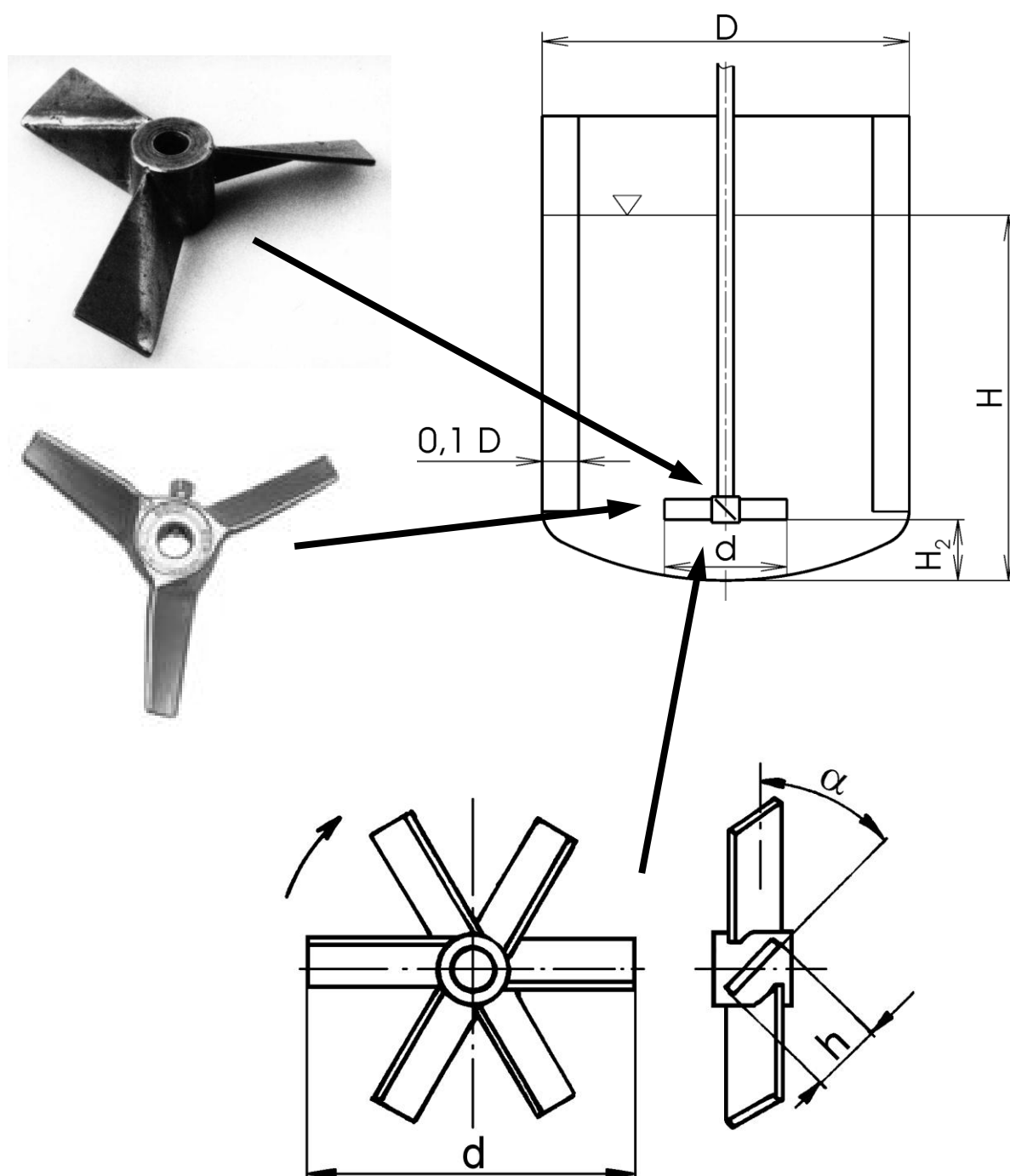


# Míchání suspenzí

Navrhněte míchací zařízení pro rozplavovací nádrž na vápenný hydrát. Požadovaný objem nádrže je  $0,8 \text{ m}^3$ . Největší částice mají průměr  $1 \text{ mm}$  a hustotu  $2200 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ . Objemová koncentrace částic je  $10 \%$ . Proved'te energetickou optimalizaci konfigurace míchacího zařízení.



# Příkon míchadla při míchání neneutonské kapaliny

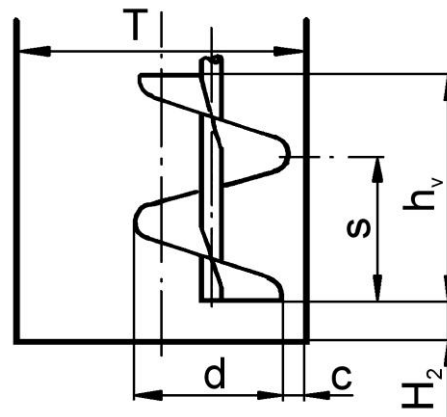
Navrhněte míchadlo pro míchání zásobníku na plastickou omítku o objemu  $V = 6 \text{ m}^3$ , hustota omítky je  $\rho = 1920 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ . Reologické vlastnosti omítky byly naměřeny na rotačním reometru a naměřená data jsou uvedena v následující tabulce.

$\gamma \text{ [s}^{-1}\text{]}$	1	2	5	10	20	50
$\tau \text{ [Pa]}$	170	240	400	530	710	970

## Postup řešení

### 1. Volba míchadla

Jedná se o míchání vysokoviskózní látky a při vypouštění a plnění aparátu může docházet ke kolísání hladiny  $\Rightarrow$  volíme **šroubové míchadlo** umístěné excentricky v nádobě ( $T/d = 2$ )

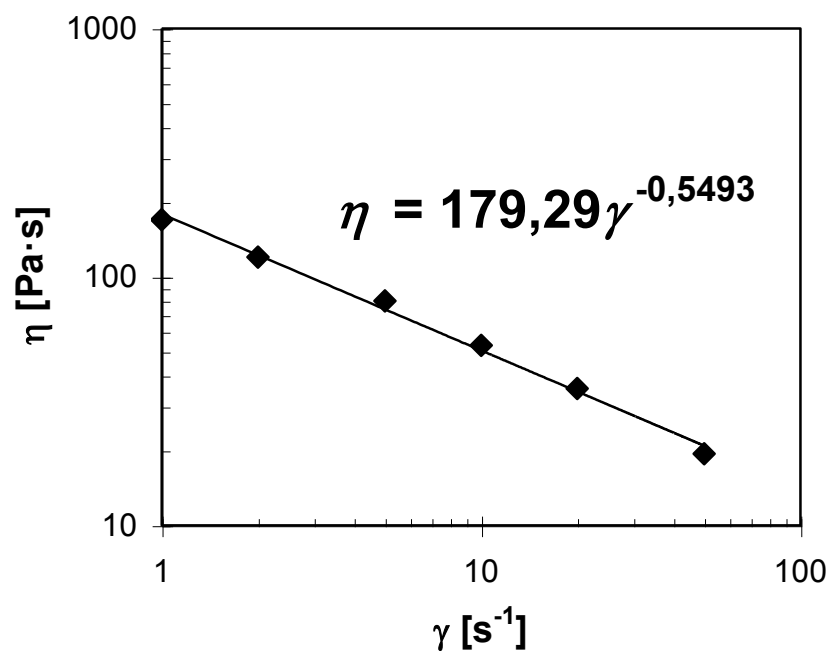
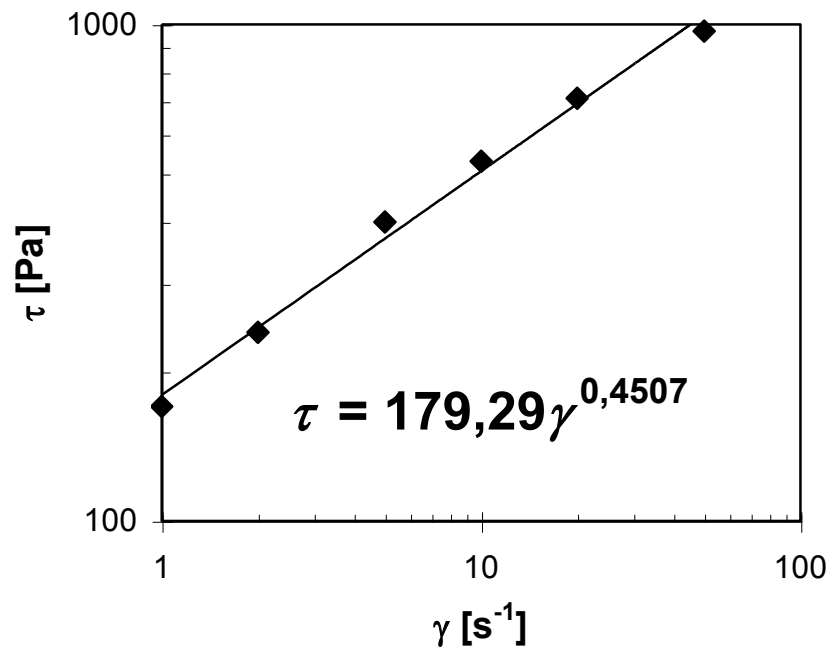


2. Volba otáček míchadla  $\Rightarrow n = 30 \text{ min}^{-1}$

3. Výpočet zdánlivé viskozity  $\eta$

$\gamma \text{ [s}^{-1}\text{]}$	1	2	5	10	20	50
$\tau \text{ [Pa]}$	170	240	400	530	710	970
$\eta \text{ [Pa}\cdot\text{s]}$	170	120	80	53	35,5	19,4

## 4. Reogram



## 5. Určení efektivní smykové rychlosti $\mu_{ef}$ a efektivní viskozity $\gamma_{ef}$

$$\mu_{ef} = K\dot{\gamma}_{ef}^{m-1} = K(k \cdot n)^{m-1} \quad (9.5 - 26)$$

Tabulka 9.5 – 2. Hodnoty součinitele  $k$  v rovnici (9.5 – 24) pro základní typy rotačních míchadel [9.3].

Typ míchadla	Číslo normy	T/d	H <sub>2</sub> /d	k	Poznámka
kotvové	CVS 69 1014	1,11	0,05	15,8	
šroubové s usměrňovací m válcem	CVS 69 1028	2,00	0,025	16,8	
šroubové excentrické		2,00	0,025	15,5	$c/D = 0,02$
pásové	CVS 69 1029	1,05	0,0025	36,7	
šestilopátkové	CVS 69 1020	4	1	9,0	4 narážky
turbínové s dělicím kotoučem	CVS 69 1021	3,3	1	9,9	4 narážky
třílopatkové	CVS 69 1025.3	4	1	9	4 narážky
zubové	CVS 69 1038.1.2	3,7	1	11,5	4 narážky

## 6. Výpočet Reynoldsova čísla $Re$

## 7. Určení příkonového čísla $Po$

## 8. Výpočet příkonu míchadla $P$

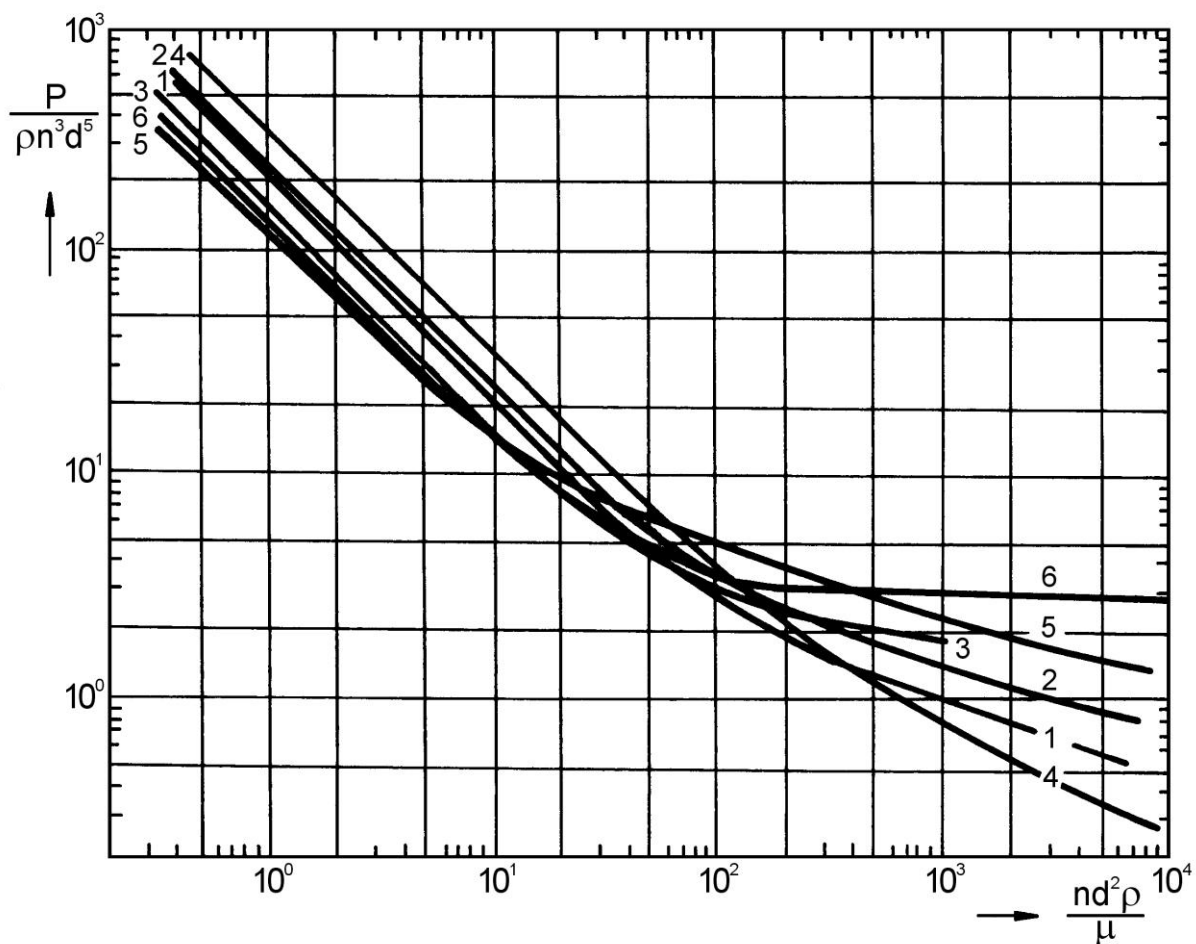
# Příkonové charakteristiky míchadel

$$Po = \left[ \left( \frac{A_1}{Re} \right)^{A_2} + \frac{A_3}{Re^{(A_4 Re^{A_5})}} + A_6 \right]^{1/A_2} \quad (9.5 - 13)$$

Tabulka 9.5 – 1. Hodnoty parametrů  $A_1$  až  $A_6$  v korelační rovnici (9.5 – 13) pro vybrané typy míchadel.

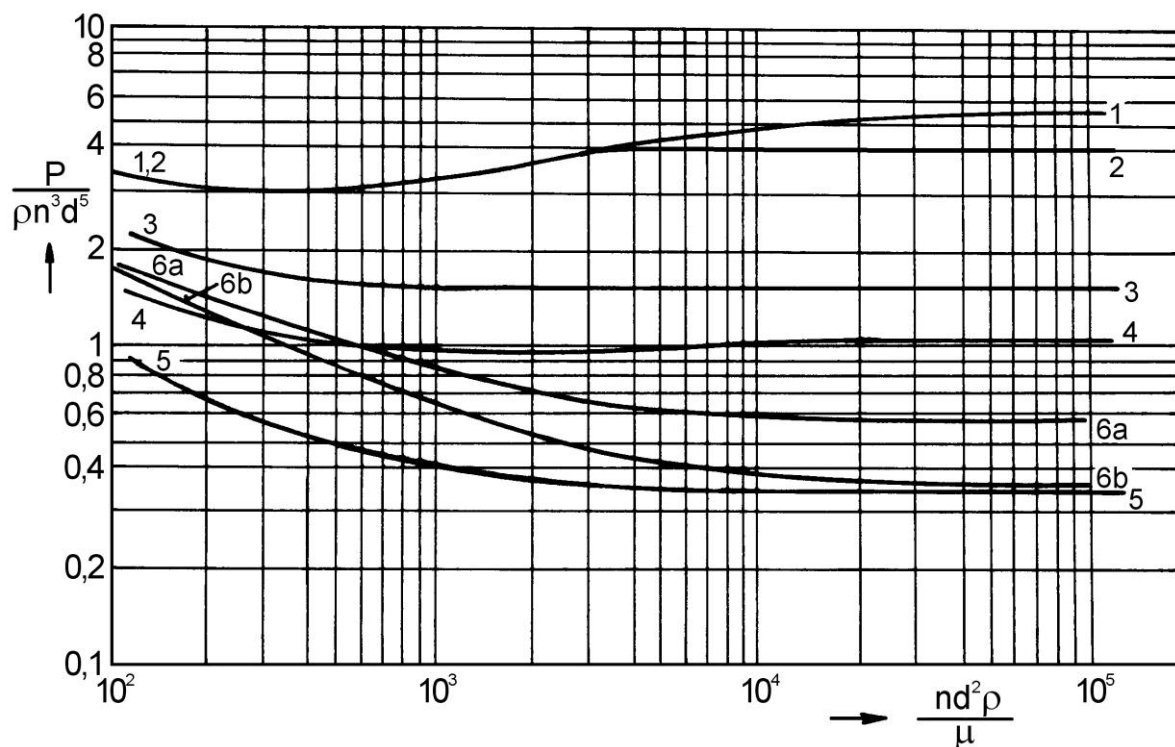
Poř. č.	Název míchadla norma	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$A_4$	$A_5$	$A_6$
1	kotvové míchadlo CVS 69 1014	180	1,463	20,80	0,438	0	0
2	šroubové míchadlo CVS 69 1028	233	1,799	24,53	0,410	0	0
3	šroubové míchadlo excentrické	154	1,151	4,574	0,116	0	0
4	listové míchadlo CVS 69 1016	115	1,619	91,88	0,457	0	0
5	pásové míchadlo CVS 69 1029	296	1,234	8,743	0,397	0	0
6	čtyřnásobné lopatkové míchadlo	138	1,648	0	0	0	6,009
7	turbínové míchadlo s dělicím kotoučem CVS 69 1021	73,1	1,595	-6,510	$3,24 \cdot 10^{-5}$	1	13,44
8	turbínové míchadlo bez dělicího kotouče	73,1	1,549	-2,68	$6,25 \cdot 10^{-3}$	0,5	8,56
9	šestilopatkové míchadlo se šikmými lopatkami CVS 69 1020	64,0	0,836	-5,500	0,617	0	1,56
10	vrtulové míchadlo CVS 69 1019	40	0,640	-0,906	0,365	0	0,511
11	zubové míchadlo CVS 69 1038.1	67,0	0,526	-1,500	0,386	0	0,764
12	zubové míchadlo CVS 69 1038.2	67,0	0,420	-1,090	0,258	0	0,681
13	třílopatkové míchadlo se šikmými lopatkami CVS 69 1025.3	47,5	1,074	-0,214	$3,145 \cdot 10^{-8}$	1,609	1,108

## Příkonové charakteristiky některých typů pomaloběžných míchadel



**Obr. 9.3.** Příkonové charakteristiky některých typů pomaloběžných míchadel.  
1 – kotvové míchadlo (CVS 69 1014), 2 – šroubové míchadlo s usměrňovacím válcem (CVS 69 1028), 3 – šroubové míchadlo umístěné excentricky, 4 – pásové míchadlo (CVS 69 1029), 5 – listové míchadlo (CVS 60 1016), 6 – čtyřnásobné lopatkové míchadlo umístěné excentricky

# Příkonové charakteristiky některých typů rychloběžných míchadel při míchání v nádobách s narážkami



**Obr. 9.4.** Příkonové charakteristiky některých typů rychloběžných míchadel při míchání v nádobách s narážkami.

1 – turbínové míchadlo (CVS 69 1021), 2 – turbínové míchadlo bez dělicího kotouče, 3 – šestilopátkové míchadlo (CVS 69 1020), 4 – třílopatkové míchadlo (CVS 69 1025.3), 5 – vrtulové míchadlo (CVS 60 1019), 6a,b – zubová míchadla (CVS 69 1038.1.2)

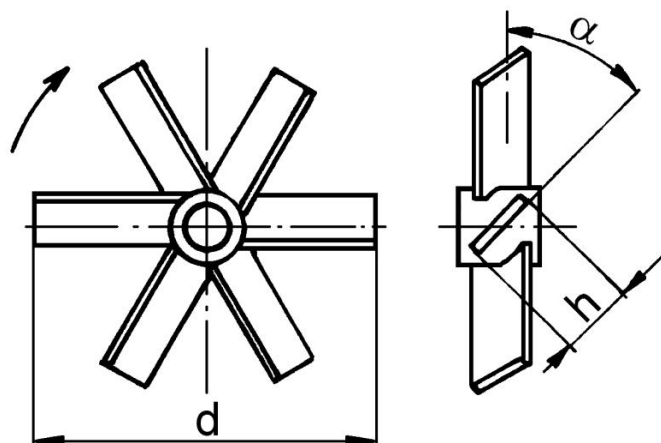
# Homogenizační účinky míchadel

Určete frekvenci otáčení a příkon míchadla pro průtočné míchání v nádobě o průměru 1200 mm, ve které se má připravovat 10 l/s směsi. Aby došlo k dobré homogenizaci, musí být doba zdržení v nádobě 5x delší než doba homogenizace.

**Fyzikální vlastnosti roztoku:**  $\mu = 5 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ ,  $\rho = 1100 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$

## Volba míchadla:

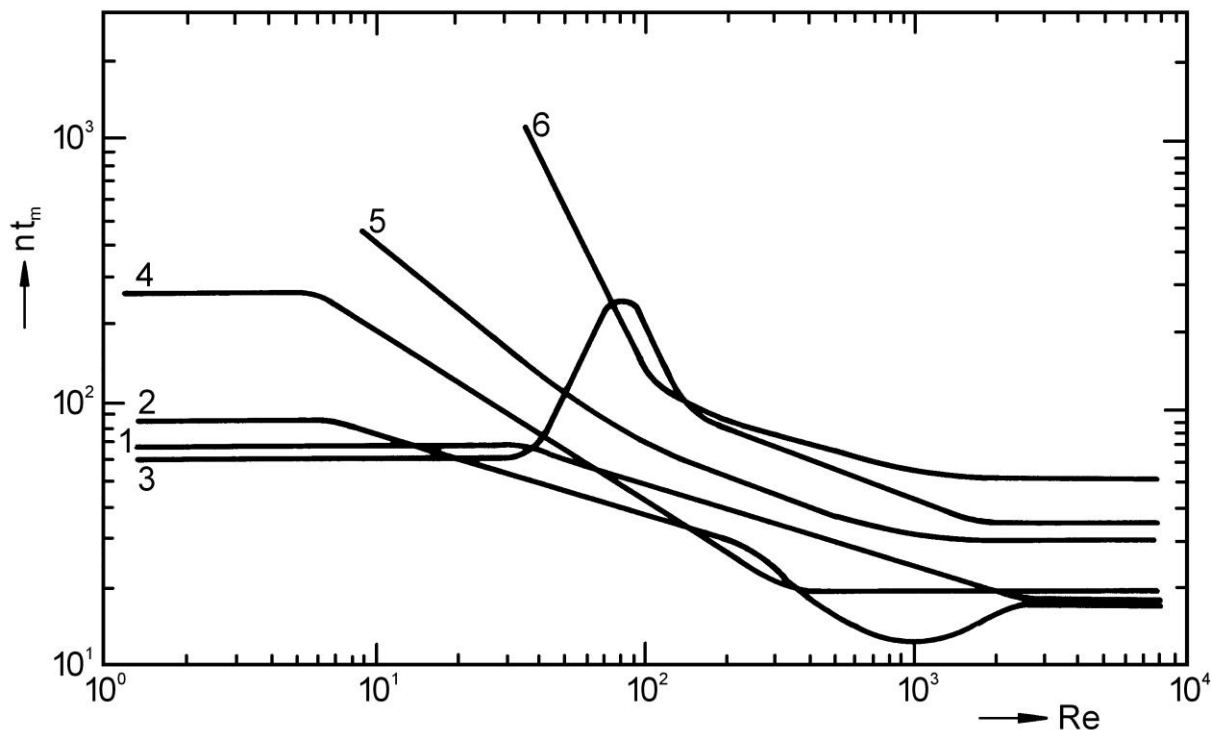
- šestilopátkové míchadlo se šikmými lopatkami CVS 69 1020



- Geometrické parametry:  $D/d = 3,3$ ;  $H_2/d = 1$ ,  $H/D = 1$



# Homogenizační účinky rotačních míchadel



**Obr. 9.8.** Závislost kritéria  $n \cdot t_m$  na Reynoldsově čísle  $Re = nd^2 \rho / \mu$  pro některé typy míchadel.

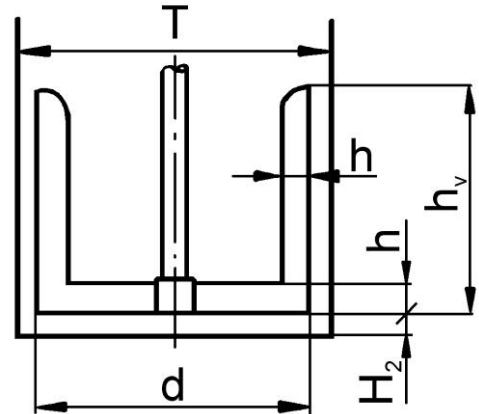
1 – šroubové míchadlo (CVS 69 1028), 2 – šroubové míchadlo umístěné excentricky, 3 – pásové míchadlo (CVS 69 1029), 4 – čtyřnásobné lopatkové míchadlo umístěné excentricky, 5 – kotvové míchadlo (CVS 69 1014), 6 – turbínové míchadlo (CVS 69 1021)

**Tabulka 9.6 – 1.** Hodnoty kritéria  $n \cdot t_m$  v turbulentní oblasti pro vybrané typy míchadel.

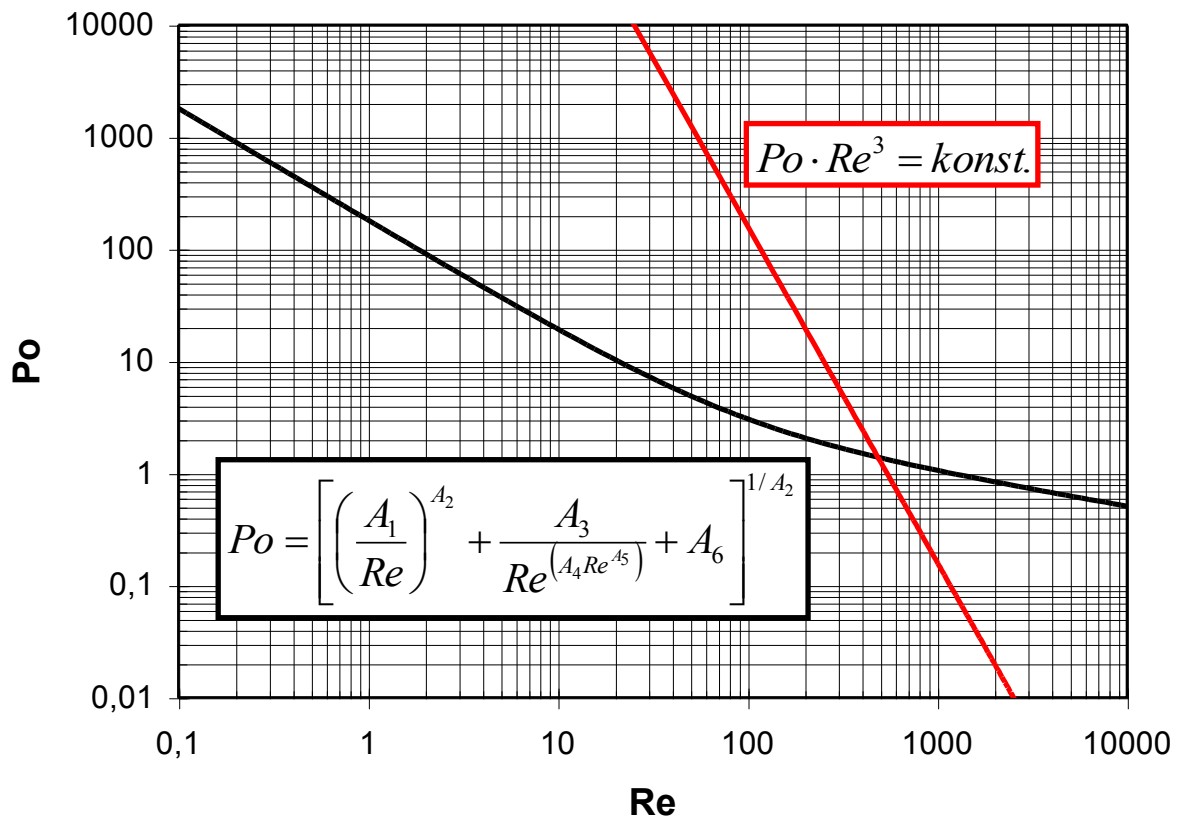
Typ míchadla	$T/d$	$H_2/d$	Hodnota $n \cdot t_m$
turbínové, CVS 69 1021	3,3	1	51,8
šestilopátkové, CVS 69 1020	3,3	1	53,1
třílopatkové, CVS 69 1025.3	3,3	1	60,5

# Návrh parametrů míchacího zařízení na základě měrného příkonu

Určete příkon a otáčky kotvového míchadla pro míchání roztoku o hustotě  $1120 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  a dynamické viskozitě  $1,5 \text{ Pa}\cdot\text{s}$ . Měrný příkon dodaný do míchané vsádky má být  $600 \text{ W}\cdot\text{m}^{-3}$ . Objem aparátu je  $0,8 \text{ m}^3$ . Geometrické parametry míchaného systému jsou  $T/d = 1,11$  a  $H/T = 1$ .



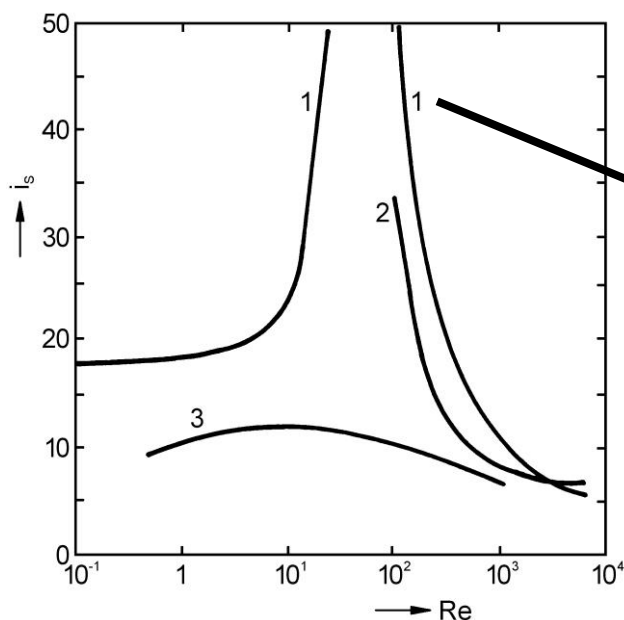
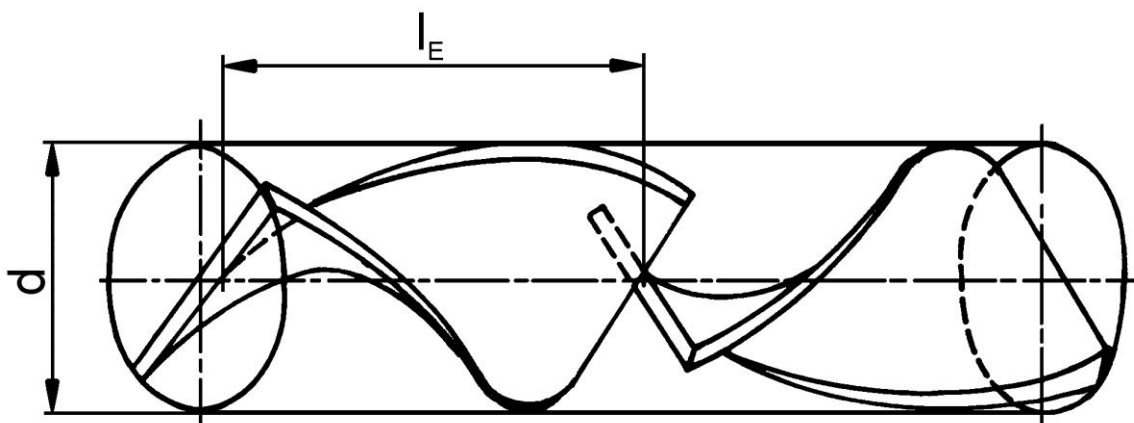
## Postup řešení



# Statické směšovače

Navrhněte kontinuální směšovací zařízení, kde se mají směšovat dvě složky A a B o přibližně stejné konzistenci a hustotě. Dynamická viskozita smíchaných složek je  $20 \text{ Pa}\cdot\text{s}$  a hustota je  $1200 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ , směšovací poměr je 1:10 a požadovaný výkon činí  $5 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ . S ohledem na vysokou viskozitu volte rychlost proudění v potrubí  $0,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

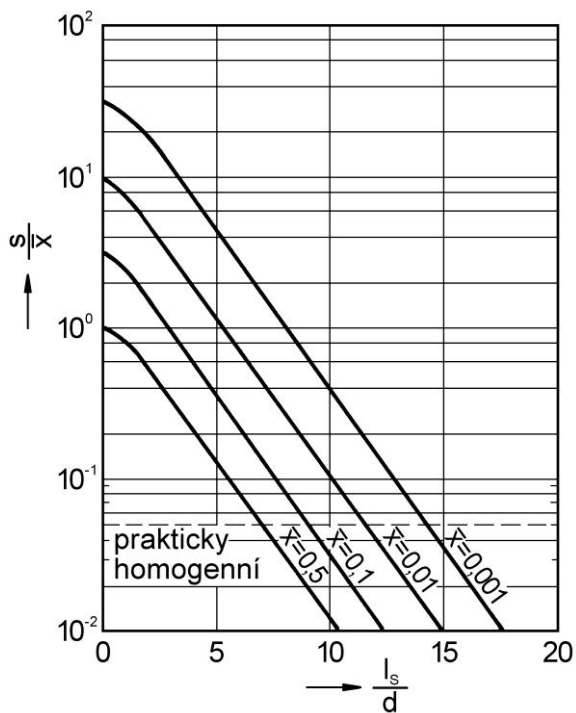
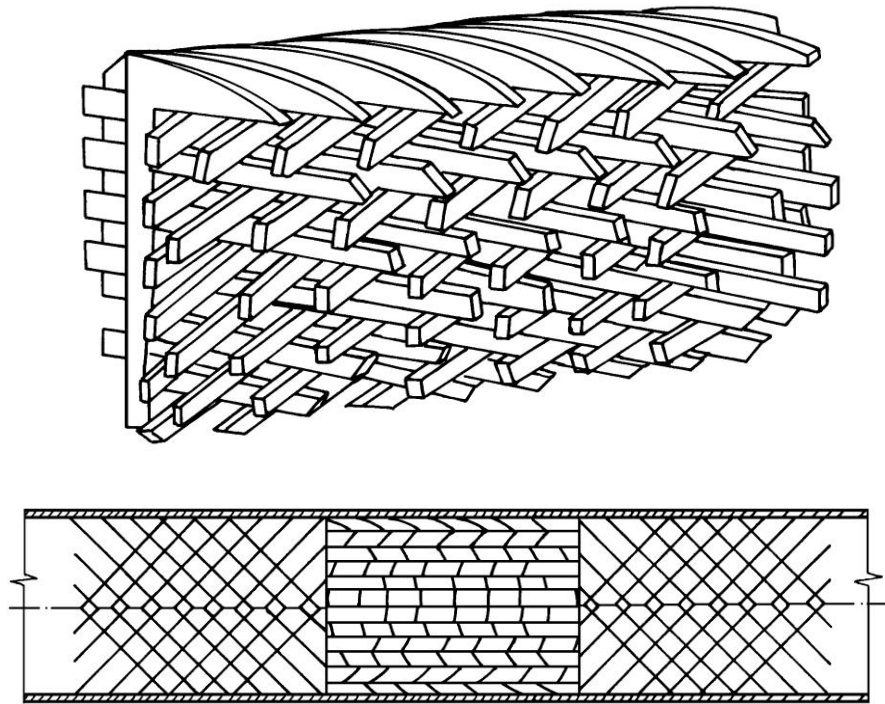
## Šroubový statický směšovač KENICS



$$\lambda_s = \frac{342}{Re} + 1,35$$

**Obr. 9.25.** Závislost počtu elementů  $i_s$  potřebných pro homogenizaci ve statickém směšovači na Reynoldsově čísle  $Re$  [9.9].  
 1 – šroubový směšovač ( $l_E / d = 2$ ), 2 – diskový směšovač, 3 – lamelový směšovač ( $l_E / d = 1$ )

## Mřížový směšovač SULZER SMX



$$\lambda_s = \frac{2400}{Re}$$

**Obr. 9.26.** Závislost relativní směšovací délky  $l_s / d$  na relativní směrodatné odchylce  $s / \bar{x}$  a poměru  $\bar{x}$  pro směšovač SULZER SMX.