

Zneškodňování a využití pivovarských odpadních vod závlahou

663.4:628.3 628.36

Ing. KAREL STEHLÍK, CSc., Výzkumný ústav závlahového hospodářství Bratislava, VB Šmolovy

Problém likvidace odpadních vod pivovarů a sladoven není zdaleka vyřešen a značná část těchto vod se vypouští, zpravidla s nedostatečným čištěním, do městských kanalizací nebo toků. Protože jde často o toky malé, působí v nich pivovarské odpadní vody poměrně velké potíže. Důsledkem toho je u nás značná výše náhrad podle vyhl. č. 16/66 Sb. za jejich vypouštění, takže koncem 60. let byly pivovary z tohoto hlediska třetím největším znečišťovatelem vodních toků z potravinářského oboru po cukrovarcích a škrobárnách. S přihlédnutím ke stále ještě velké spotřebě vody [4, 7] a k současnému i perspektivnímu rozvoji oboru lze očekávat, že se množství odpadních vod ještě podstatně zvýší a řešení jejich likvidace (čištění) bude ještě náročnější.

Používané způsoby zneškodňování a čištění pivovarských vod

Pro čištění pivovarsko-sladařských odpadních vod existuje řada způsobů. Žádný z nich však nelze obecně označit za nejvýhodnější a účelnost každého závisí především na místních podmínkách.

U samostatných sladoven lze podle *Meincka* kromě závlah doporučit pouze dvoustupňové biologické čištění, spojené s vyrovnáváním co do množství i koncentrace nerovnoměrného a nárazového přítoku odpadní vody. Běžná zařízení pro umělé biologické čištění nelze zpravidla bez dalších opatření použít. Další možností je dlouhodobé provzdušňování v oxidačních příkopech nebo nádržích, nejlépe rovněž s provzdušněním. Pro odvádění městskou kanalizací zpravidla postačí oddělení hrubých usaditelných látek, zamezení rozkladu vod před přívodem do kanalizace a přiměřený poměr mísení z hlediska rovnoměrnějšího zatížení městské kanalizační čistírny.

U pivovarských a pivovarsko-sladařských vod za závlah nutno považovat především opatření v technologii

provozu. Třeba především vyloučit likvidaci hořkých kalů jejich přimícháváním do odpadních vod. Tyto kaly nejen že podstatně zhoršují znečištění, ale svým vysokým obsahem bílkovin (40 až 60 % z 90 % stravitelných) jsou národohospodářsky hodnotné a lze je ve vhodné krmné směsi dobře využít. Podobně kvasnice, kde zanedbávání jejich odběru znamená současně jak ztrátu krmiva, tak značné další znečištění odpadní vody [Cuřín, 1971]. Podle okolností (zejména u umělých způsobů čištění, méně již u závlah) nebývá také vždy účelné mísení a odvádění všech dílčích druhů vod jedním odpadem, jakož i jejich zneškodnění stejným způsobem (např. včetně vod chladících).

Obvyklou, i když ne vždy v plném rozsahu nezbytnou součástí čistírenského zařízení pro pivovarské odpadní vody je mechanické čištění, spočívající v zachycení hrubých nečistot a plovoucích částic (dřevo, sláma, korek) na sítích či jiných zařízeních a zachycení jiných sedimentujících látek v usazovacích nádržích, popř. za spolupůsobení vhodného činidla pro vysrážení částí rozpuštěných látek [3, 8].

Z biologických způsobů čištění se osvědčují z obecných důvodů jako u sladoven především oxidační příkopy nebo stabilizační nádrže. Provoz biologických filtrů bez vyrovnávacích nádrží není zpravidla uspokojivý. Umělé biologické čištění vyžaduje podstatně méně místa, je však náročnější na investice a v provozní péči v porovnání s přirozenými způsoby ve stabilizačních nádržích. Výhodou těchto nádrží je také poměrně jednoduchá možnost jejich kombinace se závlahou. Podle šetření *Svobody* a *Hrdiny* u pivovaru v Topolčanech [12] je účinnost vysoká (přes 90 %), nehledě k nižšímu eutrofizačnímu potenciálu v porovnání s intenzivními způsoby umělého biologického čištění (aktivací apod.). Nevýhodou je náročnost na stavební plochu a pachové závady při anaerobním průběhu procesu, které však lze vhodnými opatřeními podstatně omezit.

V našich podmínkách bylo poměrně důkladně ověřeno a celkem se za vhodných podmínek (např. u pivovarů ve větších městech) osvědčuje společné čištění s městskými [2] aj. průmyslovými, popř. i zemědělskými odpadními vodami [6].

Řada autorů z různých zemí však i nadále považuje v mnoha případech za nejvhodnější pro zneškodňování pivovarských odpadních vod závlahy.

Zahraníční zkušenosti se závlahami odpadními vodami pivovarů a sladoven

Podle F. Meincka a kol. [8] jsou závlahy postřikem i přeronom nejúčinnějším způsobem likvidace odpadních vod sladoven, přičemž jde o vody svým složením k závlaze zemědělských plodin zvláště vhodné. Předpokladem je však příhodná poloha pozemků a zájem zemědělců na závlaze. Stejně hodnotí závlahy pivovarskými odpadními vodami, které podobně zcela chrání recipient před znečištěním, nákladově jsou nižší než jiné způsoby likvidace a umožňují využití vláhy i hnojivé hodnoty odpadních vod.

Závlahy pivovarskými odpadními vodami doporučují rovněž polští autoři J. Wierzbicki a J. Kutera [14], jakož i polské směrnice pro zemědělské využívání odpadních vod. Podle těchto směrnic jsou tyto vody cenné hnojivou hodnotou, obsahem stopových prvků a enzymů, jakož i zvýšenou teplotou.

K závlaze se hodí jak na loukách a pastvinách, které dobře snášejí proměnlivost jejich složení a vyšší dávky, tak pro plodiny na orné půdě. Provoz závlahy je značně obdobný jako při závlaze městskými odpadními vodami s tím rozdílem, že nejde o odpadní vody zdravotně závadné (pokud jsou odpadní vody u zdravotních zařízení závodu odváděny samostatně nebo přiměřeně předčištěny nebo ředěny), a není proto podstatněji omezen hygienickými předpisy.

Popis jednoho z objektů závlahy pivovarskou odpadní vodou v NSR podává W. Bosse [1]. Jde o závlahu postřikem a přeronom pivovaru Hohenfelde v množství 100 m³ odpadní vody/den na 13,5 ha vlastních luk a pastvin. Plochy se závlahou přeronom jsou drenovány, pozemky se závlahou postřikem (10 ha) nikoliv. Závlahové množství při postřiku činí průměrně 120 mm, při přeronomu 400 až 600 mm/rok. Akumulace vody je zajištěna jímkou o obsahu 35 m³. Výnosové i ekonomické výsledky podle autorových šetření v prvních letech byly dobré, např. na loukách zvýšení výnosu sena ze 40 na 80 q/ha.

Doporučení a drobné údaje o používání pivovarských odpadních vod k závlaze lze nalézt i v sovětské a zejména americké literatuře.

Uvedené názory jsou v souladu s pozitivními výsledky výzkumu závlah odpadními vodami ve Výzkumném ústavu závlahového hospodářství i praxe až již u vod městských nebo některých průmyslových v Československu (mj. Stehlík 1961, 1975 atd.), a to jako víceúčelového zdravotně vodohospodářského a zemědělsko-melioračního opatření, jehož účelem je:

a) úplné zneškodnění odpadní vody v souladu s čistírenskými a zdravotními požadavky, zahrnující vyšší stupeň biologického čištění nebo (ve vhodných případech) umělé biologické čištění zcela nahrazující;

b) maximální možné využití zavlažovací a hnojivé hodnoty odpadní vody k zabezpečování a zvyšování výnosů zemědělských plodin a dřevin, jakož i zvyšování půdní úrodnosti.

Ověřování použitelnosti pivovarských odpadních vod k závlaze zemědělských plodin v Československu

Výzkum agronomických, technických, provozních a ekonomických otázek závlah *pivovarskými* odpadními vodami byl však dosud prováděn v zahraničí i v Československu pouze v minimální míře a nejsou k dispozici téměř žádné podrobnější konkrétní údaje o objektech, realizovaných v zahraničí. VÚZH Bratislava zařadil proto do svého úkolu R-VI-12: Výzkum využití odpadních vod v zemědělské výrobě závlahou i ověření použitelnosti pivovarských odpadních vod.

Použitá metodika

Pivovarské odpadní vody jsme ověřovali v letech 1967 až 1970 s použitím vod závodu Velké Popovice. Tyto vody byly mechanicky čištěny, částečně neutralizovány a do jisté míry provzdušněny na kaskádovém přelivu sedimentačních, střídavě provozovaných nádrží (obr. 1).

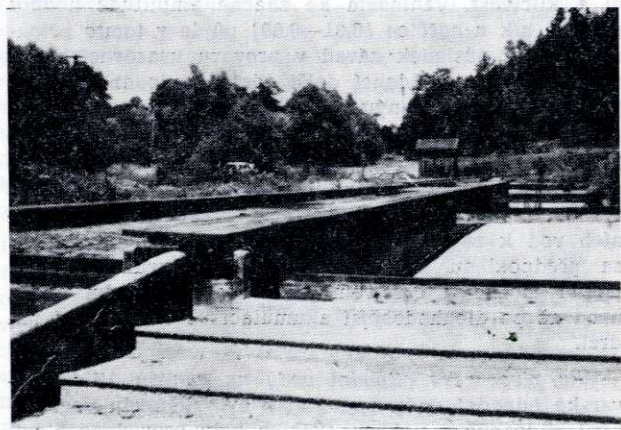
Ověřování pivovarských odpadních vod zahrnuje vlastní šetření o jakosti pivovarské odpadní vody, testy klíčovosti a vegetační nádobové pokusy.

Sledování jakosti vody bylo zajištěno neperiodickými odběry a rozboru surové a mechanicky čištěné odpadní vody pivovaru V. Popovice obvyklými způsoby podle jednotných metod chemického rozboru vody.

Testy klíčovosti se prováděly laboratorně. U pokusných plodin se zjišťovalo (v porovnání s čistou vodou): řepka ozimá — energie klíčení a klíčovost podle ČSN 46 0610 (1961); kukuřice (Český bílý koňský zub) — energie klíčení a klíčovost podle ČSN 46 0610 (1961); hořčice bílá (Přerovská) — energie klíčení, klíčovost a poměr délky hypocotylu a kořínku 4. den testu. Testy se prováděly na Petriho miskách s 10 ml sledované vody ve čtyřech opakováních v termostatu při teplotě 20 °C. U použité vody byly laboratorně určovány rovněž její kvalitativní chemické charakteristiky.

Vegetační nádobové pokusy. Místo pokusů: VB Brozánky. Zkoušená plodina: hořčice bílá (*Sinapis alba*) — Přerovská. Způsob provedení: obvyklý, v Mitscherlichových vegetačních nádobách Ø 20 cm, h = 20 cm, 6 kg hlinité zeminy. Schéma pokusu (5 × 4), tj. kontrola a 4 různá závlahová množství pivovarské vody ve 4 opakováních. Výsev 30 semen/nádoba. Hnojení: 1 g ledku lovosického, 1 g superfosátu, 1 g 40 % draselné soli na nádoba, jednotné pro všechny varianty před osetím. Ošetřování: doplňková závlaha čistou studniční vodou na stejnou úroveň u všech variant, vyjednocení na 20 jedinců, pletí a kypření podle potřeby. Sklizeno bylo v době agrotechnické lhůty s přihlédnutím k vývoji porostu. Stanovil se váhové výnos zelené a suché hmoty v g/nádoba a výška porostu v cm.

U použité vody byly laboratorně určovány její základní chemické charakteristiky podle jednotných metod chemického rozboru vod.



Obr. 1. Usazovací nádrže čistírny odpadních vod pivovaru Velké Popovice s kaskádovými přelivy na výtok

Tabulka 1. Průměrné, maximální a minimální charakteristiky odpadních vod pivovaru Velké Popovice v letech 1967 až 1970 (podle šetření VÚZH)

Odpadní voda	Hodnota	Charakteristika												
		pH	NL mg/l		RL mg/l		N [mg/l]	P ₂ O ₅ [mg/l]	K ₂ O [mg/l]	CaO [mg/l]	MgO [mg/l]	Na ₂ O [mg/l]	Cl ⁻ [mg/l]	SO ₄ ²⁻ [mg/l]
			vešk.	org.	vešk.	org.								
surová	Ø	5,3	615	324	1 285	956	30,2	25,4	78,2	53,5	12,7	130,3	106,2	54,1
	Max.	6,0	1 817	729	2 546	2 238	38,8	38,6	328,0	80,7	17,7	377,0	319,5	76,2
	Min.	3,7	76	46	491	230	6,0	9,9	8,0	34,8	4,8	37,3	31,9	33,8
mechanicky čistěná	Ø	5,3	244	179	938	587	21,8	16,4	36,9	87,8	27,5	116,5	83,8	52,3
	Max.	6,8	1 152	470	1 557	1 153	41,1	33,7	288,0	183,0	59,7	203,0	343,0	108,7
	Min.	4,2	6	3	295	159	5,5	1,4	12,8	44,8	12,9	36,0	28,1	2,4

NL — nerozpuštěné látky; RL — rozpuštěné látky

Tabulka 2. Průměrné složení mechanicky čistěné odpadní vody pivovaru V. Popovice v různých obdobích roku (podle šetření VÚZH)

Období (měsíce)	Charakteristika												
	pH	NL mg/l		RL mg/l		N ¹⁾ [mg/l]	P ₂ O ₅ [mg/l]	K ₂ O [mg/l]	CaO [mg/l]	MgO [mg/l]	Na ₂ O [mg/l]	Cl ⁻ [mg/l]	SO ₄ ²⁻ [mg/l]
		vešk.	org.	vešk.	org.								
I— III	5,9	166	81	723	310	6,1	9,6	13,4	78,5	16,9	122,4	136,6	82,2
IV— VI	5,1	154	121	863	478	15,3	13,7	27,7	86,2	31,0	116,7	87,2	34,1
VII— IX	5,3	350	172	1 075	718	—	17,1	25,1	99,8	30,9	134,1	85,8	52,4
X—XII	5,2	430	363	754	519	34,5	23,4	107,1	63,4	17,2	53,5	36,7	62,3

1) stanoveno z omezeného počtu rozborů

Rozbory pčuzité hlinité půdy [o obsahu I. kat. v průměru 31,7 %, II. kat. 35,9 %, III. kat. 13,9 % a IV. kat. 18,5 %] byly prováděny u většiny pokusů před započítáním a po jeho ukončení u všech variant v porovnání s kontrolou. Podle kapacitních možností bylo stanoveno mechanické složení, pH, humus, uhličitany, přístupné živiny [N, P, K, Mg] a sorpční komplex obvyklými půdoznaleckými metodami.

Výsledky ověřování

Hodnocení jekosti odpadní vody pivovaru a sladovny V. Popovice ze závlahového hlediska: Výsledky sledování jsou shrnuty v tab. 1 a 2. Z tabulek je zřejmá poměrně dobrá shoda mezi charakteristikami, stanovenými různými autory a charakteristikami podle šetření VÚZH. Podstatnější rozdíly byly zjištěny pouze u pH (u sledovaného pivovaru menší hodnoty) a K₂O [hodnoty relativně proti N a P₂O₅ vyšší]. U většiny charakteristik byla rovněž cvěřena značná proměnlivost složení odpadní vody čbecně [tab. 1] i v závislosti na ročním období [tab. 2]. Byly získány rovněž běžně neudávané údaje o obsahu Na₂O, Cl⁻ a SO₄²⁻, významné z hlediska vlivu závlahy na půdu. I když jde o hodnoty vyšší, nepřekračují meze přípustné pro doplňkové závlahy povrchovými vodami.

Výsledky provedených šetření potvrzují dosavadní zahraniční i čs. hodnocení pivovarsko-sladařských odpadních vod a charakterizují je ze závlahového hlediska jako odpadní vody s převažujícím účinkem vláhovým.

Testy klíčivosti. Výsledky jsou uvedeny v tab. 3, ve které h : k značí poměr délky hypokotylu k délce kořínku. Výsledky možno shrnout takto:

a) Žádný nepříznivý vliv pivovarské odpadní vody na rostliny v raném růstovém stadiu nebyl zjištěn u kukuřice, a to jak při použití surové (čerstvé) odpadní vody, tak u odpadní vody mechanicky čistěné.

b) U řepky a hořčice nebyl rovněž prokázán žádný nepříznivý vliv při použití surové odpadní vody, tj. vody v čerstvém stavu. Odpadní voda mechanicky čistěná se projevila u obou plodin v rané růstové fázi poněkud

Tabulka 3. Testy klíčivosti s pivovarskou odpadní vodou z Velkých Popovic (VÚZH Bratislava)

Plodina	Období	Charakteristika	Odpadní voda		Kontrola
			surová	mechan. čistěná	
Řepka	1968	energie klíč. % klíčivost %	82,5 90,0	83,3 85,0	84,2 90,0
Kukuřice (český bílý koňský zub)	1968	energie klíč. % klíčivost %	98,8 98,8	100,— 100,—	— —
Hořčice bílá (Přerovská)	1967 —1969	energie klíč. % klíčivost % h/k ¹⁾	85,2 95,2 0,34 ²⁾	62,4 86,0 0,31 ³⁾	85,6 95,2 0,35 ⁴⁾

1) Poměr délky hypokotylu a kořínku

2) 0,31—0,41

3) 0,01—0,60

4) 0,31—0,41

méně příznivě, a to zejména pokud jde o energii klíčení a klíčivost. Vzhledem ke značné amplitudě hodnot poměru h/k u hořčice (0,01—0,60) půjde v tomto případě spíše o důsledek závad v provozu usazovacích nádrží pivovaru, nežádoucí delší zdržení odpadní vody a její smíšení s usazenými nevyklizenými kaly.

Celkově testy klíčivosti (aniž při tom přihlížíme k určité rezervě v regenerační schopnosti rostlin) potvrzují analogicky k jiným druhům odpadních vod potravinářského průmyslu použitelnost pivovarských odpadních vod k závlaze i v raném růstovém stadiu plodin za předpokladu, že odpadní voda je využívána buď pokud možno v čerstvém jen málo narušeném stavu, nebo až po dlouhodobější akumulaci ve stabilizační nádrži.

Vliv pivovarské odpadní vody na výnosy. Vliv pivovarské odpadní vody na výnosy byl zjišťován vegetačními nádobovými pokusy. Celkem bylo provedeno 5 pokusů (obr. 2). Jejich přehled s termíny výsevu a sklizně je uveden v tab. 4. Z technických důvodů (mj. krátkost a různost vegetační doby) nebylo možno dodržet u všech

Tabulka 4. Přehled vegetačních nádobových pokusů s pivovarskou odpadní vodou na hořčici bílé (VB Brozánky 1969–70)

Rok	Číslo pokusu	Vegetační období	Druh závlahové vody	Množství závlahové vody [mm]					
				K (0)	I	II	III	IV	
1969	I	17. 6.- 7. 8.	odpadní čistá	— 398,9	40 358,9	70 328,9	140 258,9	270 128,9	
			celkem	398,9 pro každou variantu					
			II	6. 8.- 3. 10.	odpadní čistá	— 339,2	40 299,2	80 259,2	150 189,2
	celkem	339,2 pro každou variantu							
	1970	I			6. 5.-20. 6.	odpadní čistá	— 260,0	20 240,0	40 220,0
			celkem	260,0 pro každou variantu					
II			9. 7.-24. 8.	odpadní čistá		— 260,0	30 230,0	50 210,0	100 160,0
		celkem		260,0 pro každou variantu					
		III		14. 7.-31. 8.	odpadní čistá	— 280,0	30 250,0	60 220,0	110 170,0
celkem			280,0 pro každou variantu						

Tabulka 5. Vyhodnocení výsledků VNP s pivovarskou odpadní vodou V. Popovice na hořčici bílé podle velikosti závlahového množství na základě vážených průměrů (VB Brozánky 1969, 1970)

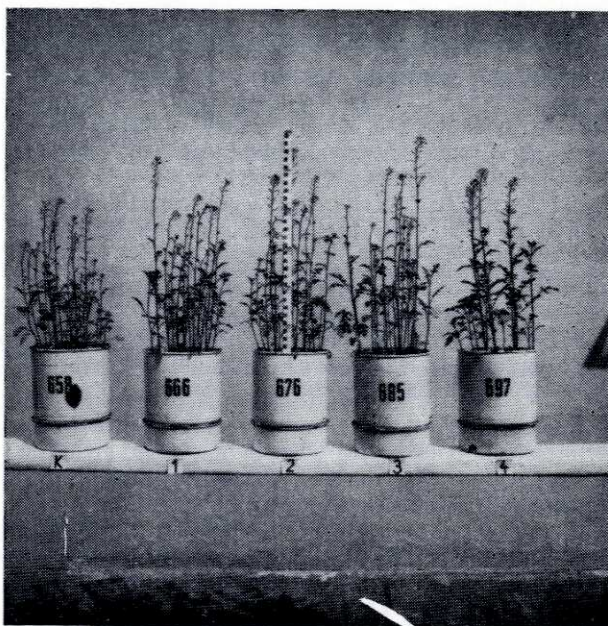
Třídící interval M_c [mm]	Zelená hmota			Výška porostu		
	n	$\Sigma \Delta$ [%]	$\Sigma \frac{n_i \Delta_i}{n}$	n	$\Sigma \Delta$ [%]	$\Sigma \frac{n_i \Delta_i}{n}$
0–50	7	– 14,0	– 2,0	3	+ 8,7	+ 1,7
50–100	5	+ 17,8	+ 3,6	4	+ 19,1	+ 4,8
100–200	5	+ 29,6	+ 5,9	4	+ 40,9	+ 10,2
200–300	3	+ 52,0	+ 17,3	3	– 13,8	– 4,6

1) $\Sigma \Delta$ [%] \equiv výsledná odchylka \pm % v porovnání s kontrolou;2) $\Sigma \frac{n_i \Delta_i}{n}$ \equiv vážený průměr [%]

pokusů stejně plánované dávkování pro variantu I až IV (50, 100, 200 a 400 mm) a skutečná závlahová množství jsou proto u jednotlivých pokusů menší. To však zásadně neovlivňuje (vzhledem k ověřovacímu charakteru úkolu) dosažené výsledky, z nichž je v tab. 5 uvedeno vyhodnocení s přihlédnutím ke skutečné velikosti závlahového množství na základě vážených průměrů procenta odchylek v porovnání s kontrolou. Výsledky v tab. 5, v níž M_c znamená celkové závlahové množství, možno shrnout takto:

1. Nepříznivý vliv pivovarské odpadní vody na výnosy hořčice bílé nebyl prokázán. Významněji se případně škodlivé působení neprojevilo ani v rané růstové fázi při závlaze na list. Absolutní hodnoty a procenta zvýšení výnosů variant zavlažovaných odpadní vodou, jakož i souhrnné porovnání počtu případů zvýšení a snížení výnosu u závlivky pivovarskou odpadní vodou v porovnání s kontrolou prokazují, že z výnosového hlediska je tato závlaha příznivější než závlaha čistou vodou. Tento příznivý vliv je zřejmý zejména u zelené hmoty.

2. Celkově pozitivně se u zelené hmoty projevil vliv



Obr. 2. Vegetační nádobový pokus s pivovarskou odpadní vodou z Velkých Popovic na hořčici bílé

(VB Brozánky, pokus č. III, výsev 14.7, sklizeň 31. 8. 1970; K — kontrola, 658 — 30 mm, 676 — 60 mm, 685 — 110 mm, 697 — 210 mm odpadní vody) — foto J. Zavadil.

zvyšující se velikosti závlahového množství. U výšky porostu byla obdobná tendence zjištěna pouze u závlahových množství do 200 mm. Při vyšším množství se již snižovala výška porostu, i když nikoliv na úkor výnosu. Její snížení u nejméně zatěžované varianty je proto pravděpodobně důsledkem techniky vegetačních nádobových pokusů a neprojevilo by se (jak prokazují praktické zkušenosti u jiných druhů odpadních vod) v polních podmínkách.

Tabulka 6. Vliv krátkodobě nízkozatěžované závlahy odpadní vodou pivovaru V. Popovice na některé půdní charakteristiky (hořčice bílá, vegetační nádobový pokus č. III, 1970 VB Brozánky, hlinitá půda)

Charakteristika	Před ¹⁾ pokusem	Po pokusu při závlahovém množství M_z mm ²⁾				
		K (0)	30	60	110	210
BV [%]	—	9,0	7,8	7,7	8,3	8,8
pH akt.	—	5,7	5,6	5,6	5,5	5,4
pH vým.	6,9	7,2	7,4	7,5	7,3	7,4
humus [%]	—	2,78	2,90	3,10	2,79	2,72
CaCO ₃ [%]	0	0	0	0	0	0
N vešk. [%]	0,16	0,12	0,12	0,13	0,12	0,13
P příj. [mg/kg]	21,1	20	20	21	18	20
K příj. [mg/kg]	90,0	62	62	62	62	75
Mg příj. [mg/kg]	60	100	60	80	80	80
Potřeba vápnění [q/ha]	3,3	0	0	0	0	0
H ⁺ [mval/100 g]	0,8	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3
S [mval/100 g]	20,4	20,2	20,7	20,8	20,9	20,6
T [mval/100 g]	21,2	20,5	21,0	21,0	21,1	20,9
V [%]	96,2	98,5	98,6	99,0	99,0	98,6

1) Ø hodnot z 12 vzorků

2) průměrné vzorky ze 4 opakování

Vliv pivovarské odpadní vody na půdu. Aby byl posouzen vliv pivovarské odpadní vody na půdu alespoň z krátkodobého hlediska, byly u jednotlivých vegetačních nádobových pokusů podle možností stanoveny před jejich založením a po jejich ukončení některé základní půdní charakteristiky. Z výsledků, z nichž je jako ukázka uvedena tab. 6, je zřejmé:

1. Při porovnání půd po ukončení pokusů se projevil u variant zavlažovaných pivovarskou odpadní vodou v porovnání s kontrolou tendence ke zvýšení pH vým., N vešk., T a V, ke snížení u přijatelného Mg. U ostatních charakteristik buď nenastaly změny (CaCO_3 , potřeba vápnění), nebo nebyly jednoznačné (BV, pH akt., obsah humusu, přijatelný P a K, H^{+1} a S). Z těchto výsledků lze soudit, že vliv pivovarské odpadní vody na půdu se do určité míry (většinou pozitivně) liší od vlivu čisté vody.

2. Vliv velikosti závlahového množství pivovarské odpadní vody se výrazněji projevil pouze ve slabé tendenci ke snižování obsahu přij. Mg, u ostatních charakteristik buď nebyl jednoznačný, nebo jej nebylo možno pro malý rozsah šetření stanovit.

Závěry pokusů. Výsledky provedených pokusů v zásadě prokazují použitelnost vhodně upravené pivovarské odpadní vody k závlaze. Přes převahu vláhového účinku se projevuje z části i hnojivý charakter těchto vod. Malé snížení energie klíčení a klíčivosti, tj. ovlivnění v rané růstové fázi (ostatně patrně nikoliv u všech sledovaných plodin) se projevilo pouze u mechanicky čištěné odpadní vody. Vhodnou dobou zdržení v sedimentačních nádržích a především zlepšením jejich provozu bude nepochybně možno tento vliv vyloučit.

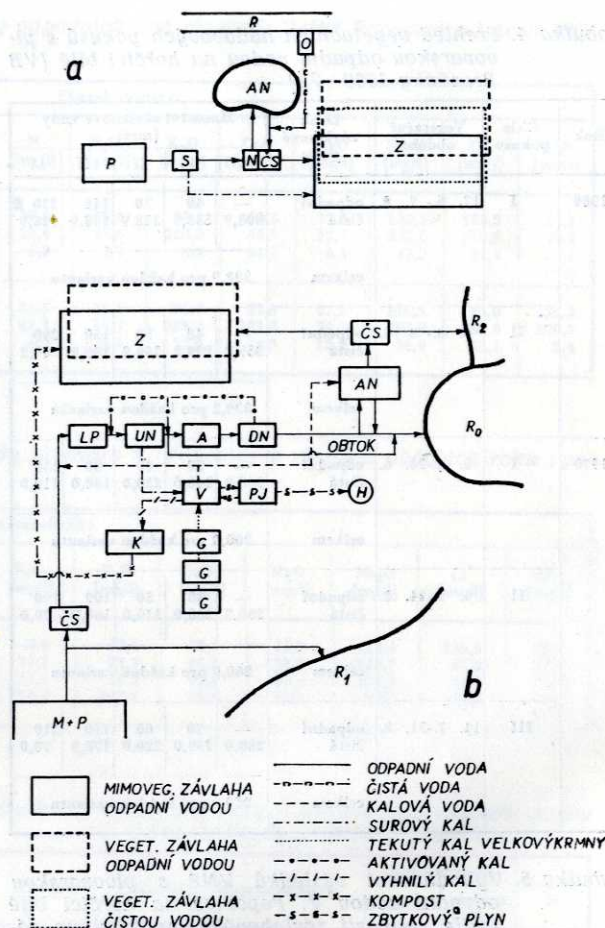
Výsledný pozitivní výnosový efekt u vegetačních nádobových pokusů (a to i při poměrně vysokém závlahovém množství téměř $3000 \text{ m}^3/\text{ha}$) ostatně ukazuje, že určitá deprese v počátečním stadiu vývoje rostlin nemá v tomto případě rozhodující význam. Rovněž pokud jde o vliv pivovarských odpadních vod na půdu z krátkodobého hlediska, nebyly zjištěny významnější nepříznivé účinky. Menší snížení obsahu přijatelného Mg lze vyrovnat přiměřeným doplňkovým hnojením.

Koncepce a technické řešení závlah pivovarskými odpadními vodami

Závlahy odpadní vodou jsou víceúčelovým zařízením, které lze ve smyslu současné technologie považovat za systém, definovaný jako soubor řady prvků a jejich vztahů. U zařízení pro závlahu odpadními vodami jde o systémy značně složitější, podstatně složitější a také spojené více vazbami s vnějšími systémy, než je tomu u soustav s doplňkovou závlahovou čistou vodou. Jejich návrh je proto spojen ještě s větším množstvím nejistot a rizik a vyžaduje proto tím spíše řadu vysoce kvalifikovaných technických a ekonomických rozhodnutí, má-li být pro dané místní podmínky zvolen z možných variant systém optimální. Rizikovost takového rozhodnutí lze snížit systémovým přístupem. Výchozím podkladem takové systémové analýzy v našem případě je vypracování koncepce, tj. v podstatě volba základního technologicko-provozního schématu závlahy odpadní vodou.

Podobně jako u závlah jinými druhy odpadních vod, např. odpadními vodami škrobárenskými, přichází v úvahu řada variantních řešení, z nichž na obr. 3a uvádíme pro naše přírodní poměry schéma nejčastější a obvykle nejvhodnější, v obr. 3b řešení použitelné v některých případech a realizované pro společné čištění a využití odpadních vod města, pivovaru a velkovýkrmny vepřů Třeboň.

V podrobnostech budou otázky koncepce závlah pivovarskými odpadními vodami předmětem jiného příspěvku, podobně jako technické řešení, vyznačující se některými zvláštnostmi, vyplývajícími jednak z víceúčelového charakteru této závlahy, jednak z doby produkce, množství a jakosti odpadní vody. Tyto zvláštnosti se projeví, zejména pokud jde o úpravu (předčištění) odpadní vody, vyrovnávací a akumulací nádrže, hlavní a podrobná závlahová zařízení (zpravidla podzemní trub-



Obr. 3a, b: Příklady technologicko-provozních schémat závlahy pivovarskými odpadními vodami (2 z více možných)

P — pivovar; M — město; G — velkovýkrmna vepřů; S — mechanické předčištění; LP — lapač písku; UN — usazovací nádrž; A — aktivace; DN — dočišťovací nádrž; N — neutralizace; V — vyhnívací nádrž; PJ — plynojem; H — hořák zbytkového plynu; ČS — čerpací stanice; AN — akumulací nádrž; Z — závlaha; K — kompostárna; R, R₀, R₁, R₂ — recipienty.



Obr. 4. Geografické rozmístění lokalit s možností závlahy odpadními vodami pivovarů a sladoven s rozlišením oblastí podle potřeby závlahy

ni rozvod a závlaha postřikem) a zařízení pro zajištění celoročního, tj. i mimovegetačního a zimního provozu. Povzbuzující je, že podstatná část těchto otázek byla již v minulých letech vyřešena v rámci našeho výzkumu závlah městskými a škrobárenskými odpadními vodami.

Závěr

Šetření VÚZH v zásadě prokázalo použitelnost pivovarské odpadní vody k závlaze. Posouzení možností zá-

vlah pivovarskými odpadními vodami v českých zemích a na Slovensku bylo zahrnuto do studií o možnostech využití odpadních vod potravinářského průmyslu pro závlahy zemědělských pozemků, vypracovaných již v r. 1967 ZIS-IS Praha [5] a PPÚ-PIS Bratislava [13] za metodické spolupráce VÚZH Bratislava. V rámci těchto studií bylo v českých zemích přešetřeno 156 pivovarů a sladoven, na Slovensku 24. Z uvedeného počtu bylo vybráno v Čechách a na Moravě 37, na Slovensku 8 lokalit, vhodných pro závlahové využití pivovarsko-sladařských vod o celkové výměře 4861 ha, v r. 1967 s využitelným množstvím 7 387 000 m³ odpadních vod ročně. Geografické rozmístění jednotlivých lokalit spolu s klimatickou potřebou závlahy je patrné z obr. 4. Rozsah možných závlah pivovarsko-sladařskými odpadními vodami v Československu (nehledě k významu a vzrůstajícím perspektivám tohoto odvětví v řadě jiných zemí) možno považovat v podstatě za rovnocenný největším odvětvím potravinářského průmyslu — cukrovarům a škrobárnám a zaslouhuje proto plnou pozornost jak oborového podniku, tak jeho závodů i příslušných zemědělských, melioračních a vodohospodářských organizací.

Postupnou realizací těchto závlah bylo by tak možno dosáhnout řady pozitivních účinků a využít výhod tohoto způsobu zneškodňování odpadních vod, z nichž zejména nutno zdůraznit:

1. Vysoký zdravotně vodohospodářský efekt, zpravidla přesahující 95 %, tj. vyšší než při technologii s umělým biologickým čištěním, neboť závlahy realizované ve vhodných podmínkách zcela zamezují přístup odpadních vod do toků a vodních nádrží. Voda v nich se tak ani druhotně neznečišťuje více či méně vyčištěnou odpadní vodou, což má podstatný význam z hlediska ochrany prostředí a není zanedbatelné ani z hlediska náhrad podle vyhl. 16/1966 Sb. za zbytkové znečištění vypouštěné do toků.

2. V porovnání s dosavadními technologiemi umělého biologického čištění (biologické filtry, aktivace apod.) menší náročnost závlah odpadními vodami z investičního a technologického hlediska, mj. i vzhledem k možnosti jednoduššího a méně nákladného zpracování čistírenských kalů, lepší situaci v dodavatelských kapacitách a poměrně jednoduchosti a dostupnosti strojního vybavení.

3. Možnost sdružování finančních prostředků producentů odpadních vod a zemědělských závodů tam, kde již je nebo se předpokládá výstavba čistírny odpadních vod i závlah.

4. Výrazné zvýšení výnosů zemědělských plodin, zejména pšicín, luk, pastvin a okopanin, a tím i zvýšení rostlinné produkce (průměrně o 4500,— Kčs/ha i více). To je výhodné z hlediska specializace zemědělských závodů na živočišnou výrobu a přispívá i k řešení problému dostatečné výroby objemových krmiv. Závlahy odpadními vodami mohou při tom být příkladem přirozeného vytváření kooperačních a integračních vztahů mezi zemědělstvím a potravinářským průmyslem.

5. Vyšší celospolečenská ekonomická efektivnost závlah odpadními vodami v porovnání s ostatními technologiemi biologického čištění, a to i při kombinaci těchto způsobů čištění se závlahou čistou vodou a zemědělským využitím kalů.

Literatura

- [1] BOSSE, W.: Abwasserlandbehandlung der Brauerei Hohenfelde G. m. b. H. in Langenberg, Kreis Wiedenbrück, Reg. Bez. Detmold. Wasser und Boden, 9, 1957, č. 12, s. 475—476.
- [2] BULÍČEK, J.: Povrchové vody v Československu a jejich ochrana, Praha 1972, s. 260—265.
- [3] ČURÍN, J.: Voda v pivovarsko-sladařském průmyslu. Kvasný průmysl 12, 1966, č. 5, s. 97—100.
- [4] HLAVÁČEK, F., LHOTSKÝ, A.: Pivovarství, Praha 1972.

- [5] HOMOLA, St., PECH, M.: Studie možnosti využití odpadních vod potravinářského průmyslu pro závlahy zemědělských pozemků (1. etapa). Elaborát ZIS-IS Praha 1967.
- [6] KOLÁŘ, P.: Návrh a příprava realizace čistírny odpadních vod z Třeboně a využití exkrementů z velkovýkrmny prasat Gigant. = In: Sborník z konference ČVTS: Životní prostředí na venkově, Č. Budějovice 1973.
- [7] LHOTSKÝ, A., HLAVÁČEK, F.: Číslo a vzorce ve sladařském a pivovarském průmyslu. Kvasný průmysl, 7, 1961, č. 1., příloha.
- [8] MEINCK, F., STOFF, H., KOHLSCHÜTTER H.: Industrie-Abwasser, Stuttgart 1968.
- [9] STEHLÍK, K.: Bewässerung mit Brauereiabwässern vom Gesichtspunkt der Erträge und des Einflusses auf den Boden. Scientia agriculturae bohemoslovaca, 6, 1974, č. 2, s. 67—74.
- [10] STEHLÍK, K.: Ověřování použitelnosti pivovarských odpadních vod k závlaze. 2. dílčí závěrečná zpráva úkolu R-VI-12 5, VÚZH Bratislava 1972.
- [11] STEHLÍK, K.: Použitelnost pivovarských odpadních vod k závlaze. = In: Sborník z 2. celostátního semináře Závlahy odpadními vodami, Praha 1971, str. 195—201.
- [12] SVOBODA, M., HRDINA, V.: Průzkum účinnosti stabilizačních nádrží odpadních vod pivovaru a sladovny v Topolčanech. Kvasný průmysl 18, 1972, č. 7, s. 159—163.
- [13] ŠAJBEN, O.: Posudenie možnosti využitia odpadových vod potravinárskeho priemyslu pre závlahy poľnohospodárskych pozemkov. PPÚ-PIS Bratislava 1967.
- [14] WIERZBICKI, J., KÜTERA, J.: Możliwości rolniczego wykorzystania ścieków przemysłu spożywczego w Polsce. Gospodarka wodna XIX, 1959, č. 8, s. 347—350.

Stehlík, K.: Zneškodňování a využití pivovarských odpadních vod závlahou. Kvas. prům. 22, 1976, č. 10, s. 226—232.

Jsou zhodnoceny používané způsoby zneškodňování a čištění pivovarsko-sladařských vod. Na základě vlastních výzkumných šetření, prováděných v letech 1967 až 1970 s vodou pivovaru a sladovny V. Popovice, testy klíčivosti a vegetačními nádobovými pokusy, je prokázána použitelnost pivovarské odpadní vody k závlaze. Přes převahu vláhového účinku se projevuje zčásti i hnojivý charakter pivovarské odpadní vody pozitivním účinkem na výnosy plodin a půdu. Je naznačena koncepce a technické řešení závlah těmito vodami, jakož i možný rozsah použití v ČSSR.

Стеглик, К.: Очистка и использование сточных вод из пивоваренных заводов орошением Квас. прум., 22, 1976, № 10, стр. 226—232

Автор сравнивает и оценивает разные методы очистки сточных вод, применяемые в пивоваренно-солодовом промышленности, рассматривая проблематику с точки зрения возможности использования сточной воды в оросительных системах. Результаты исследовательских работ и экспериментов, проведенных в период 1967—1970 на пивоваренном заводе Велке Поповице, охватывавших испытания на прорастание и выращивание в вегетационных сосудах разных культур, доказали целесообразность применения сточных вод для орошения. Кроме орошения сточная вода является до известной степени также удобрением и оказывает поэтому положительное влияние на урожай культуры и на качество почвы. В статье рассматривается также проблематика нужной технической оснастки и оцениваются приблизительно возможности оросительного использования сточных вод пивоваренных заводов Чехословакии.

Stehlík, K.: Treatment and Utilization of Waste Waters from Breweries in Irrigation Systems. Kvas. prům. 22, 1976, No. 10, pp. 226—232.

The author evaluates various methods applied at present to treat waters from breweries and malting plants. The results of research works and experiments carried out in 1967—1970 with effluents from the Velké Popovice brewery, which included also germination tests and tests with various plants grown in pots, confirm that effluents typical for brewing industry can be used for irrigation. They have two-fold effects,

since irrigated fields are also fertilized. Effluents improve the composition of soil and contribute to higher yields. The article deals also with the layout of irrigating systems using waste waters, with necessary equipment and with the scale on which such schemes — under conditions existing now in breweries — can be realized.

Stehlík, K.: Die Unschädlichmachung und Verwertung der Brauerei-Abwässer durch Bewässerung. Kvas. prům. 22, 1976, No. 10, S. 226—232.

In dem Artikel werden die bekannten Verfahren zur Unschädlichmachung und Reinigung der Abwässer aus

Brauereien und Mälzereien bewertet. Auf Grund eigener Forschungsarbeiten, die der Autor in den Jahren 1967 — 1970 mit dem Abwasser aus der Brauerei und Mälzerei Velké Popovice bei Applikation von Keimfähigkeits-testen und Vegetationsversuchen in Gefäßen durchgeführt hat, wird die Anwendbarkeit der Brauerei-Abwässer zur Bewässerungen bewiesen. Trotz der überwiegenden Bewässerungswirkung wurde teilweise auch der Düngungseinfluß mit einer positiven Auswirkung auf den Ertrag und Boden festgestellt. Es wird die Konzeption der technischen Lösung der Bewässerung mittels Brauerei-Abwässer erörtert und das Ausmaß der möglichen Realisation in der ČSSR angedeutet.