatljivo.

Slično je, mada možda manje izraženo, s procjenom djelotvornosti modernih punila. Šteta je što pored primjera koji ilustrira dimenzioniranje kolone s nasutim punilima nije dan i primjer u kojem bi se usporedili rezultati proračuna navedenim metodama za strukturirana punila. Time bi se ne samo ilustriralo neizbježive razlike rezultata različitih metoda već i omogućilo korisnicima da verificiraju vlastite računalne programe napravljene na temelju prikazanih metoda. Istina, u ovom prilično opsežnom poglavlju, koje završava prikladnim komentarom, autor je uvrstio praktički sve što se nalazi u standardnoj i novijoj literaturi na temu hidrauličke i djelotvornosti raznovrsnih punila, uključujući i neke od svojih radova koji se bave modeliranjem hidrauličke i prijenosa tvari strukturiranih punila, čime sam osobno polaskan. Dobro je da se sve može naći na jednome mjestu, ali bez radnih primjera čitateljima zacijelo neće biti baš lako snaći se u obilju i detaljnosti obuhvaćenog materijala.

Nužna nadopuna, prije svega poglavlju o kolonama s punilima predzadnje je poglavlje, koje na sažet i vrlo informativan način obrađuje sve unutrašnje pomoćne uređaje (Column internals) prijeko potrebne za ispravno i djelotvorno funkcioniranje plitica i punila. Grafički je materijal izvrsno prikazan. Po tome i po cjelokupnom uređenju ova knjiga i njezin izdavač svakako zaslužuju najveći kompliment.

Knjiga završava efektno, sažetim ali vrlo instruktivnim opisom osobitosti regulacije i vođenja kontinuiranih i šaržnih destilacijskih kolona, s naglaskom na procesne aspekte.

Glavno su obilježje i vrijednost ove knjige što je zapravo pisana rukom iskusnog procesnog inženjera, koji je smogao snage, vremena, strpljivosti i upornosti da na više od 700 stranica koncentrirano prikaže sveukupni procesni know-how destilacije. To je, samo po sebi, toliko opsežan i zahtjevan zahvat da zacijelo nije bilo moguće na vrijeme provesti i demonstrirati sve metode proračuna i dimenzioniranja opisane detaljno u ovoj knjizi. Budući da radni primjeri znatno povećavaju opseg knjige, u udžbenicima se to često izbjegava zadavanjem primjera (domaćeg rada) na kraju svakog poglavlja. Na taj se način uspijeva vrlo djelotvorno pokriti sve što je obrađeno, a nije moglo naći mjesto u knjizi-udžbeniku. Pripadnu knjigu rješenja često se može, na zahtjev, dobiti od izdavača, a u novije vrijeme takvi se dodaci često nalaze uz odgovarajuće programe na priloženim disketama. Istina, primjera nikad dosta, ali za nadopune u tom smislu te popravke sitnijih tiskarskih pogrešaka koje su se tu i tamo potkrale u tekstu, treba pričekati novo izdanje. Što se tiče radnih primjera, možda ne bi bilo loše da izdavač razmotri mogućnost naknadnog izdavanja CD-rom nadopune.

Na kraju, ne mogu a da ne kažem da me jako ražalostilo to što sam prihvaćanjem poziva da napravim prikaz ove knjige, na kraju popio bokal dobre hrvatske stručne medovine pomiješane s dosta hrvatske žuči. Gruba je spoznaja da se u zagrebačkoj stručnoj sredini još uvijek donom ide na ono što predstavlja osnovnu ljudsku vrijednost, tj. osobni i stručni integritet autora. Pri tome izgleda nije ni važno, odnosno jednostavno se zaboravlja koliki teret i odgovornost potencijalni autor tehničke publikacije uzima na sebe pišući tekst na hrvatskom o predmetu za kojeg ne postoji odgovarajuće domaće nazivlje. Na primjer, u poglavlju o efikasnosti ili djelotvornosti plitica (lijepa stara, novoj svrsi primjerena hrvatska riječ, dokumentirana u Belostenčevu rječniku, na koju me, kao netom proklijalom, brzo rastućem autoru stručnih tekstova, početkom sedamdesetih upozorio Božidar Jazbec) autor uvodi pojam "točkasta djelotvornost", što je zapravo bukvalni prijevod anglo-saksonskog "point efficiency". Po meni to nije najbolji prijevod, ali predstavlja nužni autorov izbor u danom trenutku, koji valja prihvatiti kao korektno rješenje. Slično je i s "filmom pare", "tlakom konvergencije" te nekim drugim izravnim prijevodima kojima valja naći adekvatnu zamjenu u budućnosti, odnosno pronaći riječi koje će biti bliže duhu hrvatskog jezika. S druge strane, opravdano je zapitati se i koliko je tehnički odgovorno rabiti inače vrlo praktičan, ali termodinamički neprihvatljivi izraz: "utrošak ili potrošnja energije", što se javlja i u naslovu jednog poglavlja ove knjige.

Sve ovo, uključujući i naizgled brojne "opaske i sugestije" u vezi sa sadržajem, nije spomenuto kao prigovor autoru, naprotiv. To je samo ilustracija jezičnih i sadržajnih izazova s kojima se suočavaju inženjeri koji se upuštaju u pisanje tehničkih tekstova na hrvatskom jeziku te poticaj čitatelju da sam dalje nadograđuje i širi znanje o destilaciji. Kolega Beer je srećom izdržao u svemu tome, a rezultat je knjiga o destilaciji, kojom je, usprkos nagrđenom make-upu, ostvario još jedan kapitalni doprinos razvoju kemijsko-inženjerske struke, koja je, na žalost i na štetu cijele zajednice, stjecajem mnogih okolnosti, još uvijek najslabija karika hrvatske tehničke kulture.