

NORGE



**STYRET
FOR DET INDUSTRIELLE
RETTSVERN**

Utlegningskrift nr. 126853

Int. Cl. C 02 c 1/06 Kl. 85c-3/02

Patentsøknad nr. 1514/70	Inngitt	21.4.1970
Løpedag	-	
Søknaden alment tilgjengelig fra		24.10.1970
Søknaden utlagt og utlegningskrift utgitt		2.4.1973
Prioritet begjært fra:	23.4.1969 Sverige, nr. 5781/69	

Aktiebolaget Vattenbyggnadsbyrån,
Linnégatan 2, Stockholm, Sverige.

Oppfinner: Nils Karl Gustav Westberg,
Vendevägen 15, Lidingö, Sverige.

Fullmektig: Siv.ing. Erling Quande.

Fremgangsmåte og anlegg for biologisk rensing av avvann.

Foreliggende oppfinnelse angår en fremgangsmåte og anlegg for biologisk rensing av avvann, hvor avvannet etter en primær fraskil-
ling luftes i et luftebasseng under tilsetning av en i en separat
tank dyrket bakteriekultur, hvorefter slammet, som hovedsakelig
består av bakterieceller, i den avgående suspensjon fra luftebassenget,
eventuelt etter tilsetning av koaguleringsmidler, fraskilles på i og
for seg kjent måte.

I de tilfeller da en rensing av avvann på mekanisk måte, dvs.
gjennom siling, sedimentering, etc. ikke gir tilstrekkelig rensing,
anvendes som regel biologiske rensningsmetoder, og herved anvender
man seg i prinsipp av den samme prosess som i naturen forårsaker
vannets biologiske selvrensing. Den biologiske rensing innebærer

dels en oxydasjon av organisk substans under forbruk av oxygen, dels en nydannelse og utfnocking av suspendert substans som for en stor del består av celledsubstans, hovedsakelig levende og døde bakterieceller. En forutsetning for prosessens opprettholdelse er at det av bakteriene forbrukte, i vannet løste oxygen, hele tiden erstattes. Oxygenopptaket oppnåes enten ved kontinuerlig luftinnblåsing, eller også ved at vannet finfordeles, og i form av regn bringes til å passere luft. I begge tilfellene oppnås således det etterstrebede hurtige oxygenopptak ved at kontaktflaten mellom vannet og luften økes.

Det har vist seg at en lufting av avvannet ikke alene er tilstrekkelig for å oppnå et rasktrensforløp, men at avvannet også må innpodes med passende bakterier. Slik fremkom den såkalte aktivslamprosessen, som prinsipielt angir en biologisk rensingsprosess, hvor en blanding av avvann og aktivt slam omrøres og luftes. Det aktive slam fraskilles deretter fra det rensede avvann, hvorpå en del av slammet tilbakeføres til podningsprosessen, og resten fjernes som overskuddsslam. De virksomme bakterier foreligger i meget høy konsentrasjon i et luftebasseng. Gjennom den kontinuerlige oxygentilførselen oppnår man at bakteriene, tross denne opphoping alltid har tilstrekkelig tilgang på oxygen, og videre oppnår man gjennom vannets bevegelse i bassenget at den dannede fnokkede masse ikke synker til bunns og blir uvirksom.

Aktivslamprosessen oppviser følgende to viktige grunnforutsetninger:

- a) Det aktive slam må være av en slik beskaffenhet at det med avvannet som næringssubstrat vokser, og derved forbruker organisk substans i vannet.
- b) Det aktive slam må være av en slik beskaffenhet at det lar seg fraskilles ved sedimentering.

Disse to forutsetninger kan imidlertid ikke på samme tid oppfylles i like høy grad. En nydannet bakteriekultur i sterk vekst, oppfyller riktignok krav a), men mindre krav b). Et eldre slam er sterkt mineralisert, og oppfyller derfor krav b), men ikke krav a). I praksis gjennomføres derfor aktivslamprosessen som et kompromiss, hvor man prøver å tilgodese begge krav.

En ytterligere prosessteknisk ulempe ved denne kjente teknikk er at metoden krever en stadig driftovervåking med hensyn på tilbakepumping av slam og regulert uttak av overskuddsslam. Dessuten er

prosessen følsom overfor forgiftning ved stötvis tilførsel av visse industriforurensninger. For å minske behovet av returslam og dermed redusere den besværlige tilbakepumping av slammet, har man også allerede foreslått en poding av avvannet i luftebassenget med en kultur av nitrifiserende, autotrofe bakterier, slik at oxygenforbrukende nitrogenforbindelser, først og fremst ammoniumforbindelser, på biologisk vis kan sluttoxyderes til nitrat under prosessen. En slik kultur av nitrifiserende bakterier dyrkes i en separat dyrkningstank. Veksten av nitrifiseringsbakteriene begunstiges ved tilsetning av nitrogenrike materialer fra egnede kilder. Denne bakteriekultur opparbeides således av to komponenter, nemlig dels av tilbakeførte materialer fra prosessens senere trinn (som f.eks. rensset vann eller suspensjon fra luftebassenget), og dels av en nitrogenkilde (f.eks. slam eller væske fra forråtnelseskamrene). Ved denne dyrking av nitrifiserende bakterier må man imidlertid arbeide med lange oppholdstider ettersom nitrifiseringsbakteriene (Nitrisomonar og Nitribactu), som er autotrofe, oppviser en lav tilveksttakf som ifølge tilgjengelige litteraturkilder fordrer oppholdstider på mellom 6 - 12 timer før det etterstrebede innhold av nitrifiseringsbakterier skal kunne oppnås.

Ved opparbeidelse av denne podingskultur av nitrifiseringsbakterier foretas det således også en omfattende tilbakepumping av avvann og/eller slam, hvilket, som ovenfor angitt, er en avgjort prosessteknisk ulempe.

Det har nå vist seg at nevnte ulemper ved hittil kjente metoder lar seg eliminere ved foreliggende oppfinnelse, som dessuten gir kortere reaksjonstid mellom slam og vann. Videre kan driftovervåkingen lettes i vesentlig grad, ettersom man ved den nye fremgangsmåte ikke behøver å gjennomføre noen tilbakeføring av slammet da strømmen av aktivt slam følger vannets vei.

Det karakteristiske trekk ved den ifølge oppfinnelsen foreslåtte fremgangsmåte er at en del av primærslammet ved intens lufting opparbeides til en høy-aktiv kultur bestående av bakterier tilpasset den rikelige tilgang av organisk substans, og at denne bakteriekultur innpodes i avvannet eller umiddelbart før luftebassenget.

I overensstemmelse med en passende utforming av oppfinnelsen, opparbeides alt eller en vesentlig del av primærslammet til et høy-aktivt slam, gjerne etter en homogenisering i en desintegrator, kulekvern (mølle) eller lignende anordning. Opparbeidelsen av det høy-aktive slam skjer med fordel i en separat dyrkningstank.

For utførelse av den ifølge oppfinnelsen foreslåtte fremgangsmåte, kan man med fordel anvende et anlegg som innbefatter en mekanisk forbehandlingsanordning, et forsedimenteringsbasseng, et luftebasseng og en slamfraskillingsanordning ved siden av en separat dyrkingstank tilknyttet forsedimenteringsbassenget.

Karakteristisk trekk ved anlegget er at dyrkingstanken er utført med en indre sylinder og er forsynt med et luftfordelerorgan.

Ved behandling ifølge oppfinnelsen fremstilles således et høyaktivt, dvs. ekstremt bakterierikt slam, som til forskjell fra tidligere kjente podingskulturer inneholder bakterier (heterotrofe) tilpasset til den rikelige tilgang på organisk substans, som gir en særskilt hurtig nedbrytning av den organiske substans under vannets passasje gjennom luftebassengene. Dyrkingen av disse heterotrofe bakterier bør avbrytes etter et fåtall timers oppholdstid da veksten er maksimal. Det bør observeres at veksttakten for den heterotrofe bakteriekultur er 10 til 20 ganger høyere enn for nitrifiseringsbakteriene.

Oppfinnelsen skal i det følgende beskrives nærmere med henvisning til de medfølgende tegninger, der

Fig. 1 viser et blokkskjema over den foreslåtte fremgangsmåte,

Fig. 2 viser et skjematisk bilde av et anlegg, egnet for utførelse av fremgangsmåten,

Fig. 3 viser den i Fig. 2 viste dyrkingstank i forstørret målestokk, og

Fig. 4 viser et diagram over prosessens virkningsgrad.

Som det fremgår av det i Fig. 1 viste blokkskjema, innføres innkommende avvann til et mekanisk forbehandlingsanlegg A, som eksempelvis kan bestå av et gitter og sandfang av vanlig utforming. Det forhandlede vann ledes derfra til et forsedimenteringsbasseng B, fra hvilket fraskilt primærslam ledes via homogeniseringsanlegget C, til en separat dyrkingstank D for dyrking av et høyaktivt slam. Det utviklede høyaktive slam tilføres deretter avvannet innen dette innføres i et luftebasseng E. Fra Luftebassenget E avledes det slamholdige avvann til et fnokkingsbasseng F, eventuelt etter tilsetning av koaguleringsmidler. Fra fnokkingsbassenget F ledes suspensjonen til et fnokkingsfraskillingsbasseng G, der man dels fjerner slammet ved sedimentering eller flotasjon eller filtrering i anlegg

av vanlig utforming, dels avleder renset avvann. Som antydnet med stiplede linjer på blokkskjemaet kan, om ønskes, en mindre mengde av suspensjonen fra luftebassenget ledes inn i dyrkningstanken. Som det fremgår anvendes det fraskilte primærslam i forsedimenteringsbassenget til tilberedning av en bakteriekultur, som i foreliggende sammenheng betegnes som et høyaktivt slam. Dette høyaktive slam anvendes ifølge oppfinnelsen i stedet for det ved tidligere fremgangsmåter anvendte tilbakeføringsslam til poding av aktivslamprosessen. Primærslammet kan lett homogeniseres innen det ledes til den separate dyrkingstanken, der det høyaktive slammet dyrkes. Mengden av primærslam som anvendes til dyrking kan varieres etter behov, hvorved den del av primærslammet som ikke utnyttes til dyrking lett kan ledes til et separat basseng for annen behandling.

Et anlegg beregnet til utførelse av den i henhold til oppfinnelsen foreslåtte fremgangsmåte, er vist i Fig. 2.

Anlegget innbefatter en mekanisk forbehandlingsanordning med gitter og sandfang 1 og et forsedimenteringsbasseng 2 tilsluttet dette. Det i forsedimenteringsbassenget 2 inngående primærslam, underkastes en homogenisering i en desintegrator 3, kulekvern eller lignende, og ledes derfra til en separat dyrkingstank 4. Dyrkingstanken 4 utgjøres av en beholder, hvor luft tilføres på en slik måte at det oppnås en intens fullstendig blanding og lufting av primærslammet. Ifølge den i Fig. 3 angitte utførelsesform, har dyrkingstanken 4 en sylindrisk form med en konisk avsmalnende bunn 5, og er utført med en indre sylinder 6, for å oppnå den etterstrebede sirkulasjon. Lufttilførselen til dyrkingstank 4 fremkommer ved et nær bunnen anordnet ringformet rør 7 med et antall fordelte hull langs omkretsen i beholderens bunn 5.

Det homogeniserte slam innføres i dyrkingstankens øvre del. Lufttilførselen bringer innholdet i dyrkingstanken 4 i sirkulasjon med nedadrettet bevegelse i den indre sylinder 6. Det høyaktive slam som dannes på denne måte, tas ut ved den koniske avsmalnende ende 5 av tanken 4 og ledes via en ledning 10 med pumpe 9, til det avgående avvann fra forsedimenteringsbassenget 2, straks innen dette innføres i et luftebasseng 11. Sistnevnte er på konvensjonell måte tilsluttet en blåseanordning 12 for kontinuerlig innblåsing av luft. Det i luftebassenget behandlede vann ledes deretter til et fnokkingsbasseng 13 forsynt med mekanisk omrører, der det via en passende doseringsanordning 14 kan tilføres koaguleringsmidler i sedimenteringsforbedrende og/eller fosforreduserende hensikt, slik som eksempelvis alu-

miniumsulfat, teknisk ferriklorid eller kalk i i og for seg kjente mengder. Tilsetningen av aluminiumsulfat, ferriklorid og kalk kan eksempelvis oppgå til henholdsvis ca. 150 g/m^3 , 100 g/m^3 og 350 g/m^3 . Etter fnokkingsbassenget ledes suspensjonen til et slamfraskillingsbasseng 15, der man dels fjerner slammet ved sedimentering og dels avleder rensset vann. Det derved fremkomne slam kan deretter lett overføres til et basseng 16, for en siste, eksempelvis aerob slamstabilisering. Dette bassenget 16 kan også anvendes for stabilisering av ubenyttet primærslam.

Ved den foreslåtte metode kan man unnvære det konvensjonelle forråtnelseseskammer for stabilisering av primærslammet, og det er derfor nærliggende å tillemppe en aerob slamstabilisering og avvanning av slammet fra fnokkavskillingsbassenget 15 ifölge konvensjonelle metoder istedenfor forråtnelse.

Eventuelt kan dyrkingstanken 4 oppdeles i to seriekoplede enheter 4, 4a, hvorved det oppnås en öket beskyttelse mot eventuell forgiftning.

Ved anvendelse av et separat dyrket høyaktivt slam for poding av prosessen, oppnås fölgende fordeler:

- a) Det oppnås aksellerert aktiv slamprosess og dermed en betydelig kortere reaksjonstid.
- b) Fremgangsmåten ifölge oppfinnelsen tillater en mer langtgående utnyttelse av substratet, og muliggjør dermed en høyere renseeffekt.
- c) Den separate dyrking av det høyaktive slam kan eksempelvis utføres samtidig med kontroll av primærslammet, slik at man oppnår beskyttelse mot forgiftning.
- d) Selve prosessreguleringen kan ved fremgangsmåten ifölge oppfinnelsen hovedsakelig begrenses til variabel pumping fra dyrkingstanken for det høyaktive slam.
- e) Den fra prosessteknisk synspunkt tilsynskrevende tilbakeføring av slam ved konvensjonelle metoder, elimineres.
- f) Ved den foreslåtte fremgangsmåte behöver man ikke noen stabilisering av primærslam.

Det etterfölgende eksempel belyser ytterligere oppfinnelsen og klarlegger den oppnådde tekniske effekt.

Eksempel

De prosessstekniske beregninger var utført ved hjelp av en matematisk modell av aktivslamprosessen, publisert i Water Research Pergamon Press 1967, Vol. 1, side 795 - 804.

Forutsetninger for beregningene

For å forenkle beregningene skal antas at tilførselen til det angitte renseverk er konstant. Som forurensningsmål velges oxygenekvivalenter (g oxygen pr. m^3) ifølge anvendt definisjon i tidligere nevnte litteraturkilde. Tilførselen antas å være $100 \text{ m}^3/\text{t}$. Etter forsedimenteringen skal det avslammede avvanns forurensningsgrad antas å oppgå til 200 g oxygen pr. m^3 , hvilken verdi i dette tilfellet tilsvarer substratdelen S. Som primærslam uttas en mengde på $0,5 \text{ m}^3/\text{t}$. Slammets forurensningsgrad antas å være 20 000 g oxygen pr. m^3 . Slammets behandles i dyrkingstanken for høyaktivt slam utformet som et luftebasseng med fullstendig omblending. Luftningstiden $T_c(h)$, velges slik at det utgående vanns forurensningsgrad hovedsakelig blir den samme som det avslammede vanns, dvs. 200 g oxygen pr. m^3 . Oppslemmingen fra dyrkingstanken avledes til aktivslamanlegget, der den innblandes i det avslammede avvann.

Beregninger og resultat

De prosessstekniske beregninger som gjelder dyrkingstanken var utført ifølge tidligere nevnte prosessmodell og med følgende konstantverdier (betegnelser, se tidligere nevnte litteraturkilde).

$$\begin{aligned} a &= 4 \text{ g/m}^3, h \\ b &= 0,0005 \text{ m}^3/\text{g}, h \\ m &= 0,2 \text{ h}^{-1} \\ y &= 0,4 \end{aligned}$$

Følgende beregningsresultat fremkom:

$$\begin{aligned} T_c &= 5,6 \text{ h} \\ Z &= 38 \text{ g/m}^3 \\ X &= 7400 \end{aligned}$$

Dyrkingstankens volum blir $2,8 \text{ m}^3$.

For beregning av de prosessstekniske sammenheng må den i tidligere nevnte matematiske modell utnyttede beregningsmåte modifiseres med hensyn til de endrede forutsetninger. Man finner likevektsligningen for innhold av levende bakterier X, om likevektsligningen henføres til tidsenheten en time:

$$0,5 \times 7400 + 0,5 T_n X (1 - \frac{a}{S}) = 100 X \dots\dots\dots 1$$

Likevektsligningen for innhold av døde celler Z, blir:

$$0,5 \times 38 + 0,5 T_n X \frac{a}{S} - 0,5 T_n bXZ = 100 Z \dots\dots\dots 2$$

Likevektsligningen for substrat blir:

$$100 \times 200 + 0,5 T_n bXZ - 0,5 T_n \frac{mX}{Y} = 100 S \dots\dots\dots 3$$

T_n betegner den midlere oppholdstid i luftebassenget og S betegner i dette tilfellet det rensede vanns substratkonsentrasjon.

Prosessens virkningsgrad betegnes η og defineres

$$100 \frac{300-S}{300}$$

Beregningsresultatene fremgår av Tabell 1.

Tabell 1

Samhørende verdier av størrelsene S, X, Z og T_n , samt virkningsgraden.

S	X	Z	T_n (h)	η
5	133	339	3,60	98,3
8	279	193	1,72	97,3
10	305	146	1,46	96,7
20	323	73	1,10	93,3
30	346	45	1,03	90,0
40	300	26	0,97	86,7

Som det fremgår av Fig. 4 gir den foreslåtte fremgangsmåte en høy virkningsgrad allerede etter kort tid. En gjennomregning av tilsvarende konvensjonell prosess med samme konstantverdier og samme betingelser, viser at virkningsgraden ved økende midlere oppholdstid asymptotisk nærmer seg en grenseverdi som ikke overstiger 93,3%, mens det ved anvendelse av høyaktivt slam kan oppnås verdier over 98%.

P a t e n t k r a v

1. Fremgangsmåte ved biologisk rensning av avvann, hvor avvannet etter en primær slamfraskilling luftes i et luftebasseng under tilsetning av en i en separat tank dyrket bakteriekultur, hvorefter slammet som hovedsakelig består av bakterieceller, i den avgående suspensjon fra luftebassenget, eventuelt etter tilsetning av koaguleringsmidler, på i og for seg kjent måte fraskilles, k a r a k t e r i s e r t v e d at en del av primærslammet ved intens lufting opparbeides til en høyaktiv kultur bestående av bakterier tilpasset den organiske substans, og at denne bakteriekultur innpodes i avvannet i eller umiddelbart før luftebassenget.

2. Fremgangsmåte ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at primærslammet homogeniseres før opparbeidelse til et høyaktivt slam.

3. Fremgangsmåte ifølge krav 1 og 2, k a r a k t e r i s e r t v e d at gjennomluftningstiden under dyrkingen av primærslammet velges slik at det utgående vanns forurensningsgrad blir tilnærmet lik forurensningsgraden til det ved forsedimentering avslemmede vann.

4. Anlegg for biologisk rensning av avvann for gjennomføring av fremgangsmåten ifølge kravene 1 - 3, innbefattende et forbehandlingsbasseng (1), et forsedimenteringsbasseng (2), et luftebasseng (11) og en slamfraskillingsanordning (15), ved siden av en separat dyrkningstank (4) tilsluttet forsedimenteringsbassenget, k a r a k t e r i s e r t v e d at dyrkningstanken (4) er utført med en indre sylinder (6) og er forsynt med et luftfordelerorgan (7).

5. Anlegg ifølge krav 4, k a r a k t e r i s e r t v e d at luftfordelerorganet (7) utgjøres av et nær bunnen anordnet ringformet rør som oppviser et antall åpninger (8) fordelt langs røret.

6. Anlegg ifølge krav 4 og 5, k a r a k t e r i s e r t v e d at dyrkningstanken (4) gjennom en med et reguleringsorgan (9) forsynt ledning (10), er anordnet for regulerbart å avgi det dannede høyaktive slam til avvannet umiddelbart før, eller under avvannets behandling i luftebassenget.

7. Anlegg ifølge kravene 4 - 6, k a r a k t e r i s e r t v e d at dyrkningstanken er oppdelt i flere seriekoplede beholdere.

Anførte publikasjoner:

Svensk patent nr. 102312

U.S. patent nr. 2363176

126853

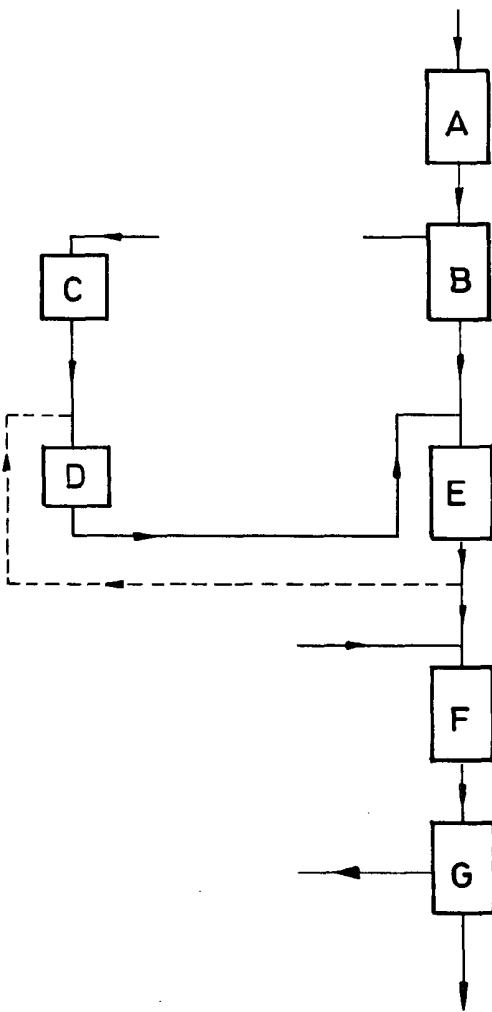


FIG. 1

126853

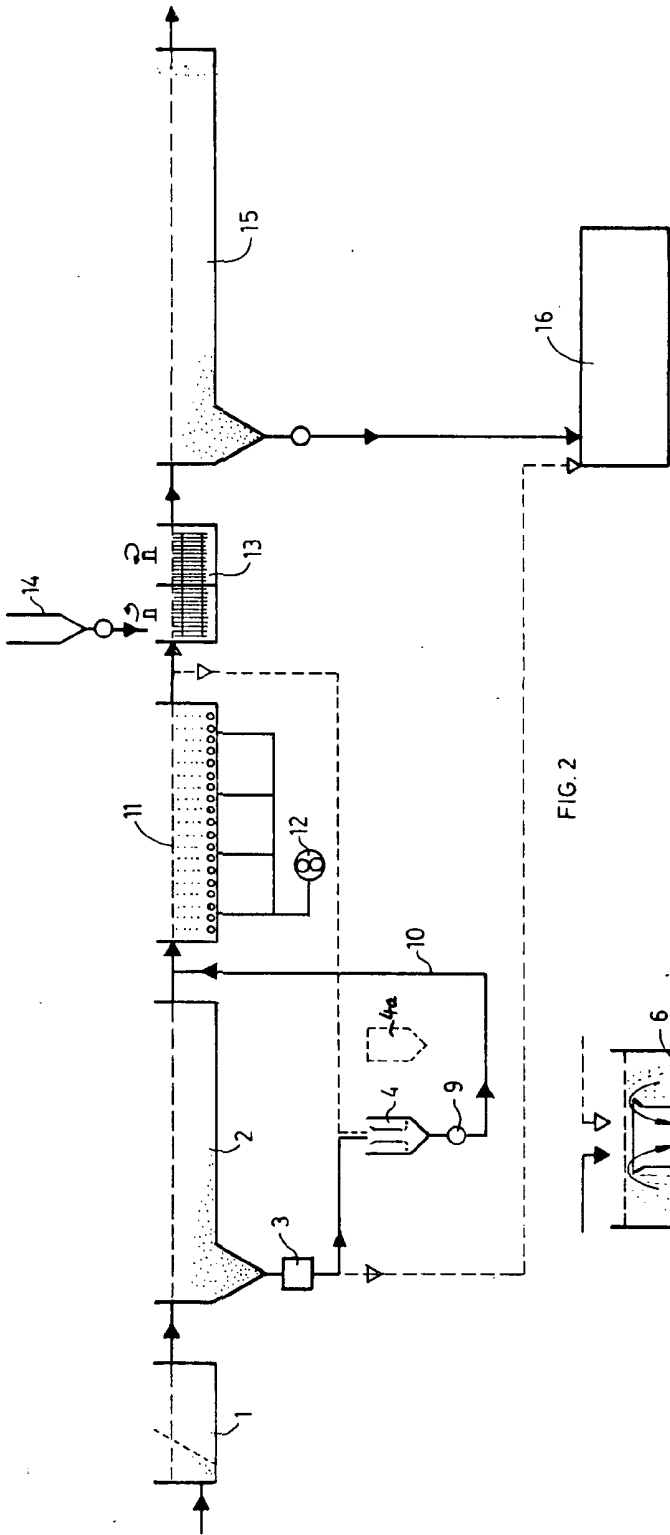


FIG. 2

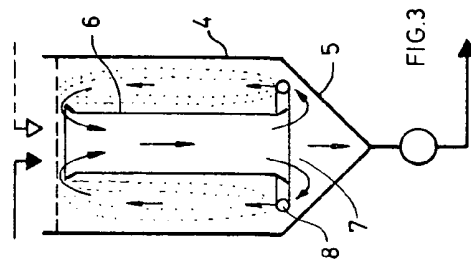


FIG. 3

126853

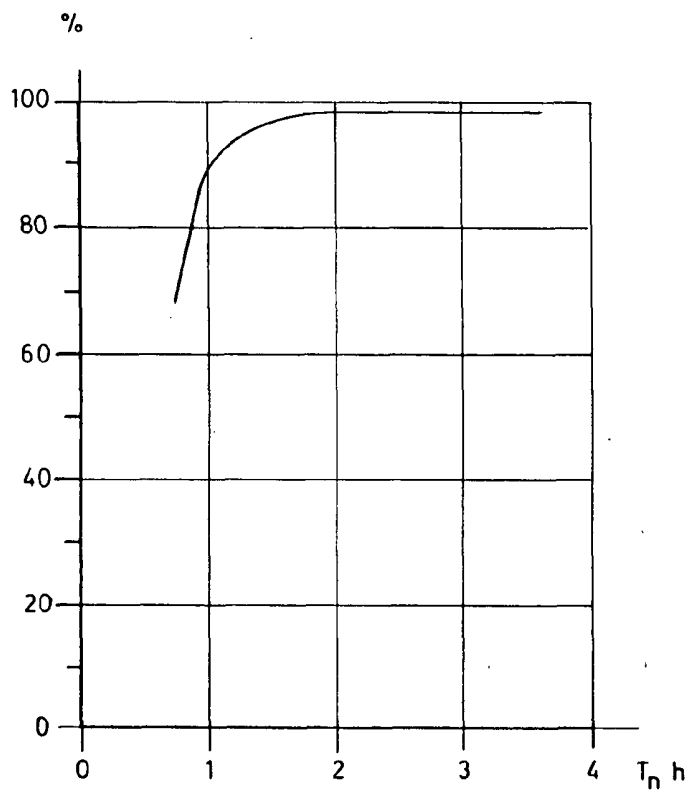


FIG.4